

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH
SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DAN ABU BATU SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP NILAI KUAT TEKAN
BETON

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

T.WISNU HADI

2107210181



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 : T.Wisnu Hadi
Npm : 2107210181
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Darah
Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Abu Batu Sebagai
Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai 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, 24 Juli 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : T.Wisnu Hadi
Npm : 2107210181
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Darah
Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Abu Batu Sebagai
Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai 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, 24 Juli 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



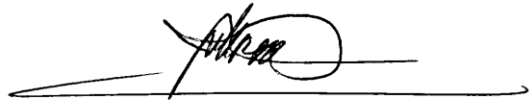
Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Penguji I



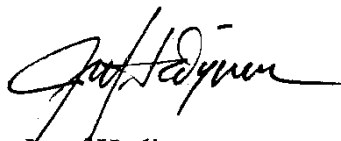
Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji II



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : T. Wisnu Hadi
Tempat, Tanggal Lahir : Galang, 01 Januari 2003
Npm : 2107210181
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **“Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Darah Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai 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, 24 Juli 2025

Saya yang menyatakan,





02DANX049663952 T. Wisnu Hadi

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DAN ABU BATU SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON

T. Wisnu Hadi
2107210181
Rizki Efrida, S.T, M.T

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia semakin pesat, termasuk pertumbuhan perusahaan-perusahaan lokal seperti industri batu belah. Seiring peningkatan produksi, limbah abu batu yang dihasilkan pun semakin banyak. Di sisi lain, limbah cangkang kerang darah juga menumpuk karena sebagian besar nelayan hanya memanfaatkan daging kerang, sementara cangkangnya dibuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah tersebut dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi agregat kasar dan limbah abu batu sebagai agregat halus dalam campuran beton, menggunakan metode eksperimen berupa pengujian kuat tekan. Persentase penggunaan limbah cangkang kerang darah adalah 10%, 15%, dan 20% dari berat agregat kasar, sedangkan limbah abu batu digunakan sebesar 35% dari berat agregat halus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal sebesar 22 MPa, sementara variasi campuran menghasilkan kuat tekan sebagai berikut: BLCK I (10%) sebesar 20 MPa (penurunan 9%), BLCK II (15%) sebesar 17 MPa (penurunan 23%), dan BLCK III (20%) sebesar 15 MPa (penurunan 32%). Untuk kombinasi dengan abu batu: BLCK (10%) + BLAB (35%) menghasilkan 21 MPa (penurunan 5%), BLCK (15%) + BLAB (35%) sebesar 19 MPa (penurunan 14%), dan BLCK (20%) + BLAB (35%) sebesar 17 MPa (penurunan 23%). Variasi campuran yang memberikan hasil kuat tekan paling optimal adalah BLCK (10%) + BLAB (35%) dengan nilai kuat tekan 21 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah cangkang kerang darah dan abu batu berpotensi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan beton yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Kata Kunci: Abu Batu, Cangkang Kerang Darah, Substitusi, Kuat Tekan

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING BLOOD COCKLE SHELL (ANADARA GRANOSA) WASTE AS A COARSE AGGREGATE SUBSTITUTE AND STONE DUST AS A FINE AGGREGATE SUBSTITUTE ON COMPRESSIVE STRENGTH

T.Wisnu Hadi
2107210181
Rizki Efrida, S.T, M.T

The construction industry in Indonesia is growing rapidly, including the expansion of local companies such as the crushed stone industry. Along with increased production, the amount of stone dust waste generated is also rising. On the other hand, blood cockle shell waste is also accumulating, as most fishermen only utilize the meat of the shellfish, while the shells are discarded. This study aims to reduce such waste by using blood cockle shell waste as a substitute for coarse aggregate and stone dust as a substitute for fine aggregate in concrete mixtures, using an experimental method through compressive strength testing. The percentages of blood cockle shell waste used were 10%, 15%, and 20% of the weight of coarse aggregate, while stone dust was used at 35% of the weight of fine aggregate. The test results show that normal concrete has a compressive strength of 22 MPa, while the mixture variations yielded the following results: BLCK I (10%) reached 20 MPa (a decrease of 9%), BLCK II (15%) reached 17 MPa (a decrease of 23%), and BLCK III (20%) reached 15 MPa (a decrease of 32%). For combinations with stone dust: BLCK (10%) + BLAB (35%) resulted in 21 MPa (a decrease of 5%), BLCK (15%) + BLAB (35%) reached 19 MPa (a decrease of 14%), and BLCK (20%) + BLAB (35%) reached 17 MPa (a decrease of 23%). The mixture variation that produced the most optimal compressive strength was BLCK (10%) + BLAB (35%) with a compressive strength of 21 MPa. These results indicate that the use of blood cockle shell waste and stone dust has the potential to serve as an environmentally friendly and economical alternative material in concrete production.

Keywords: Stone Dust, Blood Cockle Shell, Substitution, Compressive Strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Darah Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing dan sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc., Ph.D, IPM selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulisan 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 Josef Hadipramana, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa kepada Ayahanda tercinta T.Nizamuddin dan Ibunda Yulsaini terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan serta doa – doa yang tidak pernah putus hingga detik ini.
9. Kakak tersayang T. Nirwana Azmy, Tengku Zihan Fahira, S.K.M terima kasih telah memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Semua teman-teman Mahasiswa/i Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara stambuk 2021 yang telah membantu.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 24 Juli 2025

T.Wisnu Hadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Beton	6
2.2 Material Penyusun Beton	9
2.2.1 Semen	9
2.2.2 Air	10
2.2.3 Agregat Kasar	11
2.2.4 Agregat Halus	12
2.2.5 Cangkang Kerang Darah	14
2.2.6 Abu Batu	15
2.3 Kuat Tekan	16
2.4 Penelitian Terdahulu	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Bagan Alir Penelitian	22

3.2 Metode Penelitian	23
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.4 Bahan dan Peralatan	25
3.4.1 Bahan	25
3.4.2 Peralatan	26
3.5 Persiapan Agregat	27
3.6 Pemeriksaan Agregat	27
3.7 Pengujian Analisa Saringan	27
3.8 Pengujian Kadar Air	28
3.9 Berat Jenis dan Penyerapan	29
3.10 Pengujian Berat Isi	29
3.11 Pengujian Kadar Lumpur	30
3.12 Abu Batu	31
3.13 Cangkang Kerang Darah	31
3.14 Perencanaan Campuran Beton	31
3.15 <i>Mix Design</i>	32
3.16 Pengujian Slump (<i>Workability</i>)	40
3.17 Pembuatan Benda Uji	42
3.18 Jumlah Benda Uji	43
3.19 Pengujian Kuat Tekan	44
3.20 Jadwal Penelitian	46
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL	47
4.1 Umum	47
4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	47
4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	47
4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	48
4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar	50
4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	50
4.2.5 Kadar Air Agregat Kasar	51
4.3 Pemeriksaan Agregat Halus	52
4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	52
4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	53

4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	54
4.3.4 Berat Isi Agregat Halus	55
4.3.5 Kadar Air Agregat Halus	56
4.4 Perencanaan Campuran Material Beton	56
4.4.1 Mix Desgn Beton Normal Mutu Sedang	57
4.4.2 Kebutuhan Material	70
4.5 Hasil Pengujian Slump Test	74
4.6 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan	76
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Beton Berdasarkan Nilai Kuat Tekan	7
Tabel 2.2 Komposisi Utama Semen Portland	10
Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar	12
Tabel 2.4 Batas-batas Gradasi Kekasaran Pasir	14
Tabel 2.5 Persentase Senyawa Pada Kerang Darah	15
Tabel 2.6 Toleransi Waktu Pengujian Kuat Tekan Beton	17
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji Yang Tersedia	33
Tabel 3.2 Nilai Tambah Margin	33
Tabel 3.3 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Digunakan Di Indonesia	34
Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air Bebas	36
Tabel 3.5 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimun	37
Tabel 3.6 Nilai Slump Berdasarkan	41
Tabel 3.7 Jumlah benda uji dan substitusi agregat.	43
Tabel 3.8 Persentase Campuran Beton	44
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Dari Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	47
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	48
Tabel 4.3 Daerah Batas Gradasi Agregat Kasar	49
Tabel 4.4 Hasil Nilai Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	50
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	51
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	51
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Dari Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	52
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	53
Tabel 4.9 Daerah Batas Gradasi Agregat Halus	54
Tabel 4.10 Hasil Nilai Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	55
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	55
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	56

Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian pada Agregat	56
Tabel 4.14 Tabel <i>Mix Design</i> Beton Normal	57
Tabel 4.15 Menetapkan Nilai Standar deviasi	59
Tabel 4.16 Tingkat Mutu Pekerjaan	59
Tabel 4.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen	
Maksimum	61
Tabel 4.18 Nilai Slump	62
Tabel 4.19 Perkiraan Kadar Air Bebas	62
Tabel 4.20 Analisa Gradasi Agregat Kasar	71
Tabel 4.21 Analisa Gradasi Agregat Halus	72
Tabel 4.22 Jumlah Cangkang Kerang yang dibutuhkan untuk 1 benda	
Uji Silinder	72
Tabel 4.23 Proporsi Campuran Beton dengan LCK dan LAB	74
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Nilai Slump	75
Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan FAS	35
Gambar 3.3 Grafik Gradasi Agregat Sedang No.2	38
Gambar 3.4 Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimun 20 mm	38
Gambar 3.5 Persen Pasir Total Agregat Ukuran Butir Maksimun 40 mm	39
Gambar 3.6 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis dan Berat Isi Beton	40
Gambar 3.7 Skema Pemeriksaan Nilai Slump	42
Gambar 3.8 Benda Uji	43
Gambar 3.9 Alat Pengujian Kuat Tekan (<i>Compression Machine Test</i>)	45
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar	50
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Halus	54
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara FAS dengan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata	60
Gambar 4.4 Grafik Gradasi agregat halus (Zona 2 Pasir Sedang)	64
Gambar 4.5 Grafik Gradasi agregat kasar maksimun 20 mm	64
Gambar 4.6 Gambar Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Dianjurkan Untuk Butir Maksimun 20 mm	65
Gambar 4.7 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	67
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Nilai Slump	75
Gambar 4.9 Grafik Hasil Nilai Kuat Tekan Rata-Rata	82

DAFTAR NOTASI

f'_c	= Kuat Tekan	(Mpa)
f_{cr}	= Kuat Tekan Rata-rata	(Mpa)
S	= Deviasi Standar	(Mpa)
M	= Nilai Tambah	(Mpa)
FAS	= Faktor Air Semen	-
A	= Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh	(gr)
B	= Berat contoh (SSD didalam air)	(gr)
C	= Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan	(gr)
W_h	= perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(l/m ³)
W_k	= perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(l/m ³)
$B_{j\text{Campuran}}$	= Berat jenis agregat campuran	(gr/cm ³)
B_{jh}	= Berat jenis agregat halus	(gr/cm ³)
B_{jk}	= Berat jenis agregat kasar	(gr/cm ³)
K_h	= Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
K_k	= Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
$W_{\text{agregat campuran}}$	= Kebutuhan berat agregat campuran beton	(Kg/m ³)
W_{beton}	= Berat beton per meter kubik	(Kg/m ³)
W_{air}	= Berat air per meter kubik beton	(Kg/m ³)
W_{semen}	= Berat semen per meter kubik beton	(Kg/m ³)
P	= Beban Kuat Tekan	(kN)
A	= Luas Penampang Silinder	(mm ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan konstruksi di negara Indonesia semakin pesat hal ini ditandai dengan maraknya Pembangunan infrastruktur seperti bendungan, Pelabuhan, bandara, bangunan tinggi hingga jalan raya. Dan seiring perkembangan bangunan yang ada di Indonesia maka meningkat pula kebutuhan beton yang akan digunakan. Beton merupakan salah satu bahan utama dalam konstruksi bangunan yang mudah dibentuk sesuai dengan keperluan dan beton juga merupakan bahan hasil dari campuran pasir, batu pecah semen dan air, namun perawatan beton tidak memerlukan biaya yang mahal dan juga berbagai analisa dan kajian terus dilakukan demi meningkatkan kekuatan mutu beton (Purnomo Adi, 2023).

Pada zaman sekarang banyaknya Perusahaan industri yang bergerak di berbagai bidang, namun salah satu diantaranya yaitu dibidang konstruksi. Perusahaan industri batu belah merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi. Perusahaan tersebut melakukan produksi batu belah dengan ukuran varian yang berbeda beda di setiap harinya namun menghasilkan limbah yang disebut dengan limbah abu batu. Abu batu merupakan bahan yang masih asing di kalangan masyarakat sebagai bahan material dan abu batu juga merupakan salah satu bahan yang memiliki kelebihan diantara lain yaitu berat jenis yang tinggi yang dapat berfungsi sebagai friksi permukaan yang kasar serta mampu mengisi ruang kosong kosong yang terdapat pada rongga rongga material pembentuk beton.

Pada saat ini nelayan hanya memanfaatkan daging kerang sedangkan untuk cangkang kerang hanya beberapa dari mereka yang mampu memanfaatkannya seperti membuat kerajinan tangan. hal ini dapat menyebabkan penumpukan limbah cangkang kerang yang berpotensi dapat merusak lingkungan. Desa Percut merupakan desa yang memiliki penduduk yang mayoritasnya bekerja sebagai nelayan.

Maka dari itu diperlukan kajian lebih dalam terhadap pemanfaatan kedua limbah tersebut demi mengurangi penumpukan limbah yang berlebih serta dapat

mengganggu aktivitas sehari – hari. Adapun penelitian yang akan dilakukan yaitu pengaruh penambahan kedua limbah tersebut sebagai substitusi agregat kasar dan agregat halus. Adapun limbah cangkang akan digunakan sebagai substitusi agregat kasar sedangkan limbah abu batu menjadi substitusi terhadap agregat halus.

Pada penelitian ini didasari oleh penelitian – penelitian sebelumnya tentang penggunaan abu batu sebagai pengganti Sebagian material pasir (Budiman dan James WTP, 2022) Dimana hasil penelitian Nilai kuat tekan beton abu batu pada komposisi AB 20%, dan AB 30% diperoleh sebesar 235.11 kg/cm² dan 239.88 kg/cm² meningkat dibandingkan beton normal AB 0% diperoleh nilai sebesar 189.57 kg/cm² pada umur 28 hari dengan mutu rencana f'c 17,5 MPa. Dan Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar dengan Bahan *Superplasticizer* Pada Kuat Tekan Beton (Lina Flaviana Tilik, Fadhila Firdausa, Muhammad Rifqi Agusri, Puji Hartoyo, 2021) Dari hasil pengujian didapat kuat tekan beton normal dan beton *superplasticizer* 0,5% sebesar 28,26 MPa dan 29,15 MPa, sedangkan untuk kuat tekan beton cangkang kerang dengan komposisi 5%, 10%, 15%, dan 20% yang ditambah dengan *superplasticizer* 0,5 % menghasilkan kuat tekan sebesar 30,78 MPa, 26,78 MPa, 24,71 MPa, dan 22,93 MPa. Kuat tekan beton meningkat setelah ditambah bahan tambah *superplasticizer* 0,5% dan untuk penambahan cangkang kerang pada persentase 5%, sedangkan untuk kuat tekan beton dengan penambahan cangkang kerang di atas 5% mengalami penurunan. Sehingga karakteristik campuran beton yang baik untuk digunakan yaitu beton cangkang kerang dengan komposisi 5% dengan bahan tambah *superplasticizer* sebanyak 0,5%. Maka dari itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil nilai kuat tekan beton apabila kedua limbah tersebut digabungkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah cangkang kerang darah dan limbah abu batu terhadap nilai kuat tekan beton rencana pada umur 28 hari?
2. Berapakah nilai kuat tekan yang paling optimal dari variasi persentase yang telah direncanakan?

3. Apakah limbah cangkang kerang dan limbah abu batu dapat digunakan sebagai substitusi kasar dan halus pada beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah ini dilakukan untuk menyempitkan focus pada isu–isu yang dibahas, sehingga penelitian dapat lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Adapun beberapa Batasan masalah tersebut yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Perencanaan campuran beton berdasar SNI yang telah ditetapkan yaitu SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal).
3. Benda uji yang ingin digunakan adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah $f'c$ 20 MPa
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah perawatan selama 28 hari.
6. Semen yang digunakan yaitu semen PPC (*Pozzoland Portland Cement*).
7. Air yang digunakan sebagai adalah air yang berasal dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Agregat kasar berupa kerikil.
9. Substitusi agregat kasar yaitu limbah cangkang kerang yang berasal dari Desa percut.
10. Agregat halus berupa pasir alam.
11. Substitusi agregat halus yaitu limbah abu batu yang berasal dari PT Rapi Rajasa.
12. Variasi campuran limbah cangkang kerang pada beton normal yaitu 0%, 10%, 15% dan 20%. Sedangkan untuk limbah abu batu digunakan sebanyak 35% untuk setiap benda uji.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah didapatkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh limbah cangkang kerang sebagai substitusi

agregat kasar dan limbah abu batu sebagai substitusi agregat halus pada nilai kuat tekan beton yang berumur 28 hari.

2. Mengetahui nilai kuat tekan yang paling optimal dari variasi persentase yang telah direncanakan.
3. Mengetahui apakah limbah cangkang kerang dan limbah abu batu dapat digunakan sebagai substitusi kasar dan halus pada beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dengan baik secara teori maupun praktis dan adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu beton tentang pengaruh limbah cangkang kerang dan limbah abu batu terhadap nilai kuat tekan beton.
2. Penelitian ini juga diharapkan menjadi material konstruksi yang baru dan ramah lingkungan.
3. Penelitian ini juga dapat memberikan manfaat yaitu mengurangi penumpukan limbah cangkang kerang yang berlebih dan limbah abu batu yang berlebih sehingga dapat memberikan polusi udara.

1.6 Sistematika Pembahasan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan yang akan digunakan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan ini terdiri dari teori teori beton yang akan digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian ini sekaligus sebagai landasan dasar dalam melakukan penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab metode ini terdiri dari metode yang akan digunakan dalam melakukan penelitian ini yaitu mulai dari Teknik pengumpulan data, mengambil data yang diperlukan, menganalisis data sampai waktu dan tempat penelitian ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terdiri dari hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang penelitian untuk dapat ditarik kesimpulannya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan material yang memiliki peran penting dalam dunia konstruksi. Contoh penerapan beton dalam sebuah bangunan konstruksi yaitu pondasi, kolom, balok, hingga plat lantai. Secara sederhana beton ialah material yang terbentuk oleh perkerasan campuran antara semen, air, agregat kasar dan agregat halus namun terkadang beton juga ditambahkan campuran bahan lain seperti *additive* atau *admixture* yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas beton (Haris, 2019).

Dengan banyaknya Pembangunan yang dilakukan pada zaman sekarang, maka meningkat pula kebutuhan beton, yang menjadi peran penting dalam menciptakan struktur bangunan yang kokoh dan tahan lama. Hal ini tidak hanya mendukung pertumbuhan infrastruktur tetapi juga mencerminkan kemajuan teknologi dan inovasi dalam dunia konstruksi sehingga setiap proyek dapat memenuhi standar keselamatan yang berlaku.

Kualitas beton yang baik merupakan hasil dari material yang memenuhi standarisasi yang berlaku. Oleh karena itu dilakukan perencanaan *mix design* dengan tujuan untuk mengetahui sekaligus menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang akan digunakan dalam melakukan *mix design*. Pada proses *mix design*, perlu diperhatikan adukan beton dengan tujuan untuk mengurangi resiko segregasi pada campuran beton agar menghasilkan kualitas beton yang sesuai dengan perencanaan *mix design*.

Selain diperlukan perencanaan *mix design* yang baik, beton juga harus memenuhi beberapa kriteria mulai dari aspek ekonomi (rendah dalam segi biaya) dan aspek Teknik (memenuhi kekuatan struktur) yang diperlukan .beton juga memiliki peraturan dan standar perancangan yang berlaku seperti ASTM-C (*American Standard Testing and Material for Concrete*) dan SNI (Standard Nasional Indonesia). Beton juga memiliki beberapa jenis berdasarkan hasil nilai

kuat tekan. Tabel 2.1 merupakan jenis beton berdasarkan kuat tekan (Tjokrodimuljo, 2007).

Tabel 2.1: Jenis beton berdasarkan nilai kuat tekan (Tjokrodimuljo,2007).

Jenis Beton	Kuat Tekan
Beton sederhana	0-15 MPa
Beton normal	15-30 MPa
Beton prategang	30-40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

Salah satu faktor kokoh dan panjangnya umur bangunan, ditentukan oleh kualitas beton yang digunakan. Menurut pendapat (Pane et al., 2015) beton memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Berikut merupakan kelebihan dari beton yaitu:

1. Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan strukur, daktilitas dan sebagainya.
2. Harganya dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar lokal banyak tersedia.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
4. Kuat tekannya yang cukup tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun dimasukkan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat- tempat yang sulit.
7. Beton memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh temperatur tinggi yang mungkin timbul, seperti akibat peristiwa kebakaran.
8. Rigiditas tinggi.
9. Biaya pemeliharaan yang rendah.

10. Penyediaan material yang mudah.

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan antara lain yaitu:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
3. Beton bersifat getas atau tidak daktil sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.
4. Memerlukan biaya untuk bekisting dan perancah atau untuk beton yang dicor di tempat.

Namun menurut Tjokrodinuljo (1996), macam-macam beton berdasarkan fungsional yaitu :

1. Beton normal

Beton normal merupakan beton yang cukup berat, dengan berat volume 2400 kg/m³ dengan nilai kuat tekan 15-40 MPa dan dapat menghantar panas.

2. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m³. Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

3. Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm.

4. Fero semen

Fero semen adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. Fero semen dapat diartikan beton bertulang.

5. Beton serat

Beton serat adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.

6. Beton non pasir

Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25%.

7. Beton siklop

Beton siklop merupakan Beton sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20%.

8. Beton hampa (*Vacuum Concrete*) Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacum method*).

2.2 Material Penyusun Beton

Beton merupakan bahan yang dihasilkan dari campuran semen, air, agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir) dan penambahan zat lainnya seperti zat *additive* atau *admixture* jika diperlukan.

2.2.1. Semen

Semen merupakan material yang telah digunakan sejak zaman dahulu. Masyarakat mesir kuno menggunakan gips yang memiliki kandungan kalsium yang ditambahkan air, pasir dan batu split untuk membuat campuran beton. Sedangkan masyarakat Roma dan Yunani menggunakan batu kapur sebagai semen.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) semen mengandung beberapa unsur kimia antara lain yaitu kapur (CaO) sebesar 60-65%, silika (SiO_2) 17-25%, alumina (Al_2O_3) 3-8%, besi (Fe_2O_3) 0,5-6%, magnesia (MgO) 0,5-4%, sulfur (SO_3) 1-2%, soda/potash 0,5-1%. Dari beberapa unsur tersebut membentuk beberapa senyawa dan berikut merupakan senyawa yang paling penting dalam semen Portland yaitu :

Tabel 2.2: Komposisi utama semen portland (Mulyono, 2007).

Nama Kimia	Rumus Kimia	Singkatan	Berat (%)
Tricalcium Silicate	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	50
Dicalcium Silicate	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	25
Tricalcium Aluminate	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	12
Tetracalcium Aluminoferrite	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	CSH_2	3,5

Semen juga merupakan bahan pengikat utama dalam adukan beton yang bertujuan untuk menyatukan bahan menjadi satu kesatuan yang kuat. Jenis atau tipe semen juga mempengaruhi kualitas beton khususnya pada nilai kuat tekan beton, dalam hal ini maka kita perlu mengetahui tipe semen yang menjadi standarisasi di Indonesia. Berdasarkan ASTM C150, semen dibagi menjadi lima tipe antara lain :

- Tipe I : *Ordinary Portland Cement*, semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
- Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.
- Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi

2.2.2. Air

Air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan dan perawatan beton. Selain bahan yang mudah ditemukan, air juga berperan dalam proses hidrasi pada campuran beton, sehingga antara semen dengan agregat kasar dan agregat halus terjadi pengikatan satu dengan yang lainnya. Proses ini membuat campuran

beton mengeras setelah beberapa jam, sehingga mempermudah pengerjaan dalam proses pembuatan beton.

Proses hidrasi semen memerlukan 25% air dari berat semen yang diperlukan dan jumlah air ini dihitung berdasarkan perbandingan berat air terhadap berat semen. Jika faktor air semen kurang dari 35%, pengurangan jumlah air akan berdampak pada rendahnya Tingkat *workability* yang berakibatkan sulitnya proses pengadukan pada pengerjaan beton segar.

Adapun persyaratan air yang dapat digunakan dalam campuran beton Berdasarkan (SNI 7974, 2013) sebagai berikut :

1. Air yang tawar dan dapat diminum bisa digunakan dalam campuran beton
2. Air yang digunakan harus bersih dan bebas dari bahan yang mampu merusak beton seperti garam, asam, alkali, oli atau bahan lainnya
3. Air yang tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda yang tidak tercampur dengan air dan dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter karna dapat mengurangi kelekatan pada campuran beton
4. Air yang tidak mengandung klorida dalam jumlah yang lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Air yang mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

2.2.3. Agregat Kasar

Agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton yang berasal dari proses penguraian alami batuan atau hasil pemecahan menggunakan mesin pemecah (*stone crusher*) yang berbentuk butiran mineral alami. Adapun fungsi agregat kasar lainnya yaitu untuk mengurangi terjadinya susut pada beton, meningkatkan kualitas pada kekuatan beton, dan apabila ditambahkan dengan gradasi yang baik maka beton akan menjadi padat. Agregat kasar terdiri dari butiran-butiran yang tidak lolos atau tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm namun lolos ayakan 40 mm (Arum,2013). Jenis agregat kasar yaitu batu pecah dan kerikil.

Agregat kasar tidak boleh berpori dan harus memiliki sifat batuan keras permanen, kekal dan tidak hancur atau pecah karena faktor air hujan dan Terik matahari. Kekerasan agregat kasar dapat diujikan menggunakan mesin pengaus (*los*

angeles), dimana tidak boleh kehilangan beratnya lebih dari 50%, dalam hal penentuan agregat kasar untuk campuran beton harus memenuhi kriteria sesuai dengan standar (SNI 03-2834,2000) sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering dan apabila mengandung lumpur lebih dari 1% maka agregat kasar wajib untuk dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat rekatif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut:
 - a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% dari berat total.
 - b. Sisa di atas ayakan 4 mm lebih kurang 90-98% dari berat total.
4. Selsisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dari berat total, minimum 10% dari berat total.

Berdasarkan (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar yaitu agregat yang butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm. Tabel 2.2 merupakan spesifikasi gradasi agregat kasar menurut (SNI 03-2834, 2000).

Tabel 2.3 : Spesifikasi gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100

2.2.4. Agregat Halus

Agregat halus merupakan bahan pengisi material pada beton yang berbentuk pasir dan dihasilkan oleh pecahan batu atau pabrik batuan pecah. Agregat halus juga merupakan butiran agregat yang lolos saringan 4,8 mm. fungsi utama pada agregat halus yaitu memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari

campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel (Heru Lalu, 2014). Menurut (SNI 03 2834,2000) agregat halus dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

- Pasir Halus : Ø 0 - 1 mm
- Pasir Kasar : Ø 0 – 5 mm

Menurut Tjokrodinuljo (2010) agregat yang butiran nya lebih kecil dari 1,20 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,75 mm disebut silt dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay. Pasir memiliki 3 jenis antara lain:

1. Pasir galian

Pasir golongan diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam.

2. Pasir sungai.

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat-bulat akibat proses gesekan. Pada sungai tertentu yang dekat dengan hutan kadang-kadang banyak mengandung humus.

3. Pasir Pantai

Pasir pantai ialah pasir yang diambil dari pantai. Pasir pantai berasal dari pasir sungai yang mengendap di muara sungai (di pantai) atau hasil gerusan air di dasar laut dan mengendap di pantai. Pasir pantai biasanya berbutir halus. Bila merupakan pasir dari dasar laut maka pasirnya banyak mengandung garam.

Agregat halus yang akan digunakan pada beton harus melalui tahapan pengujian agregat. Salah satu pengujian agregat halus yaitu pengujian gradasi agregat halus. gradasi agregat halus adalah pengujian distribusi dari agregat. Apabila butiran agregat memiliki ukuran variasi yang sama maka akan mengakibatkan volume pori pada beton membesar dan sebaliknya apabila ukuran butiran agregat bervariasi maka volume pori pada beton akan menjadi kecil. Karena butiran yang kecil akan mengisi diantara butiran yang lebih besar sehingga ruang pada pori mengecil.

Menurut (SK-SNI-T-15-1990-03), kekasaran pasir dapat dibagikan menjadi empat kelompok berdasarkan gradasinya antara lain pasir kasar, agak kasar, agak halus, dan halus. Tabel 2.4 batas-batas gradasi pada kekasaran pasir.

Tabel 2.4: Batas-batas gradasi kekasaran pasir (Tjokrodinuljo, 2010).

Lubang (mm)	Berat Butiran Lolos Saringan (%)			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

2.2.5. Cangkang Kerang Darah

Kerang merupakan nama sekumpulan moluska dwicangkerang dari family cardidae yang merupakan salah satu komoditi perikanan. Komoditi perikanan ini merupakan komoditi yang sedang banyak dibudidayakan oleh masyarakat khususnya masyarakat yang tinggal di daerah pesisir. Budidaya kerang merupakan salah satu budidaya yang mudah dilakukan dan tidak memerlukan modal yang besar dan untuk waktu panen dapat dilakukan setelah 6-7 bulan.

Budidaya kerang per hektar bisa mencapai 200-300 ton pertahun pada kerang utuh dan untuk daging kerang saja hanya 60-100 ton (Rezeki, 2013). Jenis kerang yang sering dikonsumsi oleh masyarakat yaitu kerang darah (*Anadara Gronosa*), kerang hijau (*Perna Vidirs*), kerang bambu (*Ensis Leei*), kerang tiram, kerang bulu (*Anadara Antiquata*), Kerang Simping (*Pectinidae*).

Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) bisa digunakan menjadi bahan substitusi parial pada beton dan dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran beton karena cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) memiliki kandungan kapur, silika dan alumina yang berperan sebagai bahan pengikat dan pengisi (filler). Cangkang kerang darah dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif beton, baik sebagai substitusi semen maupun agregat kasar,

sehingga mampu mengurangi penggunaan material alam sekaligus mengatasi limbah cangkang kerang

Tabel 2.5: Persentase senyawa pada kerang darah (Andika dan Safarizki, 2019).

Komponen	Cangkang Kerang Darah (Kadar % Berat)
Cao	67,072
SiO ₂	8,252
Fe ₂ O ₃	0,402
MgO	22,652
AL ₂ O ₃	1,622

Kerang darah (*Anadara Granosa*) memiliki ciri bentuk daging yang tebal dan menggembung 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 relatif rendah (Tiara,2017). Kerang yang memiliki kualitas dan bentuk yang baik akan digunakan sebagai bahan kerajinan, sedangkan untuk bentuk yang buruk dibuang disekitar pabrik yang jika tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan sekitar.

2.2.6. Abu Batu

Abu batu merupakan bahan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu pada proses penghancuran batu dan penggilingan batu. Partikel abu batu memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran batu yang dihancurkan dan memiliki warna keabu-abuan. Abu batu merupakan bahan tambahan yang sering digunakan karena bahan ini tergolong murah dibanding bahan campuran lainnya dan juga mudah didapat. Material ini umumnya memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari 5 mm.

Karakteristik secara umum pada abu batu yaitu memiliki tekstur yang halus dan berpori dan membuatnya sangat cocok dicampur dengan bahan konstruksi lainnya. Berat jenis abu batu yang tinggi dapat berfungsi sebagai pengisi dengan potensial friksi permukaan yang kasar serta mampu menempati rongga-rongga kecil antara material pembentuk beton. Abu batu mengandung senyawa alkali, besi, dan kapur walaupun dengan kadar yang rendah dan biasanya abu batu digunakan dalam

adukan beton untuk memperbaiki sifat beton (Asrullah dkk, 2021). Abu batu dalam penelitian ini merupakan abu batu yang berasal dari PT Rapi Rajasa.

2.3. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan adalah pengujian beban persatuan luas yang menyebabkan beton hancur dengan alat uji kuat tekan yang tersedia di laboratorium (Haris, 2020). Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk menentukan nilai kuat tekan beban maksimal yang dapat ditahan oleh objek beton sebelum mengalami kehancuran dan kekuatan kuat tekan beton diukur dalam satuan MPa.

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI-1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan 03-2847-2000), Kuat tekan beton lambangkan (f_c') yaitu pada kuat tekan silinder beton yang diukur pada usia 28 hari. Kualitas beton dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan kuat tekannya yaitu:

1. Mutu beton dengan f_c' yang kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton non struktur
2. Mutu beton dengan f_c' antara 10 sampai 20 Mpa, digunakan untuk beton structural
3. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 Mpa keatas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Nilai kuat tekan pada beton dapat dicari dengan menggunakan rumus kuat tekan dibawah ini:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

f_c' = Kuat Tekan Saat Pengujian (kN/mm²)

P = Beban Tekan (kN)

A = Luas Penampang (mm²)

Kekuatan beton yang tidak mencapai perencanaan dapat menyebabkan kegagalan struktur pada bangunan. Ada banyak faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain yaitu campuran beton, umur beton dan perawatan beton. Berdasarkan (SNI-1974-2011) semua benda uji yang ingin di uji harus ditentukan

dalam toleransi waktu uji yang diizinkan. Tabel 2.6 toleransi waktu pengujian kuat tekan.

Tabel 2.6: Toleransi waktu pengujian kuat tekan beton SNI (1974, 2012).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu
12 jam	± 15 menit atau 2,1%
24 jam	± 30 menit atau 2,1%
3 hari	± 2 jam atau 2,8%
7 hari	± 6 jam atau 3,6%
28 hari	± 20 jam atau 3,0%
90 hari	± 2 hari atau 2,2%

2.4. Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terkait dampak pengaruh limbah cangkang kerang darah dan limbah abu batu telah dilakukan sebelumnya. Penelitian penelitian tersebut menjadi landasan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggabungan kedua jenis limbah ini terhadap nilai kuat tekan beton. Berikut merupakan ringkasan dari beberapa penelitian mengenai pengaruh limbah cangkang kerang darah dan limbah abu batu terhadap nilai kuat tekan beton.

Tabel 2.7: Penelitian terdahulu.

No	Judul	Kesimpulan
1	Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah <i>Superplasticizer</i> Pada Kuat Tekan Beton (Pawennangi dkk., 2023)	Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini: 1. Pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan beton normal yaitu rata-rata sebesar 25,76 Mpa 2. Hasil kuat tekan beton dengan campuran cangkang kerang 5%

		+ 400 ml <i>superplasticizer</i> yaitu rata-rata sebesar 24,82 Mpa 3. Hasil kuat tekan beton dengan campuran cangkang kerang 10% + 400 ml <i>superplasticizer</i> yaitu rata-rata sebesar 22,65 Mpa 4. Hasil kuat tekan beton dengan campuran cangkang kerang 15% + 400 ml <i>superplasticizer</i> yaitu rata-rata sebesar 21,61 Mpa Dapat disimpulkan beton variasi maksimal limbah cangkang dan tambahan <i>superplasticizer</i> yaitu variasi 5% + SP 400 ml Hal itu dikarenakan karena beton yang direncanakan 25 Mpa dan pada saat pengetesan tidak semua variasi tidak ada yang memenuhi perencanaan, dan yang mendekati 25 Mpa yaitu variasi 5% cangkang kerang + 400ml <i>superplasticizer</i> dengan nilai 24,82 Mpa.
2	Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar dengan Bahan <i>Superplasticizer</i> Pada Kuat Tekan Beton (Tilik dkk., 2021)	Dari hasil pengujian didapat kuat tekan beton normal dan beton <i>superplasticizer</i> 0,5% sebesar 28,26 MPa dan 29,15 MPa, sedangkan untuk kuat tekan beton cangkang kerang dengan komposisi 5%, 10%, 15%, dan 20% yang ditambah dengan <i>superplasticizer</i> 0,5 % menghasilkan

		kuat tekan sebesar 30,78 MPa, 26,78 MPa, 24,71 MPa, dan 22,93 MPa. Kuat tekan beton meningkat setelah ditambah bahan tambah superplasticizer 0,5% dan untuk penambahan cangkang kerang pada persentase 5%, sedangkan untuk kuat tekan beton dengan penambahan cangkang kerang di atas 5% mengalami penurunan. Sehingga karakteristik campuran beton yang baik untuk digunakan yaitu beton cangkang kerang dengan komposisi 5% dengan bahan tambah superplasticizer sebanyak 0,5%
3	Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir (Budiman, James., 2022)	Penggunaan abu batu (AB) berpengaruh pada campuran beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibanding beton normal serta membuat Kinerja beton. Nilai kuat tekan pada komposisi AB 20% dan AB 30% masing-masing 23.05 Mpa dan 23.53 Mpa meningkat dibandingkan beton normal AB 0% yaitu 18.57 Mpa pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini berkontribusi sebagai material maju dalam pengembangan teknologi beton.
4	Penggunaan Limbah Abu Batu Sebagai Campuran Pada Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. (Rinaldi dkk., 2024)	Kesimpulan Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

		1. Limbah abu batu dengan rasio komposisi 15%, 25% dan 35% memiliki ikatan yang cukup bagus sebagai material tambah pada campuran beton normal sebagai pengganti agregat halus bahkan dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. 2. Berdasarkan penelitian ini, kuat tekan yang dihasilkan oleh beton normal abu batu dengan rasio komposisi 15%, 25% dan 35% adalah sebagai berikut: - Beton normal tanpa campuran abu batu umur 7, 14, dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton sebesar 13,63 MPa, 19,57 MPa, dan 20,53 MPa. - Beton dengan komposisi abu batu sebanyak 15% dari agregat halus dengan umur 7,14, dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton sebesar 15,75 MPa, 18,02 MPa, 22,03 MPa. - Beton dengan komposisi abu batu sebanyak 25% dari agregat halus dengan umur 7,14, dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton sebesar 15,96 MPa, 19,02 MPa, 21,16 MPa. - Beton dengan komposisi abu batu sebanyak 35% dari
--	--	--

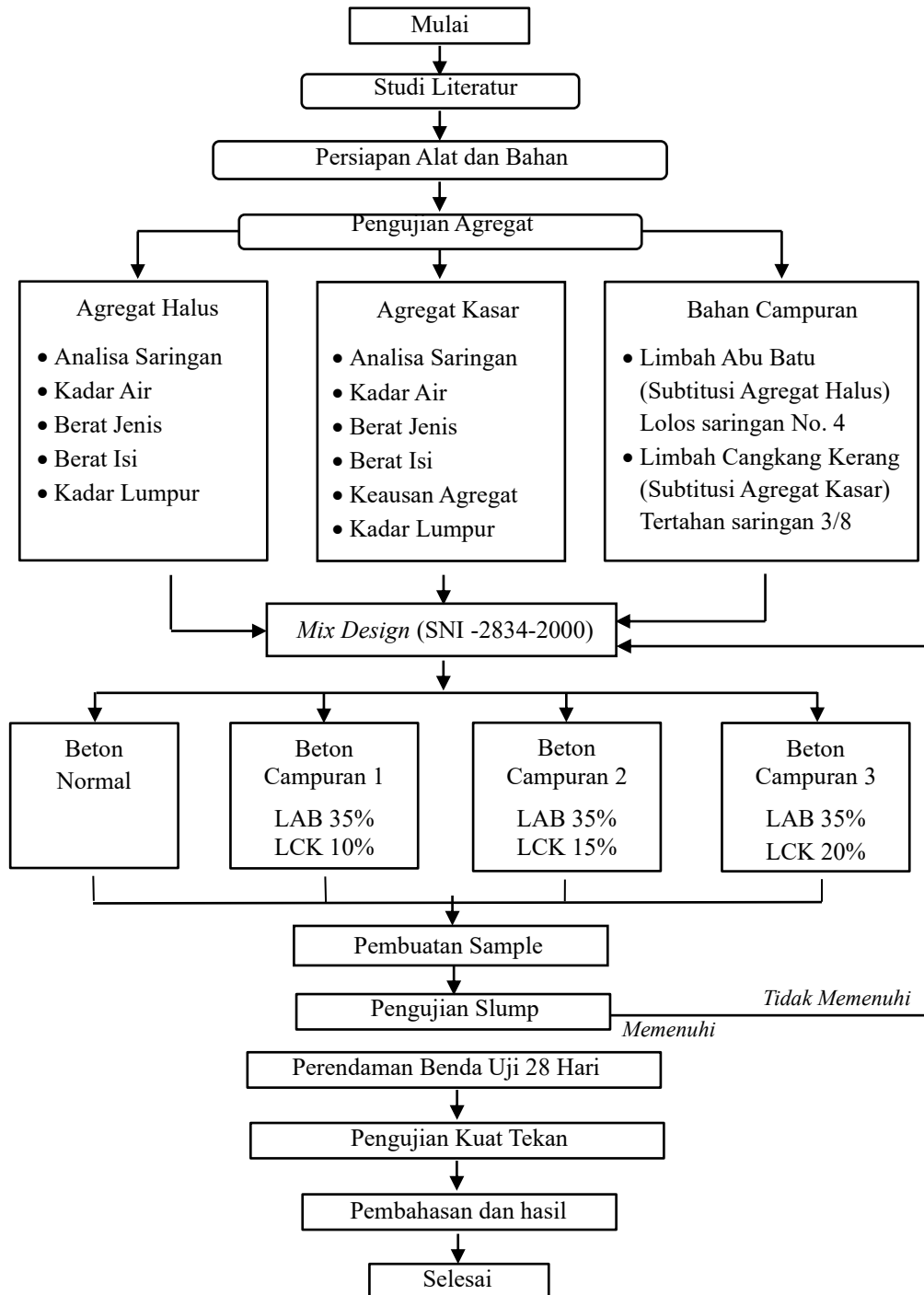
		agregat halus dengan umur 7,14, dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton sebesar 23,49 MPa, 24,31 MPa, 24,95 MPa 3. Dari hasil uji kuat tekan beton normal abu batu komposisi 15%, 25% dan 35%, dapat diketahui bahwa : a. Hasil kuat tekan beton pada komposisi 15% dan 25% mencapai dan melebihi mutu rencana beton senilai 20 MPa di umur beton 28 hari.. Sedangkan hasil uji kuat tekan beton pada komposisi campuran abu batu sebanyak 35% mencapai dan melebihi mutu kuat tekan beton yang direncanakan senilai 20 MPa pada umur 7, 14 dan 28 hari. Komposisi 35% juga memiliki nilai kuat tekan beton tertinggi diantara komposisi yang lainnya.
--	--	--

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir ada penelitian ini:



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi agregat kasar dan limbah abu batu sebagai agregat halus dan penelitian ini membutuhkan beberapa data pendukung sebagai acuan dalam melakukan eksperimen. Adapun data pendukung yang dibutuhkan dari laboratorium yaitu:

1. Data Primer

- a. Analisa Saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990
- b. Pemeriksaan kadar air dan penyerapan mengacu pada SNI 1971-2011
- c. Berat Jenis dan Penyerapan agregat mengacu pada SNI 1969-2016
- d. Pemeriksaan berat isi agregat mengacu pada SNI 03-4804-1998
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat mengacu pada SNI-03-4142-1996
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix Design*) mengacu pada SNI 03-2834-2000/ACI (*American Concrete Institute*)
- g. Pembuatan benda uji mengacu pada SNI 2493-2011
- h. Pemeriksaan nilai kekentalan beton segar (*Slump Test*) mengacu pada 1972-2008
- i. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974-2011

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 For Testing 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 abu batu dan cangkang kerang darah.

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. Abu batu

Abu batu yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai substitusi agregat halus yang berasal dari PT Rapi Rajasa dengan spesifikasi abu batu yang lolos saringan No 4.

4. Cangkang kerang

Cangkang kerang yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai agregat kasar dari desa Percut dengan spesifikasi cangkang kerang yang tertahan pada saringan no 3/8.

5. *Mix Design*

Dalam tahap proses *mix design* peneliti dibimbing 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 abu batu yang akan dicampur pada mesin pengaduk semen (*mixer*).

7. Pengujian *Slump Test*

Pengujian *Slump Test* pada beton segar dilakukan sebelum proses pencetakan benda uji yang bertujuan untuuk 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 dilepas dan dihitung perbandingan penurunan beton segar kerucut abram.

8. Pencetakan benda uji

Dalam proses pencetakan benda uji yang telah dituangkan dari mesin pengaduk beton (*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 direndam 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.

3.3 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 split yang berasal dari binjai.

b. Agregat halus

Agregat halus dengan material pasir yang berasal dari binjai.

- 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. Abu batu
Abu batu yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan substitusi agregat halus yaitu berasal dari PT Rapi Rajasa.
- f. Cangkang Kerang Darah
Cangkang Kerang Darah yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai bahan substitusi agregat kasar berasal dari Desa Percut.

3.4.2. Peralatan

- a. Satu set saringan untuk agregat kasar dengan nomor ayakan berturut turut:
 - 3"
 - 2 ½"
 - 2"
 - 1 ½"
 - 1"
 - ¾"
 - 1/2"
 - 3/8"
 - No. 4Untuk satu set saringan agregat halus dengan nomor ayakan berturut-turut yaitu:
 - 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 Kompres (*compression test*).
- h. Bak perendam.

3.4 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 pemisahan 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.

3.5 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.

3.6 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 dikeringkan dengan suhu (110 ± 5) °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 mm (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-1971,2011) tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Dengan rumus berikut:

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

Keterangan :

W_3 = Berat benda uji sebelum oven (gr)

W_5 = Berat benda uji sesudah oven (gr)

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

Menimbang berat wadah = W_1

Menimbang berat benda uji sebelum oven dan wadah = W_2

Menimbang berat benda uji sebelum oven = W_3

$W_3 = (W_2 - W_1)$

Menimbang berat uji sesudah oven dan berat wadah = W_4

Menimbang berat benda uji sesudah oven = W_5

$W_5 = (W_4 - W_1)$

Menghitung berat air = W_6

$$W_6 = (W_2 - W_4)$$

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:

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

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{b}{(b-c)} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(a-c)} \quad (3.5)$$

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \left(\frac{b-a}{a} \right) \times 100\% \quad (3.6)$$

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)

3.9 Pengujian Berat Isi

Berat isi pada pengujian agregat untuk campuran beton adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk menentukan densitas atau kerapatan agregat dalam suatu volume tertentu, baik dalam kondisi lepas maupun padat. 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:

$$\text{Berat Isi Agregat (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.7)$$

Keterangan:

M_c = Berat wadah ukur yang diisi air (kg)

M_m = Berat wadah ukur (kg)

V_m = Volume wadah ukur (m^3)

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 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. Goyangkan 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:

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan:

B_0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B_1 = Berat agregat sesudah pengujian (gr)

3.12 Abu Batu

Abu batu merupakan abu yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu pada proses penghancuran batu dan penggilingan batu. Partikel abu memiliki ukuran yang lebih

kecil dari ukuran batu yang dihancurkan dan memiliki warna keabu-abuan. Abu batu pada penelitian ini berasal dari PT Rapi Rajasa.

3.13 Cangkang Kerang Darah

Kerang darah memiliki ciri bentuk daging yang tebal dan menggembung sekaligus memiliki daging yang berwarna merah darah. Kerang ini hidup di dasar perairan pesisir seperti estuary, mangrove dan pada lamun dengan *subtract* lumpur berpasir dan sanitas yang relatif 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 Karbonat (CaCO_3) yang membentuk lapisan keras melalui proses biomineralisasi. Cangkang kerang darah memiliki 5 senyawa utama yaitu kalsium oksida, silikon oksida, besi oksida, magnesium oksida dan aluminium 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.

Apabila pengujian bahan komponen pembentuk beton telah selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia). 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 Design

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 kelecekan 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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.9)$$

Dengan:

S = Deviasi Standar

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

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

$$\frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \quad (3.10)$$

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 3.1:

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
Hampir 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)

$$f_{cr} = f_c' + M \quad (3.11)$$

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)

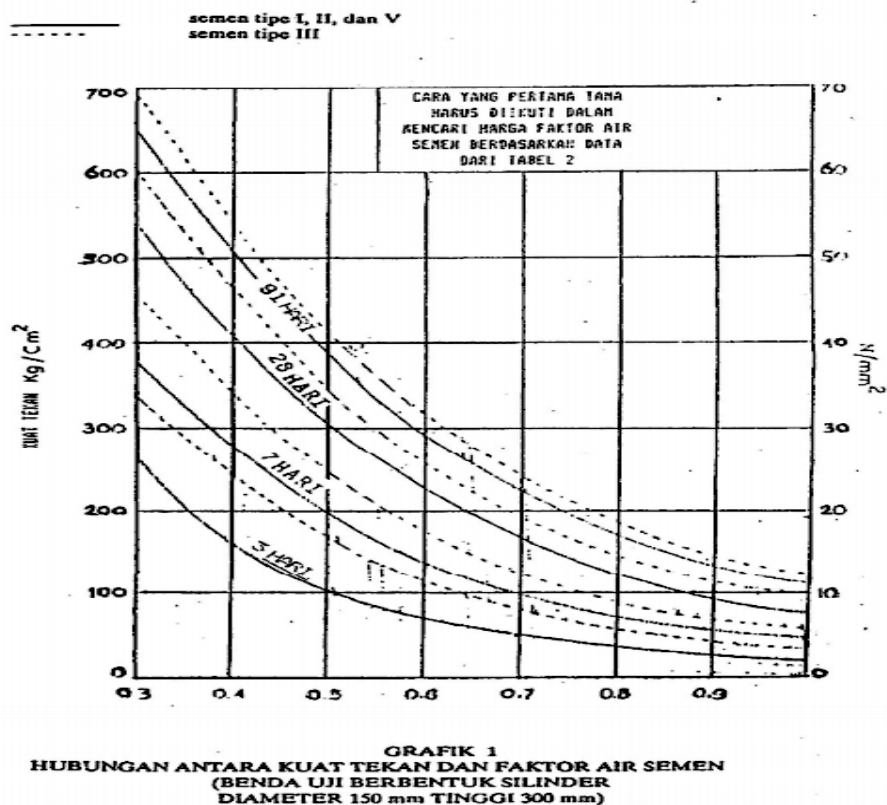
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

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

- Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas.
- Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 2 secara proporsional.
- Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 3 di atas.
- 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)				
		Pada Umur (Hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe I	Batu Tak Pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
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	



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;

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.12)$$

Keterangan:

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Tabel 3.4: Perkiraan Kadar Air Bebas.

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-80
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimun	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

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

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

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.13)$$

Diketahui:

W_{semen} = Jumlah semen (Kg/m³)

W_{air} = Kadar air bebas

fas = Faktor air semen bebas

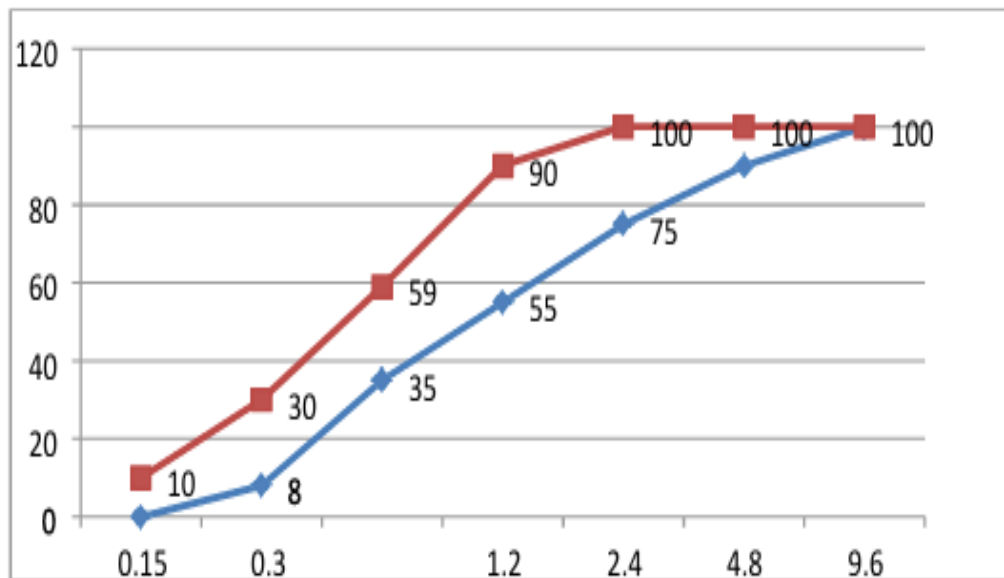
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
 14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin.

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		

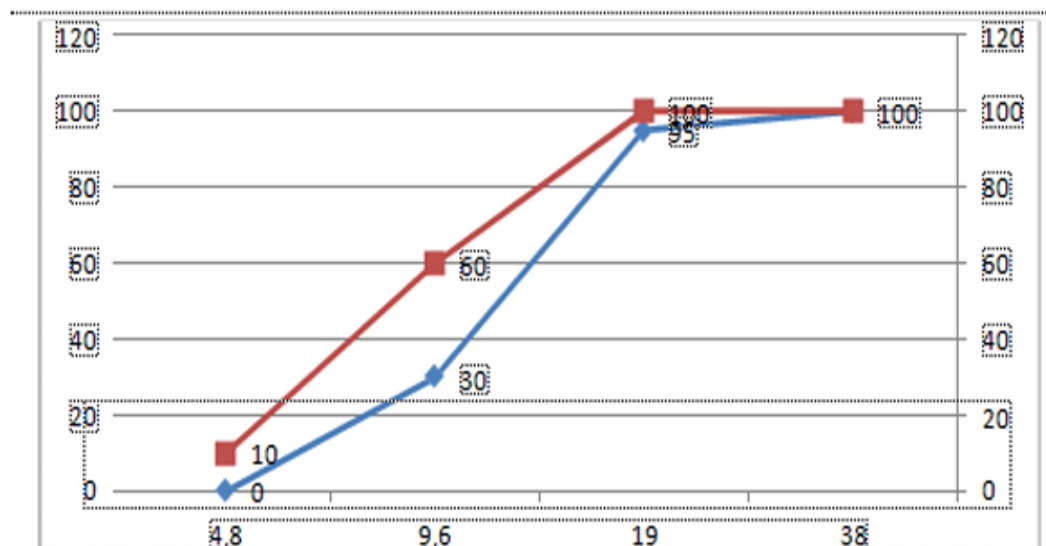
15. Jika jumlah semen berubah menjadi lebih kecil dari batas minimum yang ditentukan atau lebih besar dari batas maksimum yang disyaratkan, maka faktor air semen perlu dihitung ulang agar sesuai.

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 3.3:



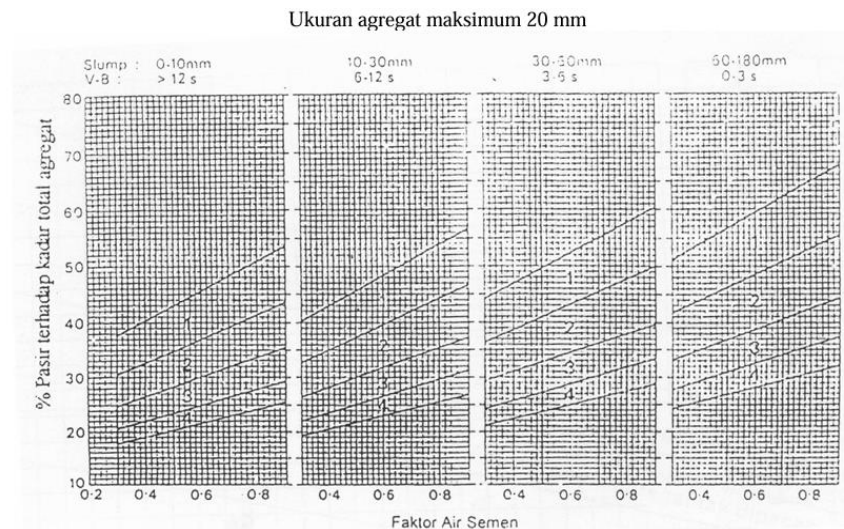
Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat sedang No. 2 (SNI-03-2834-2000).

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 3.5:



Gambar 3.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 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:

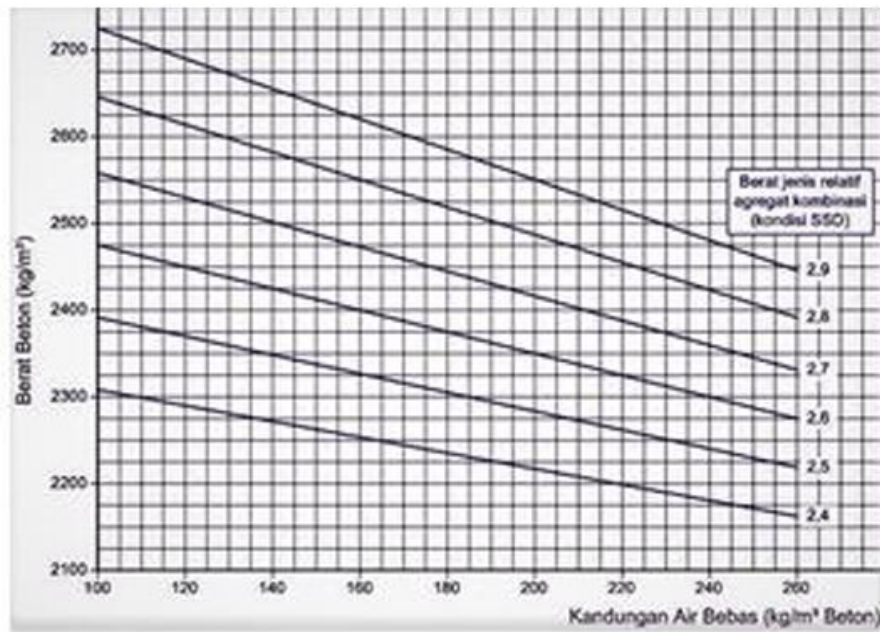
$$\text{Berat jenis agregat gabungan} = a \times b \times c \times d$$

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 relatif 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.

Kadar air agregat gabungan = (Berat Isi Beton – (Jumlah Semen + Kadar Air Bebas))

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

Kadar agregat halus = (persen agregat halus x 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.

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

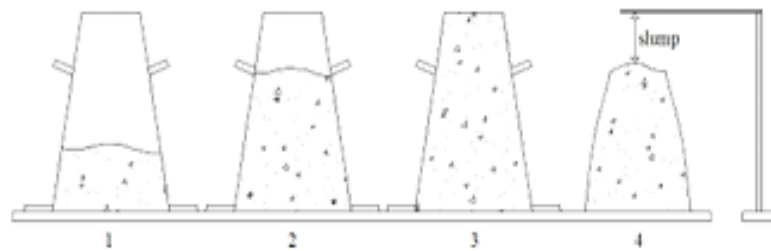
Tipe Konstruksi	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang dan dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50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

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.



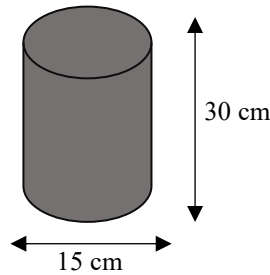
Gambar 3.7: Skema pemeriksaan nilai slump

3.17 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan silinder yang berbentuk tabung dengan ukuran yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan akan dilakukan pengujian kuat tekan sebanyak 16 buah benda uji. adapun cara pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan penyusun beton sesuai dengan perhitungan pada proses *Mix Design*.
2. Menyiapkan mesin pengaduk semen (*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*.
5. Nyalakan *mixer* dan tunggu sehingga tercampur secara merata.
6. Setelah itu masukkan beton segar secara perlahan ke kerucut abrams.
7. Menyiapkan cetakan silinder yang telah diolesi oli.
8. Hitung nilai slump yang diperoleh oleh beton segar yang telah dibuat.
9. 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 di dalam cetakan.

10. 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.
11. Mendingkan 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 di dalam 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 21 buah dengan 6 variasi dan 1 beton normal. Pada setiap variasi masing-masing memiliki 3 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 (%)		Umur Benda Uji (Hari)	Jumlah Benda Uji
	Pasir Normal	Abu Batu	Kerikil	Cangkang Kerang		
BN	100	0	100	0	28	3
BLCK I	100	0	90	10	28	3
BLCK II	100	0	85	15	28	3
BLCK III	100	0	80	20	28	3
BLCK + LAB I	65	35	90	10	28	3
BLCK + LAB II	65	35	85	15	28	3

BLCK + LAB III	65	35	80	20	28	3
Jumlah						21

Tabel 3.8: Persentase Campuran Beton.

Variasi	Pasir (%)	Abu Batu (%)	Kerikil (%)	Cangkang Kerang (%)	Air (%)	Semen (%)
BN	100	0	100	0	100	100
BLCK I	100	0	90	10	100	100
BLCK II	100	0	85	15	100	100
BLCK III	100	0	80	20	100	100
BLCK +LAB I	65	35	90	10	100	100
BLCK + LAB II	65	35	85	15	100	100
BLCK + LAB III	65	35	80	20	100	100

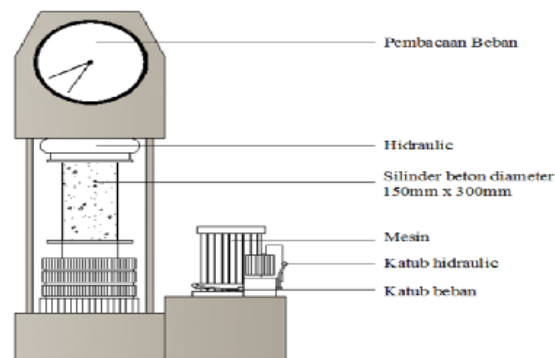
Keterangan:

BN	= Beton Normal
BLCK I	= Beton Limbah Cangkang Kerang 10%
BLCK II	= Beton Limbah Cangkang Kerang 15%
BLCK III	= Beton Limbah Cangkang Kerang 20%
BLCK + LAB I	= Beton Limbah Cangkang Kerang 10% + Abu Batu 35%
BLCK + LAB II	= Beton Limbah Cangkang Kerang 15% + Abu Batu 35%
BLCK + LAB III	= Beton Limbah Cangkang Kerang 20% + Abu Batu 35%

3.19 Pengujian Kuat Tekan

Compression Machine Test merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kuat tekan pada sampel beton. Hasil pengujian kuat tekan tersebut menjadi acuan dalam menilai kualitas beton yang akan diaplikasikan 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: Alat pengujian kuat tekan (*Compression Machine Test*)

3.20 Jadwal Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5			
		Minggu				Minggu				Minggu			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	3	4	5
1.	Persiapan Bahan:												
a.	Agregat Kasar (batu pecah)												
b.	Agregat Halus (Pasir)												
c.	Semen												
d.	Air												
e.	Abu Batu												
f.	Cangkang Kerang												
2.	Persiapan Alat:												
a.	Izin menggunakan laboratorium												
b.	Bak perendaman												
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 agregat 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												
b.	Variasi BLCK 10%												
c.	Variasi BLCK 15%												
d.	Variasi BLCK 20%												
e.	Variasi BLCK 10% + LAB 35%												
f.	Variasi BLCK 15% + LAB 35%												
g.	Variasi BLCK 20% + LAB 35%												

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Umum

Pada pemeriksaan awal yang dilakukan penulis yaitu memperoleh data hasil pengujian material agregat yang diperlukan meliputi, Analisa Saringan, Berat Jenis Agregat, Kadar Air Agregat, Berat Isi Agregat, dan Kadar Lumpur Agregat. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan Pedoman SNI yang berlaku dan pedoman beton lainnya.

4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang dilakukan mengacu pada (SNI-1969, 2016). Dari hasil pengujian maka didapat nilai-nilai seperti pada Tabel 4.1. Pada Tabel tersebut terdapat 3 macam berat jenis yang diuji yaitu, berat jenis contoh kering, berat jenis kering permukaan (SSD) dan berat jenis Semu. Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapat nilai rata-rata Berat Jenis Contoh Kering 2,457 gr, Berat Jenis Permukaan (SSD) 2,463 gr dan Berat Jenis Semu 2,472 gr sehingga didapat nilai penyerapan rata-rata pada pengujian dasar ini sebesar 0,25%. Pengujian berat jenis agregat terpenuhi jika nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar telah memenuhi kriteria standar.

Tabel 4.1: Hasil pengujian dari berat jenis dan penyerapan 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	2404	2478	2441
<i>Wt of SSD sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	B	1430	1470	1450

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Nama Contoh		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan (C))	C	2398	2472	2435
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat Jenis contoh kering)	$\frac{C}{A - B}$	2,460	2,454	2,457
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A - B}$	2,466	2,460	2,463
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C - B}$	2,477	2,467	2,472
Penyerapan air (%)	$\frac{A - C}{C} \times 100$	0,25	0,24	0,25

4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 20 mm. berdasarkan acuan pengujian yaitu (SNI 03-1968-1990) tentang pengujian analisa saringan agregat kasar, berikut merupakan hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar.

Ukuran Ayakan	Berat Tertahan			Kumulatif		
	Sampel 1	Sampel 2	Total	Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Lolos
mm	gr	gr	gr	%	%	%
25,4 (1 in)	0	0	0	0	0	100
19,1 (3/4 in)	22	16	38	1,52	1,52	98
12,7 (1/2 in)	682	689	1371	55,02	56,54	43,46
9,52 (3/8 in)	425	442	867	34,79	91,33	8,67
4,75 (No 4)	120	96	216	8,67	100,00	0,00
Pan						
Jumlah	1249	1243	2492	100	749,40	250
FM (Modulus Kehalusan)					7,49	

Berdasarkan Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar maka diperoleh Nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah Kumulatif Tertahan (\%)}}{100} \\
 &= \frac{749,40}{100} \\
 &= 7,49
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

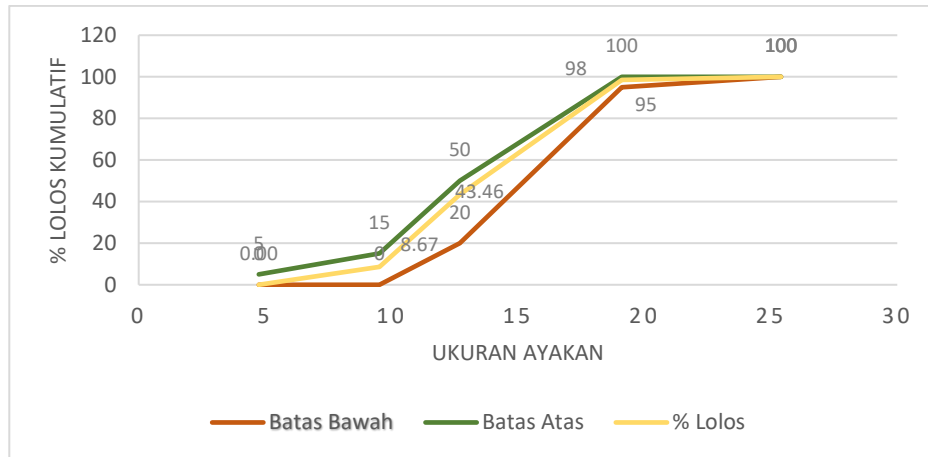
Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus kehalusan juga digunakan untuk mengetahui batas gradasi agregat kasar. Batas daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Daerah batas gradasi agregat kasar.

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Berdasarkan Tabel 4.3 Daerah Gradasi Agregat Kasar, pengujian menggunakan persyaratan gradasi dengan ukuran butiran maksimum 40 mm. Namun, hasil analisa saringan menunjukkan bahwa fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm tidak terpenuhi. Ketidakterpenuhan pada salah satu fraksi ukuran ini dapat menyebabkan distribusi partikel menjadi tidak merata, sehingga mengakibatkan meningkatnya volume pori (ruang kosong) dalam campuran beton, yang pada akhirnya dapat menurunkan kekuatan, kepadatan, serta daya tahan beton. Gambar 4.1 menyajikan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif terhadap persentase berat butiran agregat kasar yang melewati saringan, yang menggambarkan deviasi dari gradasi ideal sesuai standar

Gradasi agregat kasar yang tidak optimal dapat meningkatkan kebutuhan pasta semen untuk mengisi ruang kosong, menurunkan efisiensi penggunaan material, serta memengaruhi biaya produksi. Selain itu, hal ini dapat memperburuk workability, dan menyebabkan segregasi saat pengecoran.



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar

4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang telah dilakukan dan mengacu kepada (SNI-03-4142-1996) Maka dari itu didapat nilai kadar lumpur rata-rata yaitu sebesar 0,22%. Sesuai dengan SK SNI S-04 1989-F kadar lumpur agregat normal yang diijinkan untuk agregat kasar (split) maksimal 1% dan jika agregat tersebut di atas 1% maka wajib dicuci kembali. Hasil nilai pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil nilai pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Halus Lolos Saringan No. 4 mm	Sample I	Sample II	Rata-Rata
Berat Contoh Kering A (gr)	1200	1200	1200
Berat Kering Setelah Dicuci B (gr)	1197	1195	1196
Berat Lolos Saringan No.200 Setelah Dicuci C (gr)	3	5	4
Agregat Kasar Lolos Saringan No.200 Setelah dicuci (%)	0,25	0,41	0,33

4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar

Dari pengujian berat isi yang telah dilakukan pada agregat kasar diperoleh rata-rata berat isi dengan nilai 1,50 gr/cm³, Nilai ini masih dalam batas yang diizinkan

yaitu minimal 1,2 gr/cm³ sesuai (SNI No.52-1980), sehingga berat pada agregat kasar digunakan telah memenuhi persyaratan.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

No	Course Agreggate Passing No. 50.8	Lepas	Rojok	Goyang
1	Berat Contoh & Wadah W2 (gr)	29050	29550	30450
2	Berat Wadah W1 (gr)	6500	6500	6500
3	Berat Contoh W3 (gr)	22550	23050	23950
4	Volume Wadah (cm ³)	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,46	1,49	1,55
6	Avarege (gr/cm ³)	1,50		

4.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air pada agregat kasar mengacu pada (SNI 1971-2011) dan Mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dan Agregat Halus. hasil pengujian kadar air pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Fine Agregate Passing No. 9,5 mm	Satuan	Sample I	Sample II
Massa Wadah + Benda Uji (a)	gr	2030	2045
Massa Wadah (b)	gr	495	490
Massa Benda Uji (W1)	gr	1535	1555
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven (c)	gr	2020	2040
Massa Benda Uji Kering Oven (W2)	gr	1525	1550
Kadar Air Total (P)	%	0,65	0,32
Rata - Rata	%	0,48	

4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus yang dilakukan mengacu pada (SNI-1969:2016), diperoleh tiga macam nilai berat jenis rata-rata, yaitu berat jenis kering sebesar 2,643 gr/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,539 gr/cm³, dan berat jenis semu sebesar 2,48 gr/cm³. Dari hasil tersebut, diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,56%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa agregat halus telah memenuhi kriteria standar, yaitu dengan urutan berat jenis yang sesuai: Berat Jenis Kering > Berat Jenis SSD > Berat Jenis Semu. Hal ini penting karena berat jenis dan penyerapan agregat mempengaruhi proporsi campuran beton, daya tahan, serta kekuatan akhir beton yang dihasilkan.

Tabel 4.7: Hasil pengujian dari berat jenis dan penyerapan agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Saringan No. 4)	Sample 1	Sample 2	<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)	665	665	665
<i>Wt. of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) C	965	971	968
<i>Wt. of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110° C) Sampai Konstan) E	488	487	487,5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (berat jenis contoh kering) $E/(B+D-C)$	2,44	2,51	2,475
<i>Bulk SP. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B/(B+D-C)$	2,50	2,58	2,539
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E/(E+D-C)$	2,60	2,69	2,64
<i>Absorption</i>	2,46	2,67	2,564
$(B - E) / E \times 100 \%$			

4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan pada agregat halus mengacu kepada (SNI 03-1968-1990) dan mengikuti panduan praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) tentang analisa saringan agregat halus, dengan tujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel agregat halus yang sangat mempengaruhi sifat dan kualitas beton yang dihasilkan. Berikut merupakan Tabel 4.8 hasil dari pengujian dari analisa saringan pada agregat halus:

Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Ukuran Ayakan	Berat Tertahan			Kumulatif		
	Sampel 1	Sampel 2	Total	Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Lolos
mm	gr	gr	gr	%	%	%
9,5 (3/8 inch)	0	0	0	0	0	100
4,75 (No 4)	3	2	5	0,20	0,20	99,80
2,36 (No 8)	191	187	378	15,21	15,41	84,59
1,18 (No 16)	327	318	645	25,96	41,37	58,63
0,6 (No 30)	281	289	570	22,94	64,31	35,69
0,3 (No 50)	264	268	532	21,41	85,71	14,29
0,15 (No 100)	119	122	241	9,70	95,41	4,59
0,075 (No 200)	49	58	107	4,31	99,72	0,28
Pan	4	3	7	0,28	100,00	0,00
Jumlah	1238	1247	2485	100	302,41	398
FM (Modulus Kehalusan)					3,02	

Berdasarkan Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus maka diperoleh Nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebagai berikut:

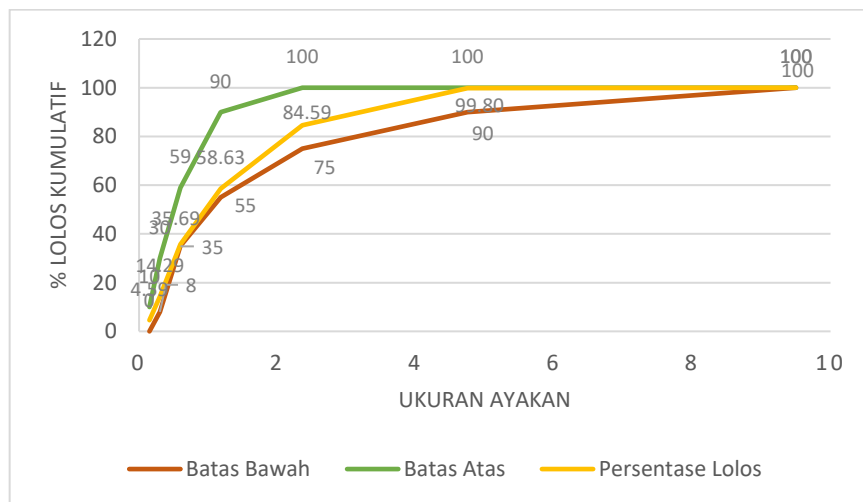
$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah Kumulatif Tertahan (\%)}}{100} \\
 &= \frac{302,41}{100} \\
 &= 3,02
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus didapat sebesar 3,02. Nilai tersebut masih diijunkan untuk termasuk sebagai agregat halus dikarenakan nilai yang diijinkan yaitu 1,5% - 3,8% berada di Zona 2.

Tabel 4.9: Daerah batas gradasi agregat halus.

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen Butiran Yang Lolos Saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan Tabel 4.9 terdapat agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi agregat halus yaitu daerah II dengan jenis pasir sedikit kasar. Berikut merupakan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah dapat dilihat Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Halus

4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat Halus yang telah dilakukan dan mengacu kepada (SNI-03-4142-1996) maka didapat nilai kadar lumpur pada

sample 1 yaitu 3,33% dan sample 2 sebesar 2,59%. Maka dari itu didapat nilai kadar lumpur rata-rata yaitu sebesar 2,96%. Nilai ini masih dalam berada batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F). Hasil nilai pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil nilai pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No. 4 mm	Sample I	Sample II	Rata-Rata
Berat Contoh Kering A (gr)	600	580	590
Berat Kering Setelah Dicuci B (gr)	580	565	572,5
Berat Lolos Saringan No.200 Setelah Dicuci C (gr)	20	15	17,5
Agregat Halus Lolos Saringan No.200 Setelah dicuci (%)	3,33	2,59	2,96

4.3.4 Berat Isi Agregat Halus

Dari pengujian berat isi yang telah dilakukan pada agregat kasar diperoleh rata-rata berat isi dengan nilai 1,54 gr/cm³, Nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ sesuai dengan (SNI No.52-1980), sehingga berat pada agregat kasar digunakan telah memenuhi persyaratan.

Tabel 4.11: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

No	Course Aggregate Passing No 50.8	Satuan	Lepas	Rojok	Goyang
1	Berat Contoh & Wadah W2	gr	29830	29220	31980
2	Berat Wadah W1	gr	6500	6500	6500
3	Berat Contoh W3	gr	23330	22720	25480
4	Volume Wadah	cm ³	15465,2 1	15465,2 1	15465,2 1
5	Berat isi	gr/cm ³	1,51	1,47	1,65
6	Rata - Rata	gr/cm ³	1,54		

4.3.5 Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air pada agregat halus mengacu pada (SNI 1971-2011) dan Mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dan Agregat Halus. hasil pengujian kadar air pada agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Fine Aggregate Passing No. 9,5 mm	Satuan	Rumus	Sample I	Sample II
Massa Wadah + Benda Uji (a)	gr	-	1495	1510
Massa Wadah (b)	gr	-	490	470
Massa Benda Uji (W1)	gr	a - b	1005	1040
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven (c)	gr	-	1488	1490
Massa Benda Uji Kering Oven (W2)	gr	c - b	998	1020
Kadar Air Total (P)	%	$\frac{W1 - W2}{W2} \times 100$	0,701	1,960
Rata - Rata	%		1,33	

4.4 Perencanaan Campuran Material Pembentuk Beton

Pada tahap ini yaitu melakukan perhitungan perencanaan campuran material pembentuk beton agar menghasilkan suatu campuran beton yang memiliki kekuatan sesuai dengan yang direncanakan serta kelecekan campuran beton yang dapat mempermudah proses pengerjaan. Berikut merupakan data hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.13: Data hasil pengujian pada agregat.

Keterangan	Nilai		Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Modulus Kehalusan	3,02	7,49	%

Tabel 4.13: *Lanjutan.*

Keterangan	Nilai		Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Berat Jenis	2,54	2,46	gr/cm ³
Kadar Air	6,15	2,49	%
Kadar Lumpur	2,96	0,33	gr/cm ³
Berat Isi	1,54	1,50	%

Setelah mendapatkan data dari pengujian dasar pada agregat, nilai-nilai yang telah diperoleh akan digunakan untuk melakukan perhitungan campuran beton (*Mix Design*) yang diperlukan. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan perencanaan beton (*Mix Design*):

4.4.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

Tabel 4.14: Tabel *Mix Design* beton normal.

No	Keterangan	Tabel/Grafik Perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang direncanakan (siliinder)	Ditetapkan	20 MPa
2.	Deviasi standar	Tabel 4.15	7 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	Tabel 4.16	7 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 3	27 MPa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	Type I
6.	Jenis agregat Kasar Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu Pecah (binjai) Pasir Alami (Binjai)
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 4.3	0,54
8.	Faktor air semen maksimuun	Tabel 4.17	0,60
9.	Slump	Ditetapkan	75 – 100 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 4.19	204,9 kg/m ³

Tabel 4.14: *Lanjutan.*

No	Keterangan	Tabel/Grafik Perhitungan		Nilai	
12.	Jumlah semen	Pers. 4.6		379,44 kg/m ³	
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		379,44 kg/m ³	
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		325 kg/m ³	
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	Gambar 4.3		0,54	
16.	Susunan besar agregat halus	Gambar 4.4		Gradasi zona 2	
17.	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.5		Gradasi Maksimun 20 mm	
18.	Persen agregat halus	Gambar 4.6		57,5%	
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	Pers. 10		2,494 gr/cm ³	
20.	Berat isi beton	Gambar 4.7		2350 kg/m ³	
21.	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1765,56 kg/m ³	
22.	Kadar agregat halus	18 x 21		750,36 Kg/m ³	
23.	Kadar agregat kasar	21-22		1015,20 Kg/m ³	
24.	Proporsi campuran	Semen (Kg)	Air (kg atau lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	379,44	204,9	750,36	1015,20
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,54	1,97	2,67
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,01	1,086	3,976	5,380
25.	Koreksi Proporsi Campuran				
	- Tiap m ³	379,44	211,79	741,13	1017,53
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,55	1,953	2,682
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,01	1,122	3,927	5,392

1. Menentukan Nilai Kuat Tekan Rencana (f'_c)

Kuat tekan uji yang direncanakan (benda uji silinder) adalah 20 MPa.

2. Perhitungan Nilai Deviasi Standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 4.15 karena benda uji yang direncanakan yaitu 21 sample dan berdasarkan PBI 1971 N.I.-2 ke SNI 03-2847-2002, maka nilai yang diambil yaitu 7,0 MPa.

Tabel 4.15: Menetapkan nilai standar deviasi berdasarkan SNI 03-2847-2002.

Persyaratan Kuat tekan, f'_c MPa	Kuat Tekan Rata-Rata Perlu, f'_{cr} MPa
Kurang dari 21	$f'_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f'_c + 8,5$
Lebih dari 35	$f'_c + 10,0$

3. Menghitung Nilai Tambah Margin

Menentukan nilai margin dari Tabel 4.11 yaitu didapat nilai 7,0 dikarenakan belum pernah melakukan perencanaan campuran beton maka diasumsikan Tingkat mutu pekerjaan kurang.

Tabel 4.16: Tingkat mutu pekerjaan.

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

4. Menghitung Kuat Tekan Rata-Rata yang ditargetkan (f_{cr})

$$f_{cr} = f'_c + \text{Margin} \quad (4.3)$$

$$= 20 + 7$$

$$= 27 \text{ MPa}$$

5. Semen yang Digunakan

Semen Portland Tipe 1

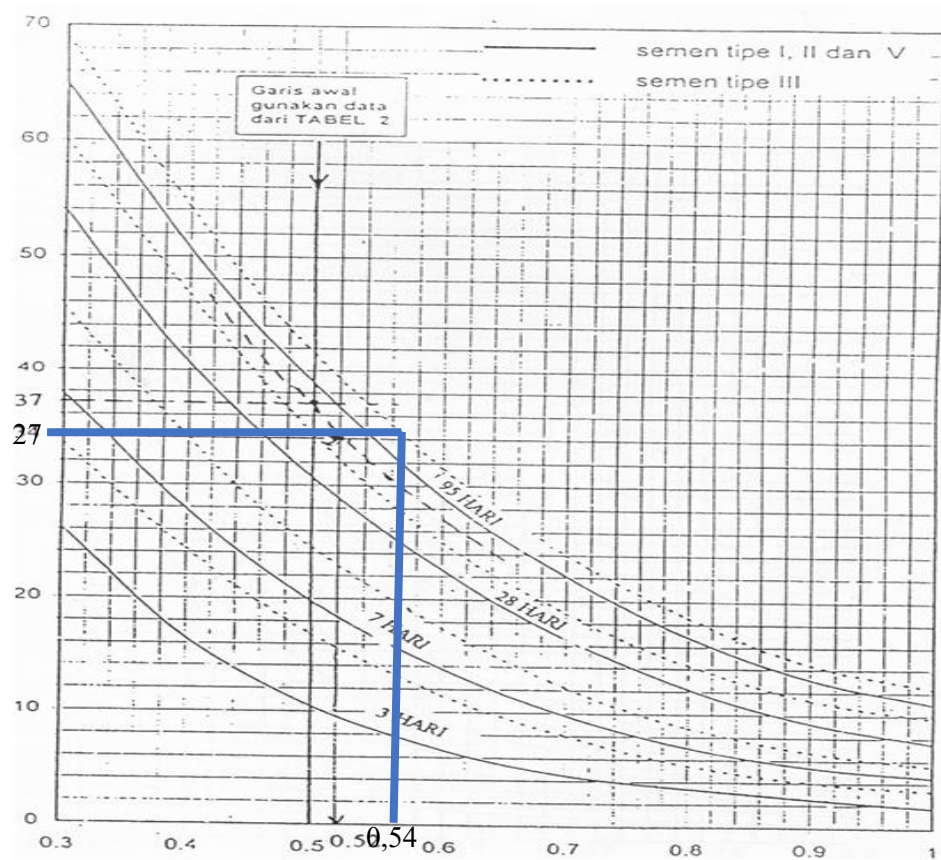
6. Menentukan Jenis Agregat

Agregat Kasar = Batu Pecah (binjai)

Agregat Halus = Pasir (binjai)

7. Menentukan Faktor Air Semen Bebas

Berdasarkan perhitungan grafik hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan rata-rata. Dimana kuat tekan rata-rata diperkirakan 27 MPa, semen yang digunakan semen portland type I. Beton dilakukan pengujian pada umur 28 hari dengan benda uji silinder maka digunakan FAS 0,54.



Gambar 4.3: Grafik Hubungan Antara FAS dengan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata

8. Faktor Air Semen Maksimum

Ditetapkan 0,60 dikarenakan sebagai persyaratan jumlah dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembebanan dalam lingkungan khusus.

Tabel 4.17: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum (SNI 03-2834, 2000).

Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m ³ Beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uang korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan Terik matahari	275	0,60
c. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325	0,55

9. Menentukan Nilai Slump

Penetapan nilai slump pada penelitian ini yaitu 75-100 mm dan dapat dilihat pada Tabel 4.18 dibawah ini:

Tabel 4.18: Nilai slump berdasarkan (SNI 7656-2012).

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 4.19: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834,2000).

Slump					
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimun	Jenis Agregat	0-10	10-30	30-60	60-80
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

10. Penetapan Besar Butir Agregat Maksimun

Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton standar yaitu 20 mm.

11. Jumlah Kadar Air Bebas

1. Agregat tak dipecah oleh Tabel 4.19
2. Agregat campuran (tak dipecah), dihitung berdasarkan rumus 4.4

dibawah ini:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_h \quad (4.4)$$

Dimana:

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

Perhitungan kadar air bebas:

$$W_{air} = \frac{2}{3} \text{ agregat halus} + \frac{1}{3} \text{ agregat kasar} \quad (4.5)$$

$$W_{air} = \frac{2}{3} (195) + \frac{1}{3} (225) = 204,9 \text{ l/m}^3$$

12. Jumlah Semen

Jumlah semen yang dibutuhkan per meter kubik dihitung dengan menggunakan pers. 4.6 sebagai berikut:

Dimana:

$$W_{Semen} = \frac{1}{FAS} \times W_{air} \quad (4.6)$$

Fas = faktor air semen per meter kubik beton

$$= \frac{1}{0,54} \times 204,9$$

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

13. Jumlah Semen Maksimun

Jumlah semen maksimum ditetapkan dari hasil pada pers. 4.6 yaitu:

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

14. Jumlah Semen Minimum

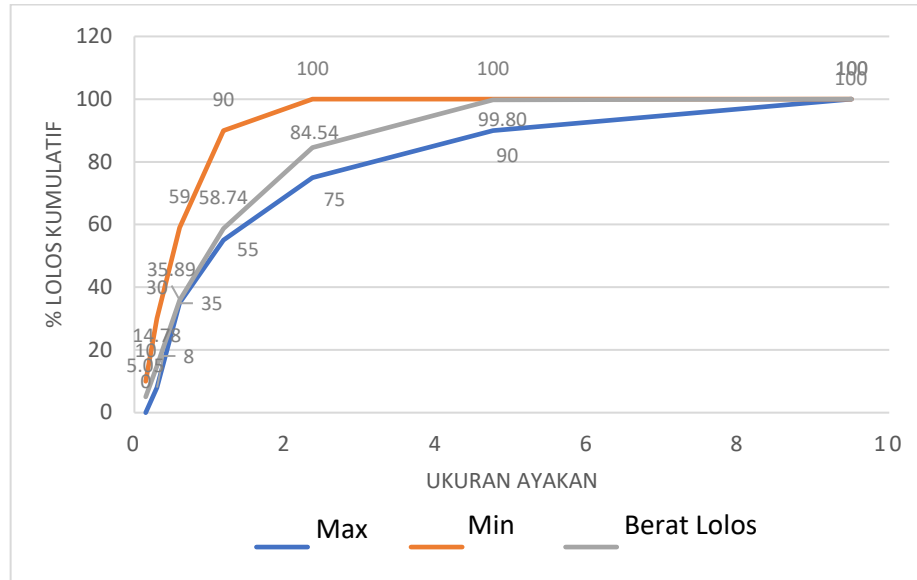
Jumlah semen minimum dapat dilihat pada Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa jumlah semen minimum dan nilai faktor semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya yaitu 325 kg/m^3 .

15. Faktor Air Semen

Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu 0,54.

16. Penetapan Jenis Agregat Halus

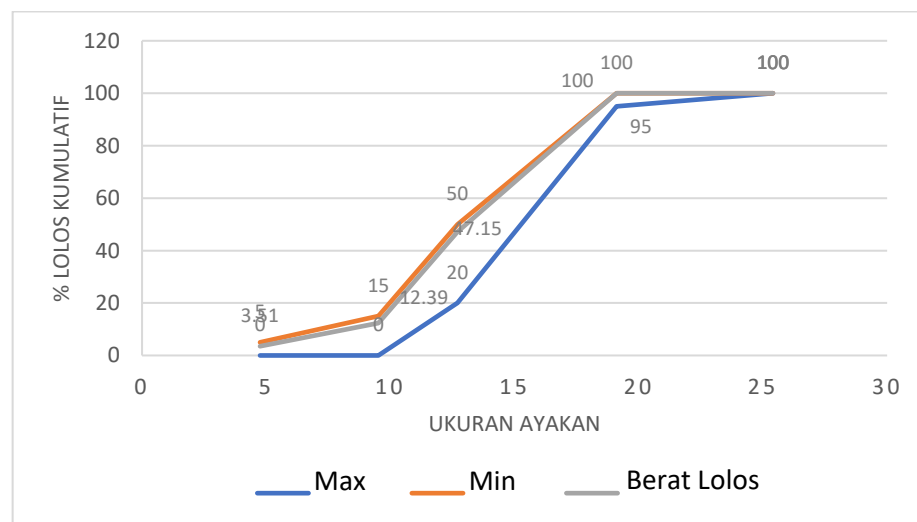
Susunan butiran agregat halus berdasarkan Gambar 4.4 yaitu batas gradasi pasir No.2 dipemeriksaan gradasi agregat halus.



Gambar 4.4: Grafik Gradasi agregat halus (Zona 2 Pasir Sedang)

17. Penetapan Jenis Agregat Kasar

Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.5 yaitu batas gradasi krikil ukuran maksimum 20 mm



Gambar 4.5: Grafik Gradasi agregat kasar maksimum 20 mm

18. Proporsi Berat Agregat Halus Terhadap Agregat Campuran

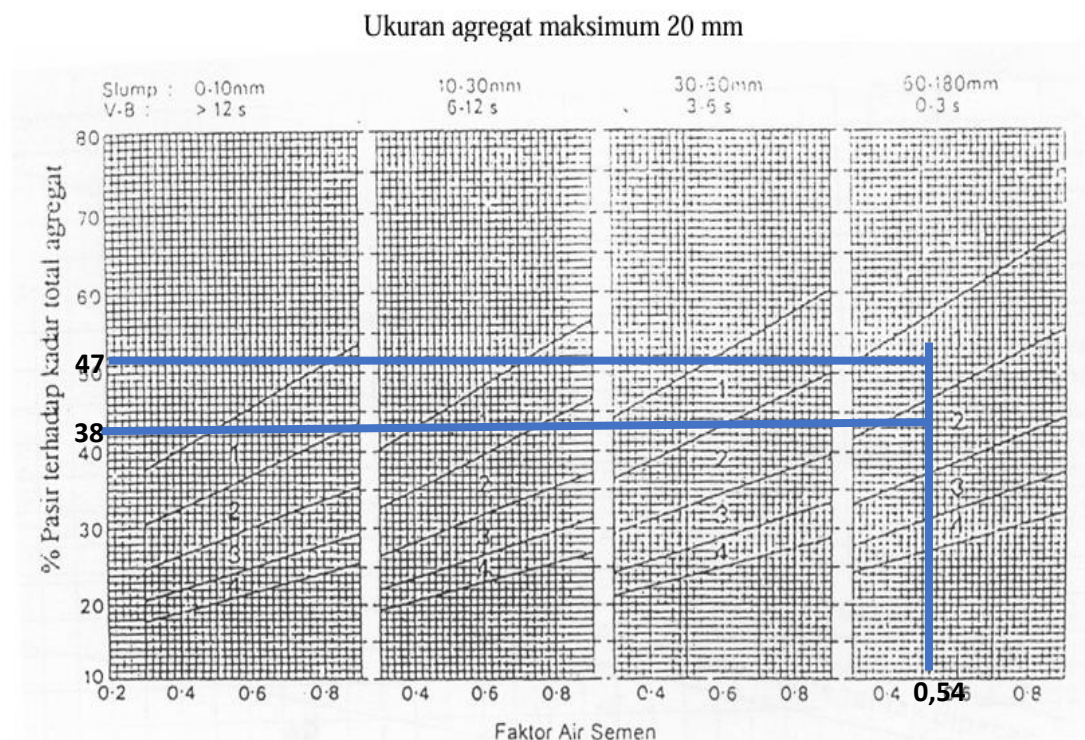
Proporsi berat agregat halus dapat ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus nberpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 yaitu ukuran butir maksimum sebesar 20 mm. Gambar 4.6 dapat menentukan mencari proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Persen agregat halus = 47 (Batas Atas)

Persen agregat kasar = 38 (Batas Bawah)

$$\begin{aligned} \text{Persentase Agregat Halus} &= \frac{\text{Batas Atas} + \text{Batas Bawah}}{2} \\ &= \frac{47 + 38}{2} \\ &= 42,5\% \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Agregat Kasar} &= 100\% - \text{Persentase Agregat Halus} \\ &= 57,5\% \end{aligned} \quad (4.8)$$



Gambar 4.6: Gambar Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Butir Maksimum 20 mm (SNI 03-2834, 2000)

19. Berat Jenis Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan pers. 4.9:

$$B_{j\text{Campuran}} = (K_h \times B_{jh}) + (K_k \times B_{jk}) \quad (4.9)$$

Dimana:

$B_{j\text{Campuran}}$ = Berat jenis agregat campuran

B_{jh} = Berat jenis agregat halus

B_{jk} = Berat jenis agregat kasar

K_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

K_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat Jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh hasil pemeriksaan laboratorium sebesar:

$B_j = 2,57 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat tak pecah/alami

$B_j = 2,71 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat pecah

$K_h = 42,5\%$

$K_k = 57,5\%$

Maka:

$$\begin{aligned} B_{j\text{Campuran}} &= (0,425 \times B_{jh}) + (0,575 \times B_{jk}) \\ &= (0,425 \times 2,57) + (0,575 \times 2,71) \\ &= 2,650 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

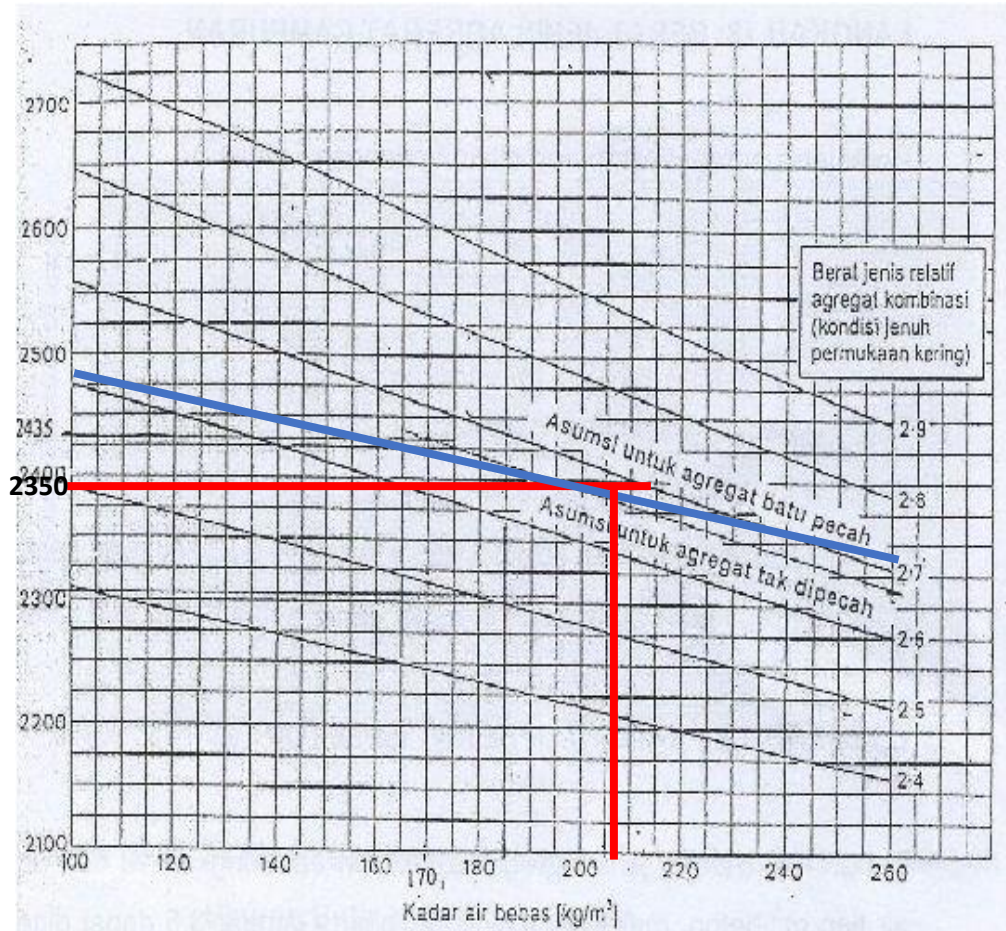
$$\begin{aligned} \text{Berat jenis relative agregat (SSD)} &= (0,425 \times B_{jh}) + (0,575 \times B_{jk}) \\ &= 2,494 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned} \quad (4.10)$$

a. Berat Jenis Agregat Halus Kering = 2,54

b. Berat Jenis Agregat Kasar Kering = 2,46

20. Menentukan Berat Isi Beton

Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.6 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 225 kg/m^3 dan berat jenis gabungan sebesar 2,53 maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2350 kg/m^3 .



Gambar 4.7: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton

21. Menghitung Kebutuhan Agregat Campuran

Menghitung kebutuhan agregat sesuai dengan pers. 4.11:

$$W_{\text{agregat campuran}} = W_{\text{beton}} - (W_{\text{air}} + W_{\text{semen}}) \quad (4.11)$$

Dimana:

$W_{\text{agregat campuran}}$ = Kebutuhan berat agregat campuran beton (Kg/m^3)

W_{beton} = Berat beton per meter kubik beton (Kg/m^3)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (Kg/m^3)

W_{semen} = Berat semen per meter kubik beton (Kg/m^3)

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat campuran}} &= W_{\text{beton}} - (W_{\text{air}} + W_{\text{semen}}) \\ &= 2350 - (205 + 379,44) \\ &= 1765,56 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. Menghitung Berat Agregat Halus yang Diperlukan

Menghitung kebutuhan agregat halus sesuai dengan pers. 4.12:

$$W_{\text{agregat halus}} = KH \times W_{\text{agregat campuran}} \quad (4.12)$$

Dimana:

KH = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran

$W_{\text{agregat campuran}}$ = Kebutuhan berat agregat campuran beton (Kg/m^3)

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat halus}} &= 0,425 \times 1765,56 \\ &= 750,36 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. Hitung Berat Agregat Kasar yang Diperlukan

Berdasarkan hasil Langkah pada tahap (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan pers. 4.13:

$$W_{\text{agregat kasar}} = W_{\text{agregat campuran}} - W_{\text{agregat halus}} \quad (4.13)$$

Dimana:

$W_{\text{agregat campuran}}$ = Kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

$W_{\text{agregat halus}}$ = Kebutuhan agregat halus per meter kubik beton (kg/m^3)

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat kasar}} &= 1765,56 - 750,36 \\ &= 1015,20 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam melakukan penelitian mengalami jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Berikut merupakan perhitungan proporsi campuran dalam per m^3 :

5	Semen	$= \frac{379,44}{379,44}$	= 1
6	Air	$= \frac{204,9}{379,44}$	= 0,54
7	Pasir	$= \frac{750,36}{379,44}$	= 1,97
8	Batu Pecah	$= \frac{1015,20}{379,44}$	= 2,67

25. Koreksi Proporsi Campuran Menurut Perhitungan

Jika agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari

Diketahui:

- a. Jumlah air (B) = 204,9 kg/m³
- b. Jumlah agregat halus (C) = 750,36 kg/cm³
- c. Jumlah agregat kasar (D) = 1015,20 kg/cm³
- d. Penyerapan agregat halus (Ca) = 2,56 %
- e. Penyerapan agregat kasar (Da) = 0,25 %
- f. Kadar air agregat halus (Ck) = 1,33 %
- g. Kadar air agregat kasar (Dk) = 0,48 %

- Air

$$\begin{aligned}\text{Air} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (4.14) \\ &= 204,9 - (1,33 - 2,56) \times \frac{750,36}{100} - (0,48 - 0,25) \times \frac{1015,20}{100} \\ &= 211,79 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Agregat Halus

$$\begin{aligned}\text{Agregat Halus} &= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \quad (4.15) \\ &= 750,36 + (1,33 - 2,56) \times \frac{750,36}{100} \\ &= 741,13 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Agregat Kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (4.16) \\ &= 1015,20 + (0,48 - 0,25) \times \frac{1015,20}{100} \\ &= 1017,53 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Maka, untuk kebutuhan tiap m³ diperlukan:

- Semen = 379,44 : 379,44 = 1
- Air = 211,79 : 379,44 = 0,558
- Agregat Halus = 741,13 : 379,44 = 1,953
- Agregat Kasar = 1017,53 : 379,44 = 2,681

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang, maka kebutuhan bahan untuk campuran beton dengan kebutuhan 1 m³ sebagai berikut:

- Semen = 379,44 kg/m³
- Air = 211.79 kg/m³
- Agregat Halus = 741,13 kg/m³
- Agregat Kasar = 1017,53 kg/m³

4.4.2 Kebutuhan Material

a. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut:

- Tinggi = 30 cm = 0,3 m
- Diameter = 15 cm = 0,15 m

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned} \tag{4.17}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = 379,44 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 2,01 kg
 Semen yang dibutuhkan untuk 21 benda uji
 = 2,01 x 21
 = 42,21 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = 741,13 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 3,927 kg
 Pasir yang dibutuhkan untuk 21 benda uji
 = 3,927 x 21
 = 82,467 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
 = 1017,53 kg/m³ x 0,0053 m³

$$= 5,392 \text{ kg}$$

Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 21 benda uji

$$= 5,392 \times 21$$

$$= 113,232 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji}$$

$$= 211.79 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 1,122 \text{ kg}$$

Air yang dibutuhkan untuk 21 benda uji

$$= 23,562 \text{ kg}$$

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume $0,0053 \text{ m}^3$ dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu Pecah	:	Air
2,01	:	3,927	:	5,392	:	1,122

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing 1 benda uji tertera pada Tabel 4.20 untuk agregat kasar dan Tabel 4.21 untuk agregat halus:

Tabel 4.20: Analisa gradasi agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jlh Agregat Kasar}$
25,4 (1 In)	0	0
19,1 (3/4 In)	1,52	0,081
12,7 (1/2 In)	55,02	2,966
9,52 (3/8 In)	34,79	1,875
4,75 (No 4)	8,76	0,472
Total	100	100

Tabel 4.21: Analisa gradasi agregat halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jlh Agregat Halus}$
9,5 (3/8 inch)	0	0
4,75 (No 4)	0,20	0,010
2,36 (No 8)	15,21	0,820
1,18 (No 16)	25,96	1,399
0,6 (No 30)	22,94	1,236
0,3 (No 50)	21,41	1,154
0,15 (No 100)	9,70	0,523
0,075 (No 200)	4,31	0,232
Pan	0,28	0,015
Jumlah	100	100

- Cangkang Kerang dan Abu Batu

Pada penelitian ini cangkang kerang (LCK) digunakan pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi persentase sebesar 10%,15% dan 20% dari agregat kasar sedangkan Abu Batu (LAB) digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 35% dari berat agregat halus. Berat masing-masing variasi dijelaskan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22: Jumlah cangkang kerang yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya LCK (%)	Banyaknya LCK dari Berat Agregat Kasar (kg)	Persentase banyaknya LAB (%)	Banyaknya LAB dari Berat Agregat Halus (kg)
10	0,10	35	0,35
15	0,15	35	0,35
20	0,20	35	0,35

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan setiap variasi (LCK) sebanyak 6 benda uji silinder dan (LAB) setiap variasi ada 3 benda uji silinder, Dimana kebutuhan cangkang kerang (LCK) dan abu batu (LAB) yang dibutuhkan untuk pengganti agregat kasar dan halus sebagai berikut:

- LCK sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dengan variasi 10% dari berat agregat kasar. Berikut perhitungan LCK setiap 1 benda uji dengan variasi 10%:

$$= \frac{10}{100} \times \text{Jumlah agregat kasar}$$

$$= \frac{10}{100} \times 5,392 \text{ kg}$$

$$= 0,539 \text{ kg}$$
Jumlah LCK untuk 6 benda uji

$$= 0,539 \times 6$$

$$= 3,235 \text{ kg}$$
- LCK sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dengan variasi 15% dari berat agregat kasar. Berikut perhitungan LCK setiap 1 benda uji dengan variasi 15%:

$$= \frac{15}{100} \times \text{Jumlah agregat kasar}$$

$$= \frac{15}{100} \times 5,392 \text{ kg}$$

$$= 0,808 \text{ kg}$$
Jumlah LCK untuk 6 benda uji

$$= 0,808 \times 6$$

$$= 4,852 \text{ kg}$$
- LCK sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dengan variasi 20% dari berat agregat kasar. Berikut perhitungan LCK setiap 1 benda uji dengan variasi 20%:

$$= \frac{20}{100} \times \text{Jumlah agregat kasar}$$

$$= \frac{20}{100} \times 5,392 \text{ kg}$$

$$= 1,078 \text{ kg}$$
Jumlah LCK untuk 6 benda uji

$$= 1,078 \times 6$$

$$= 6,470 \text{ kg}$$
- LAB sebagai pengganti Sebagian agregat halus dengan variasi 35% dari berat agregat halus. Berikut perhitungan LAB setiap 1 benda uji dengan variasi 35%:

$$= \frac{35}{100} \times \text{Jumlah agregat halus}$$

$$= \frac{35}{100} \times 3,927 \text{ kg}$$

$$= 1,374 \text{ kg}$$

Jumlah LAB untuk 9 benda uji

$$= 1,374 \times 9$$

$$= 12,366 \text{ kg}$$

Tabel 4.23: Proporsi campuran beton dengan LCK dan LAB.

Variasi	Persentase Bahan Campuran		Proporsi Campuran Beton untuk 1 benda uji (kg)					
	LCK (%)	LAB (%)	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Air	LCK	LAB
BN	0	0	2,01	3,927	5,392	1,122	0	0
BLCK I	10	0	2,01	3,927	4,853	1,122	0,539	0
BLCK II	15	0	2,01	3,927	4,584	1,122	0,808	0
BLCK III	20	0	2,01	3,927	4,314	1,122	1,078	0
BLCK + BAB I	10	35	2,01	2,553	4,853	1,122	0,539	1,374
BLCK + BAB II	15	35	2,01	2,553	4,045	1,122	0,808	1,374
BLCK + BAB III	20	35	2,01	2,553	4,314	1,122	1,078	1,374

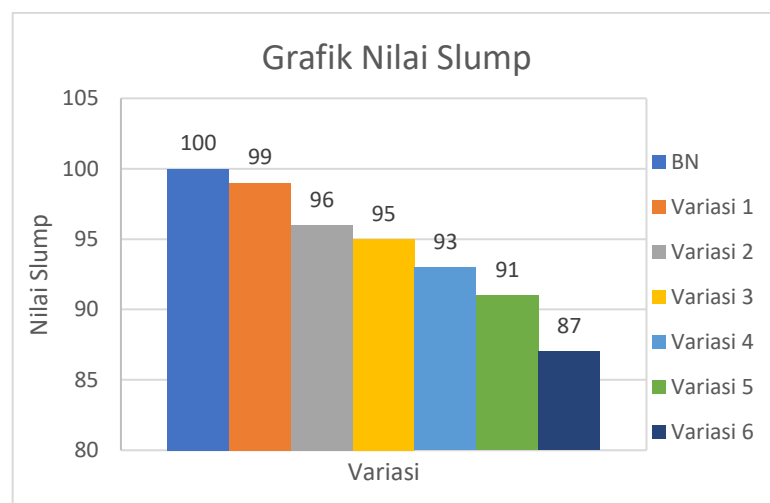
4.5 Hasil Pengujian Slump Test

Pengujian slump test dilakukan pada masing-masing 3 benda uji beton untuk mengetahui kelecekan (*workability*) pada hasil campuran beton normal dan beton dengan bahan campuran. Pengujian menggunakan kerucut Abrams yang diisi dalam 3 lapisan, tiap lapisan ditusuk 25 kali dengan tongkat. Setelah lapisan penuh, permukaan diratakan dan dibiarkan 10 detik sebelum kerucut diangkat secara vertikal. Selisih tinggi beton segar diukur untuk menentukan nilai slump. Pengujian slump juga bertujuan untuk mengetahui Tingkat kemudahan pengerjaan dari campuran beton segar yang telah dibuat. Dan pada penelitian ini didapat nilai slump yang tertera pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24: Hasil pengujian nilai slump.

Variasi Campuran	Slump (mm)
BN	100
BLCK I (10%)	99
BLCK II (15%)	96
BLCK III (20%)	95
BLCK (10%) + BLAB I (35%)	93
BLCK (15%) + BLAB II (35%)	91
BLCK (20%) + BLAB III (35%)	87

Berdasarkan hasil pengujian nilai slump yang ditampilkan pada Tabel 4.24 menjelaskan bahwa beton normal memiliki nilai slump sesuai dengan rencana yaitu 100 mm, Sementara itu, variasi campuran beton lainnya menunjukkan nilai slump yang lebih rendah, namun masih berada dalam rentang standar antara 75–100 mm. Seperti BLCK I (99 mm), BLCK II (96 mm), BLCK III (95 mm), BLCK+BLAB I (93 mm), BLCK+ BLAB II (91 mm), dan nilai slump paling rendah yaitu berada pada variasi BLCK+BLAB III sebesar 87 mm, hal ini disebabkan penggunaan limbah cangkang kerang dan limbah abu batu dengan persentase yang tinggi dapat menyerap air pada campuran beton. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai slump, campuran beton semakin cair, sedangkan semakin rendah nilai slump, campuran beton mengalami kekentalan yang tinggi.



Gambar 4.8: Grafik Hasil Pengujian Nilai Slump

4.6 Hasil dan Analisa 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 yang akan di uji yaitu berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton.

a. Perhitungan Kuat Tekan Beton Normal

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton normal sebagai berikut:

Benda Uji 1 (A1)

- Beban (P) = 360 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{360}{17622,5} = 20 \text{ MPa} \quad (4.18)$$

Benda Uji 2 (A2)

- Beban (P) = 430 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{430}{17622,5} = 24 \text{ MPa}$$

Benda Uji 3 (A3)

- Beban (P) = 380 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{380}{17622,5} = 22 \text{ MPa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1}+\text{Hasil B2}+\text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{20+24+22}{3} \\ &= 22 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK I (10%)

Benda Uji 1 (B1)

- Beban (P) = 360 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{360}{17622,5} = 20 \text{ MPa}$

Benda Uji 2 (B2)

- Beban (P) = 350 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{350}{17622,5} = 20 \text{ MPa}$

Benda Uji 3 (B3)

- Beban (P) = 330 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17622,5} = 19 \text{ MPa}$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1}+\text{Hasil B2}+\text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{20+20+19}{3} \\ &= 20 \text{ MPa}\end{aligned}$$

c. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK II (15%)

Benda Uji 1 (C1)

- Beban (P) = 290 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17622,5} = 16 \text{ MPa}$

Benda Uji 2 (C2)

- Beban (P) = 320 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{320}{17622,5} = 18 \text{ MPa}$$

Benda Uji 3 (C3)

- Beban (P) = 300 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{300}{17622,5} = 17 \text{ MPa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{16 + 18 + 17}{3} \\ &= 17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

d. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK III (20%)

Benda Uji 1 (D1)

- Beban (P) = 270 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{270}{17622,5} = 15 \text{ MPa}$$

Benda Uji 2 (D2)

- Beban (P) = 240 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{240}{17622,5} = 14 \text{ MPa}$$

Benda Uji 3 (D3)

- Beban (P) = 290 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²

- Kuat Tekan Beton $= \frac{P}{A}$
 $= \frac{290}{17622,5} = 16 \text{ MPa}$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1}+\text{Hasil B2}+\text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{15+14+16}{3} \\ &= 15 \text{ MPa}\end{aligned}$$

e. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK (10%) + BLAB (35%) I

Benda Uji 1 (E1)

- Beban (P) = 380 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton $= \frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17622,5} = 22 \text{ MPa}$

Benda Uji 2 (E2)

- Beban (P) = 360 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton $= \frac{P}{A}$
 $= \frac{360}{17622,5} = 20 \text{ MPa}$

Benda Uji 3 (E3)

- Beban (P) = 380 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton $= \frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17622,5} = 22 \text{ MPa}$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1}+\text{Hasil B2}+\text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{22+20+22}{3} \\ &= 21 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

f. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK (15%) + BLAB (35%) II

Benda Uji 1 (F1)

- Beban (P) = 340 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{340}{17622,5} = 19 \text{ MPa}$$

Benda Uji 2 (F2)

- Beban (P) = 360 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{360}{17622,5} = 20 \text{ MPa}$$

Benda Uji 3 (F3)

- Beban (P) = 320 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{320}{17622,5} = 18 \text{ MPa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{19 + 20 + 18}{3} \\ &= 19 \text{ MPa}\end{aligned}$$

g. Perhitungan Kuat Tekan Beton BLCK (20%) + BLAB (35%) III

Benda Uji 1 (G1)

- Beban (P) = 280 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{280}{17622,5} = 16 \text{ MPa}$$

Benda Uji 2 (G2)

- Beban (P) = 320 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{320}{17622,5} = 18 \text{ MPa}$$

Benda Uji 3 (G3)

- Beban (P) = 290 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm²
- Kuat Tekan Beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{290}{17622,5} = 16 \text{ MPa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

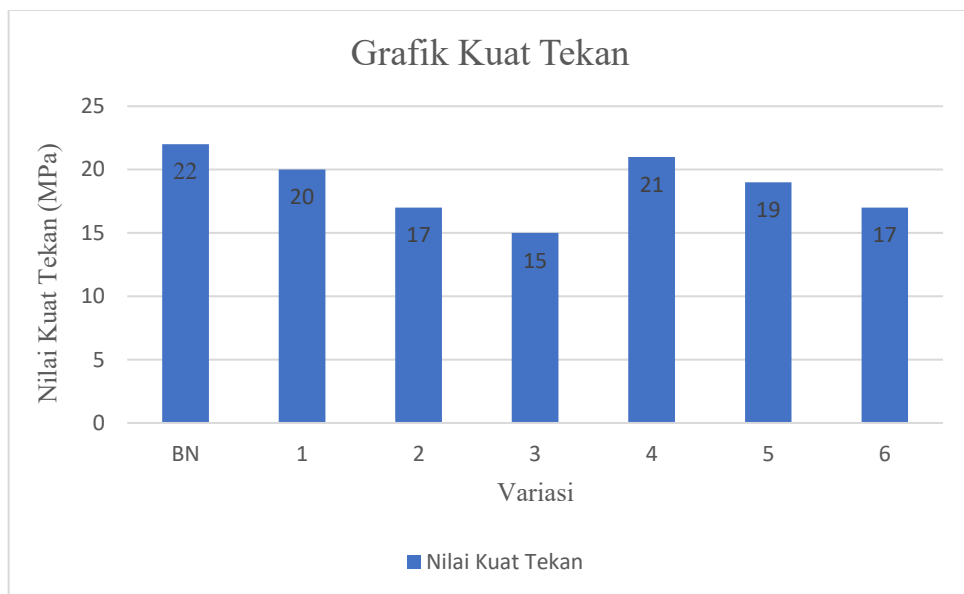
$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{16 + 18 + 16}{3} \\ &= 17 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.25: 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	360	20	22
	2	17662,5	430	24	
	3	17662,5	380	22	
BLCK(10%)	1	17662,5	360	20	20
	2	17662,5	350	20	
	3	17662,5	330	19	
BLCK(15%)	1	17662,5	290	16	17
	2	17662,5	320	18	
	3	17662,5	300	17	
BLCK(20%)	1	17662,5	270	15	15
	2	17662,5	240	14	
	3	17662,5	290	16	
BLCK(10%) + BLAB (35%)	1	17662,5	380	22	21
	2	17662,5	340	19	
	3	17662,5	380	22	

Tabel 4.25: *Lanjutan.*

Variasi	Benda Uji	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BLCK(15%) + BLAB (35%)	1	17662,5	340	19	19
	2	17662,5	360	20	
	3	17662,5	320	18	
BLCK(20%) + BLAB (35%)	1	17662,5	280	16	17
	2	17662,5	320	18	
	3	17662,5	290	16	



Gambar 4.9: Grafik Hasil Nilai Kuat Tekan Rata-Rata

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa beton dicampur dengan limbah cangkang kerang dengan persentase 10%, 15%, 20% dapat menurunkan kuat tekan beton dari nilai beton normal. Namun dengan penambahan abu batu dan limbah cangkang kerang pada beton dengan variasi limbah cangkang kerang 10% dan abu batu 35% dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton yang optimal dibanding variasi lainnya. Hal ini disebabkan karena abu batu mengandung silikon dioksida (SiO_2) dan kapur dapat meningkatkan kualitas serta kekuatan tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan limbah cangkang kerang dan limbah abu batu sebagai substitusi agregat kasar dan halus maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah cangkang kerang pada campuran beton dapat menurunkan nilai kuat tekan. Hal ini dikarenakan hasil kuat tekan dari limbah cangkang kerang mengalami penurunan dari nilai kuat tekan beton normal yaitu 22 MPa sedangkan variasi beton limbah cangkang kerang seperti BLCK I (10%) sebesar 20 MPa, BLCK II (15%) sebesar 17 MPa, BLCK III (20%) sebesar 15 MPa. Untuk variasi BLCK I mengalami penurunan sebesar 9%, BLCK II mengalami penurunan 23% dan BLCK III mengalami penurunan sebesar 32% dari nilai kuat tekan beton normal dikarenakan cangkang kerang darah mengandung beberapa zat kimia yang didominasi kalsium karbonat (CaCO_3) yang tidak reaktif dan kurangnya sifat pozzolanic yang dapat menurunkan nilai kuat tekan.
2. Variasi persentase beton dengan nilai kuat tekan optimal terdapat pada variasi BLCK+BLAB I, yaitu campuran dengan substitusi limbah cangkang kerang sebesar 10% pada agregat kasar dan abu batu sebesar 35% pada agregat halus. Variasi ini menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 21 MPa. Peningkatan kuat tekan tersebut terjadi karena kedua bahan memberikan efek *filler* yang mampu mengurangi porositas dan meningkatkan densitas beton, serta abu batu juga berperan dalam memperbaiki gradasi agregat.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis limbah tersebut memiliki potensi sebagai bahan substitusi dalam campuran beton dan Dengan takaran dan perlakuan yang tepat, beton yang dihasilkan mampu memenuhi syarat kekuatan tekan dan mutu yang dibutuhkan sesuai standar. Adapun takaran untuk persentase maksimal untuk penggunaan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar yaitu 10% dan abu batu sebagai substitusi agregat halus

memiliki nilai persentase maksimal 35%. Hal dikarenakan, jika takaran untuk limbah cangkang kerang di atas 10% dan abu batu di atas 35% maka yang terjadi adalah penurunan nilai kuat tekan pada beton serta dapat menghasilkan nilai slump test yang rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut, adapun saran yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan bahan substitusi yang berbeda seperti zat additive agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Perlu dilakukan pengujian lain lanjutan seperti ketahanan terhadap lingkungan yang agresif (terkontaminasi oleh zat kimia) dan uji durabilitas dalam jangka Panjang, agar mengetahui sejauh aman ketahanan beton dengan material substitusi lainnya.
3. Selain pengujian kuat tekan, hendaknya penelitian yang mendatang melakukan lainnya seperti kuat tarik belah beton, modulus elastisitas beton guna mendapatkan karakteristik beton yang lebih lengkap dengan bahan substitusi yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alma Esa, D., Agus Setiawan, A., & Wulandari Subagyo, G. (2021). Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Rancang Bangun*, 07, 55–61. http://ejournal.um_sorong.ac.id/index.php/rancangbangun
- Andika, R., & Safarizki, H. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Tambah Dan Komplemen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.32585/modulus.v1i1.374>
- Arum, G. T. (2013). Kajian Optimasi Kuat Tekan Beton Dengan Simulasi Gradasi Ukuran Butir Agregat Kasar. *Jurnal Tugas Akhir*, 09510134004, 1–9.
- Asrullah, A., Diawarman, D., Anggrainy, R., & Afif, K. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON $F_c'25$ MPa DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU DAN SEMEN MORTAR UTAMA TYPE 400. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 60–66. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v11i2.517>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT). *Dewan Jakarta., Standarisasi Nasional Indonesia.*, 8, 1–15. www.bsn.go.id
- Budiman, & WTP, J. (2022). Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 40–43. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.418>
- Tilik, L. F., Firdausa, F., Agusri, M. R., & Hartoyo, P. (2021). Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Pada Kuat Tekan Beton. *Jurnal Deformasi*, 6(2), 80. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i2.6638>
- Pawenannangi, A., Jasman., Muis, A., (2023). Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Pada Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 1-5
- Fistcar, W. A., Rejeki, S., Utami, L., & Fitriyanti, A. (2021). Pemanfaatan Limbah Kerang Darah Sebagai Material Buatan Agregat Kasar Berdasarkan Nilai Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Sipil*, 26–32.
- Haris, H. (2019). Tolis Ilmiah : Jurnal Penelitian Tolis Ilmiah : Jurnal Penelitian.

Tolis Ilmiah; Jurnal Penelitian, 1(2), 124–129.

Mulyono, T., Tekan, K., & Normal, B. (1993). Bahan Tambah Untuk Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil*, 55–65.

Nasional, B. S. (2000). Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Sni*, 3, 2834.

Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.

SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03-1968-1990. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–17.

Tarip, T. (2024). Media Ilmiah Teknik Sipil , Volume 12 , Nomor 1 , Januari 2024 : 8-20 Media Ilmiah Teknik Sipil , Volume 12 , Nomor 1 , Januari 2024 : 8-20. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1), 8–20

SK-SNI-T-15-1990-03. Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal. *Yayasan LPM, Bandung*.

Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.

ASTM-C150-07 (2012), *Standard Specification for Portland Cement*. Philadelphia: ASTM.

1972, S., & 2008. (2008). SNI 1972:2008 Cara uji slump beton. *Cara Uji Slump Beton*, 1–5.

Badan Standar Nasional. (1990). *SNI 03 – 1972 – 1990 Metode pengujian slump beton Badan Standar Nasional*.

Badan Standardisasi Nasional. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT). *Dewan Jakarta., Standarisasi Nasional Indonesia.*, 8, 1–15. www.bsn.go.id

Bigatti, S. M., & Cronan, T. A. (2002). A comparison of pain measures used with patients with fibromyalgia. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14.

<https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>

Nasional, B. S. (2000). Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Sni*, 3, 2834.

Nasional, B. S. (2008). Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.

SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.

LAMPIRAN



Gambar L-1: Persiapan Agregat Halus



Gambar L-2: Persiapan Bahan Limbah Abu Batu



Gambar L-3: Persiapan Bahan Limbah Cangkang Kerang



Gambar L-4: Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-5: Proses Memasukkan Benda Uji ke Kerucut Abrams



Gambar L-6: Pengukuran Nilai Slump



Gambar L-7: Pengecekan Nilai Slump



Gambar L-8: Proses Memasukkan Benda Uji ke Cetakan Silinder



Gambar L-9: Proses melakukan Perawatan Beton



Gambar L-10: Pengangkutan Benda Uji ke Lokasi Pengujian



Gambar L-11: Pengangkutan Benda Uji ke Lokasi Pengujian



Gambar L-12: Proses Pengujian Kuat Tekan

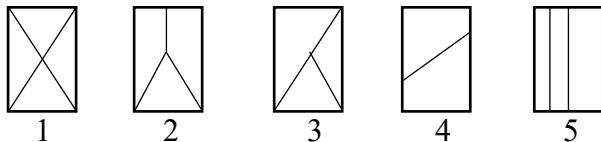
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN
SNI 1974 – 2011

Penguji : T.WISNU HADI
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30)
Mutu Benda Uji : F'c 20 Mpa
Jumlah Benda Uji : 21

Lembar : 1 **Dari** 3
Mesin : Dial Compression Test Machine

No	Identitas Benda Uji	L (mm)	D (mm)	L/D	Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (Kn)	Kuat Tekan (MPa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
							Cetak	Uji					
1	Normal (1)	300.0	150.0	2	17662.5	12,52	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	360	358,2	20	1
2	Normal (2)	300.0	150.0	2	17662.5	12,48	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	430	428,2	24	1
3	Normal (3)	300.0	150.0	2	17662.5	12,55	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	380	378,2	22	1
1	BLCK 1 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,34	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	360	358,2	20	1
2	BLCK 1 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,40	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	350	348,2	20	1
3	BLCK 1 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,38	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	330	328,2	19	1
1	BLCK 2 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,41	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	290	288,2	16	1
2	BLCK 2 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,43	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	320	318,2	18	1
3	BLCK 2 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,45	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	300	298,2	17	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



Gambar L – 13: Laporan Pengujian Kuat Tekan BN, BLCK I DAN BLCK II

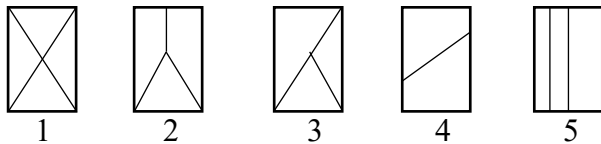
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN
SNI 1974 – 2011

Penguji : T.WISNU HADI
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30)
Mutu Benda Uji : F'c 20 Mpa
Jumlah Benda Uji : 21

Lembar : 2 **Dari** 3
Mesin : Dial Compression Test Machine

No	Identitas Benda Uji	L (mm)	D (mm)	L/D	Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (Kn)	Kuat Tekan (MPa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BLCK 3 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,41	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	270	268,2	15	1
2	BLCK 3 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,45	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	240	238,2	14	1
3	BLCK 3 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,43	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	290	288,2	16	1
1	BLCK + BLAB 4 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,40	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	380	378,2	22	1
2	BLCK + BLAB 4 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,46	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	340	338,2	19	1
3	BLCK + BLAB 4 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,43	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	380	378,2	22	1
1	BLCK + BLAB 5 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,20	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	340	338,2	19	1
2	BLCK + BLAB 5 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,26	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	360	358,2	20	1
3	BLCK + BLAB 5 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,31	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	320	318,2	18	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



Gambar L – 14: Laporan Pengujian Kuat Tekan BLCK III, BLCK + BLAB I dan BLCK + BLAB II

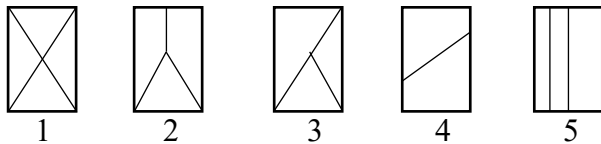
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN
SNI 1974 – 2011

Penguji : T.WISNU HADI
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30)
Mutu Benda Uji : F'c 20 Mpa
Jumlah Benda Uji : 21

Lembar : 3 **Dari** 3
Mesin : Dial Compression Test Machine

No	Identitas Benda Uji	L (mm)	D (mm)	L/D	Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (Kn)	Kuat Tekan (MPa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BLCK + BLAB 6 - 1	300.0	150.0	2	17662.5	12,01	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	280	278,2	16	1
2	BLCK + BLAB 6 - 2	300.0	150.0	2	17662.5	12,08	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	320	318,2	18	1
3	BLCK + BLAB 6 - 3	300.0	150.0	2	17662.5	12,12	18 Juni 2025	16 Juli 2025	28	290	288,2	16	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



Gambar L – 15: Laporan Pengujian Kuat Tekan BLCK + BLAB III

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap	: T. Wisnu Hadi
Tempat, Tanggal Lahir	: Galang, 01 Januari 2003
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Kesuma No.1 Desa Percut, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, 20731
Nomor Hp	: +62877-9314-3442
Nama Ayah	: T.Nizamuddin
Nama Ibu	: Yusraini

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM	: 2107210181
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : SDN 101981	2009-2015
Sekolah Menengah Pertama : MTS PONPES Alkautsar Alakbar	2015-2018
Sekolah Menengah Atas : MAS AL-Wasliyah 22 Tembung	2018-2021