

TA LANJUTAN SEMPRO REVISI

7.docx

by Cek Turnitin

Submission date: 02-Jun-2025 11:15AM (UTC+0200)

Submission ID: 2678106532

File name: TA_LANJUTAN_SEMPRO_REVISI_7.docx (35.72M)

Word count: 25936

Character count: 145906

PROPOSAL TUGAS AKHIR
³PENGARUH PENGGUNAAN BATU KAPUR DARI
DAERAH SAMPUNG PONOROGO SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT KASAR



Disusun Oleh :
AULIA' BINTANG MAHANANI
1432100069

²PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945
2024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : AULIA' BINTANG MAHANANI
NBI : 1432100058
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik ³
Judul : **PENGARUH PENGGUNAAN BATU KAPUR DARI DAERAH SAMPUNG PONOROGO SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR**

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

¹
Ir. Nurul Rochmah, S.T., M.T.,
M.Sc.

NPP.20430.15.0644

¹
Mochammad Firmansyah, S.T.,
M.T.

NPP.20430.24.0894

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya

Ketua Program Studi Teknik
Sipil Universitas 17 Agustus
1945 Surabaya

Dr. Ir. Sajivo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Faradlillah Saves, S.T., M.T.
NPP. 20430.15.0674

2 KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil alamin segala puji Syukur bagi Allah SWT, Sang Pencipta dan seisinya. Sholawat serta salam selalu kita hantarkan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Tahun 2024/2025.

Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Batukapur Dari Daerah Sampung Ponorogo Sebagai Substitusi Agregat Kasar” adalah sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan pendidikan Strata-1 program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, Kesehatan dan kelancaran dalam mengerjakan proposal tugas akhir ini.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat yang tiada hentinya untuk mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan selalu memotivasi untuk berusaha lebih baik dari sebelumnya.
3. Ibu Ir. Nurul Rochmah, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Faradlillah Saves, S.T., M.T. selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Ibu Ir. Laily Endah Fatmawati, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
7. Bapak Dr. Mulyanto Nugroho, MM, CMA., CPA selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
8. Kepada teman - teman “Surabaya Sehat” yang tak kalah penting kehadirannya. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan Tugas Akhir ini, baik tenaga maupun waktu kepada penulis. Telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan semangat untuk pantang menyerah.
9. Teman – teman mahasiswa

Semoga amal dan kebaikan dari beliau tersebut dalam membantu proses penyusunan laporan ini senantiasa mendapat Ridho dari Allah SWT. Selaku penulis menyadari bahwa proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun, diterima dengan senang hati. Penulis berharap proposal Tugas Akhir ini berguna bagi pembaca pada umumnya dan masyarakat. Aamiin

Surabaya, 2024

Aulia' Bintang Mahanani
1432100069

PENGARUH PENGGUNAAN BATU KAPUR DARI DAERAH SAMPUNG PONOROGO SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR

Nama Mahasiswa : Aulia' Bintang Mahanani
NIM : 1432100069
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc
2. Mochammad Firmansyah, ST., MT.

ABSTRAK

Kabupaten Ponorogo adalah salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki kekayaan alam yang melimpah, khususnya adalah potensi batu kapur atau *limestone* dan batu gamping. Potensi pertambangan ini berada di daerah Kecamatan Sampung. Agregat kasar adalah batuan yang dihasilkan dari disintegrasi "alami" dari batuan yang berbentuk batuan pecah yang di dapatkan dari industri pemecah batu dan memiliki ukuran butir lebih besar dari 4,75 (ayakan no.4) (SNI 1969 - 2008). Batu kapur rata – rata memiliki nilai abrasi yang rendah sekitar < 40%, sehingga cocok digunakan untuk pengaplikasian bahan untuk kontruksi yang membutuhkan daya tahan yang tinggi. Dengan latar belakang yang telah ada, peneliti ingin melakukan penelitian tentang seberapa besar pengaruh batu kapur dari daerah Desa Sampung, Ponorogo sebagai bahan substitusi dari agregat kasar terhadap kuat tekan dari beton. Penelitian ini menggunakan substitusi batu kapur sebagai agregat kasar sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan nilai slump pada variasi 0% mendapatkan nilai slump tertinggi lalu mengalami penurunan pada persentase 25% hingga 100% dengan nilai slump yang optimal yaitu 15,33 cm. Hasil berat isi beton mengalami kenaikan dan penurunan yang beragam setiap variasi namun semuanya masih berada pada batas SNI 03 – 2847 – 2002 tabel 8 yang menyatakan bahwa berat isi beton normal berada pada kisaran 2200 kg/m³ – 2500 kg/m³. Berdasarkan grafik rata – rata kuat tekan gabungan didapatkan hasil bahwa kuat tekan minimum pada umur 28 hari pada variasi 100% sebesar 10,65 Mpa dan kuat tekan yang paling maksimum pada umur 28 hari pada variasi 50 sebesar 35 Mpa. Pada pengujian resapan air beton, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak batu kapur yang ditambahkan pada beton maka semakin besar pula nilai resapan airnya. Dari semua pengujian dapat diketahui bahwa variasi batu kapur yang paling optimum menggunakan variasi campuran batu kapur 50%.

Kata kunci; Batu Kapur, Agregat Kasar, Kuat Tekan, Beton

THE EFFECT OF USING LIMESTONE FROM THE SAMPUNG PONOROGO AREA AS A COARSE AGGREGATE SUBSTITUTION

Nama Mahasiswa : Aulia' Bintang Mahanani
NIM : 1432100069
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc
2. Mochammad Firmansyah, ST., MT.

ABSTRAC

Ponorogo Regency is one of the regions in East Java Province that has abundant natural resources, especially the potential for limestone and limestone. This mining potential is situated in the Sampung District area. Coarse aggregate is rock resulting from the "natural" disintegration of rock in the form of broken rock obtained from the stone crushing industry and has a grain size greater than 4.75 (sieve no.4) (SNI 1969 - 2008). Limestone on average has a low abrasion value of about < 40%, making it suitable for the application of materials for construction that require high durability. With the existing background, researchers want to conduct research on how much influence limestone from the Sampung Village area, Ponorogo as a substitute for coarse aggregate on the compressive strength of concrete. This study used limestone substitution as coarse aggregate at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. Based on the research conducted, the slump value in the 0% variation gets the highest slump value and then decreases at a percentage of 25% to 100% with an optimal slump value of 15.33 cm. The results of the weight of concrete contents experience a variety of increases and decreases in each variation but all are still within the limits of 03 - 2847 - 2002 table 8 which states that the weight of normal concrete content is in the range of 2200 kg / m³ - 2500 kg / m³. Based on the average combined compressive strength graph, the results show that the minimum compressive strength at the age of 28 days in the 100% variation is 10.65 Mpa and the maximum compressive strength at the age of 28 days in the 50 variation is 14.35 Mpa. In the concrete water absorption test, overall it can be concluded that the more limestone added to the concrete, the greater the water absorption value. From all tests, it can be seen that the most optimum limestone variation uses a 50% limestone mix variation.

Keywords; Limestone, Coarse aggregate, Compressive Strength, Concrete

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRAC	vi
2 DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Untuk Mahasiswa	4
1.5.2 Manfaat Untuk Instusi Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	4
1.5.3 Manfaat Untuk Institusi Perusahaan	4
1.5.4 Manfaat Untuk Penelitian Selanjutya	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Beton	9
49 2.3 Semen	10
2.3.1 Semen Non – Hidrolik	10
2.3.2 Semen Hidrolik	11
2.3.3 Faktor Air Semen	13
2.4 Air	13
2.5 Agregat	13

66	2.5.1 Agregat Halus	14
	2.5.2 Agregat Kasar	16
	2.6 Gradasi Agregat Campuran	19
7	2.7 Batu Kapur	23
1	2.8 Berat Jenis Beton	23
	2.9 Resapan Air Beton	24
	2.10 Kuat Tekan Beton	25
	2.11 Slump Test	25
37	BAB III METODE PENELITIAN	26
	3.1 Diagram Alir	26
	3.2 Tempat Penelitian	28
	3.3 Studi Literatur	28
	3.4 Persiapan Alat dan Bahan	28
	3.4.1 Alat	28
	3.4.2 Bahan	29
	3.5 Pengujian Mutu Bahan	29
	3.5.1 Pengujian Semen	29
	3.5.2 Pengujian Air	30
	3.5.3 Pengujian Agregat Halus	30
	3.5.4 Pengujian Agregat Kasar (Batu Kerikil dan Batu Kapur)	33
23	3.6 Perencanaan Mix Desain	37
	3.7 Pembuatan Benda Uji	48
	3.8 Pengujian Berat Jenis	48
	3.9 Pengujian Resapan Air	49
3	3.10 Pengujian Kuat Tekan Beton	49
	3.11 Analisis Hasil Percobaan Beton	50
2	3.12 Kesimpulan	50
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
	4.1 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus	52
	4.1.1 Pengujian Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136 – 76)	52

4.1.2 Percobaan Kelembapan Pasir (ASTM 566 – 97)	55
4.1.3 Analisa Berat Jenis Pasir (ASTM C 128)	56
4.1.4 Analisa Resapan Air Pasir (ASTM C 129 – 03)	57
4.1.5 Analisa Berat Saringan Pasir (ASTM C 128 – 01)	58
4.1.6 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering (ASTM C 117 – 76)	59
4.1.7 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah (ASTM C 117 – 76)	60
4.1.8 Analisa Pengembangan Volume Pasir (ASTM C 117- 76)	60
4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)	61
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM C 136 – 76)	61
4.2.2 Analisa Kelembapan Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM C 566 – 71)	63
4.2.3 Analisa Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM 128 - 73)	64
4.2.4 Analisa Resapan Air Pada Kerikil (ASTM C 128)	65
4.2.5 Analisa Berat Volume Kerikil (ASTM C 29 – 78)	65
4.2.6 Analisa Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur (ASTM C 117 – 76)	67
4.2.7 Analisa Keausan Kerikil	68
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar (Batu Kapur)	69
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Kapur) (ASTM C 136 – 76)	69
4.3.2 Analisa Kelembapan Agregat (Batu Kapur) (ASTM C 566 – 71)	71
4.3.3 Analisa Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Kapur) (ASTM 128 - 73)	72
4.3.4 Analisa Resapan Air Pada Batu Kapur (ASTM C 128)	73
4.3.5 Analisa Berat Volume Batu Kapur (ASTM C 29 – 78)	73
4.3.6 Analisa Kebersihan Batu Kapur Terhadap Lumpur (ASTM C 117 – 76)	74
4.3.7 Analisa Keausan Batu Kapur	75
4.4 Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur	76
4.5 Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur	81
4.6 Perencanaan <i>Mix Desain</i> Beton	86
4.7 Hasil Slump Test	102
4.8 Berat Isi	104

4.9 Kuat Tekan Beton	110
4.10 Persentase Variasi Batu Kapur Yang Mengasilkan Kuat Tekan Maksimum	115
4.11 Resapan Air Beton	119
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	123
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125
LAMPIRAN.....	128

DAFTAR GAMBAR

		122
Gambar 1. 1	Lokasi Gunung Kapur di Samping Ponorogo.....	1
Gambar 2. 1	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Variasi Campuran Batu Kapur.....	5
Gambar 2. 2	Grafik Kuat Tekan Beton.....	6
Gambar 2. 3	Grafik Kuat Tekan Beton Berdasarkan Variasi FAS.....	7
Gambar 2. 4	Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	8
Gambar 2. 5	Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	9
Gambar 2. 6	Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 10 mm.....	20
Gambar 2. 7	Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 20 mm.....	21
Gambar 2. 8	Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 40 mm.....	22
Gambar 3. 1	Diagram Alir.....	27
Gambar 3. 2	Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen.....	40
Gambar 3. 3	Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.....	44
Gambar 3. 4	Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.....	45
Gambar 3. 5	Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.....	45
Gambar 3. 6	Grafik berat jenis beton.....	46
Gambar 4. 1	Hasil Gradasi Agregat Halus Zona I.....	53
Gambar 4. 2	Hasil Gradasi Agregat Halus Zona II.....	54
Gambar 4. 3	Hasil Gradasi Agregat Halus Zona III.....	54
Gambar 4. 4	Hasil Gradasi Agregat Halus Zona IV.....	55
Gambar 4. 5	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 10 mm.....	62
Gambar 4. 6	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20 mm.....	62
Gambar 4. 7	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	63
Gambar 4. 8	Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 10 mm.....	70
Gambar 4. 9	Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 20 mm.....	70
Gambar 4. 10	Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 40 mm.....	71
Gambar 4. 11	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	76
Gambar 4. 12	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	77
Gambar 4. 13	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	78
Gambar 4. 14	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	79
Gambar 4. 15	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm.....	80
Gambar 4. 16	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 32 mm.....	81
Gambar 4. 17	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm.....	82
Gambar 4. 18	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm.....	83
Gambar 4. 19	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm.....	84

Gambar 4. 20	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm	85
26	Gambar 4. 21 Faktor Air Semen	88
Gambar 4. 22	Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	91
Gambar 4. 23	Grafik Berat Jenis Beton Campuran 0%	92
4	Gambar 4. 24 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 25%	93
4	Gambar 4. 25 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 50%	93
4	Gambar 4. 26 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 75%	94
Gambar 4. 27	Grafik Berat Jenis Beton Campuran 100%	94
1	Gambar 4. 28 Grafik Hasil Nilai Slump	103
Gambar 4. 29	Grafik Rata - Rata Berat Isi Beton Basah	106
10	Gambar 4. 30 Grafik Rata - Rata Berat Isi Beton Kering	109
Gambar 4. 31	Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	112
Gambar 4. 32	Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	113
Gambar 4. 33	Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	114
1	Gambar 4. 34 Grafik Kuat Tekan Beton Gabungan	116
Gambar 4. 35	Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Gabungan Setelah Dikonversi	118
10	Gambar 4. 36 Grafik Rata - Rata Persentase Resapan Air Beton	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat 29 tiran Agregat Halus	15
Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Halus	15
Tabel 2. 3 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar	17
Tabel 2. 4 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 10 mm	20
Tabel 2. 5 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 20 mm	21
Tabel 2. 6 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 40 mm	22
Tabel 2. 7 Nilai Slump Untuk Pekerjaan Beton	25
39 Tabel 3. 1 Gradasi Saringan Pengujian Keausan Agregat Kasar	36
Tabel 3. 2 Kuat Tekan Rata - Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia Untuk Deviasi 3 andart	37
Tabel 3. 3 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton Dengan Faktor Air Semen, Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia	38
Tabel 3. 4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	41
1 Tabel 3. 5 Penetapan Nilai Adukan <i>Slump</i> Untuk Pekerjaan Pembetonan	42
Tabel 3. 6 Perkiraan Kadar Air Bebas yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjakan Adukan Beton	43
Tabel 3. 7 Jumlah Komposisi Benda Uji	48
Tabel 4. 1 Hasil Analisa Perhitungan Pengujian Analisa Saringan Pasir	52
Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Kelembapan Pasir	55
Tabel 4. 3 Hasil Percobaan Berat Jenis Pasir	56
Tabel 4. 4 Hasil Percobaan Resapan Air Pasir	57
Tabel 4. 5 Hasil Percobaan Analisa Saringan Pasir	58
Tabel 4. 6 Hasil Percobaan Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering	59
Tabel 4. 7 Hasil Percobaan Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara 4 Basah	60
Tabel 4. 8 Hasil Peercobaan Analisa Pengembangan Volume Pasir	60
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kerikil	61
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Kerikil	63
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Analisa Berat Jenis Kerikil	64
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Analisa Resapan Air Kerikil	65
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Analisa Berat Volume Kerikil	65
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Analisa Kebersihan Kerikil	67

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Analisa Keausan Kerikil.....	68
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Kapur	69
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Batu Kapur	71
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Analisa Berat Jenis Batu Kapur	72
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Analisa Resapan Air Batu Kapur.....	73
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Analisa Berat Volun ² Batu Kapur	73
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Analisa Kebersihan Batu Kapur Terhadap Lumpur	74
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Analisa Keausan Batu Kapur	75
Tabel 4. 23 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 0%	76
Tabel 4. 24 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 25%	77
Tabel 4. 25 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 50%	78
Tabel 4. 26 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 75%	79
Tabel 4. 27 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 100%	80
Tabel 4. 28 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 0%	81
Tabel 4. 29 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 25%	82
Tabel 4. 30 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 50%	83
Tabel 4. 31 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 75%	84
Tabel 4. 32 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 100%	85
Tabel 4. 33 Formulir Mix Desain	86
Tabel 4. 34 Nilai Tambah (M)	87
Tabel 4. 35 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	89
Tabel 4. 36 penetapan Nilai Adukan Slump Untuk Pekerjaan Pembetonan	90
Tabel 4. 37 Kadar Air Bebas Yang Diperoleh Berdasarkan Slump, Ukuran Agregat, dan Jenis Agregat	90
Tabel 4. 38 Tabel Perhitungan Berat Jenis	92
Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Resapan dan Kelembapan	96
Tabel 4. 40 Kebutuhan Bahan Untuk Cetakan 7 cm x 20 cm	100
Tabel 4. 41 Kebutuhan Bahan Untuk Cetakan 15 cm x 30 cm	101
Tabel 4. 42 Hasil Tes Pengujian Slump Beton	102
Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Basah	104
Tabel 4. 44 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering	107
Tabel 4. 45 Hasil Rekapitulasi Kuat Tekan Beton	110
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Seluruh Data Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari	115

Tabel 4. 47 Konversi Kuat Tekan Beton Dari 28 Hari Ke 7 dan 14 Hari.....	118
Tabel 4. 48 Resapan Air Pada Beton Umur 28 Hari.....	119

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1 Pengambilan Batu Kapur	128
Gambar 105 Pengujian Agregat Kasar (Analisa Saringan)	128
Gambar 3 Pengujian Agregat Kasar (Kelembapan Agregat)	128
Gambar 4 Pengujian Agregat Kasar (Kebersihan Agregat)	129
11 Gambar 5 Pengujian Agregat Kasar (Keausan Agregat)	129
Gambar 6 Pengujian Agregat Kasar (Berat Jenis Agregat)	129
Gambar 7 Pengujian Agregat Kasar (Resapan Air)	129
Gambar 8 Pengujian Agregat Kasar (Keausan Agregat)	130
Gambar 9 Pengujian Agregat Halus (Volume Pasir)	130
Gambar 10 Pengujian 11 regat Kasar (Resapan Air)	130
Gambar 11 Pengujian Agregat Kasar (Berat Jenis Agregat)	130
Gambar 12 Pengujian Agregat Halus (Kebersihan Lumpur)	131
Gambar 13 Pengujian Agregat Halus (Pengembangan Volume Pasir)	131
49 Gambar 14 Kegiatan Pengecoran Beton	131
Gambar 15 Pengujian Slump Beton	131
Gambar 16 Pengujian Berat Isi Basah Beton dan Berat Isi Kering Beton	132
Gambar 17 Pengujian Resapan Air Beton	132

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Ponorogo adalah salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki kekayaan alam yang melimpah. Kabupaten yang dikenal dengan kesenian “Reog Ponorogo” ini memiliki potensi pertambangan yang cukup besar, khususnya adalah potensi batu kapur atau *limestone* dan batu gamping. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Ponorogo, Kecamatan sampung mempunyai luas lahan penambangan batu kapur sebesar 464 hektar, dengan taksiran kandungan batu kapur sebanyak 14.705.565 m³/ton. Potensi pertambangan ini berada di daerah Kecamatan Sampung. Batu gamping merupakan batuan fosfat yang memiliki kandungan sebagian besar adalah mineral kalsium karbonat (CaCO₃). Bahan ini juga merupakan salah satu komponen yang penting dalam pembuatan semen *portland* (S. Tondok dkk., 2019).



Gambar 1. 1 Lokasi Gunung Kapur di Sampung Ponorogo
(Sumber ; Google Earth, 2025)

Penambangan batu gamping yang saat ini masih dilakukan di Desa Sampung, Kecamatan Ponorogo yang digunakan oleh para masyarakat sekitar sebagai campuran bahan bangunan dan terkadang untuk di perjual – belikan ke daerah di luar Ponorogo. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti, kegiatan pemanfaatan penambangan batu gamping sudah dilakukan oleh masyarakat di Desa Sampung dari jaman lampau, hal ini dibuktikan dengan seringnya dijumpai bekas – bekas cerobong tungku pembakaran yang berlokasi di dekat area penambangan batu gamping Desa Sampung.

Agregat kasar merupakan salah satu bahan baku utama beton yang kualitasnya sendiri akan menentukan atau berpengaruh pada kualitas beton yang akan dihasilkan nantinya. Agregat kasar adalah batuan yang dihasilkan dari disintegrasi “alami” dari batuan yang berbentuk batuan pecah yang di dapatkan dari industri pemecah batu dan memiliki ukuran butir lebih besar dari 4,75 (ayakan no.4)

(SNI 1969 - 2008). Agregat kasar dapat berupa batuan kerikil, batu koral, atau beton 20 i semen hidrolis yang dilakukan pemecahan. Menurut SNI 8 1969 – 2019, berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibagi menjadi tiga yaitu, berat jenis curah kering (S_d), berat jenis jenuh kering permukaan (S_s), dan berat jenis semu (S_a). Dalam membuat suatu campuran mix desain beton yang baik, perlu diperhatikan tentang kadar lumpur maksimal yang diperbolehkan, kandungan bahan organik, modulus kehalusan, kekerasan dan keausan, serta tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hasan & Sumiati, 2014), bahwasannya batu kapur rata – rata memiliki nilai abrasi yang rendah sekitar < 40%, sehingga cocok digunakan untuk pengaplikasian bahan untuk konstruksi yang membutuhkan daya tahan yang tinggi. Dengan latar belakang yang telah ada, peneliti ingin melakukan penelitian tentang seberapa besar pengaruh batu kapur dari daerah Desa Sampung, Ponorogo sebagai bahan substitusi dari agregat kasar terhadap kuat tekan dari beton.

Terdapat dua standar ketika melakukan percampuran pembuatan beton di Indonesia, yaitu metode yang mengacu pada *Department of Environment* (DoE) dan metode yang mengacu pada ACI (*American Concrete Institute*) (Foulhuan dkk., 2022). Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode *Department of Environment* (DoE) yang ada dalam SNI 03-2834-2000. Di Indonesia metode ini sering digunakan karena merupakan adopsi dari *British Standard* yang ada dalam buku standar SK SNI T 15-1990-03. Metode ini adalah pengaplikasian dari cara ukuran dasar pengaturan beton adalah kekuatan dari beton berdasarkan dari faktor air semen yang digunakan dalam campuran beton (Astuti, 2019).

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan beton dengan mutu sebesar 25 Mpa, dikarenakan mutu yang direncanakan akan digunakan sebagai beton struktural, dengan substitusi dari batu kapur sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengambilan persentase tersebut dikarenakan penelitian – penelitian terdahulu tentang substitusi agregat kasar menggunakan batu kapur yang menggunakan persentase yang sama untuk mendapatkan hasil dari kuat tekan beton yang maksimum. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari pengganti batu kapur pada persentase 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai dari kuat tekan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, perumusan permasalahan sebagai berikut:

1. 22 gaimanakah pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai slump pada campuran dari beton?

2. Bagaimana pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%,25%,50%,75%, dan 100% terhadap berat jenis beton?
3. Bagaimana pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%,25%,50%,75%, dan 100% terhadap resapan air beton?
4. Bagaimana pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%,25%,50%,75%, dan 100% terhadap nilai dari kuat tekan pada campuran dari beton?
5. Berapakah persentase dari substitusi agregat kasar batu kapur sebagai agregat kasar yang dapat menghasilkan hasil dari kuat tekan beton yang paling maksimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis memiliki maksud dan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai *slump* pada campuran dari beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai berat jenis beton.
3. Untuk mengetahui pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai resapan air beton.
4. Untuk mendapatkan pengaruh dari substitusi agregat kasar batu kapur yang digunakan pada persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap nilai dari kuat tekan pada campuran dari beton.
5. Untuk mendapatkan persentase dari substitusi agregat kasar batu kapur sebagai agregat kasar yang dapat menghasilkan hasil dari kuat tekan beton yang paling maksimum.

1.4 Batasan Masalah

Batasan – batasan pada penelitian yang akan penulis lakukan sebagai berikut:

1. Mutu beton yang akan direncanakan adalah sebesar 25 Mpa.
2. Substitusi dari batu kapur dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat kasar yang diperlukan masing – masing sebanyak tiga sampel.
3. Benda uji berukuran tinggi 30 cm, dan diameter 15 cm
4. Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah tes *slump*, berat jenis, resapan air, dan kuat tekan beton.

5. Beton yang akan diujikan berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.
6. Penelitian ini akan menggunakan metode *Department of Environment* (DoE).
7. Penelitian akan menggunakan pasir dari Kabupaten Lumajang.
8. Penelitian akan menggunakan kerikil dari toko bangunan yang ada di Surabaya.
9. Penelitian ini tidak meneliti tentang kandungan bahan kimia dari batu kapur yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Untuk Mahasiswa

1. Hasil dari penelitian yang dilakukan merupakan pengetahuan yang dapat menambah wawasan tentang teknologi beton.

1.5.2 Manfaat Untuk Instansi Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

1. Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat menjadi bahan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang teknologi beton.

1.5.3 Manfaat Untuk Institusi Perusahaan

1. Hasil dari penelitian yang dilakukan menjadikan batu kapur yang berasal dari Desa Sampung, Ponorogo dapat dijadikan bahan material yang lebih bermanfaat bagi masyarakat, khususnya masyarakat lokal.
2. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat umum tentang pemanfaatan dari batu kapur yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran beton.

1.5.4 Manfaat Untuk Penelitian Selanjutnya

1. Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menjadi bahan penelitian selanjutnya untuk mencari alternatif bahan pengganti yang lebih efisien dari segi kualitas dan kuantitas.

TINJAUAN PUSTAKA

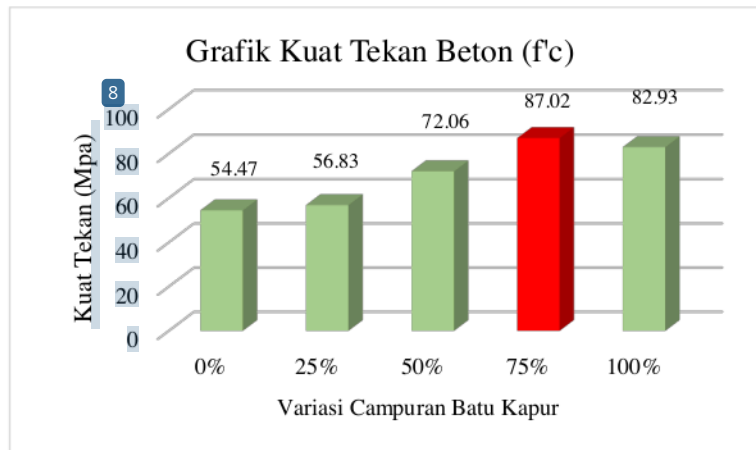
2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian – penelitian yang sudah ada menjadi sumber dan informasi bagi peneliti ketika melakukan penelitian yang akan dilakukan agar dapat memperbanyak teori – teori dalam evaluasi yang dikerjakan.

41

A. **Pemanfaatan Batu Kapur Di Daerah Sampang Madura Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton** (Rochmah, 2016).

Dalam penelitian ini membahas tentang substitusi terhadap agregat kasar menggunakan batu kapur yang berasal dari daerah Sampang, Madura. Presentase substitusi batu kapur yang digunakan adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 60 buah dengan rincian, 15 benda uji pada umur 3 hari, 15 benda uji pada umur 7 hari, 15 benda uji pada umur 14 hari, dan 15 benda uji pada umur 28 hari. Penelitian ini menghasilkan:



Gambar 2. 1 Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Variasi Campuran Batu Kapur
(Sumber : Rochmah, 2016)

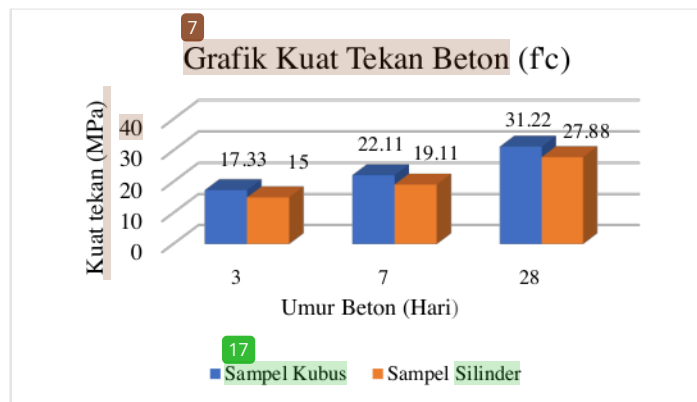
- Rata – rata semakin besar dari presentase batu kapur yang digunakan, maka semakin besar pula kuat tekan yang akan dihasilkan oleh beton uji.

7

- Dilihat dari grafik kuat tekan beton pemakaian alternatif, dihasilkan bahwasannya campuran batu kapur sebagai pengganti agregat kasar pada beton dengan presentase sebesar 75% mendapat hasil kuat tekan yang paling maksimal dengan nilai sebesar 87,02 kg/cm².

B. Studi Penggunaan Batu Kapur (*Limestone*) Sebagai Bahan Agregat Kasar Terhadap Uji Kuat Tekan Beton K-250 (Studi Kasus: Kecamatan Mengkendek Kabupaten Tana Toraja) (Fikri & Syahputra, 2024).

Dalam penelitian ini membahas tentang penggantian terhadap agregat kasar menggunakan batu kapur yang berasal dari kecamatan Mengkendek di Kabupaten Tana Toraja. Penelitian ini menggunakan mutu beton yang direncanakan sebesar K-250. Penelitian yang dilakukan menggunakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Benda uji yang digunakan menggunakan benda uji kubus dan juga silinder, dengan pengujian dilakukan ketika umur beton 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Sampel yang digunakan sebanyak 3 sampel pada setiap perlakuan. Penelitian ini menghasilkan:



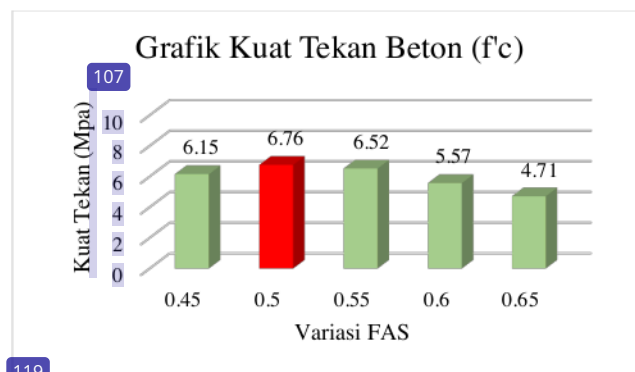
Gambar 2. 2 Grafik Kuat Tekan Beton
(Sumber : Fikri & Syahputra, 2024)

- Beton yang menggunakan batu kapur dari daerah Tana Toraja untuk sampel kubus dan silinder dapat digunakan sebagai campuran pada beton dikarenakan dapat mencapai mutu beton yang direncanakan yaitu sebesar K-250.
- Hasil pengujian pada sampel kubus memiliki nilai kuat tekan paling besar ketika berumur 28 hari dengan nilai 31,22 Mpa, sedangkan pada sampel

- silinder memiliki nilai kuat tekan paling besar pada umur 28 hari dengan nilai 27,88 Mpa.

41
C. **Studi Kuat Tekan Beton Beragregat Kasar Batu Kapur Sangowo Dengan Variasi FAS (Mododok dkk., 2020).**

Penelitian ini membahas tentang alternatif substitusi agregat kasar menggunakan batu kapur dari daerah Sangowo terhadap nilai kuat tekan beton, menggunakan variasi faktor air semen 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; dan 0,65. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan total 25 benda uji yang telah direndam dalam air selama 28 hari. Penelitian ini menghasilkan:



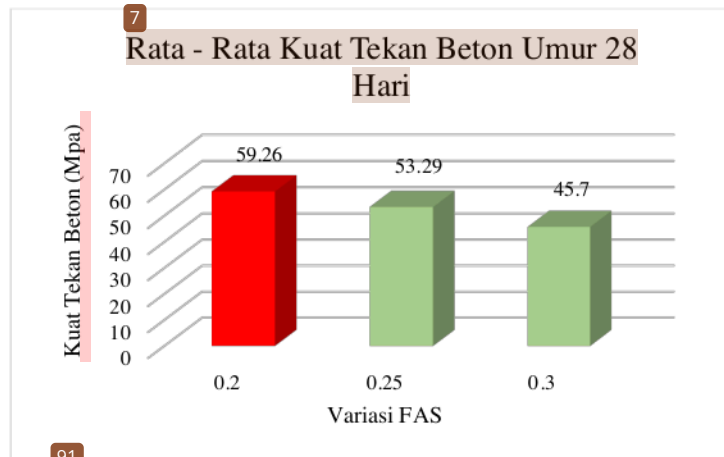
119
Gambar 2. 3 Grafik Kuat Tekan Beton Berdasarkan Variasi FAS
(Sumber : Mododok dkk., 2020)

- Penggunaan batu kapur sebagai alternatif pengganti dari agregat kasar menghasilkan beton kuat tekan yang tinggi
- Kuat tekan paling besar pada penelitian ini menggunakan variasi Faktor Air Semen sebesar 0,5.

56
D. **Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Kekuatan Tinggi Menggunakan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar (Jabair, 2021).**

Penelitian ini membahas tentang penggantian terhadap agregat kasar menggunakan batu kapur dari Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan. Perancangan beton menggunakan metode DoE dengan kekuatan rencana beton sebesar $f'c = 50$ Mpa. Benda uji yang digunakan berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan bentuk benda uji silinder. Pada penelitian ini menggunakan

73 variasi dari Faktor Air Semen sebesar 0,20; 0,25; dan 0,30. Beton yang akan di uji kuat tekannya berumur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Penelitian ini menghasilkan:



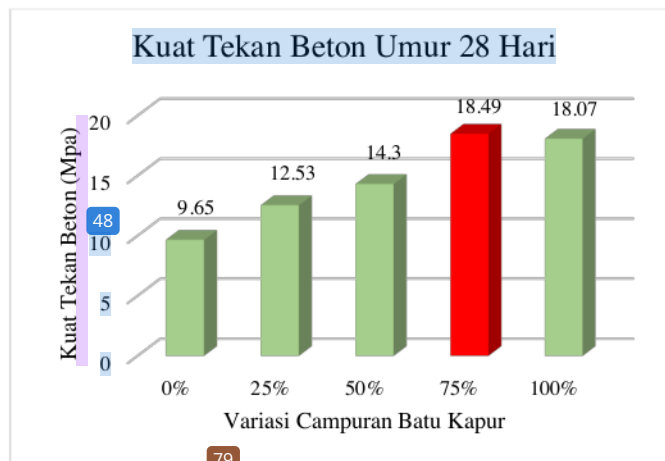
Gambar 2. 4 Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
(Sumber : Jabair, 2021)

- Penggunaan batu kapur dari daerah Enrekang berdampak baik pada pembuatan beton karena menghasilkan nilai kuat tekan beton yang tinggi.
- Kuat tekan rata – rata beton pada umur 28 hari paling tinggi menggunakan varian Faktor Air Semen sebesar 0,20 dengan nilai $f'c = 59,26$ Mpa.

19

E. Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Batu Kapur Sebagai Bahan Tambah Agregat Kasar (Bahri dkk., 2024).

Penelitian ini membahas tentang alternatif pengganti agregat kasar pada beton menggunakan batu kapur yang diambil dari Kota Jayapura, tepatnya di lokasi 1. Penelitian ini menggunakan variasi substitusi batu kapur sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% yang berjumlah 20 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 mm x 30 mm. Pengujian dilakukan ketika beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada penelitian ini perancangan mix desain beton normal menggunakan SNI 03 - 2834 - 2000. Penelitian ini menghasilkan:



Gambar 2. 5 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
(Sumber : Bahri dkk., 2024)

- Dari hasil tes kuat tekan beton, variasi substitusi agregat kasar menggunakan batu kapur sebesar 75% menghasilkan nilai paling besar pada umur 28 hari yaitu 18,49 Mpa.

2.2 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit yang dibuat dengan mencampurkan semen, agregat, dan air dengan berbagai bahan tambahan yang diperlukan, termasuk bahan kimia tambahan, serat, bahan bangunan dan kimia yang mengeras menjadi bahan padat dengan persyaratan tertentu (Dewi & Prasetyo, 2021). Agregat yang berada dalam proses pembuatan dibagi menjadi dua macam yaitu agregat halus yang biasanya berupa pasir dan agregat kasar yang berbentuk seperti kerikil ataupun batuan – batuan pecah. Pada zaman modern saat ini pengadaptasian beton sangat beragam, dimana beton dapat dibuat dari berbagai macam tipe – tipe semen yang ada, agregat, dan juga bahan – bahan tambahan lainnya seperti pozzolan, sulfur, serat dan masih banyak yang lainnya.

Beton adalah salah satu material atau bahan konstruksi yang memiliki kuat tekan yang tinggi, namun memiliki kuat tarik yang lemah. Kualitas dari beton itu sendiri tergantung pada kualitas bahan – bahan penyusun beton itu sendiri. Maka dari itu kualitas dari bahan penyusun tersebut harus sangat diperhatikan agar ketika melakukan sebuah perancangan beton dapat mencapai mutu yang sudah direncanakan sebelumnya.

118

Perencanaan campuran beton atau biasa disebut dengan *Mix Desain* sangat penting dikarenakan pada proses ⁷² jumlah proporsi dari material – material ditentukan. *Mix Desain* adalah suatu proses memilih bahan – bahan untuk pembetonan dan menetapkan kuantitas atau jumlah ketergantungan atas bahan tersebut dengan mempertimbangkan persyaratan dari mutu beton, ketahanan dari beton, kekuatan dari beton, kemudahan pengerjaannya, serta nilai ekonomisnya (Zakaria dkk., 2024).

Tentunya beton juga memiliki beberapa kelebihan dan juga kekurangan. Kelebihan beton sendiri adalah memiliki kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap paparan suhu yang tinggi, mudah dibuat ke berbagai macam bentuk, tahan terhadap korosi, dan bahan – bahan dari penyusunnya mudah untuk didapatkan. Sedangkan untuk kelemahan dari beton sendiri adalah memiliki kuat Tarik yang lemah, beton tidak dapat diubah bentuknya ketika sudah mengeras, ketika pengerjaan beton membutuhkan tingkat ketelitian yang cukup tinggi, serta memiliki beban yang berat sehingga sulit untuk dipindahkan ketika beton sudah jadi.

Kriteria – kriteria perencanaan standar yang berlaku harus diterapkan ketika akan melakukan sebuah perencanaan beton. Adapun standar perencanaan yang berlaku pada saat ini adalah SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Standard Testing and Material*), dan ACI (*American Concrete Institute*). Adapun metode yang digunakan adalah ASTM, ACI, dan DoE (*Department of Environment*) yang juga digunakan oleh peneliti untuk merancang beton pada penelitian ini. Tujuan dilakukan perancangan yang mengacu pada standar yang berlaku adalah untuk mendapatkan kualitas beton yang bagus dan juga memiliki kuat tekan yang optimal sesuai dengan perencanaan.

2.3 Semen ⁶⁹

Kamus Besar Bahasa Indonesia mengatakan bahwa semen merupakan sebuah serbuk atau tepung yang terbuat dari kapur dan bahan campuran yang lain yang fungsinya adalah untuk membuat beton, membuat dinding ³⁸ dan merekatkan batu – bata. Semen dalam definisi yang lebih umum adalah suatu bahan yang memiliki sifat adhesi dan kohesi, yang digunakan untuk bahan pengikat, ³⁴ digunakan bersama – sama dengan batu kerikil dan pasir (Passa & Safitri, 2021). Jenis – jenis pada semen dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

2.3.1 Semen Non – Hidrolik

Semen non – hidrolik merupakan semen yang ¹³ bisa mengikat dan juga akan mengeras apabila dimasukkan kedalam air. Contoh dari semen non hidrolik ini adalah kapur.

Kapur merupakan salah satu bahan bangunan yang sering dijumpai pada masyarakat. Peralnya penggunaan kapur sudah ada pada zaman dahulu. Orang – orang

di mesir kuno menggunakan kapur sebagai bahan untuk memplester sebuah bangunan. Di Indonesia kapur digunakan sebagai bahan untuk mengikat tembok, pilar, dan sebagainya (Tanubrata, 2015).

2.3.2 Semen Hidrolik

Semen hidrolik memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengeras dalam air. Contohnya adalah kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen *portland*, semen *portland*-pozollan, semen *portland* terak tanur tinggi, semen alumina, dan semen ekspansi. Semen *portland* putih, berwarna, dan untuk keperluan khusus juga merupakan contoh semen hidrolik.

1. Kapur Hidrolik

Kapur hidrolik sebagian besar sekitar 60 – 70% bahannya terbuat dari batuan gamping, yaitu kalsium karbonat dan juga silika, alumina, oksida besi, dan magnesia. Kapur memiliki sifat seperti tidak mudah getas, sebagai mortel akan memberikan kekuatan pada tembok, mudah untuk dikerjakan, dapat mengeras dengan mudah dan cepat. Selain itu kapur juga memiliki ikatan yang bagus dengan batu atau bata. Semen Pozollan Semen pozollan merupakan sejenis bahan yang tidak memiliki sifat penyemenan, namun mengandung silisi atau aluminium. Butirannya kecil dan memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang dan membentuk senyawa-senyawa yang memiliki sifat-sifat semen.

2. Semen Terak

Salah satu jenis semen hidrolik, yang bahan penyusunnya sebagian besar terdiri dari campuran yang kuat juga seragam terak tanur kapur tinggi dan kapur tohor. Sekitar 60% beratnya berasal dari terak tanur kapur tinggi. Dalam kebanyakan kasus, campuran ini tidak dibakar. Ada dua jenis semen terak. Yang pertama adalah bahan yang dapat digunakan bersama semen *portland* dan untuk kombinasi bersama kapur untuk membuat beton dan adukan tembok. Yang kedua adalah bahan yang mengandung udara sebagai bahan pembantu.

3. Semen Alam

Semen alam dibuat dengan membakar batu kapur yang mengandung lempung pada suhu yang lebih rendah daripada suhu pengerasan. Batu kapur yang terbakar kemudian digiling menjadi serbuk halus. Semen alam dibagi menjadi dua jenis yang berbeda. Yang pertama adalah semen alam yang digunakan bersama-sama dengan semen *portland* pada saat proses membangun. Yang kedua adalah semen alam yang telah ditambah bahan pembantu lainnya, yang fungsinya sama yaitu dicampur dengan semen *portland* pada saat proses pembangunan.

- 40
4. Semen *Portland*
- Semen *Portland* merupakan semen yang paling sering digunakan jika melakukan pekerjaan beton. Semen ini berasal dari hasil gilingan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang juga mengandung banyak bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama – sama (Passa & Safitri, 2021). Menurut SNI 03 – 2834 – 2000, semen *portland* dibagi menjadi beberapa tipe, diantaranya:
- Semen *portland* tipe I merupakan semen *portland* yang umum digunakan tanpa ada persyaratan yang khusus.
 - Semen *portland* tipe II merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan oleh sulfat dan panas hidrasi sedang.
 - Semen *portland* tipe III merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya mengharuskan mempunyai kekuatan awal yang tinggi.
 - Semen *portland* tipe IV merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
 - Semen *portland* tipe II merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.
5. Semen *Portland* Pozollan
- Menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03, semen *portland* pozollan adalah percampuran antara semen *portland* dan juga pozollan dengan presentase sekitar 15 – 40% dari berat total campuran. Kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozollan paling minimum sebesar 70%.
6. Semen *Portland* Putih
- Semen *portland* putih merupakan bahan dekoratif yang pembuatannya juga memerlukan syarat dari Standar Nasional Indonesia. Semen *portland* putih ini merupakan semen yang bersifat hidrolis dan berasal dari penggilingan terak semen *portland* putih yang mengandung kalsium dan silikat, lalu digiling bersama dengan satu atau lebih bahan berbentuk kristal yang mengandung senyawa kalsium sulfat (Riyanto dkk., 2019).
7. Semen Alumnia
- 40
- Semen Alumnia diperoleh dengan cara membakar batu kapur dan juga bauksit yang sudah digiling dengan halus pada suhu 16.000°C. Hasil dari pembakaran tersebut berbentuk klinker dan pada tahap selanjutnya klinker tersebut dihaluskan sehingga menyerupai bubuk. Dan akhirnya bubuk tersebut semen alumnia yang mempunyai warna abu – abu.

2.3.3 Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) merupakan salah satu komponen yang penting dalam perancangan pekerjaan pembetonan. FAS merupakan perbandingan berat dari air yang digunakan dengan berat semen yang ada dalam adukan beton. Dalam perancangan beton biasa, FAS yang tinggi dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tidak optimal (S. Pah dkk., 2022).

2.4 Air

Dalam sebuah perancangan beton, air merupakan salah satu komponen utama yang sangat penting. Presentase air yang digunakan juga akan mempengaruhi kualitas beton yang akan dihasilkan. Fungsi air dalam pembetonan adalah untuk memicu proses kimiawi dari semen, membasahi agregat halus, dan juga memberikan kemudahan pada proses pemadatan pembetonan. Air yang akan digunakan dalam pembuatan pembetonan harus bersih, tidak boleh mengandung zat-zat yang berbahaya dan berpotensi merusak mutu dari beton itu sendiri (Penu dkk., 2024).

Bahan-bahan yang tidak boleh dalam kandungan air yang akan digunakan diantaranya minyak, asam sulfat, dan bahan organik atau yang lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat merusak beton. Oleh karena itu, sebelum digunakan air harus dilakukan tes terlebih dahulu apakah aman untuk digunakan dan tidak mengandung kandungan berbahaya tersebut.

Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan karena merupakan air yang steril dari kandungan zat-zat yang berbahaya. Untuk penggunaan air sumur berdasarkan SNI 03 - 2847 - 2002 dapat diterima apabila kuat tekan beton yang dihasilkan $\geq 90\%$, dibandingkan kuat tekan yang menggunakan air yang dapat diminum sesuai syarat dari SNI 03 - 2847 - 2002. Untuk penggunaan air laut terdapat penelitian bahwasannya penggunaan air laut sebagai material campuran dan air tawar sebagai perendaman dapat meningkatkan kuat tekan dari beton pada umur 7 hari hingga 90 hari, dan mendapat kuat tekan maksimal pada umur 28 hari (Sulaiman & Fisu, 2020).

2.5 Agregat

Agregat adalah salah satu komponen penyusun beton yang berperan dalam menentukan mutu suatu beton. Agregat merupakan bahan penyusun yang paling banyak pada beton berkisar antara 60% - 80%. Ketika akan digunakan, agregat harus melakukan penggradasian sedetail mungkin agar seluruh komponen pada beton dapat berfungsi sebagai benda yang homogen, dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi ruang-ruang yang kosong yang berada diantara agregat yang memiliki ukuran besar. Dua jenis agregat adalah: agregat kasar biasanya berupa

kerikil, batu pecah, atau pecahan pecahan dari *blast furnace* dan agregat halus yang berupa pasir alami dan buatan (Polopadang dkk., 2023).

Ketika akan melakukan sebuah perencanaan pembetonan maka kualitas agregat harus diperhatikan dikarenakan dengan agregat yang memiliki kualitas yang bagus secara linear dan tidak langsung akan menghasilkan beton yang bagus pula.

Fungsi utama agregat dalam struktur beton adalah sebagai bahan pengisi, namun karena proporsi agregat dalam beton yang cukup besar maka agregat juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat:

- Kekuatan agregat
- Bentuk dan ukuran dari agregat
- Gradasi agregat
- Perbandingan dari semen dan campuran
- Reaksi kimia
- Ketahanan terhadap panas

Secara umum, berdasarkan ukurannya agregat yang sering digunakan pada campuran beton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

2.5.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan bahan yang digunakan untuk mengisi rongga yang ada di antara agregat kasar sehingga menghasilkan sebuah ikatan beton yang kuat. Agregat halus yang umumnya sering digunakan dalam pembuatan beton merupakan pasir dari alam yang merupakan disintegrasi alami dari batu – batuan yang dipecahkan dari pemecah batu atau bisa juga disebut *stone crusher* (Sulistiar dkk., 2024). Menurut SNI 03 – 6820 – 2002, agregat halus merupakan agregat yang memiliki besar maksimum 4,76 mm.

Syarat – syarat yang perlu diperhatikan ketika akan menggunakan agregat halus adalah:

- a. Agregat halus yang akan digunakan tidak boleh memiliki kadar lumpur yang melebihi 5% dari berat keringnya, jika kadar lumpur yang ada dalam agregat halus sama atau lebih besar dari batas yang telah ditentukan maka agregat halus wajib dicuci terlebih dahulu agar kadar lumpur yang ada di dalamnya berkurang.
- b. Terdiri dari berbagai macam bentuk butiran
- c. Terdiri dari butiran – butiran yang memiliki sifat tidak mudah hancur karena pengaruh temperature suhu dan juga cuaca.
- d. Tidak boleh mengandung bahan – bahan organik yang berlebihan. Hal ini dapat dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH 3%.

e. Modulus kehalusan untuk pasir kasar berada diantara 3,2 – 4,5.

f. Modulus kehalusan untuk pasir halus berada diantara 2,2 – 3,2.

Menurut ATM C – 33, seperti yang tercantum pada tabel di bawah ini, persyaratan gradasi halus adalah bahwa agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lulus pada satu set ayakan lebih dari 45% dan harus tertahan pada ayakan berikutnya.

Tabel 2. 1 Syarat Butiran Agregat Halus

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Lolos Kumulatif
9,5	100%
4,75 (No.4)	95% – 100%
2,36 (No.8)	80% – 100%
1,18 (No.16)	50% – 85%
0,6 (No.30)	25% – 60%
0,3 (No.50)	5% – 30%
0,15 (No.100)	0% – 10%

(Sumber : ATM C – 33)

Sedangkan menurut SNI 03 – 2834 – 2000, batas gradasi pada agregat halus seperti table di bawah ini:

Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Presentase Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak Kasar)	Daerah III (Agak Halus)	Daerah IV (Halus)
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 - 75	55 - 95	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 30	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber ; SNI – 03 – 2834 (2000))

Dalam melakukan sebuah perancangan beton, agregat halus yang akan digunakan harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk

mengetahui kandungan yang ada di dalam agregat halus yang akan digunakan.

Pengujian – pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat halus sebagai berikut:

- a. Pengujian Terhadap Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136 – 01)

$$\text{Presentase kumulatif lolos} = 100\% - \text{kumulatif tertahan \%} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Presentase pasir} = \frac{\text{Berat pasir tertahan}}{\text{Berat pasir awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jumlah kumulatif tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.3)$$

- b. Pengujian Terhadap Kelembapan Pasir (ASTM C566 – 97)

$$\text{Presentase kelembapan} = \frac{\text{Berat pasir basah} - \text{berat pasir kering oven}}{\text{Berat pasir kering oven}} \times 100 \dots\dots(2.4)$$

- c. Pengujian Terhadap Berat Jenis Pasir

$$\text{Berat jenis} = \frac{W3 - W1}{(W5 + W2) - W4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

W1 = Berat Piknometer

W2 = Berat Pasir SSD

W3 = Berat Pasir + Piknometer

W4 = Berat Piknometer + Pasir + Air

W5 = Berat Air + Piknometer

- d. Pengujian Terhadap Air Resapan Pasir (ASTM C – 128 – 01)

$$\text{Air resapan} = \frac{\text{Berat pasir SSD} - \text{Berat pasir kering oven}}{\text{Berat pasir kering oven}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

- e. Pengujian Terhadap Berat Volume Pasir

$$\text{Berat volume} = \frac{(\text{Berat silinder} - \text{Berat pasir}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots(2.7)$$

- f. Pengujian Terhadap Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah (ASTM C 117 – 95)

$$\text{Kebersihan} = \frac{\text{Tinggi endapan lumpur}}{\text{Tinggi endapan pasir}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

2.5.2 Agregat Kasar

Agregat kasar menurut SNI 1970 – 2008 merupakan sebuah kerikil yang merupakan hasil disintegrasi yang alami dari batuan ataupun batu pecah yang diperoleh dari perusahaan industri pemecah batu dan memiliki ukuran butir sebesar 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1/2 inci).

Dalam campuran beton, agregat kasar memiliki fungsi sebagai pengisi mortar pada beton dan juga dapat memberikan stabilitas agar beton menjadi lebih stabil (Zuraidah dkk., 2022)

Syarat – syarat yang harus diperhatikan sebelum agregat kasar dipergunakan dalam campuran beton adalah (Vitri & Herman, 2019):

- Agregat kasar yang akan digunakan tidak boleh mengandung zat yang akan reaktif terhadap alkali, dikarenakan dapat merusak batuan.
- Agregat kasar yang akan digunakan harus memiliki kandungan lumpur <1%, apabila berada di atas batas yang telah ditentukan maka harus dicuci terlebih dahulu.
- Batuan keras dan tidak berpori berarti dikarenakan batuan tersebut tidak akan pecah karena pengaruh dari cuaca seperti hujan dan sinar matahari.
- Agregat kasar yang berbentuk pipih boleh digunakan asal tidak melebihi dari 20% dari berat keseluruhan

Agregat kasar terdiri dari batuan – batuan yang memiliki berbagai macam bentuk dan apabila diayak menggunakan ayakan harus sesuai dengan persyaratan SNI yang berlaku seperti tabel di bawah:

Tabel 2. 3 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar ³⁴

Ukuran mata ayakan (mm)	Presentase berat bagian yang lewat dari ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	≤10	≤10	≤10
75			100
37,5		100	95–100
19	100	95–100	35–70
9,5	50–85	30–60	10–45
4,75	0–10	0–10	0–5

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

Dalam melakukan sebuah perancangan beton, agregat³⁸ kasar yang akan digunakan harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan yang ada di dalam agregat kasar yang akan digunakan. Pengujian – pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat kasar sebagai berikut:

- Pengujian Terhadap Analisa Saringan Kerikil (ASTM C136 – 01)

$$\text{Presentase kumulatif lolos} = 100\% \times \text{kumulatif tertahan\%} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\text{Presentase kerikil} = \frac{\text{Berat kerikil tertahan}}{\text{Berat kerikil awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\text{Jumlah kumulatif tertahan}}{100} \dots \dots \dots (2.12)$$
- Pengujian Terhadap Kelembapan Kerikil (ASTM C566 – 97)

Presentase

=

$$\frac{\text{Berat kerikil basah}-\text{berat kerikil kering}}{\text{Berat kerikil kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

- c. Pengujian Terhadap Berat Jenis Kerikil (ASTM 12)
- $$\frac{\text{Berat kerikil SSD}}{\text{Berat kerikil SSD}-\text{Berat kerikil dalam air}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.14)$$
- d. Pengujian Terhadap Resapan Kerikil (ASTM C 127 – 01)
- $$\frac{\text{Berat kerikil SSD}-\text{Berat kerikil kering oven}}{\text{Berat kerikil kering oven}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.15)$$
- e. Pengujian Terhadap Berat Volume Kerikil (ASTM C29 – 97)
- $$\frac{(\text{berat silinder}+\text{berat kerikil})-\text{berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \dots \dots \dots (2.16)$$
- f. Pengujian Terhadap Kadar Lumpur Pada Kerikil Dengan Cara Kering ((ASTM C 33)
- Presentase kadar lumpur =
- $$\frac{\text{berat kerikil sebelum dicuci}-\text{berat kerikil sesudah dicuci}}{\text{Berat kerikil sebelum dicuci}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$
- g. Pengujian Terhadap Keausan Kerikil (ASTM C 131 – 03)
- Keausan =
- $$\frac{\text{Berat kerikil awal}-\text{berat kerikil tertahan dicuci}}{\text{Berat kerikil semula}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.18)$$

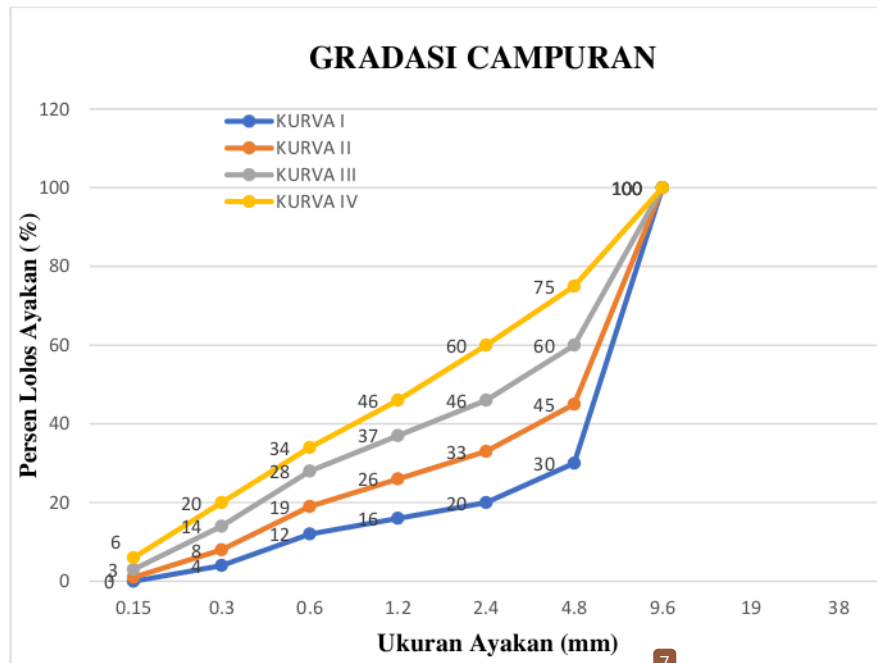
2.6 Gradasi Agregat Campuran

Ketika akan melakukan sebuah mix desain pada beton, terdapat untuk mendapatkan gradasi yang baik akan sulit dilakukan. Oleh karena itu, seringkali dilakukan percampuran agar mendapatkan gradasi yang baik antara agregat halus dan agregat kasar. Menurut SNI 03 – 2834 – 2000, Batasan gradasi untuk agregat campuran sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 10 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva I	Kurva II	Kurva III	Kurva IV
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9,6	100	100	100	100
4,8	30	45	60	75
2,4	20	33	46	60
1,2	16	26	37	46
0,6	12	19	28	34
0,3	4	8	14	20
0,15	0	1	3	6

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)



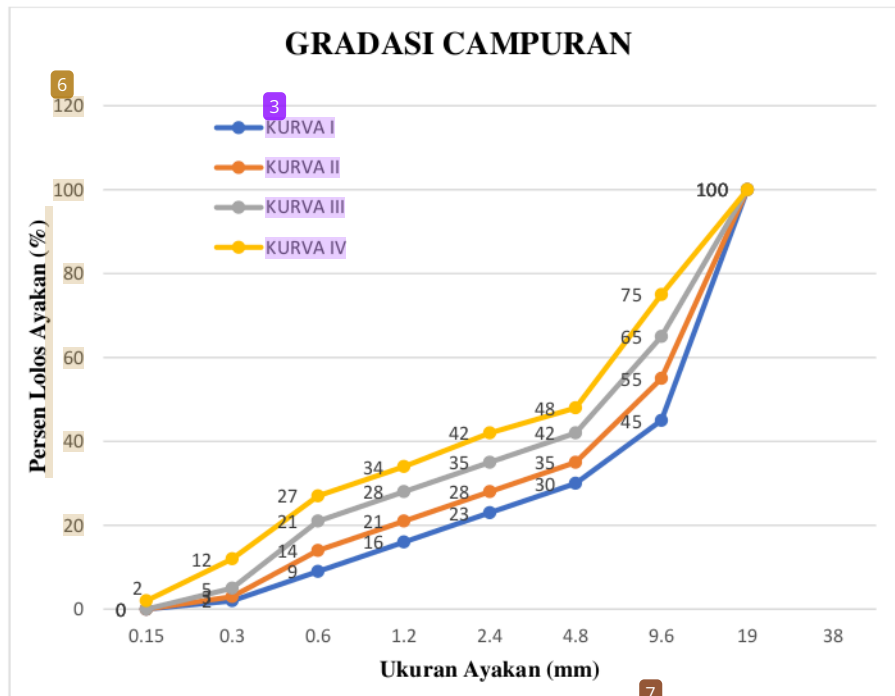
Gambar 2. 6 Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 10 mm

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)

Tabel 2. 5 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva I	Kurva II	Kurva III	Kurva IV
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9,6	45	55	65	75
4,8	30	35	42	48
2,4	23	28	35	42
1,2	16	21	28	34
0,6	9	14	21	27
0,3	2	3	5	12
0,15	0	0	0	2

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)



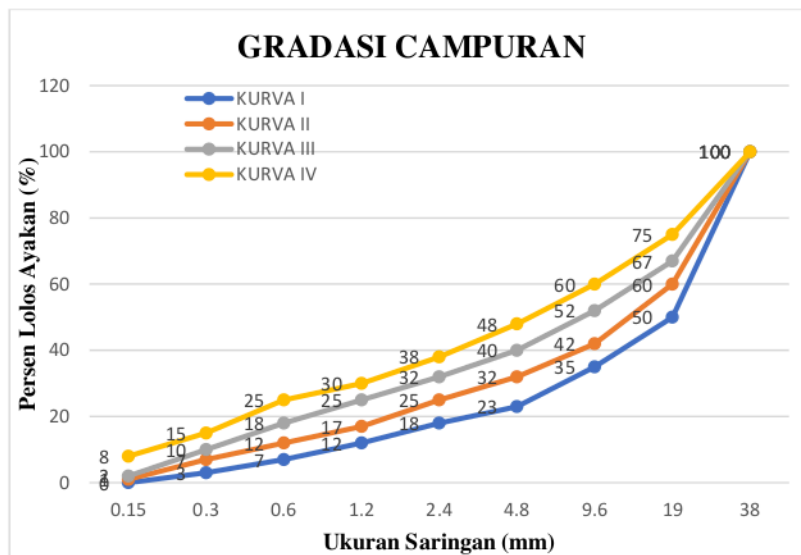
Gambar 2. 7 Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 20 mm

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)

Tabel 2. 6 Presentase Butir Yang Lewat Ayakan Untuk Agregat Butir Maksimum 40 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva I	Kurva II	Kurva III	Kurva IV
38	100	100	100	100
19	50	60	67	75
9,6	35	42	52	60
4,8	23	32	40	48
2,4	18	25	32	38
1,2	12	17	25	30
0,6	7	12	18	25
0,3	3	7	10	15
0,15	0	1	2	8

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 2. 8 Daerah Gradasi Agregat Dengan Butiran Maksimum 40 mm

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)

2.7 Batu Kapur

Di era perkembangan teknologi yang semakin maju penggunaan batu kapur semakin luas. Batu kapur sering digunakan dalam banyak sekali bidang seperti peternakan, pertanian, industri kertas, dan tentunya dalam industri konstruksi. Dalam Masyarakat pada umumnya batu kapur juga disebut sebagai batu gamping. Batuan yang memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) dan bahan penyusun seperti kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), silikat (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) ini mempunyai sifat yang merekatkan dan juga dapat mengeras dengan cepat sehingga dapat memberikan kekuatan yang baik bagi pengikat (Rahmawati dkk., 2023).

Batu gamping terbentuk dari cangkang hewan laut atau bahan lain yang mengandung senyawa ion kalsium dan bikarbonat di endapkan di dasar laut yang akhirnya membentuk kalsit (CaCO_3) dengan melalui reaksi kimia. Kalsit tersebut akhirnya mengeras dan membentuk batuan yang disebut dengan batu gamping. Kandungan batu gamping yang memiliki kandungan lebih dari 95% kalsium karbonat disebut batu gamping berkalsium tinggi. Batu gamping juga memiliki nilai densitas di angka 2,5 – 2,7 kg/cm^3 dan porositas yang lumayan rendah di nilai 4 – 25% dan akan semakin rendah ketika umur batu gamping semakin lama. Oleh karena itu, batu gamping akan semakin kuat jika memiliki umur yang semakin lama (Aryaseta dkk., 2022).

Oleh karena itu, batu gamping merupakan material yang baik digunakan dalam industri konstruksi seperti sebagai pondasi, pembuatan jalan dan rel, hingga campuran agregat dalam perancangan beton. Dalam penelitian – penelitian terdahulu tentang campuran batu kapur sebagai substitusi agregat kasar beton yang telah dilakukan, batu kapur yang akan digunakan ¹⁰²s melalui pengujian di laboratorium terlebih dahulu untuk meng⁶⁰ui senyawa – senyawa yang terkandung di dalam batu kapur yang akan digunakan tersebut.

Pada penelitian kali ini, peneliti akan menggunakan batu kapur dari daerah Sampung, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur sebagai bahan pengganti agregat kasar.

2.8 Berat Jenis Beton

Menurut peraturan SNI 7656 – 2012, beton pada kondisi normal memiliki berat jenis antara 2.200 – 2.400 kg/m^3 , yang akan menyebabkan naiknya berat struktur secara keseluruhan. Berat jenis beton tentunya akan dipengaruhi oleh berat jenis material penyusunnya terutama agregat (Riris Putrianti dkk., 2024). Menurut peraturan ASTM C 127 – 84, berat jenis adalah perbandingan dari berat beton di udara dari satu unit volume material terhadap massa air dengan volume yang sama pada

suhu yang tetap. Tujuan dari pengujian berat jenis beton adalah untuk mengetahui jenis atau kategori dari beton yang telah direncanakan. Untuk mengetahui berat jenis, dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

ρ = Berat Jenis Beton (kg/m^3)

M = Berat Beton (kg)

V = Volume Beton (m^3)

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(\text{Berat beton+cetakan})-(\text{berat cetakan})}{\text{Volume cetakan silinder}} \dots\dots\dots(2.20)$$

2.9 Resapan Air Beton

Pengujian resapan air beton bertujuan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan benda uji terhadap kemampuan resapan dari beton. Nilai resapan diperoleh dari presentase air yang bisa masuk kedalam pori – pori beton terhadap beton yang telah direndam selama 24 jam (Trimurtiningrum, 2021).

Dalam pengujian ini dilakukan dengan dua parameter yaitu dengan berat kondisi *saturated surface dry* dimana beton yang sudah direndam selama 24 jam diangkat dan dibiarkan menetes sekitar satu menit kemudian ditimbang untuk mendapatkan massa basah nya, dan berat kondisi kering oven dimana beton dikeringkan dalam oven dengan suhu diatas 100° C selama 24 jam setelah itu ditimbang untuk mendapatkan massa keringnya. Selisih dari kedua parameter tersebut merupakan kemampuan penyerapan air dan dihitung berdasarkan persen dari berat benda uji.

Perhitungan pada pengujian ini mengacu pada peraturan ASTM C 642 – 97, sebagai berikut:

$$\text{Resapan} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

m_b = berat ketika *saturated surface dry* (gram)

m_k = berat ketika kering oven (gram)

2.10 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban yang diterima per satuan luas, yang dapat mengakibatkan beton mengalami kerusakan seperti retak atau hancur bila diberi tekanan dengan gaya tekan tertentu. Kekuatan tekan dari beton juga dipengaruhi oleh material – material penyusunnya seperti agregat, semen, dan air. Perbandingan air yang akan sangat berpengaruh kepada pengujian ini dikarenakan semakin rendah rasio air semen maka beton akan memiliki kuat tekan yang semakin tinggi (Eveline Untu J Kumaat & Windah, 2015).

Pada pengujian ini, perhitungan dapat mengacu pada SNI 03 – 1974 – 1990, sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

$f'c$ = Nilai Kuat Tekan Beton (satuan MPa)

P = Gaya Tekan Maksimal (satuan N)

A = Luas Penampang Silinder (satuan mm²)

2.11 Slump Test

Pengujian tes *slump* adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengecek sebuah kekakuan atau konsistensi dari sebuah campuran beton segar agar dapat ditentukan *workability*nya, kekakuan yang terdapat di dalam beton segar tersebut memperlihatkan seberapa banyak air yang digunakan dalam perencanaan beton tersebut (Hidayanto, 2024). Dalam melakukan pengujian tes *slump* dapat mengacu pada peraturan SNI 1972 – 2008 tentang cara uji *slump* beton atau dapat menggunakan PBI 1971, asstentang peraturan beton bertulang Indonesia. Berikut nilai *slump* yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi:

Tabel 2. 7 Nilai Slump Untuk Pekerjaan Beton

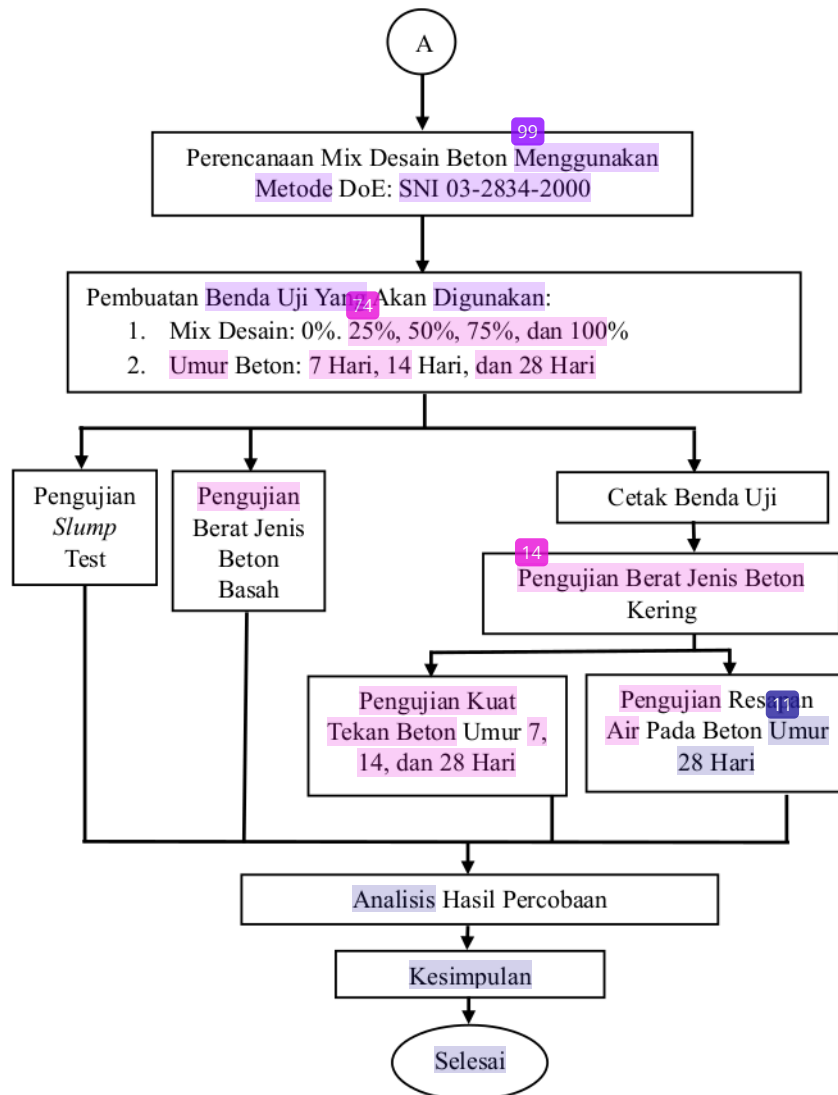
Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : PBI 1971)

6
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir





Gambar 3. 1 Diagram Alir
(Sumber ; Olahan Peneliti, 2024)

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian beton menggunakan batu kapur dari daerah Sampung, Ponorogo sebagai substitusi agregat kasar ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan data – data yang diperlukan dan juga berhubungan dengan topik yang akan dibahas dalam sebuah penelitian. Data – data tersebut dapat didapatkan dari buku, jurnal, dan artikel yang ada dalam internet. Studi literatur bertujuan agar dapat memperkuat permasalahan yang ada serta menjadi dasar teori dalam melakukan sebuah studi maupun dalam percobaan penelitian uji beton.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Dalam melakukan sebuah penelitian beton, persiapan alat dan bahan yang baik akan mempengaruhi hasil dan kualitas dari penelitian beton. Jadi alat dan bahan yang digunakan juga harus sesuai dengan persyaratan – persyaratan yang berlaku. Berikut alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini:

3.4.1 Alat

Dalam penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. Timbangan untuk mengetahui berat dari benda uji.
2. Satu set ayakan (sesuai ASTM 136 – 06) dan mesin *sieve shaker* yang digunakan untuk memeriksa gradasi dari agregat yang digunakan.
3. Oven dan pan yang digunakan untuk mengoven benda uji dan sebagai wadah untuk benda uji.
4. Keranjang dari kawat yang digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan berat jenis dari kerikil.
5. Gelas ukur yang digunakan untuk mengukur takaran dari semen, pasir, dan air.
6. Mesin *Los Angeles* dan bola baja digunakan ketika melakukan pengujian keausan dari agregat kasar.
7. Alat pengaduk (*concrete mixer*) atau molen untuk pengadukan benda uji.
8. Cetakan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Nampan dan ember berfungsi sebagai wadah bahan – bahan ketika pelaksanaan pembuatan benda uji beton.
10. Tabung berbentuk kerucut dari besi (Tabung Abraham) dan pelat baja yang digunakan ketika pengujian tes *slump*.
11. Alat perojok digunakan untuk merojok campuran beton agar tidak berongga.

12. Mesin uji tekan digunakan untuk mengetes kuat tekan dari beton yang telah di buat.
13. Dan alat bantu lainnya.

15.2 Bahan

Dalam penelitian ini akan menggunakan bahan – bahan sebagai berikut:

1. Semen⁶⁰
Pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan jenis semen Type I yaitu semen gresik.
2. Pasir
Penelitian yang akan dilakukan menggunakan pasir alami dari Kabupaten Lumajang sebagai agregat halus.
3. Air
Penelitian yang akan dilakukan menggunakan air bersih yang didapatkan dari saluran air bersih pada Labolatorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Batu pecah
Penelitian yang akan dilakukan menggunakan batu pecah berukuran 20 – 30 mm dari PT. Bumindo Sakti sebagai agregat kasar.
5. Batu kapur
Batu kapur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Kecamatan Sampung, Kabupaten Ponorogo.

3.5 Pengujian Mutu Bahan

Dalam melakukan penelitian tentang pembuatan beton, kualitas bahan penyusun akan sangat mempengaruhi hasil dari beton yang akan dibuat. Oleh karena itu, melakukan pengujian dari material – material pen⁴⁶un beton sangat penting dilakukan agar memastikan kualitas dari bahan tersebut sesuai dengan persyaratan – persyaratan yang berlaku. Selain itu pengujian berfungsi untuk mendapatkan data yang akan dipakai sebagai acuan untuk perhitungan *mix desain*. Pengujian ini akan dilakukan terhadap semen, air, agregat halus, dan batu kapur sebagai agregat kasar.

3.5.1 Pengujian Semen

Pengujian pada semen dilakukan untuk memastikan kualitas dan mutu semen yang akan digunakan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Kualitas mutu yang buruk pada semen akan mempengaruhi kualitas beton yang akan dihasilkan. Semen dalam kondisi baik apabila semen dalam kondisi tertutup dengan rapat dan memiliki butiran yang halus serta tidak menggumpal.

3.5.2 Pengujian Air

Pengujian pada air yang akan digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan memeriksa dengan cara visual. Bahwasannya air yang akan digunakan bebas dari minyak, alkali, asam sulfat, bahan organik, dan bahan – bahan lainnya yang akan mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan.

3.5.3 Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan kepada pasir sebagai agregat halus berfungsi untuk mengetahui kualitas mutu dan bahan kandungan yang terdapat di dalam pasir. Pengujian pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

- a. Percobaan Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136)
 1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Pasir yang sudah di oven
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Satu set ayakan
 - Alat pengantar
 - Sikat dari kuningan
 - Nampan sebagai wadah
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Pasir yang sudah di oven dan dalam keadaan kering ditimbang seberat 1000 gram
 - Menyusun saringan dari diameter yang paling besar diletakkan di posisi paling atas kemudian diurutkan dengan diameter yang lebih kecil dibawahnya.
 - Memasukkan pasir kedalam saringan yang sudah disusun sesuai dengan langkah sebelumnya.
 - Setelah pasir diletakkan pada susunan saringan, kemudian ditaruh ditempat mesin penggetar.
 - Menghidupkan mesin penggetar selama ± 10 menit.
 - Melepaskan susunan ayakan di mesin penggetar kemudian menimbang pasir yang tertahan pada setiap ayakan.
- b. Percobaan Kelembapan Pasir (ASTM C 566 – 97)
 1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Oven
 - Pan

- Pasir dalam keadaan asli
2. Langkah – langkah pengujian:
 - Pasir dalam keadaan asli dimasukkan ke dalam pan kemudian ditimbang seberat 500 gram.
 - Setelah ditimbang, pasir dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
 - Setelah 24 jam, pasir dikeluarkan kemudian ditimbang.
- c. Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM C 128 -01)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Oven
 - Labu takar 1000 cc
 - Pan
 - Kerucut untuk mengecek kondisi SSD
 - Pasir dalam kondisi SSD
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Timbang labu takar 1000 cc.
 - Timbang pasir dalam keadaan SSD seberat 500 gram.
 - Masukkan pasir ke dalam labu takar lalu timbang berat keseluruhan.
 - Labu takar yang telah diisi pasir kemudian diisi dengan air sampai pasir terendam dengan air dan dipegang secara miring, dipurat – putar sampai gelembung udara di dalamnya keluar.
 - Setelah tidak ada gelembung udara yang keluar, labu takar ditambah air sampai batas garis yang telah ditentukan kemudian ditimbang kembali.
 - Bersihkan pasir yang ada di dalam labu takar hingga bersih kemudian labu takar kembali diisi dengan air sampai batas garis lalu ditimbang.
- d. Percobaan Air Resapan Pasir (ASTM C 128)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Oven
 - Pan
 - Pasir dalam keadaan SSD
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Pasir dalam keadaan SSD ditimbang.

- Masukkan pasir yang suda ditimbang kedalam oven selama 24 jam, dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ sampai benar – benar kering.
 - Pasair dikeluarkan dari oven, tunggu dingin lalu ditimbang.
- e. Percobaan Berat Volume Pasir (ASTM C 29 – 03)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Pasir dalam keadaan kering sudah di oven.
 - Takaran dengan bentuk silinder yang mempunyai volume 3 liter
 - Alat perojok dari besi berdiameter 16 mm dan Panjang 60 cm.
 - Wadah
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Tanpa rojokan:
 - Silinder dalam keadaan kering ditimbang dan diukur diameter serta ketinggiannya.
 - Isi silinder dengan pasir dengan cara dituangkan seperti biasa dan ratakan permukaannya.
 - Timbang silinder yang telah diisi dengan pasir.
 - Dengan rojokan:
 - Silinder dalam keadaan kering ditimbang dan diukur diameter serta ketinggiannya.
 - Isi silinder sebanyak 1/3 bagian dari tingginya dan di rojok sebanyak 25 kali, kemudian isi kembali sampai penuh dan di rojok 25 kali. Khusus untuk bagian yang terakhir, ketinggian dari pasir harus melebihi dari tinggi silinder dan ditimbang.
- f. Pengujian Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (ASTM C 117 – 95)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan untuk menimbang pasir
 - Oven
 - Pan
 - Pasir dalam keadaan kering oven
 - Saringan ukuran 0,063 mm
 - Air
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Pasir dalam keadaan kering ditimbang seberat 1000 gram.
 - Cuci pasir hingga bersih, dengan cara pasir ditaruh didalam sebuah wadah kemudian diberi air lalu diremas – remas hingga air berwarna keruh.

- Air cucian disaring ke saringan berukuran 0,063 mm hingga habis, Pasir yang masih tertahan dalam saringan dikembalikan ke wadah lagi.
- Cuci pasir Kembali hingga air berwarna sedikit lebih jernih.
- Pasir yang sudah dicuci dipindahkan ke nampan kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dari oven, tunggu hingga dingin lalu ditimbang.

g. Pengujian Pengembangan Volume Pasir

1. Alat dan bahan yang diperlukan:

- Pasir dalam keadaan asli.
- Gelas ukuran 500 cc.
- Batang pengaduk.
- Air.

2. Langkah – langkah pengujian:

- Masukkan pasir kedalam gelas ukur sebanyak $\pm 3/4$ bagian, ukur volume dari pasir.
- Keluarkan pasir dari gelas ukur sampai bersih.
- Simpan pasir dalam sebuah wadah agar tidak tercecer.
- Isi gelas ukur dengan air sampai $\pm 1/2$ bagian.
- Masukkan pasir kembali yang sudah disimpan ke gelas ukur sedikit demi sedikit sambil diaduk, diamkan selama 4 – 8 jam.
- Setelah didiamkan ukur kembali volume pasir yang ada dalam gelas tersebut.

3.5.4 Pengujian Agregat Kasar (Batu Kerikil dan Batu Kapur)

Pengujian yang dilakukan kepada batu kerikil dan batu kapur sebagai agregat kasar berfungsi untuk mengetahui kualitas mutu dan bahan kandungan yang terdapat di dalam batu kerikil dan batu kapur yang akan digunakan. Pengujian pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (ASTM C 136 – 01)

1. Alat dan bahan yang diperlukan:

- Timbangan berkapasitas 25 kg.
- Satu set ayakan berdiameter 1,5 inci, $\frac{3}{4}$ inci, $\frac{3}{8}$ inci, dan bila diperlukan menggunakan ukuran 4,75 mm (No. 4), dan 2,38 mm (No. 8).
- Kerikil atau batu pecah yang sudah dalam keadaan kering oven.

2. Langkah – langkah pengujian:

- Timbang kerikil / batu pecah sebanyak 10 kg.

- Susun saringan dari atas ke bawah dimulai dari diameter terbesar hingga terkecil.
 - Masukkan kerikil ke dalam saringan yang sudah disusun seperti langkah sebelumnya.
 - Letakkan saringan kedalam mesin penggetar.
 - Hidupkan mesin selama ± 10 menit.
 - Timbang kerikil yang tertahan dalam setiap ayakan.
- b. Pengujian Kadar Air Dalam Agregat Kasar (ASTM C 566 – 97)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg.
 - Oven
 - Pan
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Timbang kerikil / batu pecah sebanyak 500 gram.
 - Masukkan kerikil / batu pecah kedalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
 - Keluarkan kerikil, tunggu kerikil dingin dan timbang.
- c. Pengujian Berat Jenis
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg dengan tambahan alat penggantung keranjang.
 - Kain lap
 - Nampan
 - Keranjang kawat
 - Wadah air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai dengan pemeriksaan, wadah air ini dilengkapi dengan pipa untuk menjaga permukaan air tidak berubah.
 - Kerikil / batu pecah dalam keadaan SSD.
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Rendam agregat kasar di dalam air selama 24 jam.
 - Ambil kemudian lap satu persatu permukaan dari agregat kasar hingga kering.
 - Timbang agregat kasar seberat 3 kg (berat bersih).
 - Timbang keranjang kawat di dalam air dengan cara menggantungkan di tempat gantungan air.

- Masukkan agregat kasar dalam keadaan SSD sebanyak 3 kg kedalam keranjang kawat ditempat gantungan tempat air.
- d. Pengujian Penyerapan Agregat Kasar (ASTM C 127 – 01)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg.
 - Oven
 - Pan
 - Kerikil dalam keadaan SSD
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Timbang kerikil / batu pecah sebanyak 3000 gram (berat bersih).
 - Masukkan ketikil / batu pecah kedalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ sampai benar – benar kering.
 - Setelah 24 jam keluarkan dari oven, tunggu dingin lalu timbang.
- e. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar (ASTM C 29 – 97)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg.
 - Takaran berbentuk silinder dengan volume sebesar 10 liter
 - Wadah
 - Kerikil dalam keadaan kering setelah di oven.
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Silinder dalam keadaan kering ditimbang dan diukur diameter serta ketinggiannya.
 - Isi silinder dengan kerikil / batu pecah dan ratakan permukaannya.
 - Timbang silinder yang berisi kerikil tersebut.
- f. Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Kasar (ASTM C 117 – 95)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg
 - Oven
 - Pan
 - Saringan ukuran 0,063 mm
 - Air
 - Kerikil / batu pecah dalam keadaan kering oven.
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Timbang kerikil / batu pecah sebanyak 500 gram.

- Cuci kerikil sampai bersih, dengan menaruh kerikil dalam wadah yang berisi air kemudian cuci hingga air terlihat keruh.
 - Air cucian disaring ke saringan ukuran 0,063 mm hingga habis. Kerikil yang masih tersisa kemudian dikembalikan ke wadah lalu dicuci kembali berulang kali sampai air berwarna sedikit jernih.
 - Kerikil yang sudah dicuci kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
 - Setelah 24 jam keluarkan kerikil, tunggu dingin lalu timbang.
- g. Pengujian Keausan Agregat Kasar (ASTM C 131 – 14)
1. Alat dan bahan yang diperlukan:
 - Timbangan berkapasitas 25 kg.
 - Mesin Los Angeles
 - Bola baja sebanyak 12 buah
 - Ayakan berukuran 75 mm, 63 mm, 50 mm, 37,5 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 mm (No. 4), dan 2,36 mm (No.8).
 - Pan
 - Palu
 - Kerikil / batu pecah dalam keadaan kering oven
 2. Langkah – langkah pengujian:
 - Buatlah benda uji sesuai dengan gradasi dan beratnya pilih salah satu gradasi saja. Gradasi sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 3. 1 Gradasi Saringan Pengujian Keausan Agregat Kasar

Ukuran Saringan				Gradasi dan Berat Uji (gram)						
Lolos Saringan		Saringan Tertahan		a	b	c	d	e	f	g
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2					2500±50		
63	2 1/2	50	2					2500±50		
50	2	37,5	1 1/2					2500±50	5000±50	
37,5	1 1/2	25	1	1250±25					5000±25	5000±25
25	1	19	3/4	1250±25						5000±25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10					
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10					
9,5	3/8	6,3	1/4			2500±10				
6,3	1/4	4,75	No. 4			2500±10	2500±10			
4,75	No. 4	2,36	No. 8	13			2500±10			
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah Bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

(Sumber ; Buku Praktikum Teknologi Beton Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2024)

- Masukkan benda uji beserta bola bajanya sesuai dengan tabel diatas.

- Putar mesin Los Angeles.
- Setelah pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No. 12.
- Butiran yang tertahan diatas saringan No. 12 dicuci bersih, selanjutnya dimasukkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- Keluarkan kerikil / batu pecah dari oven, tunggu dingin lalu timbang.

3.6 Perencanaan Mix Desain

Kegiatan *Mix Desain* dalam beton bertujuan untuk memperoleh beton dengan kekuatan yang optimal, *workability* yang mudah, dan tentunya memiliki nilai ekonomis yang tinggi (Klau dkk., 2021). *Mix Desain* dalam penelitian ini menggunakan metode DoE (*Departement of Environment*). Langkah b– langkah dalam pelaksanaan *mix desain* dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan beton karakteristik yang diisyakan (f_c')
Beton pada umur tertentu, nilai dari f_c' berarti kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder. Jika mengetahui nilai dari K, maka nilai kuat tekan tersebut harus dikonversikan.
2. Menetapkan nilai dari standar deviasi / nilai tambah (SD)
Nilai dari standar deviasi didasari oleh data yang diperoleh sebelumnya. Apabila tidak ada data sebelumnya, maka nilai dari standar deviasi juga tidak ada.
3. Menghitung nilai tambah (M)
Nilai tambah atau disebut dengan Margin disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 yaitu :
 $f_c' < 21 = 7 \text{ MPa.}$
 $21 < f_c' \leq 35 = 8,3 \text{ MPa.}$
 $f_c' > 35 = 5 \text{ MPa.}$
4. Menetapkan kuat tekan rata – rata yang akan direncanakan (f'_{cr})
Nilai kuat tekan rata – rata disesuaikan dengan persyaratan yang ada didalam SNI 2847 : 2013 sesuai tabel berikut:

Tabel 3. 2 Kuat Tekan Rata - Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia Untuk Deviasi Standart

Kekuatan Tekan Diisyaratkan (Mpa)	Kekuatan Tekan Rata - Rata Perlu (Mpa)
$f_c < 21$	$f'_{cr} = f_c + 7$
$21 < f_c \leq 35$	$f'_{cr} = f_c + 8,3$
$f_c < 35$	$f'_{cr} = 1,10 f_c + 5$

(Sumber : SNI 2847 ; 2013)

5. Menetapkan jenis dari semen yang digunakan

Pada proses ini jenis semen harus ditetapkan sesuai dengan perencanaan pembuatan beton.

6. Menentukan jenis dari agregat

Dalam tahap ini agregat yang akan digunakan harus ditentukan. Sehingga nantinya dapat memperkirakan hasil kuat tekan agregat pada umur beton tertentu. Agregat yang digunakan adalah batu tak dipecahkan (alami) sebagai agregat halus dan batu pecah (buatan) sebagai agregat kasar.

Tabel 3. 3 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton Dengan Faktor Air Semen, Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia

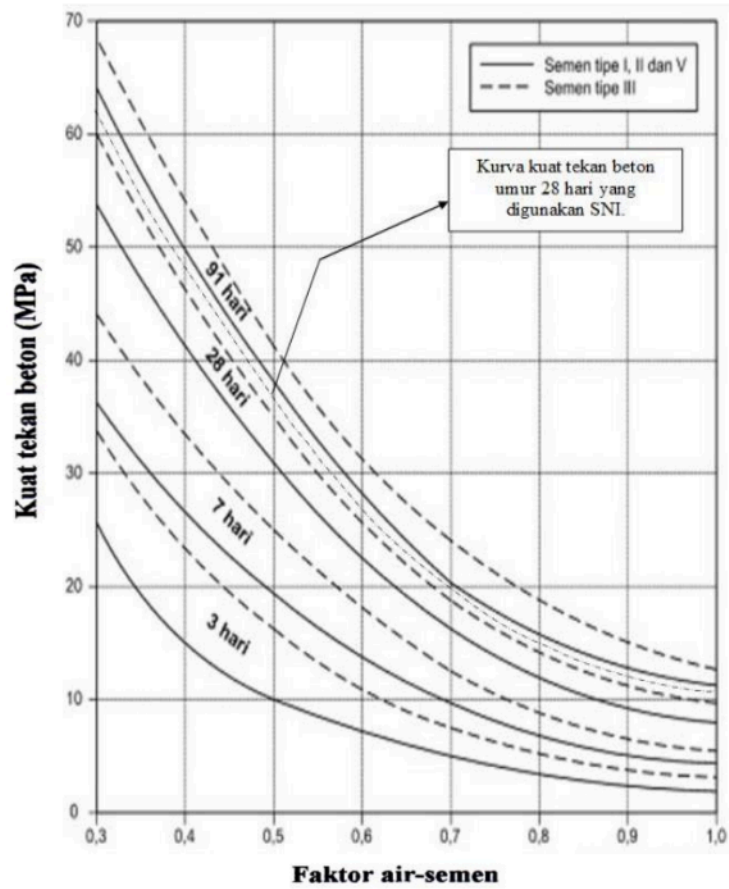
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen <i>Portland</i> Tipe I	Batu Tak Dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen ¹² Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu Tak Dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu Tak Dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu Tak Dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	3	40	53	60	

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

7. Menentukan FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen yang dibutuhkan untuk mencapai kuat tekan rata – rata yang direncanakan didasarkan pada hubungan dari faktor air semen dan kuat tekan yang didapatkan dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi yang direncanakan. Faktor air semen ditentukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari menggunakan tabel 2.4, disesuaikan dengan semen dan agregat yang dipakai.
2. Lihat pada gambar 3.2 untuk benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3. Tarik garis tegak lurus ke atas melewati faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada langkah no 1.
4. Tarik garis lengkung melalui titik pada Langkah no 3 secara proporsional.
5. Tarik garis mendatar melewati nilai kuat tekan beton yang direncanakan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada Langkah no 4.
6. Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan nilai faktor air semen yang diperlukan.



Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen
(Sumber ; SNI 03 – 2843 – 2000)

8. Menentukan Faktor Air Semen Minimum

Menentukan faktor air semen sesuai dengan lingkungan yang akan digunakan dalam beton sesuai dengan tabel 2.4, jika hasil yang didapatkan dari Langkah nomor 7 lebih kecil dari hasil yang didapat pada tabel 2.4 maka yang akan digunakan dalam perancangan beton adalah yang memiliki nilai terkecil.

Tabel 3. 4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

4 Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m ³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Minimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. keadaan keliling non-korosif disebabkan	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari dalam tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

(Sumber; SNI 03 – 2834 – 2000)

9. Menentukan Nilai *Slump*

Dalam menentukan nilai *slump* harus berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan pada table dibawah:

Tabel 3. 5 Penetapan Nilai Adukan Slump Untuk Pekerjaan Pembetonan

Uraian	<i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan kontruksi dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber; PBI 1971)

10. Menetapkan Ukuran Agregat Maksimum

Untuk mendapatkan ukuran dari agregat maksimum dapat dilihat dari percobaan pemeriksaan ayakan.

11. Kadar Air Bebas

Untuk menentukan nilai dari kadar air bebas, dapat diketahui dari ukuran agregat maksimum, jenis agregat kasar, dan nilai *slump* yang didapatkan.

Tabel 3. 6 Perkiraan Kadar Air Bebas yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjakan Adukan Beton

<i>Slump</i> (mm)		0–10	10–30	30–60	60–180
Ukuran besar butiran agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	–	–	–	–
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

Catatan : Koreksi Suhu Udara :

Untuk suhu diatas 25°C, setiap kenaikan 7°C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

12. Kadar Semen

Kadar semen yang didapatkan dari hasil pembagian kadar air bebas dan nilai faktor air semen yang digunakan adalah nilai faktor air semen yang terkecil. Karena FAS maksimum > FAS hitung, maka yang digunakan adalah FAS hitung.

13. Kadar Semen Minimum

Kadar semen minimum ditetapkan pada tabel 3.4 faktor air semen maksimum di tabel tersebut terdapat kebutuhan semen minimum per 1 kubik.

14. Susunan Butir Agregat Halus

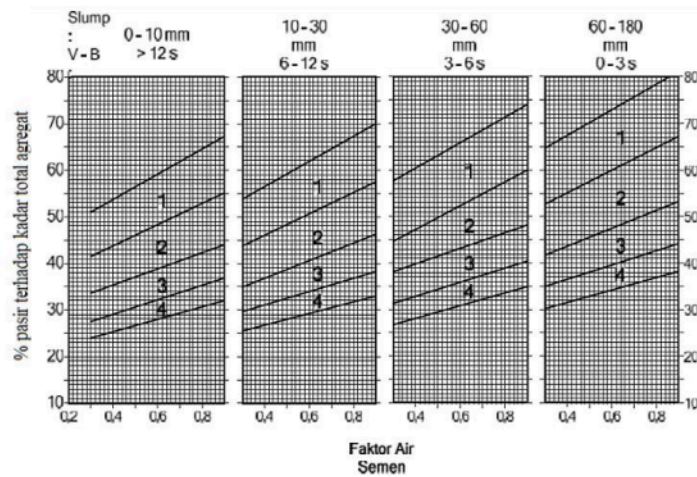
Dalam tahap ini agregat halus dilaikukan pemeriksaan ayakan agar dapat mengetahui agregat halus tersebut termasuk kedalam zona berapa.

15. Susunan Butir Agregat Halus

Dalam tahap ini agregat halus dilaiakukan pemeriksaan ayakan agar dapat mengetahui agregat halus tersebut termasuk kedalam zona berapa.

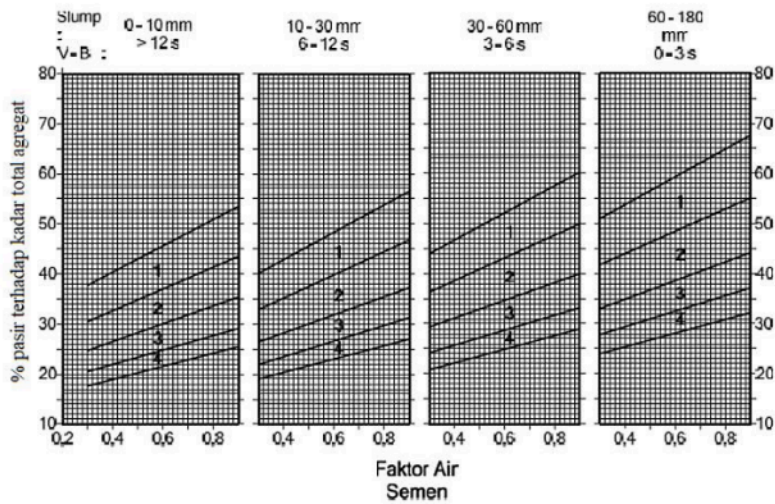
16. Persen Agregat Halus

Agar dapat mengetahui persen dari agregat halus digunakan grafik seperti gambar 3.3 dibawah dengan mendapatkan nilai ukuran butir aregat maksimum, nilai *slump*, FAS, dan zona agregat halus, maka akan didapatkan 2 garis yang mendatar sehingga mendapatkan persen dari agregat halus.



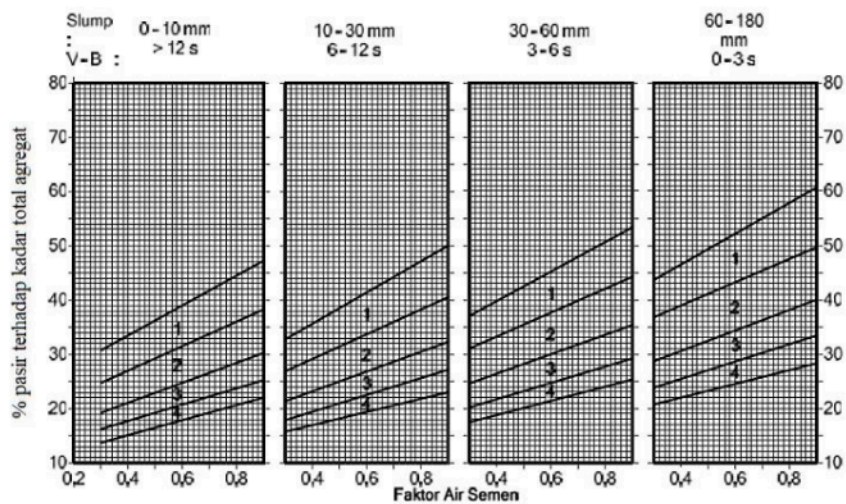
Gambar 3. 3 Persen pasir terhadap ka 7 r total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 10 mm

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 3. 4 Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 3. 5 Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

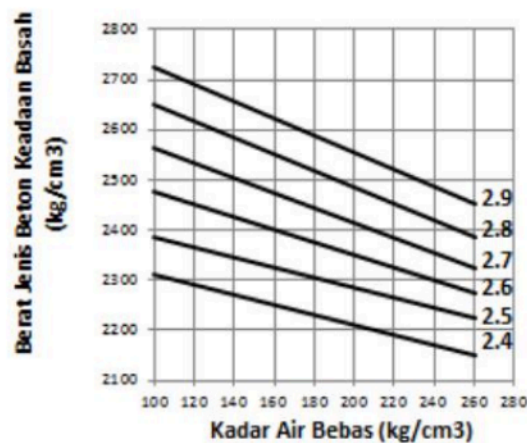
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

17. Berat Jenis Relative Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan merupakan gabungan dari berat jenis agregat halus dan berat jenis agregat kasar.

18. Berat Jenis Beton

Menentukan berat jenis beton melalui grafik pada gambar 2.6 dibawah adalah menentukan nilai dari berat jenis agregat gabungan, kemudian tarik garis yang sejajar dengan grafik, tentkan nilai dari kadar air bebas dan tarik garis vertikal keatas sehingga memotong garis dari indikator berat jenis agregat gabungan, selanjutnya tarik garis secara horizontal sehingga didapatkan nilai dari berat jenis beton.



Gambar 3. 6 Grafik berat jenis beton
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

19. Berat Agregat Gabungan

Untuk menentukan berat agregat gabungan menggunakan:

$$\text{Berat agregat gabungan} = \text{berat jenis beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air} \dots\dots\dots(3.1)$$

20. Berat Agregat Halus

Untuk menentukan berat agregat gabungan menggunakan:

$$\text{Berat agregat halus} = \text{persen agregat halus} \times \text{berat agregat gabungan} \dots\dots\dots(3.2)$$

21. Berat Agregat Kasar

Untuk menentukan berat agregat kasar menggunakan:

$$\text{Berat agregat kasar} = \text{persen agregat kasar} \times \text{berat agregat gabungan} \dots\dots\dots(3.2)$$

22. Koreksi Proporsi Campuran

Dalam melakukan perhitungan dengan rumus diatas, agregat halus dan agregat kasar dianggap dalam keadaan jenuh kering muka (SSD), oleh karena itu keadaan yang ada dalam lapangan tidak dalam keadaan SSD, maka perlu dilakukan koreksi terhadap kebutuhan dari bahannya. Koreksi dilakukan minimal satu kali sehari. Apabila kadar air dari agregat melampaui kemampuan dari penyerapan agregat maka agregat tersebut sudah mengalami kejenuhan dan mengandung air yang berlebih, oleh karena itu harus melakukan pengurangan dari kadar air bebas sehingga proporsi tetap seimbang. Demikian pula dengan kondisi yang sebaliknya.

Perhitungan koreksi proporsi campuran menggunakan:

$$\text{Air} = B - \left[(Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \right] - \left[(Dk - Da) \times \frac{D}{100} \right] \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Agregat Halus} = \left[(Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \right] \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Agregat Kasar} = \left[(Dk - Da) \times \frac{D}{100} \right] \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

- B = Jumlah kebutuhan air (kg/m³)
- C = Jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)
- D = Jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)
- Ck = Kandungan air didalam agregat halus (%)
- Dk = Kandungan air didalam agregat kasar (%)
- Ca = Absorpsi air pada agregat halus (%)
- Da = Absorpsi air pada agregat kasar (%)

3.7 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebanyak 55 buah dengan perawatan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan hitungan sebagai berikut:

Tabel 3. 7 Jumlah Komposisi Benda Uji

Benda Uji	Komposisi		Pengujian Kuat Tekan dan Berat Jenis			Resapan Air
	Kerikil	Batu Koral	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
A	100%	0%	18 Buah	3 Buah	3 Buah	2 Buah
B	75%	25%	18 Buah	3 Buah	3 Buah	2 Buah
C	50%	50%	18 Buah	3 Buah	3 Buah	2 Buah
D	25%	75%	18 Buah	3 Buah	3 Buah	2 Buah
E	0%	100%	3 Buah	3 Buah	3 Buah	2 Buah
Total			45 Buah			10 Buah
Total Benda Uji			55 Buah			

(Sumber ; Pengolahan Data Pribadi Peneliti, 2024)

2.4 Pengujian Berat Jenis

1. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis dari beton. Berat jenis beton tergantung pada komposisi beton dan kualitas mutu bahan yang digunakan. Semakin besar berat jenis beton yang dihasilkan maka semakin besar pula kuat tekan yang dihasilkan.

2. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Batang logam berbentuk bulat dengan panjang 50 cm dan diaeter 10 – 16 mm
- Martil
- Piringan plat logam
- Sendok adukan
- Cetakan benda uji

3. Langkah – Langkah Pengujian:

- Basahi cetakan dan plat yang akan digunakan.
- Timbang hasil cetakan dalam keadaan kosong.

- Isi cetakan sebanyak 1/3 dengan beton segar, padatkan dengan batang logam dengan cara menusukannya sebanyak ± 25 kali.
- Pukul bagian luar cetakan menggunakan martil sebanyak 15 kali.
- Isi 1/3 bagian selanjutnya dengan beton segar (cetakan menjadi berisi 2/3) dan lakukan hal yang sama. Pastikan besi menyentuh lapisan bagian bawah.
- Pukul bagian luar cetakan menggunakan martil sebanyak 15 kali.
- Isi 1/3 bagian terakhir menggunakan beton segar dan lakukan hal yang sama.
- Ratakan adonan beton menggunakan piring plat yang tersedia.
- Timbang adonan beton.
- Catat hasil timbangan, lalu dihitung berat jenisnya.

24 Pengujian Resapan Air

1. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui daya serap air terhadap beton.

2. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Bak penampungan air
- Lap kering

3. Langkah – Langkah Pengujian:

- Rendam benda uji selama 24 jam, setelah itu angkat benda uji dan diamkan selama ± 1 menit, selanjutnya keringkan menggunakan lap kering.
- Timbang benda uji dan catat hasilnya.
- Masukkan benda uji ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- Keluarkan dari oven lalu timbang.
- Hitung resapan air pada beton.

240 Pengujian Kuat Tekan Beton

1. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan beton menahan tekanan dari arah vertikal yang dihasilkan oleh alat tes tekan.

2. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Alat tes tekan

3. Langkah – Langkah Pengujian:

- Timbang berat dari benda uji untuk mengetahui nilai berat isi pada beton.
- Letakkan benda uji pada alat tes kuat tekan beton.

- Kunci **benda uji** kedalam mesin alat tekan beton selama proses pengujian berlangsung dan tekan tombol penggerak mesin.
- Pengetesan berakhir apabila benda uji mengalami keretakan atau kehancuran, alat moneter berhenti ketika keadaan tekan.
- Catat hasil dari nilai pengujian yang ditunjukkan oleh jarum moneter.
- Matikan alat tes kuat tekan beton.
- Lepaskan pengunci benda uji dari alat tes tekan dan keluarkan benda uji.

3.11 Analisis Hasil Percobaan Beton

Setelah melakukan berbagai pengujian seperti pengujian berat jenis beton, pengujian resapan air, dan pengujian kuat tekan beton, selanjutnya melakukan analisis data dari data yang sudah diperoleh dari pengujian tersebut. Analisis data digunakan bertujuan mengetahui hasil dari perencanaan beton yang telah dilakukan, sehingga peneliti dapat mengetahui kekurangan dari perencanaan beton yang telah dilakukan dan kekurangan tersebut dapat disempurnakan pada penelitian berikutnya.

3.12 Kesimpulan

Dari seluruh tahapan pengujian yang dilakukan, Kesimpulan yang didapatkan mengenai hasil yang optimal dari hasil yang maksimal dari penggunaan batu kapur sebagai bahan pengganti dari agregat kasar pada beton. Selain itu menjelaskan pengaruh terhadap sifat – sifat pada beton seperti berat jenis, resapan air, dan kuat tekan pada beton yang telah direncanakan.

(Halaman Sengaja Dikосongan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil dan juga pembahasan mengenai yang diperoleh dari pengolahan data pada saat penelitian dilakukan. Hasil yang didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data dan juga dianalisa sehingga didapatkan hasil dan Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

4.1 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus diperlukan untuk mengetahui kandungan dan sifat yang ada didalam agregat halus. Pengujian yang akan dilakukan pada agregat halus diantaranya pengujian analisa saringan, kelembapan agregat, berat jenis agregat, resapan air agregat, berat volume agregat, dan kebersihan agregat halus pada lumpur. Hasil dari pengujian tersebut akan digunakan peneliti sebagai acuan perhitungan benda uji pada beton.

4.1.1 Pengujian Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136 – 76)

Berat pasir awal = 100 gram

Tabel 4. 1 Hasil Analisa Perhitungan Pengujian ¹Analisa Saringan Pasir

Saringan		Tinggal Pada Saringan			%Komulatif	
No	mm	Berat Tempat + pasir (gr)	Pasir Tertahan	% Pasir Tertahan	Tertahan (A)	Lolos (100-A)
3/8"	9,5	345	0	0	0	100
No. 4	4,75	384	39	3,9	3,9	96,1
No. 8	2,36	455	110	11	14,9	85,1
No. 16	1,18	587	242	24,2	39,1	60,9
No. 30	0,6	595	250	25	64,1	35,9
No. 50	0,3	474	129	12,9	77	23
No. 100	0,15	496	151	15,1	92,1	7,9
Pan	0	423	78	7,8	99,9	0,1
Jumlah			999		291,1	
Modulus Kehalusan		\sum % Kumulatif Tertahan/100			2,911	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

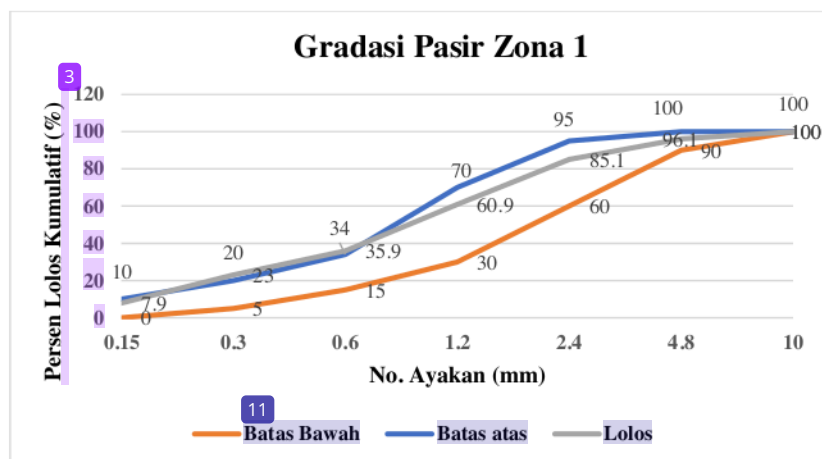
Perhitungan:

Menurut rumus (2.1 hingga 2.3), perhitungan Analisa saringan pasir dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Contoh perhitungan saringan No. 8

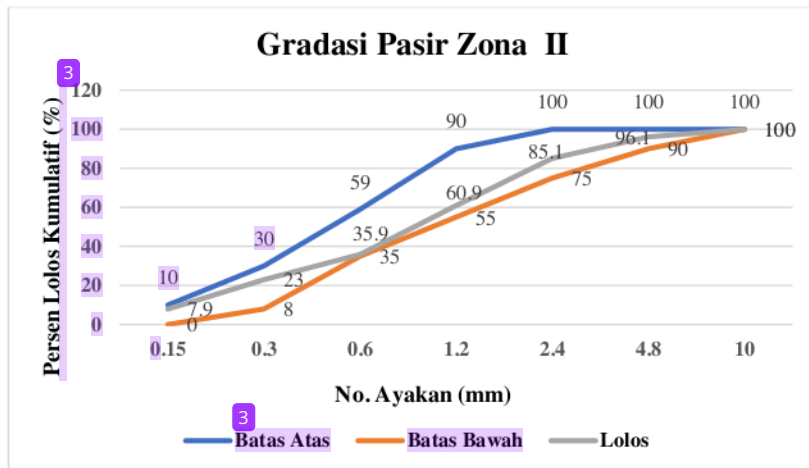
- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
= $100\% - 14,9\%$
= $85,1\%$
- Persentase pasir = $\frac{\text{Berat Pasir Tertahan}}{\text{Berat Pasir Awal}} \times 100\%$
= $\frac{149}{1000} \times 100\%$
= $14,9\%$
- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$
= $291,1/100$
= $2,911$

Sesuai dengan SNI 03 – 6820 – 2002 pasal 2.1.3 point ke 3, modulus kehalusan pasir yang sering digunakan berada dalam rentang 2 – 3 sehingga pengujian tersebut telah memenuhi syarat.



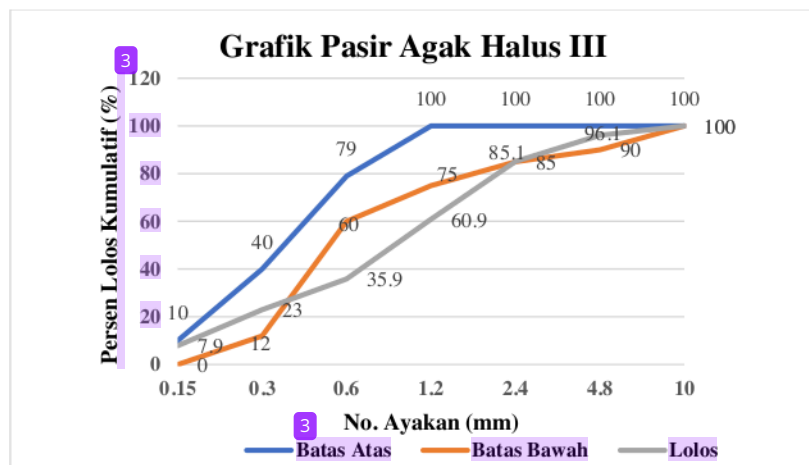
Gambar 4. 1 Hasil Gradasi Agregat Halus Zona 1

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



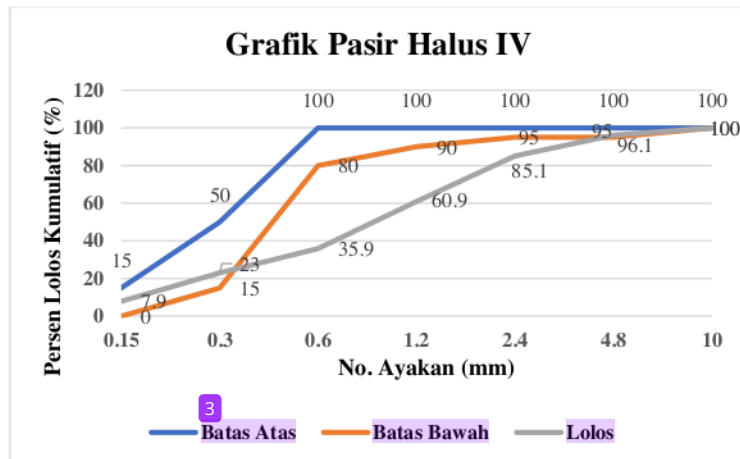
Gambar 4. 2 Hasil Gradasi Agregat Halus Zona II

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 3 Hasil Gradasi Agregat Halus Zona III

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 4 Hasil Gradasi Agregat Halus Zona IV

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka analisa saringan pasir yang digunakan termasuk pada zona II. Pengelompokan pasir tersebut digunakan dalam proses perhitungan pada *mix desain* beton.

4.1.2 Percobaan Kelembapan Pasir (ASTM 566 – 97)

Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Kelembapan Pasir

Percobaan No	1	2
Berat Tempatkan	86	195
Berat Tempatkan + Pasir Asli	586	695
Berat Pasir Asli (W1)	500	500
Berat Tempatkan + Pasir Oven	568	679
Berat Pasir Oven (W2)	482	484
Kadar Air Resapan (%)	3,73	3,31
Rata-rata (%)	3,52	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.4), perhitungan kelembaban pasir dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

- Kelembapan
$$= \frac{\text{Berat Pasir Asli} - \text{Berat Pasir Kering Oven}}{\text{Berat Pasir Kering Oven}} \times 100\%$$
- Kelembapan pasir I
$$= \frac{500 - 482}{482} \times 100\% = 3,72\%$$
- Kelembapan pasir II
$$= \frac{500 - 484}{482} \times 100\% = 3,31\%$$
- Rata – rata
$$= \frac{3,72 + 3,31}{2} = 3,52 \%$$

Berdasarkan pengujian percobaan kelembapan pasir yang telah dilakukan, maka kelembapan pasir memenuhi syarat besar penyerapan air maksimum.

4.1.3 Analisa Berat Jenis Pasir (ASTM C 128)

Tabel 4. 3 Hasil Percobaan Berat Jenis Pasir

Percobaan No	1	2
Berat Piknometer (W1)	384	381
Berat Pasir SSD (W2)	500	500
Berat Piknometer + Air (W5)	1379	1376
Berat Piknometer + Pasir (W3)	884	881
Berat Piknometer + Pasir SSD + Air (W4)	1675	1682
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,45	2,58
Rata-rata (%)	2,52	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.5), perhitungan berat jenis pasir dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Berat jenis
$$= \frac{W3 - W1}{(W5 + W2) - W4}$$
- Berat jenis I
$$= \frac{884 - 384}{(1379 + 500) - 1675} = 2,45$$
- Berat jenis II
$$= \frac{881 - 381}{(1376 + 500) - 1682} = 2,58$$
- Berat jenis I
$$= \frac{2,45 + 2,58}{2} = 2,52$$

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, berat jenis pasir memiliki nilai sebesar 2,52, yang memenuhi persyaratan dalam SNI 03 – 2461 – 2002 yaitu sebesar $\geq 2,50$.

4.1.4 Analisa Resapan Air Pasir (ASTM C 129 – 03)

Berat pasir SSD = 1000 gram

Tabel 4. 4 Hasil Percobaan Resapan Air Pasir

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	101	46
Berat Tempat + Pasir SSD	1101	1046
Berat Pasir SSD (W1)	1000	1000
Berat Tempat + Pasir Oven	1085	1028
Berat Pasir Oven (W2)	984	982
Kadar Air Resapan (%)	1,63	1,83
Rata-rata (%)	1,73	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.6), perhitungan resapan air pasir dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Resapan Air $= \frac{\text{Berat Pasir SSD} - \text{Berat Pasir Kering Oven}}{\text{Berat Pasir Kering Oven}} \times 100\%$
- Resapan Air I $= \frac{1000 - 984}{984} \times 100\% = 1,63 \%$
- Resapan Air II $= \frac{1000 - 982}{982} \times 100\% = 1,83 \%$
- Rata – Rata $= \frac{1,63 + 1,83}{2} = 1,73 \%$

Berdasarkan SNI 03 – 2461 – 2002 tabel 2, pengujian percobaan resapan air pasir yang telah dilakukan, maka resapan air pasir memenuhi syarat dan didapatkan rata – rata sebesar 1,73%.

4.1.5 Analisa Berat Saringan Pasir (ASTM C 128 – 01)

Tabel 4. 5 Hasil Percobaan Analisa Saringan Pasir

Pengujian	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (A)	3725	3725	3725	3725
Diamter Silinder (cm)	15,32	15,32	15,32	15,32
Tinggi Silinder (cm)	15	15	15	15
Volume Silinder (cm ³) (V)	2763,62	2763,62	2763,62	2763,62
Berat Silinder +Pasir (B)	8344	8320	8672	8680
Berat Pasir	4619	4595	4947	4955
Berat / Volume (gr/cm ³)	1,67	1,66	1,79	1,79
Rata - Rata (gr/cm ³)	1,67		1,79	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.7), perhitungan berat volume pasir dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Berat Volume $= \frac{(\text{Berat Silinder} + \text{Berat Pasir}) - \text{Berat Silinder}}{\text{Volume Silinder}}$
- Tanpa Rojokan I` $= \frac{(8344) - 3725}{2763,62} = 1,67$
- Tanpa Rojokan II` $= \frac{(8320) - 3725}{2763,62} = 1,66$
- Dengan Rojokan I` $= \frac{(8672) - 3725}{2763,62} = 1,79$
- Dengan Rojokan II $= \frac{(8680) - 3725}{2763,62} = 1,79$

4.1.6 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering (ASTM C 117 – 76)

Tabel 4. 6 Hasil Percobaan Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	147	335
Berat Tempat + Pasir asli	1147	1335
Berat Pasir Asli (W1)	1000	1000
Berat Tempat + Pasir Oven	1101	1296
Berat Pasir Kering Oven (W2)	954	961
kadar lumpur %	3,63	3,62
Rata-rata (%)	3,63	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

- Kadar lumpur = $\frac{\text{Berat Pasir Asli} - \text{Berat Pasir Kering Oven}}{\text{Berat Pasir Asli}} \times 100\%$
- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 954}{1000} \times 100\% = 3,63$
- Kadar lumpur II = $\frac{1000 - 961}{1000} \times 100\% = 3,62$
- Rata – rata = $\frac{3,63 + 3,62}{2} = 3,63$

Berdasarkan SNI 03 – 2461 – 2002 pasal 5.1, persyaratan maksimum kandungan lumpur adalah maksimal 5%, sehingga pengujian tersebut telah menenuhi syarat seperti peraturan yang berlaku.

57
4.1.7 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah (ASTM C 117 – 76)

Tabel 4. 7 Hasil Percobaan Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah

Percobaan No	1	2
Tinggi lumpur (mm)	1	0,41
Tinggi pasir (mm)	139	131
Tinggi Lumpur + Pasir (mm)	140,00	131,41
kadar lumpur (%)	0,72	0,31
Rata-rata (%)	0,52	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan ;

- Kadar lumpur = $\frac{\text{Tinggi Endapan Lumpur}}{\text{Tinggi Endapan Pasir}}$
- Kadar lumpur I = $\frac{1}{139} = 0,72$
- Kadar lumpur I = $\frac{0,41}{131} = 0,31$
- Rata – rata = $\frac{0,72 + 0,31}{2} = 0,52$

4.1.8 Analisa Pengembangan Volume Pasir (ASTM C 117- 76)

Tabel 4. 8 Hasil Peercobaan Analisa Pengembangan Volume Pasir

Percobaan No	1	2
Volume Pasir Awal	250	250
Volume Pasir Dalam Air (ml)	240	245
Bulking (%)	4,17	2,04
Rata-Rata	3,10	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Pengembangan = $\frac{\text{Volume Pasir Awal} - \text{Volume Pasir Dalam Air}}{\text{Volume Pasir Dalam Air}} \times 100\%$
- Pengembangan I = $\frac{250 - 240}{240} \times 100\% = 4,17\%$
- Pengembangan II = $\frac{250 - 245}{245} \times 100\% = 2,04\%$
- Rata – rata = $\frac{4,17 + 2,04}{2} = 3,10$

62

4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM C 136 – 76)

Berat kerikil awal = 10.000 gram

1 Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kerikil

Saringan		Tinggi pada saringan			%Komulatif	
No	mm	Tempat + kerikil (gram)	kerikil (gram)	%	Tertahan	Lolos
3 / 2"	38,1	546	0,0	0,00	0,00	100,00
3 / 4"	19	5292	4746,0	47,46	47,46	52,54
3 / 8"	9,5	5700	5154,0	51,54	99,00	1,00
4	4,75	610	64,0	0,64	99,64	0,36
8	2,36	553	7,0	0,07	99,71	0,29
16	1,18	551	5,0	0,05	99,76	0,24
30	0,6	549	3,0	0,03	99,79	0,21
50	0,3	548	2,0	0,02	99,81	0,19
100	0,15	547	1,0	0,01	99,82	0,18
PAN	0	546	0,0	0,00	99,82	0,18
Total			9982,0	99,8	745,0	
Modulus Kehalusan					7,45	

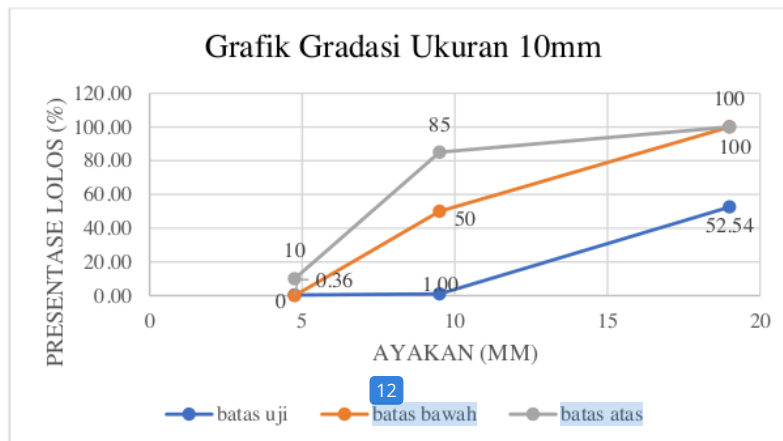
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Contoh perhitungan saringan No. 3/4"

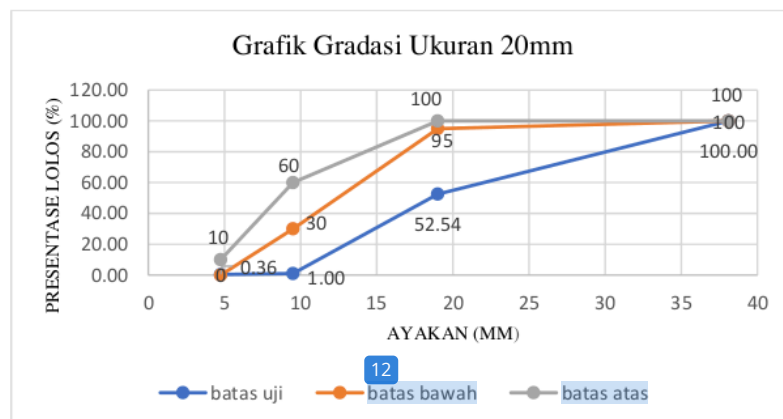
- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
 = $100\% - 47,46 \%$
 = $52,54 \%$
- Persentase kerikil = $\frac{\text{Berat Kerikil Tertahan}}{\text{Berat Kerikil Awal}} \times 100\%$
 = $\frac{4746}{1000} \times 100\%$
 = $47,46\%$
- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$
 = $745/100$
 = $7,45\%$

Menurut peraturan SNI 03 – 2834 – 2000, modulus agregat kasar berkisar antara 5,5 – 8%. Sehingga berdasarkan pengujian yang telah dilakukan telah memenuhi persyaratan yang berlaku.



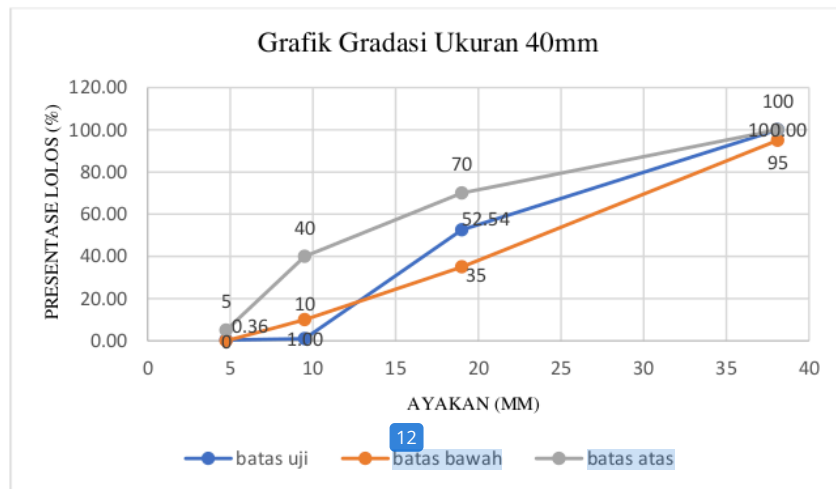
Gambar 4. 5 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 10 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 6 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 7 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Dari pengujian agregat kasar batu pecah maka agregat kasar yang akan digunakan dalam penelitian ini termasuk pada gradasi 40 mm.

4.2.2 Analisa Kelembapan Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM C 566 – 71)

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Kerikil

Percobaan No.	1	2
Berat tempat (gram)	344,5	335,4
Berat tempat + berat kerikil asli (gram)	1344,5	1335,4
Berat kerikil asli (gram)	1000	1000
Berat tempat + berat kerikil oven (gram)	1335,8	1326,1
Berat kerikil oven (gram)	991,3	990,7
Kadar air kerikil (%)	0,88	0,94
Rata-rata (%)	0,91	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Kelembapan $= \frac{\text{Berat Kerikil Asli} - \text{Berat Kerikil Kering Oven}}{\text{Berat Kerikil Kering Oven}} \times 100\%$
- Kelembapan kerikil I $= \frac{1000 - 991,3}{991,3} \times 100\% = 0,88 \%$
- Kelembapan kerikil II $= \frac{1000 - 990,7}{990,7} \times 100\% = 0,94 \%$
- Rata – Rata $= \frac{0,88 + 0,94}{2} = 0,91 \%$

Dari hasil pengujian kelembaban kerikil untuk pembuatan beton maka kelembaban batu kapur memenuhi syarat besar penyerapan air maksimum yaitu dengan nilai rata-rata 0,91%

4.2.3 Analisa Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil) (ASTM 128 - 73)

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Analisa Berat Jenis Kerikil

Percobaan No.	1	2
Berat tempat (gram)	335	138
Berat tempat + berat kerikil ssd (gram)	3335	3138
Berat kerikil ssd (gram)	3000	3000
Berat keranjang dalam air (gram)	817	817
Berat keranjang di dalam air + berat kerikil di dalam air (gram)	2704	2710
Berat kerikil di dalam air (gram)	1887	1893
Berat jenis kerikil	2,7	2,71
Rata-rata	2,7	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

- Berat Jenis $= \frac{\text{Berat Kerikil SSD}}{\text{Berat Kerikil SSD} - \text{Berat Kerikil Dalam Air}}$
- Berat Jenis I $= \frac{3000}{3000 - 1887} = 2,7$
- Berat Jenis II $= \frac{3000}{3000 - 1893} = 2,71$
- Rata – rata $= \frac{2,7 + 2,71}{2} = 2,7$

Dari hasil pengujian kerikil memiliki berat jenis rata – rata sebesar 2,7, yang memenuhi persyaratan dalam SNI 03 – 2461 – 2000 pasal 4.2.3.6 , sebesar 2,5 – 2,7.

4.2.4 Analisa Resapan Air Pada Kerikil (ASTM C 128)

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Analisa Resapan Air Kerikil

Percobaan No.	1	2
Berat tempat (gram)	337	335
Berat tempat + berat kerikil ssd (gram)	2337	2335
Berat kerikil ssd (gram)	2000	2000
Berat tempat + berat kerikil oven (gram)	2299	2299
Berat kerikil oven (gram)	1962	1964
Kadar air resapan kerikil (%)	1,94	1,83
Rata-rata (%)	1,88	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Resapan Air $= \frac{\text{Berat Kerikil SSD} - \text{Berat Kerikil Kering Oven}}{\text{Berat Kerikil Kering Oven}} \times 100\%$
- Resapan Air I $= \frac{2000 - 1962}{1962} \times 100\% = 1,94\%$
- Resapan Air II $= \frac{2000 - 1964}{1964} \times 100\% = 1,83\%$
- Rata – rata $= \frac{1,94 + 1,83}{2} = 1,88\%$

Dari pengujian, maka didapatkan rata – rata resapan air pada kerikil sebesar 1,88%

4.2.5 Analisa Berat Volume Kerikil (ASTM C 29 – 78)

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Analisa Berat Volume Kerikil

Percobaan No.	Tanpa rojokan		Dengan rojokan	
	1	2	1	2
Berat silinder (gram)	5700	5700	5700	5700
Diameter silinder (cm)	15,5	15,5	15,5	15,5
Tinggi silinder (cm)	22,9	22,9	22,9	22,9
Berat silinder + kerikil (gram)	11420	11510	12030	12129
Berat kerikil (gram)	5720	5810	6330	6429
Volume silinder (cm ³)	4318,9	4318,9	4318,9	4318,9
Berat / volume (gr/cm ³)	1,32	1,35	1,47	1,49
Rata-rata (gr/cm ³)	1,33		1,48	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Berat volume = $\frac{(\text{Berat silinder} + \text{Berat Kerikil}) - \text{Berat Silinder}}{\text{Volume Silinder}}$
- Tanpa Rojokan I = $\frac{(5700 + 5720) - 5700}{4318,9} = 1,32\%$
- Dengan Rojokan I = $\frac{(5700 + 6330) - 5700}{4318,9} = 1,47\%$

4.2.6 Analisa Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur (ASTM C 117 – 76)

Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Analisa Kebersihan Kerikil

Percobaan No.	1	2
Berat wadah (gram)	543	546
Berat wadah + berat kerikil kering (gram)	1543	1546
Berat kerikil kering (gram)	1000	1000
Berat wadah + berat kerikil bersih kondisi kering oven (gram)	1538	1544
Berat kerikil bersih kondisi kering oven (gram)	995	998
Kadar lumpur (%)	0,5	0,2
Rata-rata (%)	0,35	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Kadar lumpur = $\frac{\text{Berat Kerikil Kering} - \text{Berat Kerikil Kering Bersih Oven}}{\text{Berat Kerikil Kering Oven}} \times 100\%$
- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 995}{1000} \times 100\% = 0,5\%$
- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 998}{1000} \times 100\% = 0,2\%$
- Rata – rata = $\frac{0,5 + 0,2}{2} = 0,35\%$

Dari hasil pengujian kebersihan lumpur kerikil didapatkan sebesar 0,35%. Kebersihan lumpur kerikil telah memenuhi syarat yang ada dalam ASTM C – 33 – 03, 1986 yaitu tidak boleh melebihi 1%.

4.2.7 ¹ Analisa Keausan Kerikil

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Analisa Keausan Kerikil

Percobaan No	1	2
Berat wadah (gram)	548	543
Berat wadah + berat kerikil sebelum abrasi (gram)	5548	5543
Berat kerikil sebelum abrasi (gram)	5000	5000
Berat wadah + berat kerikil tertahan ayakan no.12 (sesudah abrasi + sudah di cuci)-(gram)	4164	4042
berat kerikil tertahan ayakan no.12 (sesudah abrasi + sudah di cuci) - (gram)	3616	3499
Persen keausan (%)	27,68	30,02
Rata-rata (%)	28,85	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Keausan = $\frac{\text{Berat Kerikil Awal} - \text{Berat Kerikil Tertahan Dicuci}}{\text{Berat Kerikil Semula}} \times 100\%$
- Keausan I = $\frac{5000 - 3616}{5000} \times 100\% = 27,68\%$
- Keausan II = $\frac{5000 - 3499}{5000} \times 100\% = 30,02\%$
- Rata – rata = $\frac{27,68 + 30,02}{2} = 28,85\%$

Dari hasil pengujian yang didapatkan keausan dari kerikil memiliki nilai sebesar 28,85%. Menurut peraturan dari ASTM C131 bahwasannya nilai keausan tidak boleh lebih dari 40%, maka nilai keausan dari kerikil yang akan digunakan memenuhi persyaratan.

20

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar (Batu Kapur)

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Kapur) (ASTM C 136 – 76)

Berat batu kapur awal = 10.000 gram

Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Kapur

Saringan		Tinggi pada saringan			%Komulatif	
No	mm	tempat + kerikil (gram)	kerikil (gram)	%	tertahan	Lolos
3 / 2"	38,1	1226	0,0	0,00	0,00	100,00
3 / 4"	19	7145	5919,0	59,19	59,19	40,81
3 / 8"	9,5	5086	3860,0	38,60	97,79	2,21
4	4,75	1412	186,0	1,86	99,65	0,35
8	2,36	1237	11,0	0,11	99,76	0,24
16	1,18	1235	9,0	0,09	99,85	0,15
30	0,6	1233	7,0	0,07	99,92	0,08
50	0,3	1230	4,0	0,04	99,96	0,04
100	0,15	1226	0,0	0,00	99,96	0,04
PAN	0	1226	0,0	0,00	99,96	0,04
total			9996,0	100,0	756,1	
Modulus kehalusan					7,56	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

Contoh perhitungan saringan No. 3/4"

- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
 = $100\% - 59,19\%$
 = $40,81\%$
- Persentase batu kapur = $\frac{\text{Berat Batu Kapur Tertahan}}{\text{Berat Batu Kapur Awal}} \times 100\%$
 = $\frac{5919}{10000} \times 100\%$
 = $59,19\%$
- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$
 = $756/100$
 = $7,56\%$

Menurut peraturan SNI 03 – 2834 – 2000, modulus agregat kasar berkisar antara 5,5 – 8%. Sehingga berdasarkan pengujian yang telah dilakukan telah memenuhi persyaratan yang berlaku.



Gambar 4. 8 Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 10 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 9 Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 20 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 10 Grafik Gradasi Batu Kapur Ukuran 40 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Dari pengujian agregat kasar batu kapur maka agregat kasar yang akan digunakan dalam penelitian ini termasuk pada gradasi 40 mm.

4.3.2 Analisa Kelembapan Agregat (Batu Kapur) (ASTM C 566 – 71)

Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Batu Kapur

Percobaan No.	1	2
Berat Tempat (gram)	186	197
Berat Tempat + Berat Batu Kapur Asli (gram)	1186	1197
Berat Batu Kapur Asli (gram)	1000	1000
Berat Tempat + Berat Batu Kapur Oven (gram)	1176	1185
Berat Batu Kapur Oven (gram)	990	988
Kadar Air Batu Kapur Oven (gram)	1,01	1,21
Rata - Rata (%)	1,11	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Kelembapan $= \frac{\text{Berat Batu Kapur Asli} - \text{Berat Batu Kapur Kering Oven}}{\text{Berat Batu Kapur Kering Oven}} \times 100\%$
- Kelembapan agregat batu kapur I $= \frac{1000 - 990}{990} \times 100\% = 1,01 \%$
- Kelembapan agregat batu kapur II $= \frac{1000 - 988}{988} \times 100\% = 1,21 \%$
- Rata – Rata $= \frac{1,01 + 1,21}{2} = 1,11 \%$

Dari hasil pengujian kelembaban batu kapur untuk pembuatan beton maka kelembaban batu kapur memenuhi syarat besar penyerapan air maksimum yaitu dengan nilai rata-rata 1,11%

4.3.3 Analisa Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Kapur) (ASTM 128 - 73)

Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Analisa Berat Jenis Batu Kapur

Percobaan No.	1	2
Berat Tempat (gram)	347	347
Berat Tempat + Berat Batu Kapur SSD (gram)	3347	3347
Berat Batu Kapur SSD (gram)	3000	3000
Berat Keranjang Di Dalam Air (gram)	819	819
Berat Keranjang Di Dalam Air + Berat Batu Kapur Di Dalam Air (gram)	2642	2640
Berat Batu Kapur Di Dalam Air (gram)	1823	1821
Berat Jenis Batu Kapur	2,55	2,54
Rata - Rata	2,55	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan :

- Berat Jenis $= \frac{\text{Berat Batu Kapur SSD}}{\text{Berat Batu Kapur SSD} - \text{Berat Batu Kapur Dalam Air}}$
- Berat Jenis I $= \frac{3000}{3000 - 1823} = 2,55$
- Berat Jenis II $= \frac{3000}{3000 - 1821} = 2,54$
- Rata – rata $= \frac{2,55 + 2,54}{2} = 2,55$

Dari hasil pengujian batu kapur memiliki berat jenis rata – rata sebesar 2,55 yang memenuhi persyaratan dalam SNI 03 – 2461 – 2000 pasal 4.2.3.6, sebesar 2,5 – 2,7.

4.3.4 Analisa Resapan Air Pada Batu Kapur (ASTM C 128)

Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Analisa Resapan Air Batu Kapur

Percobaan No.	1	2
Berat Tempat (gram)	147	336
Berat Tempat + Berat Batu Kapur SSD (gram)	2147	2336
Berat Batu Kapur SSD (gram)	2000	2000
Berat Tempat + Berat Batu Kapur Oven (gram)	2102	2289
Berat Batu Kapur Oven (gram)	1955	1953
Kadar Resapan Air Batu Kapur (%)	2,30	2,41
Rata - Rata (%)	2,35	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Resapan Air $= \frac{\text{Berat Batu Kapur SSD} - \text{Berat Batu Kapur Kering Oven}}{\text{Berat Batu Kapur Kering Oven}} \times 100\%$
- Resapan Air I $= \frac{2000 - 1955}{1955} \times 100\% = 2,30\%$
- Resapan Air II $= \frac{2000 - 1953}{1953} \times 100\% = 2,41\%$
- Rata – rata $= \frac{2,30 + 2,41}{2} = 2,35\%$

Dari pengujian, maka didapatkan rata – rata resapan air pada batu kapur sebesar 2,35%

4.3.5 Analisa Berat Volume Batu Kapur (ASTM C 29 – 78)

Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Analisa Berat Volume Batu Kapur

Percobaan No.	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (gram)	5661	5661	5661	5661
Diameter Silinder (cm)	15,5	15,5	15,5	15,5
Tinggi silinder (cm)	22,9	22,9	22,9	22,9
Berat Silinder + Berat Batu Kapur (gram)	11021	10990	11684	11891
Berat Batu Kapur (gram)	5360	5329	6023	6230
Volume Silinder (cm ³)	4322,8	4322,8	4322,8	4322,8
Berat / Volume (gram/cm ³)	1,24	1,23	1,39	1,44
Rata - Rata (gram/cm ³)	1,24		1,42	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Berat volume = $\frac{(\text{Berat silinder} + \text{Berat Batu Kapur}) - \text{Berat Silinder}}{\text{Volume Silinder}}$
- Tanpa Rojokan I = $\frac{(5661 + 5360) - 5661}{4322,8} = 1,24\%$
- Dengan Rojokan I = $\frac{(5661 + 5360) - 5661}{4322,8} = 1,42\%$

4.3.6 Analisa Kebersihan Batu Kapur Terhadap Lumpur (ASTM C 117 – 76)

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Analisa Kebersihan Batu Kapur Terhadap Lumpur

Percobaan No.	1	2
Berat Wadah (gram)	148	335
Berat Wadah + Berat Batu Kapur (gram)	1148	1335
Berat Batu Kapur (gram)	1000	1000
Berat Wadah + Berat Batu Kapur Bersih Kondisi Kering Oven (gram)	1141	1328
Berat Batu Kapur Kondisi Kering Oven (gram)	993	993
Kadar Lumpur (%)	0,7	0,7
Rata - Rata (%)	0,7	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Kadar lumpur = $\frac{\text{Berat Batu Kapur Kering} - \text{Berat Batu Kapur Kering Bersih Oven}}{\text{Berat Batu Kapur Kering Oven}} \times 100\%$
- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 993}{1000} \times 100\% = 0,7\%$
- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 993}{1000} \times 100\% = 0,7\%$
- Rata – rata = $\frac{0,7 + 0,7}{2} = 0,7\%$

Dari hasil pengujian kebersihan lumpur kerikil didapatkan sebesar 0,7%.

Kebersihan lumpur kerikil telah memenuhi syarat yang ada dalam ASTM C – 33 – 03, 1986 yaitu tidak boleh melebihi 1%.

4.3.7 Analisa Keausan Batu Kapur

Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Analisa Keausan Batu Kapur

Percobaan No.	1	2
Berat Wadah (gram)	75	826
Berat Wadah + Berat Batu Kapur Sebelum Abrasi (gram)	10075	10826
Berat Batu Kapur Sebelum Abrasi (gram)	10000	10000
Berat Wadah + Berat Batu Kapur Tertahan Ayakan No.12 (sesudah dicuci) - (gram)	7688	8308
Berat Batu Kapur Tertahan Ayakan No.12 (sesudah abrasi + sudah dicuci) - (gram)	7613	7482
Persen Keausan (%)	23,87	25,18
Rata - Rata (%)	24,53	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan:

- Keausan = $\frac{\text{Berat Batu Kapur Awal} - \text{Berat Batu Kapur Tertahan Dicuci}}{\text{Berat Batu Kapur Semula}} \times 100\%$
- Keausan I = $\frac{10000 - 7613}{10000} \times 100\% = 23,87\%$
- Keausan II = $\frac{10000 - 7482}{10000} \times 100\% = 25,18\%$
- Rata - rata = $\frac{23,87 + 25,18}{2} = 24,53\%$

Dari hasil pengujian yang didapatkan keausan dari kerikil memiliki nilai sebesar 24,53%. Menurut peraturan dari ASTM C131 bahwasannya nilai keausan tidak boleh lebih dari 40%, maka nilai keausan dari kerikil yang akan digunakan memenuhi persyaratan.

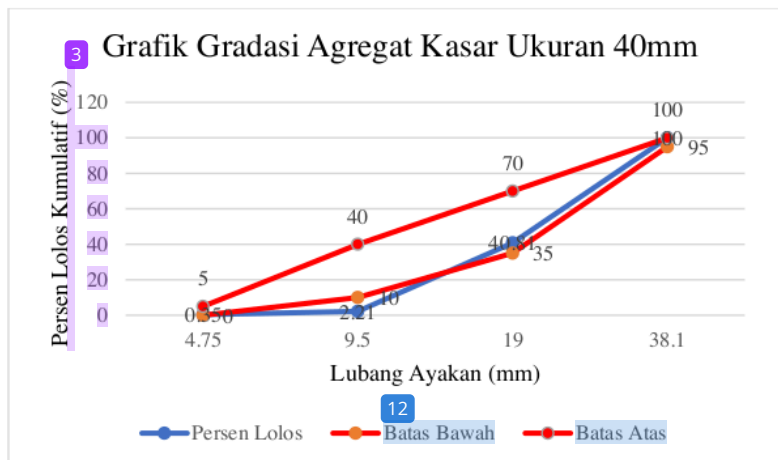
4.4 Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur

a. Campuran 0%

Tabel 4. 23 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 0%

Saringan		Tinggi pada saringan		%Komulatif		E%
No	mm	Kerikil (%)	Batu Kapur (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	
				0%	100%	
3 / 2"	38,1	100	100,0	0,00	100,00	100,00
3 / 4"	19	52,54	40,81	0,00	40,81	40,81
3 / 8"	9,5	1	2,21	0,00	2,21	2,21
4	4,75	0,36	0,35	0,00	0,35	0,35
8	2,36	0,29	0,24	0,00	0,24	0,24
16	1,18	0,24	0,15	0,00	0,15	0,15
30	0,6	0,21	0,08	0,00	0,08	0,08
50	0,3	0,19	0,04	0,00	0,04	0,04
100	0,15	0,18	0,04	0,00	0,04	0,04
PAN	0	0,18	0,04	0,00	0,04	0,04

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 11 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

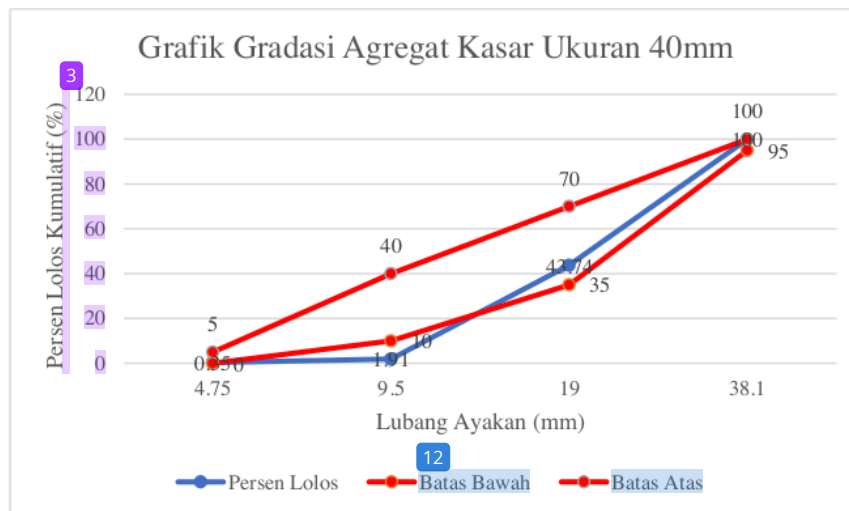
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

b. Campuran 25 %

Tabel 4. 24 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 25%

Saringan		Tinggi pada saringan		%Komulatif		E%
No	mm	Kerikil (%)	Batu Kapur (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	
				25%	75%	
3 / 2"	38,1	100	100,0	25,00	75,00	100,00
3 / 4"	19	52,54	40,81	13,14	30,61	43,74
3 / 8"	9,5	1,0	2,21	0,25	1,66	1,91
4	4,75	0,36	0,35	0,09	0,26	0,35
8	2,36	0,29	0,24	0,07	0,18	0,25
16	1,18	0,24	0,15	0,06	0,11	0,17
30	0,6	0,21	0,08	0,05	0,06	0,11
50	0,3	0,19	0,04	0,05	0,03	0,08
100	0,15	0,18	0,04	0,05	0,03	0,08
PAN	0	0,18	0,04	0,05	0,03	0,08

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 12 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

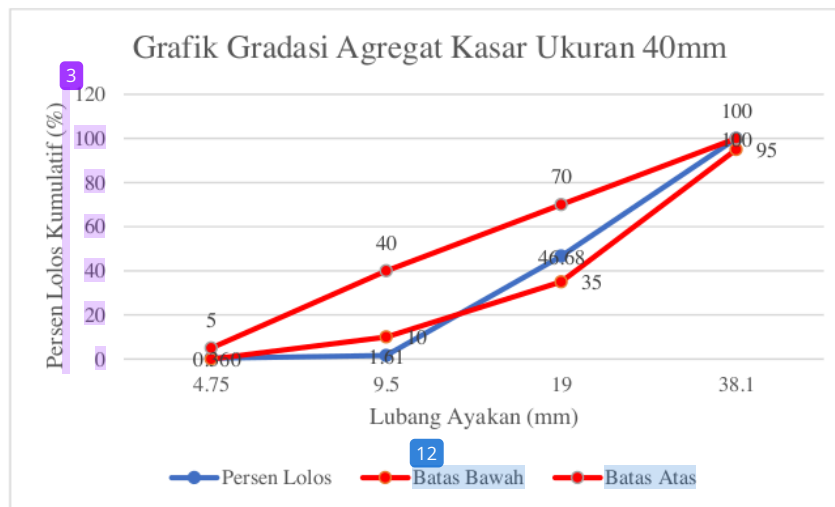
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

c. Campuran 50%

Tabel 4. 25 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 50%

Saringan		Tinggi pada saringan		% Komulatif		E %
No	mm	Kerikil (%)	Batu Kapur (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	
				50,00	50,00	
3 / 2"	38,1	100	100,0	50,00	50,00	100,00
3 / 4"	19	52,54	40,81	26,27	20,41	46,68
3 / 8"	9,5	1,0	2,21	0,50	1,11	1,61
4	4,75	0,36	0,35	0,18	0,18	0,36
8	2,36	0,29	0,24	0,15	0,12	0,27
16	1,18	0,24	0,15	0,12	0,08	0,20
30	0,6	0,21	0,08	0,11	0,04	0,15
50	0,3	0,19	0,04	0,10	0,02	0,12
100	0,15	0,18	0,04	0,09	0,02	0,11
PAN	0	0,18	0,04	0,09	0,02	0,11

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 13 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

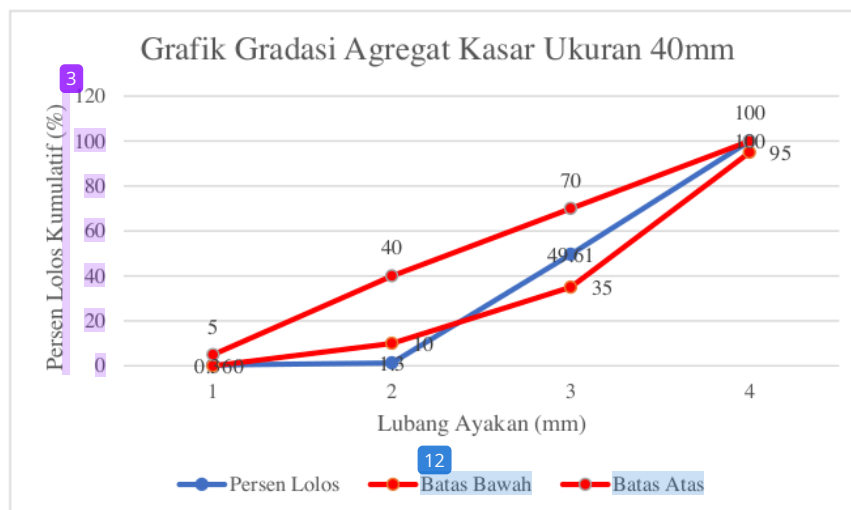
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

d. Campuran 75%

Tabel 4. 26 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 75%

Saringan		Tinggi pada saringan		% Komulatif		E%
No	mm	Kerikil (%)	Batu Kapur (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	
				75,00	25,00	
3 / 2"	38,1	100	100,0	75,00	25,00	100,00
3 / 4"	19	52,54	40,81	39,41	10,20	49,61
3 / 8"	9,5	1,0	2,21	0,75	0,55	1,30
4	4,75	0,36	0,35	0,27	0,09	0,36
8	2,36	0,29	0,24	0,22	0,06	0,28
16	1,18	0,24	0,15	0,18	0,04	0,22
30	0,6	0,21	0,08	0,16	0,02	0,18
50	0,3	0,19	0,04	0,14	0,01	0,15
100	0,15	0,18	0,04	0,14	0,01	0,15
PAN	0	0,18	0,04	0,14	0,01	0,15

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 14 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

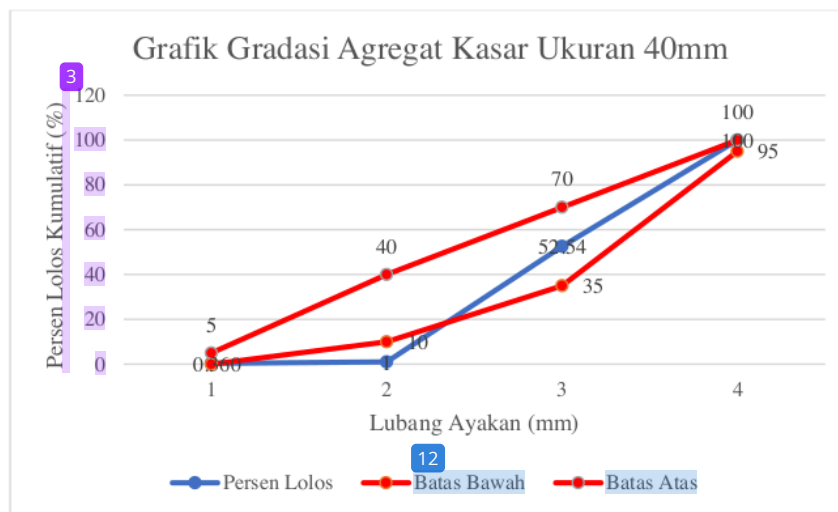
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

e. Campuran 100%

Tabel 4. 27 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Kerikil dan Batu Kapur 100%

Saringan		Tinggi pada saringan		% Komulatif		E%
No	mm	Kerikil (%)	Batu Kapur (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	
				100,00	0,00	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100,00	0,00	100,00
3 / 4"	19	52,54	40,81	52,54	0,00	52,54
3 / 8"	9,5	1,0	2,21	1,00	0,00	1,00
4	4,75	0,36	0,35	0,36	0,00	0,36
8	2,36	0,29	0,24	0,29	0,00	0,29
16	1,18	0,24	0,15	0,24	0,00	0,24
30	0,6	0,21	0,08	0,21	0,00	0,21
50	0,3	0,19	0,04	0,19	0,00	0,19
100	0,15	0,18	0,04	0,18	0,00	0,18
PAN	0	0,18	0,04	0,18	0,00	0,18

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 15 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

4.5 Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur

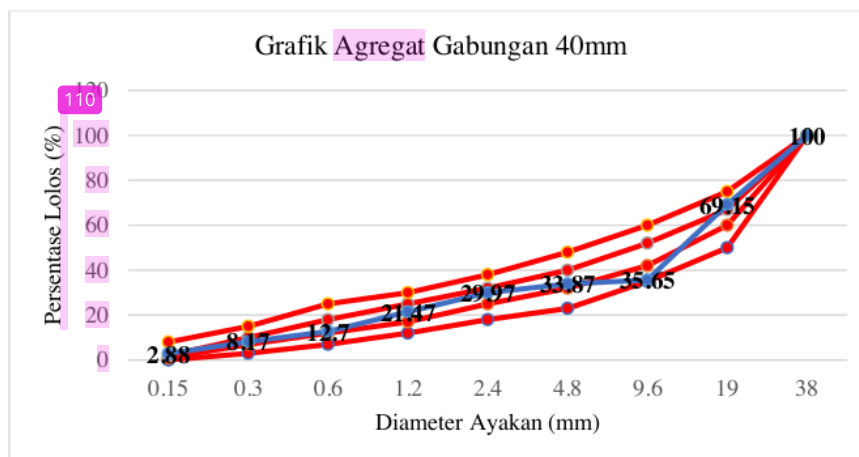
a. Campuran 0% Batu Kapur

Persen agregat halus diambil pada gambar grafik 4.22 didapatkan angka 35%.

Tabel 4. 28 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 0%

No	mm	Pasir (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	Pasir	Batu Kapur	Kerikil	E (%)
					0,35	0	0,65	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100	35,00	0,00	65,00	100,00
3 / 4"	19	100	40,81	52,54	35,00	0,00	34,15	69,15
3 / 8"	9,5	100	2,21	1,0	35,00	0,00	0,65	35,65
4	4,75	96,1	0,35	0,36	33,64	0,00	0,23	33,87
8	2,36	85,1	0,24	0,29	29,79	0,00	0,19	29,97
16	1,18	60,9	0,15	0,24	21,32	0,00	0,16	21,47
30	0,6	35,9	0,08	0,21	12,57	0,00	0,14	12,70
50	0,3	23	0,04	0,19	8,05	0,00	0,12	8,17
100	0,15	7,9	0,04	0,18	2,77	0,00	0,12	2,88

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 16 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

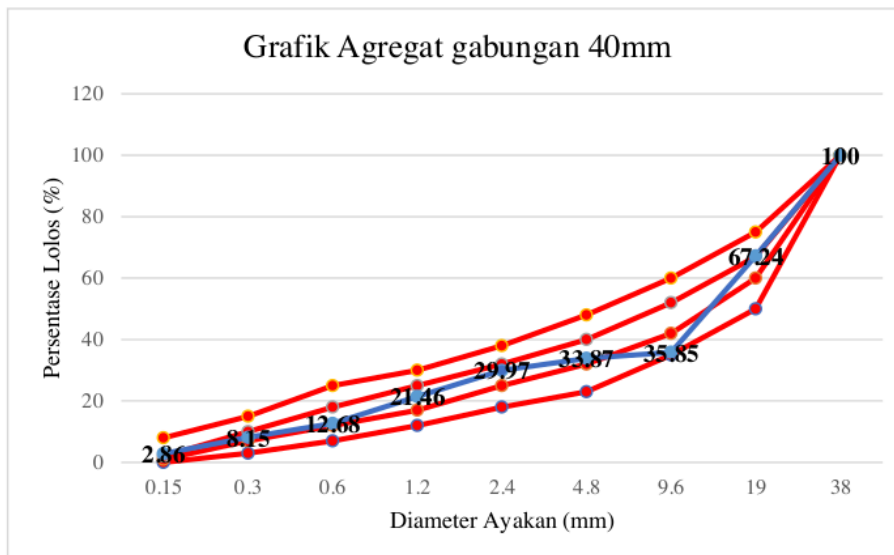
b. Campuran 25% Batu Kapur

Persen agregat halus diambil pada gambar grafik 4.22 didapatkan angka 35%.

Tabel 4. 29 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 25%

No	mm	Pasir (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	Pasir	Batu Kapur	Kerikil	E (%)
					0,35	0,1625	0,4875	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100	35,00	16,25	48,75	100,00
3 / 4"	19	100	40,81	52,54	35,00	6,63	25,61	67,24
3 / 8"	9,5	100	2,21	1,0	35,00	0,36	0,49	35,85
4	4,75	96,1	0,35	0,36	33,64	0,06	0,18	33,87
8	2,36	85,1	0,24	0,29	29,79	0,04	0,14	29,97
16	1,18	60,9	0,15	0,24	21,32	0,02	0,12	21,46
30	0,6	35,9	0,08	0,21	12,57	0,01	0,10	12,68
50	0,3	23	0,04	0,19	8,05	0,01	0,09	8,15
100	0,15	7,9	0,04	0,18	2,77	0,01	0,09	2,86

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 17 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm

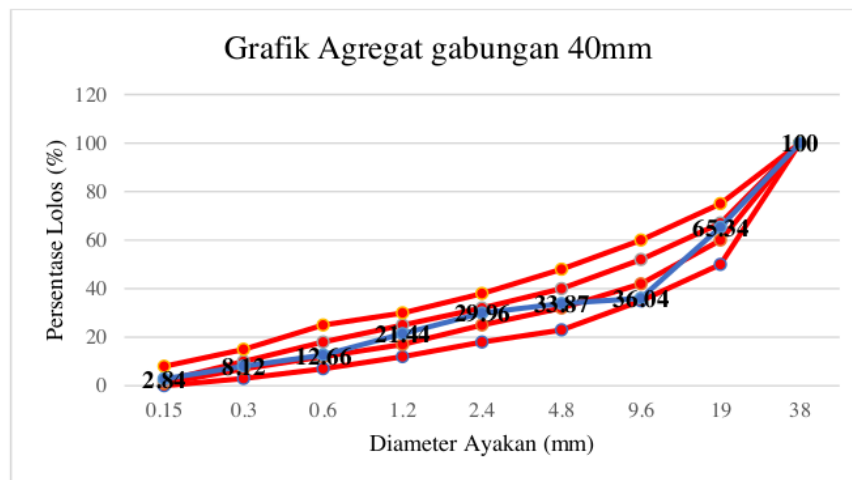
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

- c. Campuran 50% Batu Kapur
Persen agregat halus diambil pada gambar grafik 4.22 didapatkan angka 35%.

Tabel 4. 30 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 50%

No	mm	Pasir (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	Pasir	Batu Kapur	Kerikil	E (%)
					0,35	0,3250	0,3250	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100	35,00	32,50	32,50	100,00
3 / 4"	19	100	40,81	52,54	35,00	13,26	17,08	65,34
3 / 8"	9,5	100	2,21	1,0	35,00	0,72	0,33	36,04
4	4,75	96,1	0,35	0,36	33,64	0,11	0,12	33,87
8	2,36	85,1	0,24	0,29	29,79	0,08	0,09	29,96
16	1,18	60,9	0,15	0,24	21,32	0,05	0,08	21,44
30	0,6	35,9	0,08	0,21	12,57	0,03	0,07	12,66
50	0,3	23	0,04	0,19	8,05	0,01	0,06	8,12
100	0,15	7,9	0,04	0,18	2,77	0,01	0,06	2,84

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 18 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm

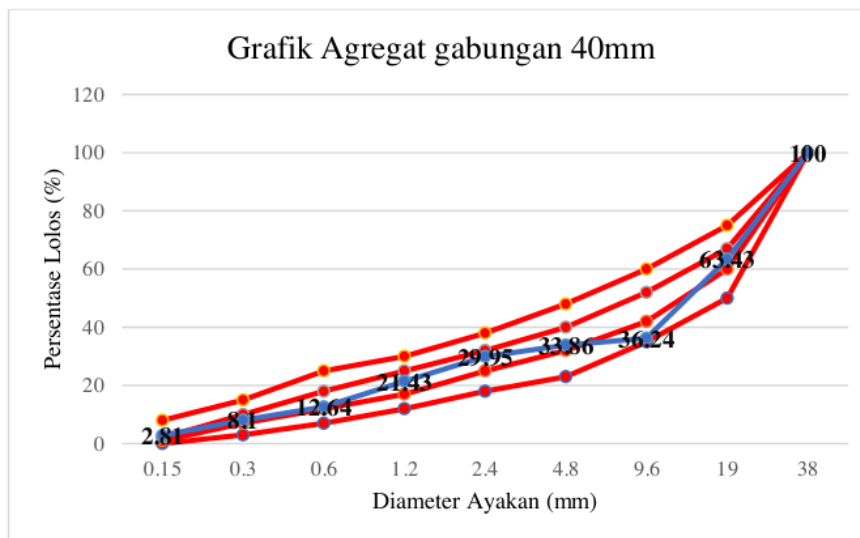
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

- d. Campuran 75% Batu kapur
 Persen agregat halus diambil pada gambar grafik 4.22 didapatkan angka 35%.

Tabel 4. 31 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 75%

No	mm	Pasir (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	Pasir	Batu Kapur	Kerikil	E (%)
					0,35	0,4875	0,1625	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100	35,00	48,75	16,25	100,00
3 / 4"	19	100	40,81	52,54	35,00	19,89	8,54	63,43
3 / 8"	9,5	100	2,21	1,0	35,00	1,08	0,16	36,24
4	4,75	96,1	0,35	0,36	33,64	0,17	0,06	33,86
8	2,36	85,1	0,24	0,29	29,79	0,12	0,05	29,95
16	1,18	60,9	0,15	0,24	21,32	0,07	0,04	21,43
30	0,6	35,9	0,08	0,21	12,57	0,04	0,03	12,64
50	0,3	23	0,04	0,19	8,05	0,02	0,03	8,10
100	0,15	7,9	0,04	0,18	2,77	0,02	0,03	2,81

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 19 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm

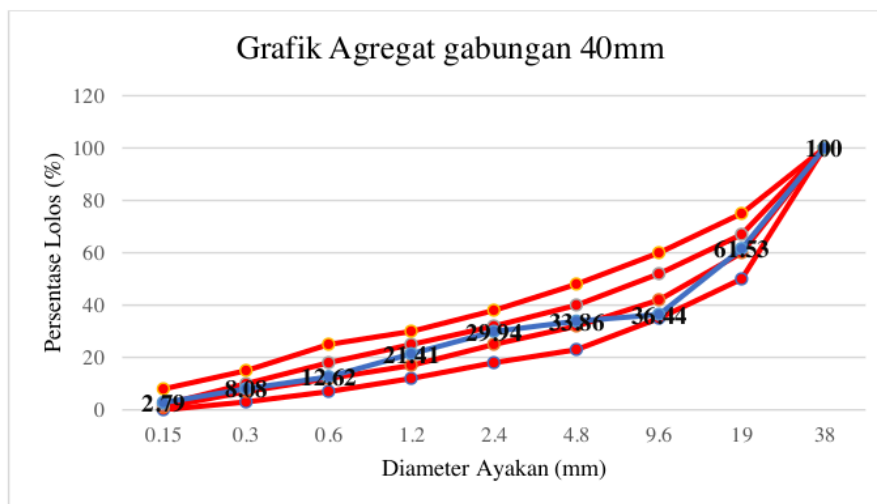
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

- e. Campuran 100% Batu kapur
 Persen agregat halus diambil pada gambar grafik 4.22 didapatkan angka 35%.

Tabel 4. 32 Hasil Percobaan Analisa Mix Desain Pasir, Kerikil, dan Batu Kapur 100%

No	mm	Pasir (%)	Batu Kapur (%)	Kerikil (%)	Pasir	Batu Kapur	Kerikil	E (%)
					0,35	0,65	0	
3 / 2"	38,1	100	100,0	100	35,00	65,00	0,00	100,00
3 / 4"	19	100	40,81	52,54	35,00	26,53	0,00	61,53
3 / 8"	9,5	100	2,21	1,0	35,00	1,44	0,00	36,44
4	4,75	96,1	0,35	0,36	33,64	0,23	0,00	33,86
8	2,36	85,1	0,24	0,29	29,79	0,16	0,00	29,94
16	1,18	60,9	0,15	0,24	21,32	0,10	0,00	21,41
30	0,6	35,9	0,08	0,21	12,57	0,05	0,00	12,62
50	0,3	23	0,04	0,19	8,05	0,03	0,00	8,08
100	0,15	7,9	0,04	0,18	2,77	0,03	0,00	2,79

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 20 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Ukuran 40 mm

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

4.6 Perencanaan Mix Desain Beton

Tabel 4. 33 Formulir Mix Desain

No	Uraian	Ketentuan / Acuan	Nilai
1	Kekuatan tekan karakteristik ($f'c$)	Ditetapkan	25 Mpa pada 28 hari
2	Deviasi standar (s)	Tidak diketahui dari data sebelumnya	-
3	Nilai tambah (m)	SNI 03-2847-2013	8,3 Mpa (83 kg/cm ²)/ tanpa data
4	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai ($f'cr$)	1 + 3	25 + 8,3 = 33,3 Mpa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland Tipe I
6	Jenis Agregat	Kasar	Batu Pecah (alami) dan Batu Kapur (buatan)
		Halus	Pasir (alami)
7	Faktor air semen (FAS)	SNI 03-2834-2000	0,53
8	Faktor air semen maksimum	SNI 03-2834-2000	0,6
9	Slump	SNI 03-2834-2000	100 mm
10	Ukuran agregat maksimum	SNI 03-2834-2000	40 mm
11	Kadar air bebas	SNI 03-2834-2000	185 kg/m ³
12	Kadar semen	11:7 atau 11:8	185 : 0,53 = 349,59 kg/cm ³
13	Kadar semen minimum	SNI 03-2834-2000	275 kg/cm ³
14	Susunan besar butir agregat halus	SNI 03-2834-2000	Daerah (zona) susunan butir 2
15	Persen bahan lebih halus dari 4,8 mm	SNI 03-2834-2000	35%

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Penjelasan perhitungan dari *mix desain* campuran beton sesuai dengan formulir *mix desain*

1. Kuat tekan beton direncanakan sebesar 25 Mpa pada umur beton 28 hari.
2. Nilai tambah (SD) atau standar deviasi tidak tersedia karena tidak ada data sebelumnya yang tersedia.
3. Menghitung nilai tambah (M), berdasarkan tabel 3.3 dimana nilai tambah mendapatkan $f'c + 8,3$ Mpa.

Tabel 4. 34 Nilai Tambah (M)

Kuat tekan diisyakan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)
$Fc' < 21$	$F'cr = F'c + 7,0$
$21 \leq Fc' \leq 35$	$F'cr = F'c + 8,3$
$Fc' > 35$	$F'cr = 1,10 F'c + 5,0$

(Sumber : SNI 2847-2013)

11. Perhitungan kuat tekan rata-rata :

$$\begin{aligned}
 F'cr &= F'c + 8,3 \\
 &= 25 + 8,3 \\
 &= 33,3 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

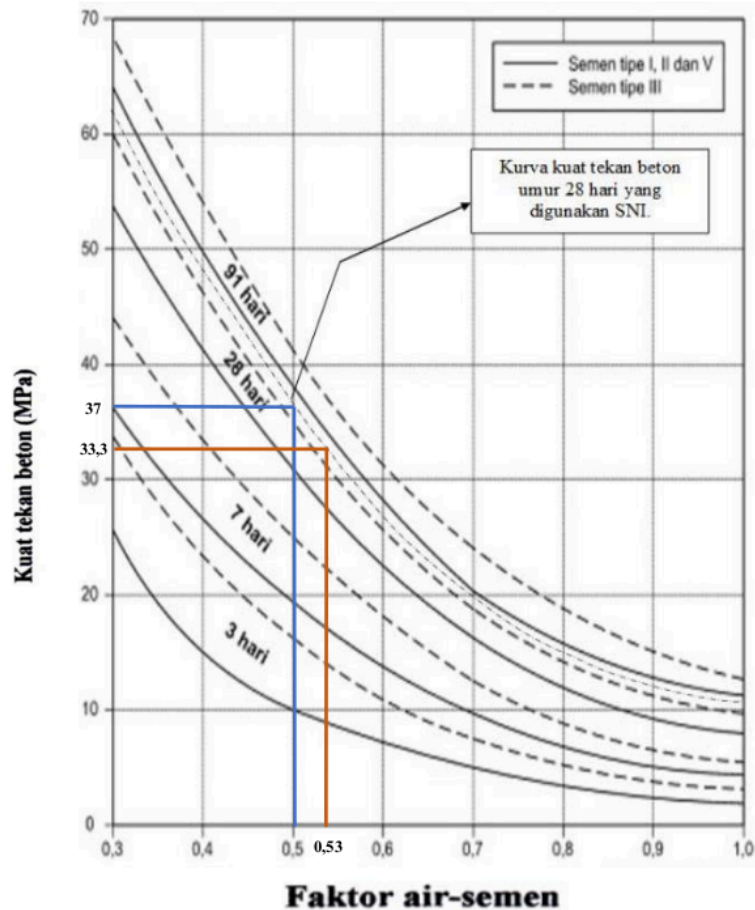
4. Nilai kuat tekan rata-rata yang akan dicapai berdasarkan perhitungan ditambah margin adalah 33,3 Mpa.
5. Jenis semen yang akan digunakan menggunakan semen *portland* tipe I
6. Jenis agregat :
 Agregat kasar = Batu pecah dan Batu kapur
 Agregat Halus = Pasir (alami)

Menghasilkan nilai perkiraan kekuatan tekan agregat batu pecah berdasarkan jenis semen, bentuk benda uji serta kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 37 N/mm².

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)					
		Pada Umur (Hari)				Bentuk	
		3	7	28	29	Bentuk Uji	
Semen <i>Portland</i> Tipe I	Batu Tak Dipecahkan	17	23	33	40	Silinder	
	Batu Pecah	19	27	37	45		
Semen <i>Portland</i> Tipe II, V	Batu Tak Dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu Pecah	25	32	45	54		
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu Tak Dipecahkan	21	28	38	44	Silinder	
	Batu Pecah	25	33	44	48		
	Batu Tak Dipecahkan	25	31	46	53	Kubus	
	Batu Pecah	3	40	53	60		

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

7. Dari tabel diatas untuk agregat kasar batu pecah dan menggunakan semen Portland tipe I, kekuatan tekan beton umur 28 hari, diharapkan dengan faktor air semen 0,5 adalah 37 Mpa, nilai ini akan dibuat acuan untuk membuat dan menentukan faktor air semen pada tabel berikut:



Gambar 4. 21 Faktor Air Semen
(Sumber ; SNI 03 – 2843 – 2000)

Dari titik kekuatan tekan 37 Mpa tarik garis hingga memotong garis tengah yang menunjukkan faktor air semen 0,50. Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva disebelah atas c_{10} sebelah bawahnya (garis putus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang (dalam hal

ini 33,3 Mpa) tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi. Dari titik potong ini, tarik garis tegak kebawah hingga memotong sumbu x dan diperoleh faktor air semen sebesar 0,53

8. Faktor air semen diperoleh dari SNI 03 – 2834 – 2000 yang diketahui sebesar 0,6

Tabel 4. 35 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

4 Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m ³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Minimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. keadaan keliling non-korosif disebabkan	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari dalam tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

9. Nilai slump yang direncanakan sebesar 562 cm. Di karena kan beton yang direncanakan akan digunakan untuk plat, balok, kolom, dan dinding dengan nilai berkisar 7,5 cm – 15 cm.

Tabel 4. 36 Penetapan Nilai Adukan Slump Untuk Pekerjaan Pembetonan

Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan kontruksi dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber; PBI 1971)

10. Ukuran agregat maksimum diperoleh dari hasil percobaan pengujian pada analisa saringan agregat kasar yang mendapatkan nilai maksimum 40 mm.
11. Kadar air bebas diperoleh berdasarkan ukuran agregat maksimum, nilai slump, dan jenis agregat.

Tabel 4. 37 Kadar Air Bebas Yang Diperoleh Berdasarkan Slump, Ukuran Agregat, dan Jenis Agregat

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

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

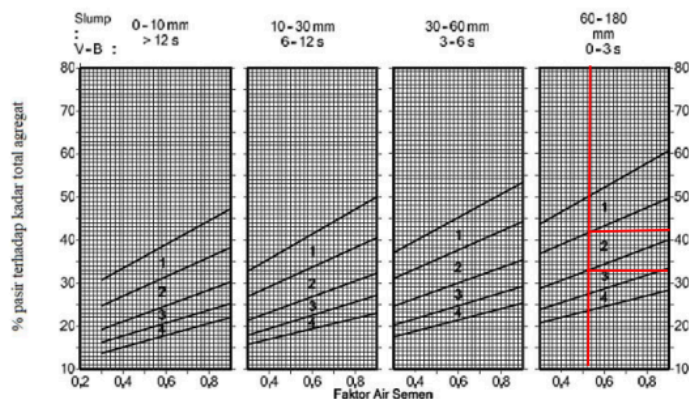
Berdasarkan SNI-03-2834-2000, agregat (tak di pecah dan dipecah) dihitung menurut rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Air bebas} &= \left(\frac{2}{3} \times Wh\right) + \left(\frac{1}{3} \times Wk\right) \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 175\right) + \left(\frac{1}{3} \times 205\right) \\ &= 185 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

12. Kadar semen diperoleh dari perhitungan hasil pembagian kadari air bebas dengan nilai faktor air semen yang terkecil.

$$\begin{aligned}\text{Kadar semen} &= \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{FAS}} \\ &= \frac{185}{0,53} \\ &= 349,59 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

13. Kadar semen minimum diperoleh dari tabel 4.35 yaitu sebesar 275 kg/m³
14. Susunan butir agregat halus berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus yang masuk kedalam zona II.
15. Persen agregat halus menggunakan grafik pada gambar 4.5 mengenai persen agregat halus, dengan mendapatkan nilai ukuran butir agregat maksimum 40 mm, slump 60-180, FAS 0,53 dan agregat halus termasuk kedalam zona II, maka akan di dapat 2 garis mendatar sehingga didapatkan persen agregat halus antara 33% - 42%. Diambil 35%. Persentase agregat halus diketahui melalui grafik:



Gambar 4. 22 Persen pasir terhadap kadar total dari agregat yang disarankan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

16. Berat jenis agregat gabungan merupakan berat isi gabungan antara agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 4. 38 Tabel Perhitungan Berat Jenis

Hasil Pengujian Bahan	Agregat Halus (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat Kasar Batu Kapur (%)
Berat jenis	2,52	2,7	2,55

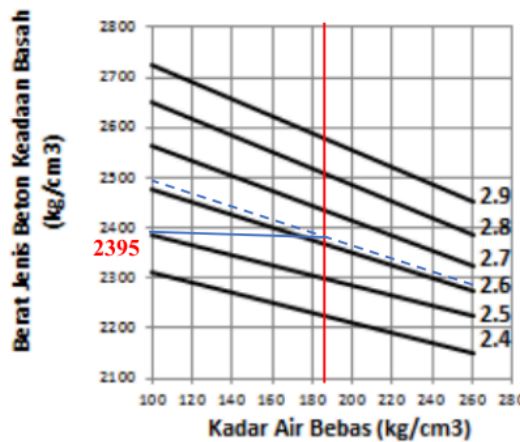
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Perhitungan berat jenis agregat gabungan adalah sebagai berikut:

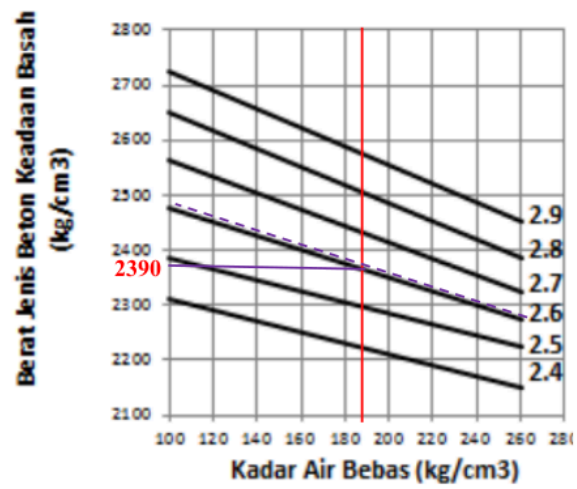
BJ agregat = (berat isi agregat halus x % agregat halus) + (berat jenis agregat kasar x % agregat kasar) + (berat jenis agregat batu kapur x % agregat batu kapur)

- Campuran 0% batu kapur = $(2,52 \times 35\%) + (2,7 \times 65\%) + (2,55 \times 0\%) = 2,63$
- Campuran 25% batu kapur = $(2,52 \times 35\%) + (2,7 \times (65\% - 25\% \times 65\%)) + (2,55 \times 65\% \times 25\%) = 2,605$
- Campuran 50% batu kapur = $(2,52 \times 35\%) + (2,7 \times (65\% - 50\% \times 65\%)) + (2,55 \times 65\% \times 50\%) = 2,581$
- Campuran 75% batu kapur = $(2,52 \times 35\%) + (2,7 \times (65\% - 75\% \times 65\%)) + (2,55 \times 65\% \times 75\%) = 2,55$
- Campuran 100% batu kapur = $(2,52 \times 35\%) + (2,7 \times 0\%) + (2,55 \times 65\%) = 2,53$

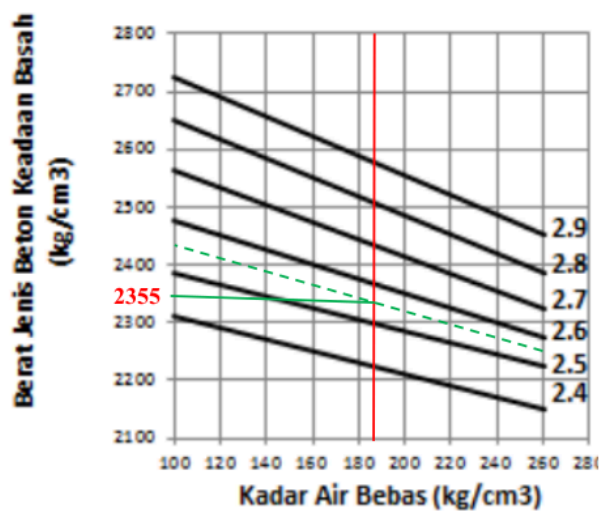
17. Mencari nilai berat jenis beton yang didapatkan dari menarik garis pada grafik berat jenis beton dan kadar air bebas.



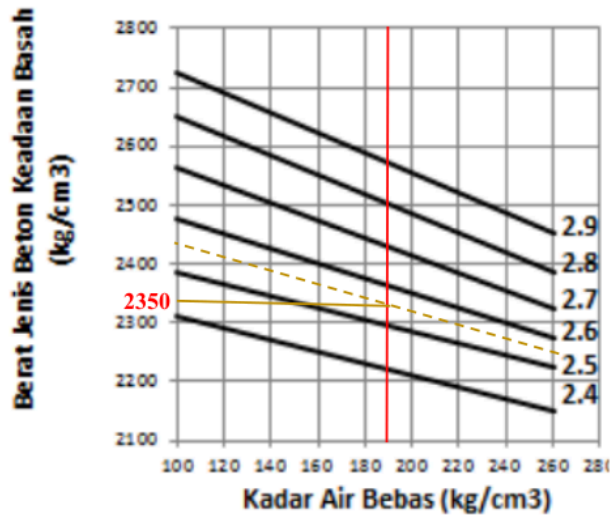
Gambar 4. 23 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 0%
(Sumber ; SNI 03 - 2834 - 2000)



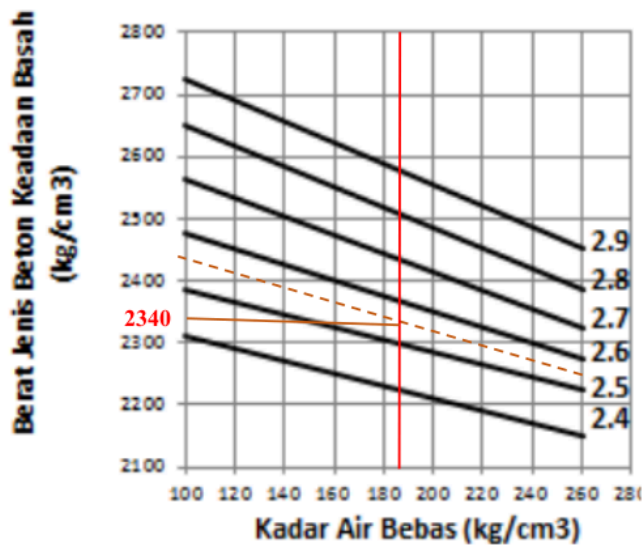
Gambar 4. 24 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 25%
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 4. 25 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 50%
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 4. 26 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 75%
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)



Gambar 4. 27 Grafik Berat Jenis Beton Campuran 100%
(Sumber ; SNI 03 – 2834 – 2000)

Dari analisa grafik diatas, maka didapatkan hasil berat jenis beton :

- a. Berat jenis campuran 0% batu kapur = 2395 kg/m^3
- b. Berat jenis campuran 25% batu kapur = 2390 kg/m^3
- c. Berat jenis campuran 50% batu kapur = 2355 kg/m^3
- d. Berat jenis campuran 75% batu kapur = 2350 kg/m^3
- e. Berat jenis campuran 100% batu kapur = 2345 kg/m^3

18. Menghitung berat agregat gabungan

Berat agregat gabungan = berat jenis beton – kadar semen – kadar air bebas

- a. Campuran 0% batu kapur = $2395 - 349,59 - 185 = 1860,4 \text{ kg/m}^3$
- b. Campuran 25% batu kapur = $2390 - 349,59 - 185 = 1855,4 \text{ kg/m}^3$
- c. Campuran 50% batu kapur = $2355 - 349,59 - 185 = 1820,4 \text{ kg/m}^3$
- d. Campuran 75% batu kapur = $2350 - 349,59 - 185 = 1815,4 \text{ kg/m}^3$
- e. Campuran 100% batu kapur = $2345 - 349,59 - 185 = 1810,4 \text{ kg/m}^3$

19. Menghitung berat agregat halus

Berat agregat halus = % agregat halus \times agregat gabungan

- a. Campuran 0% batu kapur = $35\% \times 1860,4 = 651,14 \text{ kg/m}^3$
- b. Campuran 25% batu kapur = $35\% \times 1855,4 = 649,39 \text{ kg/m}^3$
- c. Campuran 50% batu kapur = $35\% \times 1820,4 = 637,14 \text{ kg/m}^3$
- d. Campuran 75% batu kapur = $35\% \times 1815,4 = 635,39 \text{ kg/m}^3$
- e. Campuran 100% batu kapur = $35\% \times 1810,4 = 633,64 \text{ kg/m}^3$

20. Menghitung berat agregat batu kapur

Berat agregat batu kapur = % campuran batu kapur \times (berat agregat gabungan – berat agregat halus)

- a. Campuran 0% batu kapur = $0\% \times (1860,4 - 651,14) = 0,00 \text{ kg/m}^3$
- b. Campuran 25% batu kapur = $25\% \times (1855,4 - 649,39) = 301,5 \text{ kg/m}^3$
- c. Campuran 50% batu kapur = $50\% \times (1820,4 - 637,14) = 591,63 \text{ kg/m}^3$
- d. Campuran 75% batu kapur = $75\% \times (1815,4 - 635,39) = 885 \text{ kg/m}^3$
- e. Campuran 100% batu kapur = $100\% \times (1810,4 - 633,64) = 1176,76 \text{ kg/m}^3$

21. Menghitung berat agregat kasar

Berat agregat kasar = agregat gabungan – agregat halus – agregat batu kapur

- a. Campuran 0% batu kapur = $1860,4 - 651,14 - 0 = 1209,26 \text{ kg/m}^3$
- b. Campuran 25% batu kapur = $1855,4 - 649,39 - 301,5 = 904,51 \text{ kg/m}^3$
- c. Campuran 50% batu kapur = $1820,4 - 637,14 - 591,63 = 591,63 \text{ kg/m}^3$
- d. Campuran 75% batu kapur = $1815,4 - 635,39 - 885 = 295,01 \text{ kg/m}^3$
- e. Campuran 100% batu kapur = $1810,4 - 633,64 - 1176,76 = 0 \text{ kg/m}^3$

22. Menghitung Agregat, Semen, dan Air secara aktual

Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Resapan dan Kelembapan

Hasil Pengujian Bahan	Agregat Halus (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat Kasar Batu Kapur (%)
Resapan	1,73	1,88	2,35
Kelembapan	3,52	0,91	1,11

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

$$\text{Resapan pasir} - \text{kelembapan pasir} = 1,73 - 3,52 = -1,79\%$$

$$\text{Resapan kerikil} - \text{kelembapan kerikil} = 1,88 - 0,91 = 0,97\%$$

$$\text{Resapan batu kapur} - \text{kelembapan batu kapur} = 2,35 - 1,11 = 1,24\%$$

- Koreksi Pasir = $\frac{\text{resapan pasir} - \text{kelembapan pasir}}{100} \times \text{agregat halus teoritis}$
 - a. Campuran 0% batu kapur = $\frac{1,73 - 3,52}{100} \times 651,14 = -11,65$
 - b. Campuran 25% batu kapur = $\frac{1,73 - 3,52}{100} \times 649,39 = -11,62$
 - c. Campuran 50% batu kapur = $\frac{1,73 - 3,52}{100} \times 637,14 = -11,40$
 - d. Campuran 75% batu kapur = $\frac{1,73 - 3,52}{100} \times 635,39 = -11,37$
 - e. Campuran 100% batu kapur = $\frac{1,73 - 3,52}{100} \times 633,64 = -11,34$
- Koreksi kerikil = $\frac{\text{resapan kerikil} - \text{kelembapan kerikil}}{100} \times \text{agregat kasar teoritis}$
 - a. Campuran 0% batu kapur = $\frac{1,88 - 0,91}{100} \times 1209,26 = 11,73$
 - b. Campuran 25% batu kapur = $\frac{1,88 - 0,91}{100} \times 904,51 = 8,78$
 - c. Campuran 50% batu kapur = $\frac{1,88 - 0,91}{100} \times 591,63 = 5,73$
 - d. Campuran 75% batu kapur = $\frac{1,88 - 0,91}{100} \times 295,01 = 2,86$
 - e. Campuran 100% batu kapur = $\frac{1,88 - 0,91}{100} \times 0 = 0$
- Koreksi batu kapur = $\frac{\text{resapan batu kapur} - \text{kelembapan batu kapur}}{100} \times \text{batu kapur teoritis}$
 - a. Campuran 0% batu kapur = $\frac{2,35 - 1,11}{100} \times 0 = 0$
 - b. Campuran 25% batu kapur = $\frac{2,35 - 1,11}{100} \times 301,5 = 3,73$
 - c. Campuran 50% batu kapur = $\frac{2,35 - 1,11}{100} \times 591,63 = 7,33$

$$\begin{aligned} \text{d. Campuran 75\% batu kapur} &= \frac{2,35 - 1,11}{100} \times 885 &&= 10,97 \\ \text{e. Campuran 100\% batu kapur} &= \frac{2,35 - 1,11}{100} \times 1176,76 &&= 14,59 \end{aligned}$$

23. Menghitung agregat, air, dan semen secara aktual

- Kebutuhan agregat halus = berat agregat halus teoritis – berat agregat halus terkoreksi
 - a. Campuran 0% batu kapur = $651,14 - (-11,65)$ = 662,79
 - b. Campuran 25% batu kapur = $649,39 - (-11,62)$ = 661,01
 - c. Campuran 50% batu kapur = $637,14 - (-11,40)$ = 648,54
 - d. Campuran 75% batu kapur = $635,39 - (-11,37)$ = 646,76
 - e. Campuran 100% batu kapur = $633,64 - (-11,34)$ = 644,98
- Kebutuhan agregat kasar = berat kerikil teoritis – berat kerikil terkoreksi
 - a. Campuran 0% batu kapur = $1209,26 - 11,73$ = 1197,53
 - b. Campuran 25% batu kapur = $905,51 - 8,78$ = 895,73
 - c. Campuran 50% batu kapur = $591,63 - 5,73$ = 585,9
 - d. Campuran 75% batu kapur = $295,01 - 2,86$ = 292,15
 - e. Campuran 100% batu kapur = $0 - 0$ = 0
- Kebutuhan agregat batu kapur = berat agregat batu kapur teoritis – berat agregat batu kapur terkoreksi
 - a. Campuran 0% batu kapur = $0 - 0$ = 0
 - b. Campuran 25% batu kapur = $301,5 - 3,73$ = 297,77
 - c. Campuran 50% batu kapur = $591,63 - 7,33$ = 584,3
 - d. Campuran 75% batu kapur = $885 - 10,97$ = 874,03
 - e. Campuran 100% batu kapur = $1176,76 - 14,59$ = 1162,17
- Kebutuhan air = berat air teoritis + berat pasir terkoreksi + berat kerikil terkoreksi + berat agregat batu kapur terkoreksi
 - a. Campuran 0% batu kapur = $185 + (-11,65) + 11,73 + 0$ = 185,08
 - b. Campuran 25% batu kapur = $185 + (-11,62) + 8,78 + 3,73$ = 185,89
 - c. Campuran 50% batu kapur = $185 + (-11,40) + 5,73 + 7,33$ = 186,66
 - d. Campuran 75% batu kapur = $185 + (-11,37) + 2,86 + 10,97$ = 187,46
 - e. Campuran 100% batu kapur = $185 + (-11,34) + 0 + 14,59$ = 188,25

24. Kontrol

Air + Pasir + Kerikil + Batu Kapur (*before adjustment*) = Air + Pasir + Kerikil + Batu Kapur (*after adjustment*)

a. Campuran 0% batu kapur

$$\text{Before adjustment} = 185 + 651,14 + 1209,26 + 0 = 2045,4$$

$$\text{After adjustment} = 185,08 + 662,79 + 1197,53 + 0 = 2045,4 \text{ (OK)}$$

b. Campuran 25% batu kapur

$$\text{Before adjustment} = 185 + 649,39 + 904,61 + 301,5 = 2041,5$$

$$\text{After adjustment} = 185,89 + 661,01 + 895,73 + 297,77 = 2041,5 \text{ (OK)}$$

c. Campuran 50% batu kapur

$$\text{Before adjustment} = 185 + 637,14 + 591,63 + 591,63 = 2005,4$$

$$\text{After adjustment} = 186,66 + 648,54 + 585,9 + 584,3 = 2005,4 \text{ (OK)}$$

d. Campuran 75% batu kapur

$$\text{Before adjustment} = 185 + 635,39 + 295,01 + 885 = 2000,4$$

$$\text{After adjustment} = 187,46 + 646,76 + 292,15 + 874,03 = 2000,4 \text{ (OK)}$$

e. Campuran 0% batu kapur

$$\text{Before adjustment} = 185 + 633,64 + 0 + 1176,76 = 1995,4$$

$$\text{After adjustment} = 188,25 + 644,98 + 0 + 1162,17 = 1995,4 \text{ (OK)}$$

25. Menghitung Volume Benda Uji

a. Benda uji 10 cm × 20 cm

$$\text{Volume cetakan} = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times t = \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 \times 0,2 = 0,00157 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah sampel} = 2$$

$$\text{Volume total} = 2 \times 0,00157 \text{ m}^3 = 0,00314 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka kemanan} = 1,5$$

$$= 1,5 \times 0,00314 = 0,00471 \text{ m}^3$$

b. Benda uji 15 cm × 30 cm

$$\text{Volume cetakan} = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times t = \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah sampel} = 3$$

$$\text{Volume total} = 3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 0,01589 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka kemanan} = 1,5$$

$$= 1,5 \times 0,01589 = 0,0238 \text{ m}^3$$

26. Menghitung kebutuhan bahan yang diperlukan untuk benda uji berbentuk silinder berukuran 10 cm × 20 cm sebanyak 2 buah.

a. Campuran 0%

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 662,79 \times 0,00471 = 3,12 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 1197,53 \times 0,00471 = 5,64 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 0 \times 0,00471 = 0 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,08 \times 0,00471 = 0,87 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Campuran 25%

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 661,01 \times 0,00471 = 3,11 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 896,73 \times 0,00471 = 4,22 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 297,77 \times 0,00471 = 1,40 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,89 \times 0,00471 = 0,88 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Campuran 50%

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 648,54 \times 0,00471 = 3,05 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 585,9 \times 0,00471 = 2,76 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 584,3 \times 0,00471 = 2,75 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 186,66 \times 0,00471 = 0,88 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

d. Campuran 75%

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 646,76 \times 0,00471 = 3,05 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 292,15 \times 0,00471 = 1,38 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 874,03 \times 0,00471 = 4,12 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 187,46 \times 0,00471 = 0,88 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,65\end{aligned}$$

e. Campuran 100%

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 644,98 \times 0,00471 = 3,04 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 0 \times 0,00471 = 0 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 1162,17 \times 0,00471 = 5,47 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 188,25 \times 0,00471 = 0,88 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tabel 4. 40 Kebutuhan Bahan Untuk Cetakan 10 cm x 20 cm

Persentase Campuran Batu Kapur	Agregat			Semen (kg)	Air (kg)
	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Batu kapur (kg)		
0%	3,12	5,64	0,00	1,65	0,87
25%	3,11	4,22	1,40	1,65	0,88
50%	3,05	2,76	2,75	1,65	0,88
75%	3,05	1,38	4,12	1,65	0,88
100%	3,04	0,00	5,47	1,65	0,89

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

27. Menghitung kebutuhan bahan yang diperlukan untuk benda uji berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm sebanyak 3 buah.

a. Campuran 0%

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 662,79 \times 0,0238 = 15,78 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 1197,53 \times 0,0238 = 28,50 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 0 \times 0,0238 = 0 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,08 \times 0,0238 = 4,40 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,0238 = 8,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Campuran 25%

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 661,01 \times 0,0238 = 15,73 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 896,73 \times 0,0238 = 21,34 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 297,77 \times 0,0238 = 7,09 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,89 \times 0,0238 = 4,42 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,0238 = 8,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Campuran 50%

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 648,54 \times 0,0238 = 15,44 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 585,9 \times 0,0238 = 13,94 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 584,3 \times 0,0238 = 13,91 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 186,66 \times 0,0238 = 4,44 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,0238 = 8,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Campuran 75%

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 646,76 \times 0,0238 = 15,39 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 292,15 \times 0,0238 = 6,95 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 874,03 \times 0,0238 = 20,80 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 187,46 \times 0,0238 = 4,46 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,0238 = 8,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Campuran 100%

$$\text{Pasir} = 644,98 \times 0,0238 = 15,35 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0 \times 0,0238 = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur} = 1162,17 \times 0,0238 = 27,66 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 188,25 \times 0,0238 = 4,48 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 349,59 \times 0,0238 = 8,32 \text{ kg}$$

Tabel 4. 41 Kebutuhan Bahan Untuk Cetakan 15 cm x 30 cm

Persentase Campuran Batu Kapur	Agregat			Semen (kg)	Air (kg)
	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Batu kapur (kg)		
0%	15,78	28,50	0,00	8,32	4,40
25%	15,73	21,34	7,09	8,32	4,42
50%	15,44	13,94	13,91	8,32	4,44
75%	15,39	6,95	20,80	8,32	4,46
100%	15,35	0,00	27,66	8,32	4,48

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

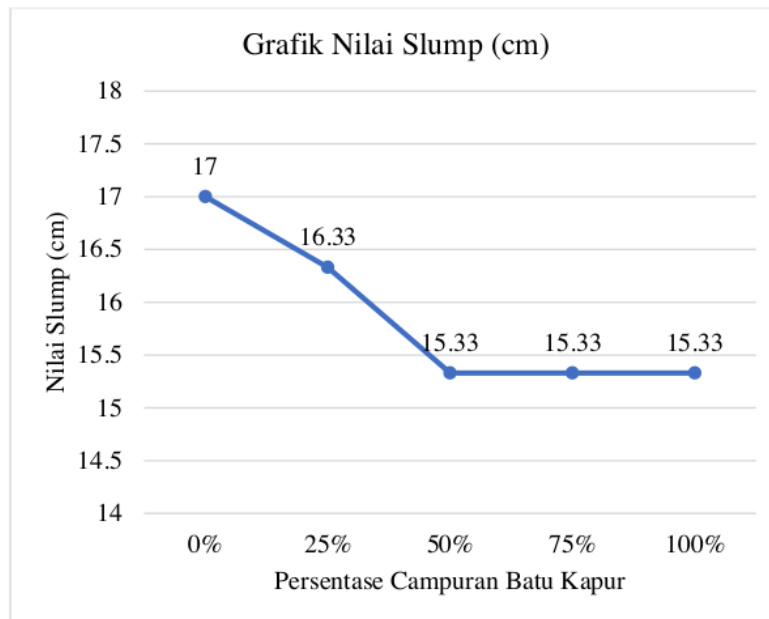
4.7 Hasil Slump Test

Untuk mengetahui *workability* dari campuran beton yang telah direncanakan, maka harus dilakukan uji nilai *slump* pada beton segar. Hasil dari pengujian *slump* sebagai berikut:

Tabel 4. 42 Hasil Tes Pengujian Slump Beton

Nama Sampel		Tinggi Awal (cm)	Tinggi Awal (cm)	Nilai Slump (cm)	Rata - Rata Slump (cm)
0%	7 Hari	30	13	17	17
	14 Hari	30	14	16	
	28 Hari	30	12	18	
25%	7 Hari	30	13	17	16,33
	14 Hari	30	14	16	
	28 Hari	30	14	16	
50%	7 Hari	30	14	16	15,33
	14 Hari	30	15	15	
	28 Hari	30	15	15	
75%	7 Hari	30	15	15	15,33
	14 Hari	30	14	16	
	28 Hari	30	15	15	
100%	7 Hari	30	16	14	15,33
	14 Hari	30	14	16	
	28 Hari	30	14	16	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 28 Grafik Hasil Nilai Slump
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Dari grafik yang telah disajikan diatas, dapat dilihat bahwasanya nilai slump pada beton normal tanpa batu kapur mengalami penurunan seiring penamabahan variasi batu kapur. Pada beton variasi batu kapur 0% didapatkan nilai slump rata – rata sebesar 17 cm, dilanjutkan pada beton variasi batu kapur sebesar 25% mengalami penurunan nilai slump rata – rata yang menghasilkan nilai 16,33 cm. Selanjutnya pada beton variasi batu kapur 50%, 75%, dan 100% memiliki nilai slump rata – rata yang sama yaitu 15,33 cm. Namun penurunan nilai slump tidak terlampau terlalu jauh sehingga penggunaan batu kapur masih baik untuk digunakan pada campuran beton. Sesuai dengan peraturan SNI 03 – 2845 – 2000 nilai slump yang diatur untuk pekerjaan plat (lantai), balok, kolom, dinding sebesar 15 cm.

Berdasarkan grafik tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Alhozaimy & Abdulrahman M., 2009) bahwasannya semakin banyak batu kapur yang ditambahkan pada campuran beton maka nilai slump akan semakin turun dikarenakan sifat batu kapur yang menyerap kelebihan air dan hilang akibat hidrasi atau penguapan yang terdapat dalam beton sehingga nilai slump semakin lama semakin turun.

4.8 Berat Isi

Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis } (\rho) : \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Basah

Nama Sampel	Volume Silinder (m ³)	Berat Silinder + Beton (kg)	Berat Silinder (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	
0%	7-1	0,0053	22,9	10	2433,962	2421,384	2452,83
	7-2	0,0053	22,4	10	2339,623		
	7-3	0,0053	23,2	10	2490,566		
	14-1	0,0053	23	10	2452,83	2465,409	
	14-2	0,0053	22,8	10	2415,094		
	14-3	0,0053	23,4	10	2528,302		
	28-1	0,0053	22,9	10	2433,962	2471,698	
	28-2	0,0053	23,2	10	2490,566		
	28-3	0,0053	23,2	10	2490,566		
25%	7-1	0,0053	22,4	10	2339,623	2415,094	2406,709
	7-2	0,0053	23	10	2452,83		
	7-3	0,0053	23	10	2452,83		
	14-1	0,0053	22,4	10	2339,623	2389,937	
	14-2	0,0053	22,4	10	2339,623		
	14-3	0,0053	23,2	10	2490,566		
	28-1	0,0053	23	10	2452,83	2415,094	
	28-2	0,0053	22,6	10	2377,358		
	28-3	0,0053	22,8	10	2415,094		
50%	7-1	0,0053	22,2	10	2301,887	2339,623	2379,455
	7-2	0,0053	22,4	10	2339,623		
	7-3	0,0053	22,6	10	2377,358		
	14-1	0,0053	22,6	10	2377,358	2371,069	
	14-2	0,0053	22,3	10	2320,755		
	14-3	0,0053	22,8	10	2415,094		
	28-1	0,0053	22,4	10	2339,623	2427,673	
	28-2	0,0053	23,2	10	2490,566		
	28-3	0,0053	23	10	2452,83		

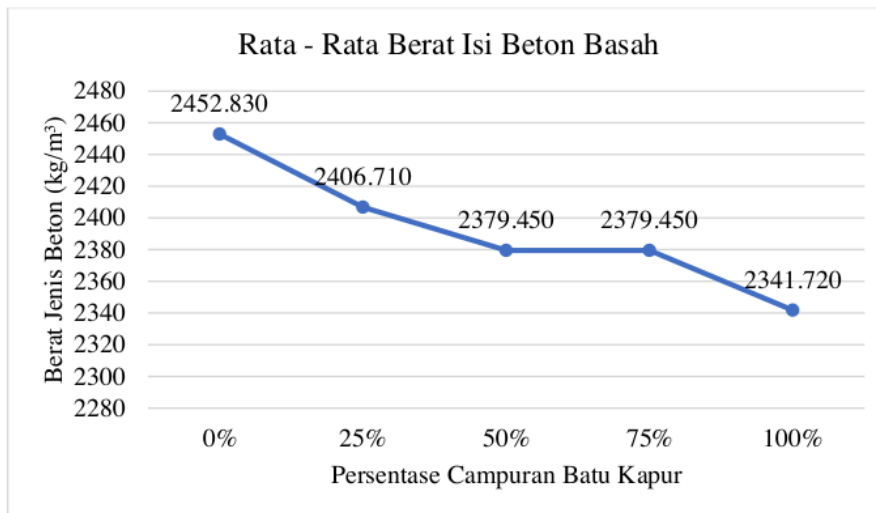
Hasil Pengujian Berat Isi Beton Basah Lanjutan

Nama Sampel	Volume Silinder (m ³)	Berat Silinder + Beton (kg)	Berat Silinder (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	
75%	7-1	0,0053	22,6	10	2377,358	2339,623	2379,455
	7-2	0,0053	22,4	10	2339,623		
	7-3	0,0053	22,2	10	2301,887		
	14-1	0,0053	22,2	10	2301,887	2352,201	
	14-2	0,0053	22,2	10	2301,887		
	14-3	0,0053	23	10	2452,83	2446,541	
	28-1	0,0053	23,3	10	2509,434		
	28-2	0,0053	22,8	10	2415,094		
	28-3	0,0053	22,8	10	2415,094		
100%	7-1	0,0053	22,4	10	2339,623	2301,887	2341,719
	7-2	0,0053	22	10	2264,151		
	7-3	0,0053	22,2	10	2301,887		
	14-1	0,0053	22,8	10	2415,094	2402,516	
	14-2	0,0053	22,6	10	2377,358		
	14-3	0,0053	22,8	10	2415,094	2320,755	
	28-1	0,0053	22,4	10	2339,623		
	28-2	0,0053	22,4	10	2339,623		
	28-3	0,0053	22,1	10	2283,019		

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Contoh perhitungan berat isi beton basah:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Beton Basah} &= \frac{\text{Berat Silinder dan Beton} - \text{Berat Silinder}}{\text{Volume Silinder}} \\
 &= \frac{22,9 - 10}{0,0053} = 2433,962 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 29 Grafik Rata - Rata Berat Isi Beton Basah

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Dari hasil pengujian berat Isi beton basah yang ditunjukkan pada grafik di atas, dapat dilihat pada persentase batu kapur 0% memiliki rata – rata berat isi yang paling berat yaitu di angka 2452,83 kg/m³. Selanjutnya pada persentase campuran batu kapur 25% mengalami penurunan rata – rata berat isi di angka 2406,710 kg/m³. Kemudian pada persentase campuran batu kapur 50% dan 75% memiliki rata – rata berat isi yang hampir sama yaitu di 2379,45 kg/m³. Dan pada persentase campuran 100% mengalami penurunan rata – rata berat isi yaitu di angka 2341,72 kg/m³. Sesuai dengan peraturan yang terdapat pada SNI 03 – 2847 – 2002 tabel 10 yang menyatakan bahwa berat isi beton normal berada pada kisaran 2200 kg/m³ – 2500 kg/m³

Tabel 4. 44 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering

Nama Sampel		Volume Silinder (m ³)	Berat Kering Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)
0%	7-1	0,0053	12,800	2415,094	2429,56	2426,331
	7-2	0,0053	12,915	2436,792		
	7-3	0,0053	12,915	2436,792		
	14-1	0,0053	12,762	2407,925	2425,597	
	14-2	0,0053	12,790	2413,208		
	14-3	0,0053	13,015	2455,66		
	28-1	0,0053	12,885	2431,132	2423,836	
	28-2	0,0053	12,824	2419,623		
	28-3	0,0053	12,830	2420,755		
25%	7-1	0,0053	12,788	2412,83	2420,377	2395,157
	7-2	0,0053	12,973	2447,736		
	7-3	0,0053	12,723	2400,566		
	14-1	0,0053	12,578	2373,208	2376,038	
	14-2	0,0053	12,619	2380,943		
	14-3	0,0053	12,582	2373,962		
	28-1	0,0053	12,829	2420,566	2389,057	
	28-2	0,0053	12,598	2376,981		
	28-3	0,0053	12,559	2369,623		
50%	7-1	0,0053	12,460	2350,943	2361,887	2377,945
	7-2	0,0053	12,533	2364,717		
	7-3	0,0053	12,561	2370		
	14-1	0,0053	12,511	2360,566	2368,05	
	14-2	0,0053	12,422	2343,774		
	14-3	0,0053	12,719	2399,811		
	28-1	0,0053	12,719	2399,811	2403,899	
	28-2	0,0053	12,615	2380,189		
	28-3	0,0053	12,888	2431,698		

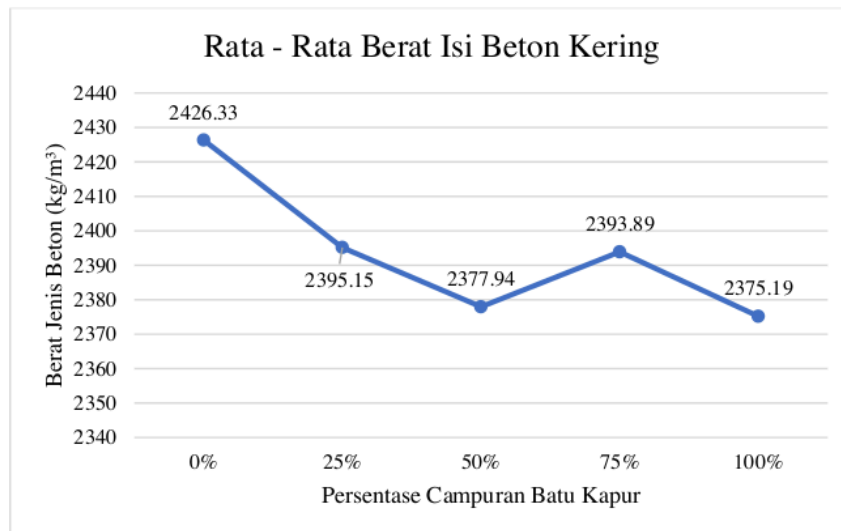
Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Lanjutan

Nama Sampel		Volume Silinder (m ³)	Berat Kering Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Isi (kg/m ³)
75%	7-1	0,0053	12,694	2395,094	2379,748	2393,899
	7-2	0,0053	12,639	2384,717		
	7-3	0,0053	12,505	2359,434		
	14-1	0,0053	12,634	2383,774	2401,195	
	14-2	0,0053	12,838	2422,264		
	14-3	0,0053	12,707	2397,547		
	28-1	0,0053	12,775	2410,377	2400,755	
	28-2	0,0053	12,770	2409,434		
	28-3	0,0053	12,627	2382,453		
100%	7-1	0,0053	12,544	2366,792	2377,61	2375,199
	7-2	0,0053	12,602	2377,736		
	7-3	0,0053	12,658	2388,302		
	14-1	0,0053	12,563	2370,377	2375,912	
	14-2	0,0053	12,678	2392,075		
	14-3	0,0053	12,536	2365,283		
	28-1	0,0053	12,663	2389,245	2372,075	
	28-2	0,0053	12,549	2367,736		
	28-3	0,0053	12,504	2359,245		

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Contoh perhitungan berat isi beton kering:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Beton Basah} &= \frac{\text{Berat Kering Beton}}{\text{Volume Silinder}} \\
 &= \frac{12,800}{0,0053} = 2415,094 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$



*Gambar 4. 30 Grafik Rata - Rata Berat Isi Beton Kering
(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)*

Pada hasil dari pengujian rata – rata berat jenis beton kering pada grafik diatas pada campuran batu kapur 0% menghasilkan rata – rata berat jenis kering sebesar 2426,33 kg/m³. Selanjutnya pada persentase campuran 25% dan 50% mengalami penurunan rata – rata berat jenis kering sebesar 2395,15 kg/m³ dan 2377,94 kg/m³. Namun pada persentase batu kapur 75% mengalami kenaikan rata – rata berat jenis kering sebesar 2393,89 kg/m³. Kemudian pada persentase campuran batu kapur 100% kembali mengalami penurunan menjadi 2375,19 kg/m³. Dan pada persentase campuran 100% mengalami penurunan rata – rata berat jenis yaitu di angka 2341,72 kg/m³. Sesuai dengan peraturan yang terdapat pada SNI 03 – 2847 – 2002 tabel 8 yang menyatakan bahwa berat isi beton normal berada pada kisaran 2200 kg/m³ – 2500 kg/m³.

4.9 Kuat Tekan Beton

Berikut hasil dari kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari

Tabel 4. 45 Hasil Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

Nama Sampel	Umur	Penampang Silinder	Beban max	Kuat Tekan	Rata - rata kuat tekan
		mm ²	N	N/mm ²	N/mm ²
Batu Kapur 0%	7	17678,59	215820	12,22	12,40
		17678,59	245250	13,89	
		17678,59	196200	11,11	
	14	17678,59	220725	12,50	13,42
		17678,59	245250	13,89	
		17678,59	245250	13,89	
	28	17678,59	245250	13,89	13,89
		17678,59	220725	12,50	
		17678,59	269775	15,27	
Batu Kapur 25%	7	17678,59	147150	8,33	7,87
		17678,59	122625	6,94	
		17678,59	147150	8,33	
	14	17678,59	171675	9,72	9,53
		17678,59	147150	8,33	
		17678,59	186390	10,55	
	28	17678,59	245250	13,89	12,96
		17678,59	196200	11,11	
		17678,59	245250	13,89	
Batu Kapur 50%	7	17678,59	269775	15,27	12,96
		17678,59	269775	15,27	
		17678,59	147150	8,33	
	14	17678,59	220725	12,50	11,11
		17678,59	196200	11,11	
		17678,59	171675	9,72	
	28	17678,59	245250	13,89	14,35
		17678,59	269775	15,27	
		17678,59	245250	13,89	

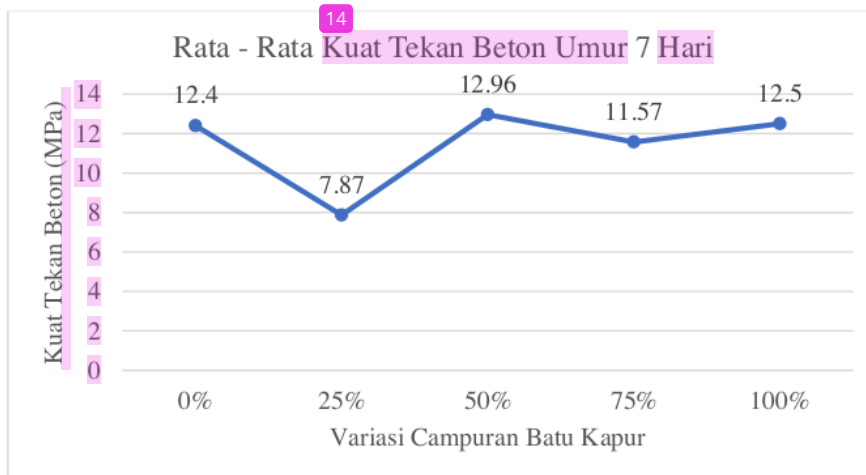
5
 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Lanjutan

Nama Sampel	Umur	Penampang Silinder	Beban max	Kuat Tekan	Rata - rata kuat tekan
		mm ²	N	N/mm ²	N/mm ²
Batu Kapur 75%	7	17678,59	245250	13,89	11,57
		17678,59	196200	11,11	
		17678,59	171675	9,72	
	14	17678,59	171675	9,72	12,03
		17678,59	220725	12,50	
		17678,59	245250	13,89	
	28	17678,59	220725	12,50	12,03
		17678,59	220725	12,50	
		17678,59	196200	11,11	
Batu Kapur 100%	7	17678,59	220725	12,50	12,50
		17678,59	220725	12,50	
		17678,59	220725	12,50	
	14	17678,59	196200	11,11	12,96
		17678,59	269775	15,27	
		17678,59	220725	12,50	
	28	17678,59	171675	9,72	10,65
		17678,59	196200	11,11	
		17678,59	196200	11,11	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Contoh perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned}
 \text{Kekutan Tekan} &= \frac{\text{Berat beban max (N)}}{\text{Penampang Silinder (mm}^2\text{)}} \\
 &= \frac{215820}{17678,59} \\
 &= 12,22 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

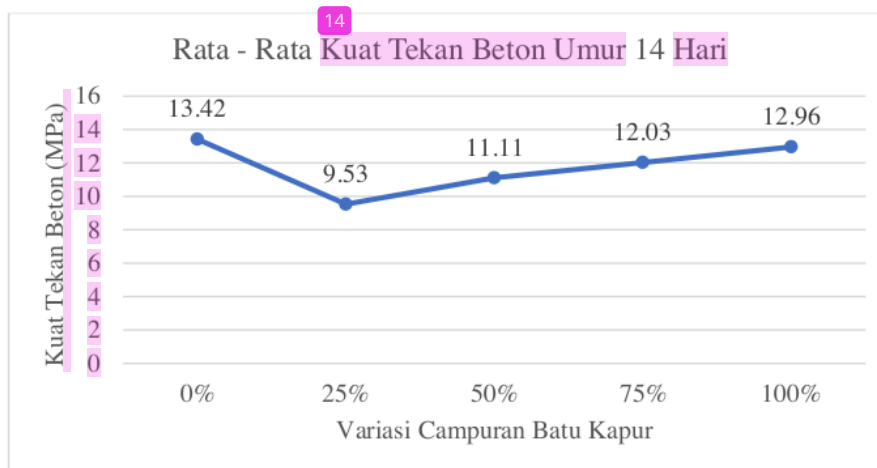


Gambar 4. 31 Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Berdasarkan pengujian pada rata – rata kuat tekan beton umur 7 hari, menghasilkan campuran variasi batu kapur 50% menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi. Pada variasi batu kapur 0% menghasilkan kuat tekan sebesar 12,4 Mpa. Kuat tekan beton mengalami penurunan dari variasi 0% ke 25% yaitu 12,4 Mpa menjadi 7,87 Mpa. Selanjutnya kuat tekan beton kembali mengalami kenaikan yang paling tinggi pada variasi batu kapur 50% yaitu dari 7,87 Mpa ke 12,96 Mpa. Pada variasi batu kapur 75% kuat tekan mengalami penurunan yaitu dari 12,96 Mpa ke 11,57 Mpa. Dan akhirnya pada variasi batu kapur 100% kembali mengalami kenaikan kuat tekan beton dari 11,57 Mpa ke 12,5 Mpa.

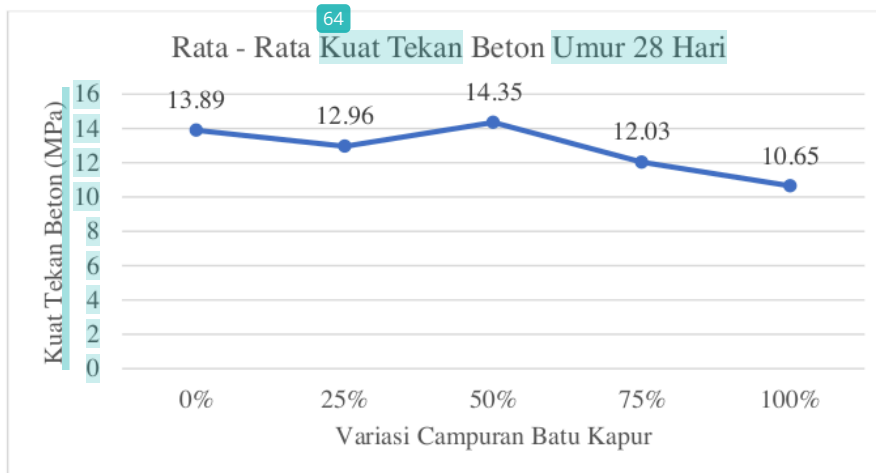
Dari hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Bahri dkk., 2024) yang melakukan penelitian yaitu pemanfaatan batu kapur sebagai substitusi agregat kasar memberikan hasil kuat tekan yang paling maksimum pada variasi batu kapur sebanyak 50%.



Gambar 4. 32 Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada kuat tekan beton umur 14 hari, penambahan variasi batu kapur yang semakin banyak dapat menaikkan kuat tekan walaupun masih dibawah kuat tekan yang tidak mengandung batu kapur sama sekali. Pada variasi batu kapur 0% mendapatkan kuat tekan yang paling tinggi yaitu 13,42 Mpa. Selanjutnya pada variasi batu kapur 25% kuat tekan mengalami penurunan dari 13,42 Mpa menjadi 9,53 Mpa. Lalu terjadi kenaikan kuat tekan dari variasi 25% ke 50% yaitu dari 9,53% menjadi 11,11 Mpa. Selanjutnya pada variasi 75% dan 100% juga kembali mengalami kenaikan kuat tekan yaitu pada 12,03 Mpa dan 12,96 Mpa.



Gambar 4. 33 Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

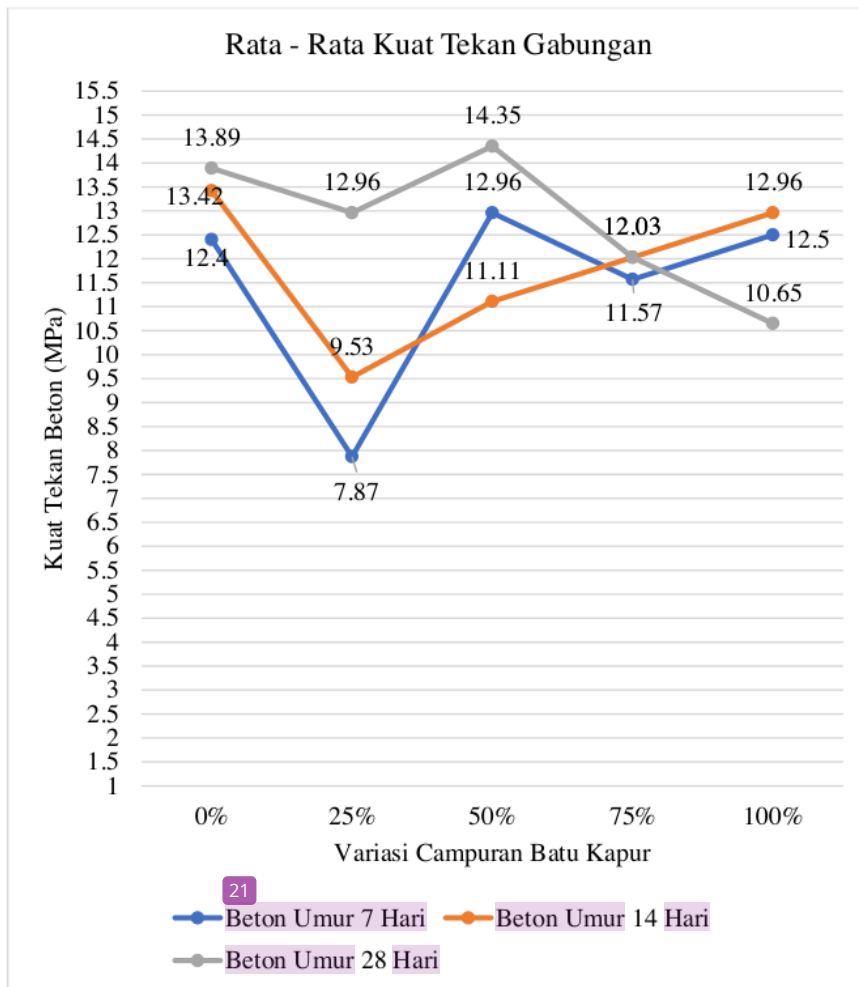
Dari grafik hasil ⁵ pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat disimpulkan bahwasannya pada variasi 50% ⁵ menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi. Pada variasi batu kapur 0% menghasilkan kuat tekan yang sama yaitu sebesar 14,35 Mpa. Selanjutnya kuat tekan beton mengalami penurunan dari variasi campuran batu kapur 0% ke 25% dari 13,89 Mpa menjadi 12,96 Mpa. Dilanjutkan pada variasi 50% kembali mengalami kenaikan kuat tekan yang paling tinggi yang sebelumnya pada variasi 25% adalah 12,96 Mpa menjadi 14,35 Mpa. Namun pada variasi penambahan batu kapur 75% kuat tekan mengalami penurunan dari yang awalnya 14,35 Mpa menjadi 12,03 Mpa. Dan pada variasi 100% melanjutkan mengalami penurunan kuat tekan kembali dari variasi 75% sebesar 12,03 Mpa menjadi 10,65 Mpa.

4.10 Persentase Variasi Batu Kapur Yang Mengasilkan Kuat Tekan Maksimum

Tabel 4. 46 Rekapitulasi Seluruh Data Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari

Nama Sampel	Rata - Rata kuat tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Batu Kapur 0%	12,4	13,42	13,89
Batu Kapur 25%	7,87	9,53	12,96
Batu Kapur 50%	12,96	11,11	14,35
Batu Kapur 75%	11,57	12,03	12,03
Batu Kapur 100%	12,5	12,96	10,65

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 34 Grafik Kuat Tekan Beton Gabungan

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan beton gabungan diatas, pada umur beton 7 hari kuat tekan maksimum yang dihasilkan adalah 12,96 Mpa dengan persentase variasi batu kapur sebanyak 50%. Kuat tekan beton pada variasi 0% adalah 12,4 Mpa lalu pada variasi 25% turun menjadi 7,87 Mpa lalu naik pada variasi 50% menjadi 12,96 Mpa dilanjutkan mengalami penurunan pada variasi 75% menjadi 11,57 mpa dan naik sedikit pada variasi 100% menjadi 12,5 Mpa. Pada umur beton 14 hari kuat tekan maksimum justru dihasilkan dari variasi batu kapur 0% yaitu 13,42

Mpa. Kuat tekan pada variasi 0% menghasilkan 13,42 Mpa lalu mengalami penurunan pada variasi 25% menjadi 9,53 Mpa selanjutnya mengalami kenaikan kuat tekan seiring dengan penambahan batu kapur pada variasi 50%, 75%, dan 100% pada 11,11 Mpa; 12,03 Mpa; dan 12,96 Mpa. Pada umur beton 28 hari kuat tekan maksimum berada pada variasi 50% yaitu 14,35 Mpa. Pada variasi 0% kuat tekan beton adalah 13,89 Mpa lalu mengalami penurunan pada 25% menjadi 12,96 Mpa selanjutnya kuat tekan beton meningkat paling maksimum pada variasi 50% yaitu 14,35 dilanjutkan mengalami penurunan kuat tekan beton pada variasi 75% dan 100% diangka 12,03 Mpa dan 10,65 Mpa.

Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwasannya kuat tekan beton yang maksimal berada pada variasi batu kapur 50% di umur 28 hari yaitu 14,35 Mpa. Beton pada variasi campuran batu kapur 50% dari daerah sampung, ponorogo ini dapat digunakan karena dapat meningkatkan kuat tekan beton dari campuran variasi batu kapur 25% dan memiliki nilai kuat tekan tertinggi dari variasi 75% dan 100%. Hal ini disebabkan karena pada persentase 50% variasi capuran batu kapur mengalami komposisi yang optimal. Didukung dengan kondisi batu kapur yang memiliki sifat keausan yang lebih rendah sebesar 24,53% daripada batu pecah biasa sebesar 28,85% yang didapatkan dari pengujian bahan yang dilakukan oleh peneliti, dengan hal ini yang mendorong kuat tekan dapat bekerja secara maksimal pada variasi 50%. Karena dengan sifat bahan yang memiliki nilai keausan/abrasi yang lebih rendah maka batu kapur ini dapat digunakan dalam campuran beton untuk daya tahan yang tinggi (Hasan & Sumiati, 2014)

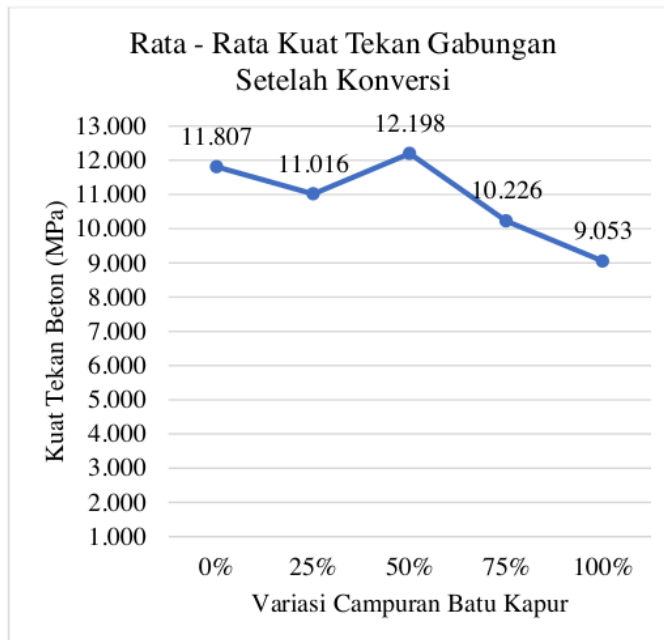
¹⁵ Penelitian ini juga ⁴³alan dengan penelitian – penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Fitriani dkk., 2021) melakukan penelitian tentang substitusi batu kapur sebagai agregat kasar juga mendapati bahwa kuat tekan tertinggi pada umur beton 28 hari berada pada variasi batu kapur 50%.

Namun dengan seiring penambahan komposisi campuran batu kapur dapat menurunkan kuat tekan dari beton sendiri dikarenakan batu kapur cenderung memiliki porositas yang tinggi, yang meningkatkan daya serap air. Hal ini menyebabkan beton menjadi lebih mudah menyerap air, meningkatkan porositas beton, dan mengurangi kekuatannya (Armeyn & Gusrianto, 2016). Batu kapur memiliki daya serap air yang lebih tinggi sebesar 2,35% dibandingkan dengan batu pecah biasa yang memiliki daya serap air sebesar 1,88% yang didapatkan dari pengujian material oleh peneliti, hal itu juga dapat mempengaruhi turunnya nilai kuat tekan dari beton.

Tabel 4. 47 Konversi Kuat Tekan Beton Dari 28 Hari Ke 7 dan 14 Hari

Persentase Campuran Batu Kapur	Rata - Rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari (Mpa)	Rasio Konversi ke - 7 Hari	Hasil konversi ke - 7 Hari	Rasio Konversi ke - 14 Hari	Hasil konversi ke - 14 Hari	Rata - Rata Kuat Tekan Beton (Mpa)
0%	13,89	0,65	9,0285	0,90	12,501	11,807
25%	12,96	0,65	8,424	0,90	11,664	11,016
50%	14,35	0,65	9,3275	0,90	12,915	12,198
75%	12,03	0,65	7,8195	0,90	10,827	10,226
100%	10,65	0,65	6,9225	0,90	9,585	9,053

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 35 Grafik Rata - Rata Kuat Tekan Beton Gabungan Setelah Dikonversi

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Berdasarkan grafik rata – rata kuat tekan beton gabungan tersebut setelah dikonversi, maka dapat dilihat pada variasi yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi ada pada variasi batu kapur 50%. Pada variasi batu kapur 0% mendapatkan hasil kuat tekan sebesar 11,807 MPa. Lalu kuat tekan mengalami penurunan dari variasi batu kapur 0% ke 25% menjadi 11,016 MPa. Kuat tekan selanjutnya mengalami kenaikan yang paling tinggi pada variasi batu kapur 50% sebesar 12,198 MPa. Dan akhirnya pada variasi kuat tekan 75% dan 100% mengalami penurunan kuat tekan secara berturut – turut yaitu di 10,226 MPa dan 9,053 Mpa. Penurunan yang terjadi diakibatkan ketidak seimbangan proporsi campuran batu kapur yang terlalu banyak dan kepadatan dari beton sehingga menyebabkan kuat tekan beton menurun.

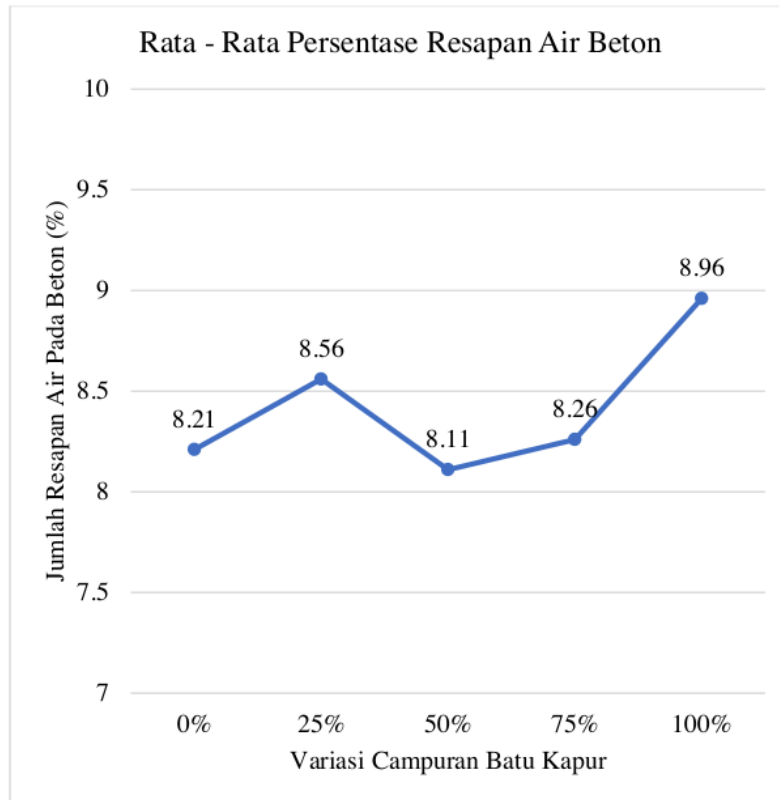
Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwasannya kuat tekan yang paling maksimal berada pada variasi 50% pada umur 28 hari sebesar 14,35 Mpa, namun hal tersebut tidak sesuai dengan kuat tekan beton awal yang direncanakan. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor seperti kesalahan saat melakukan pengecoran, ketidakrataan saat percampuran beton, ketidakpadatan pada beton, ketidakrataan pada permukaan beton sehingga berpengaruh pada kuat tekan beton. Tetapi dari seluruh penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai yang mendapatkan kuat tekan beton yang paling maksimum pada variasi 50% sebesar 14,35 MPa.

4.11 Resapan Air Beton

Tabel 4. 48 Resapan Air Pada Beton Umur 28 Hari

Nama Sampel	Berat Beton SSD (Kg)	Berat Beton Oven (Kg)	Nilai Resapan (%)	Rata - Rata (%)
Batu Kapur 0%	3,892	3,590	8,412	8,21
	3,834	3,550	8,000	
Batu Kapur 25%	4,13	3,795	8,827	8,56
	3,958	3,655	8,290	
Batu Kapur 50%	3,900	3,596	8,454	8,11
	4,145	3,846	7,774	
Batu Kapur 75%	3,777	3,495	8,069	8,26
	3,775	3,481	8,446	
Batu Kapur 100%	3,849	3,534	8,913	8,96
	3,753	3,443	9,004	

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)



Gambar 4. 36 Grafik Rata - Rata Persentase Resapan Air Beton

(Sumber : Hasil Penelitian Peneliti, 2025)

Berdasarkan hasil penelitian diatas persentase resapan air yang dihasilkan beton paling tinggi berada pada variasi batu kapur 100%. Pada variasi batu kapur 0% Resapan air pada beton mendapatkan nilai sebesar 8,21%. Selanjutnya resapan air mengalami kenaikan dari variasi batu kapur 0% ke 25% yang mendapatkan nilai resapan air 8,56%. Pada variasi 50% resapan air mengalami penurunan menjadi 8,11%. Selanjutnya nilai pada resapan air mengalami kenaikan pada variasi batu kapur 75% dan 100% dengan nilai 8,26% dan 8,96%.

Secara keseluruhan, dengan melihat hasil pengujian yang ada dapat di lihat tren kenaikan pada grafik resapan air pada beton tersebut. Hal batu kapur memiliki nilai resapan air yang lebih tinggi dari batu pecah yang biasa, pengetahuan ini

didapatkan dari hasil pengujian bahan oleh peneliti. Hal ini yang memicu pada variasi batu kapur 100% mendapatkan hasil yang paling maksimum.

Selain itu faktor yang akan mempengaruhi kenaikan dari nilai resapan beton adalah jika semakin banyak batu kapur yang ditambahkan maka akan menimbulkan ketidakseimbangan proporsi agregat yang akan menimbulkan pori – pori atau rongga pada beton. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Menurut (Sudirman, 2024) nilai yang akan mempengaruhi nilai dari resapan air pada benda uji beton adalah dari pori – pori yang terdapat didalamnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian – pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti, maka dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian nilai *slump* didapatkan bahwa nilai *slump* rata – rata paling rendah ada pada variasi 50%, 75% dan 100% karena memiliki nilai yang sama yaitu 15,33 cm. Pada beton variasi batu kapur 0% didapatkan nilai *slump* rata – rata sebesar 17 cm, dilanjutkan pada beton variasi batu kapur sebesar 25% mengalami penurunan nilai *slump* rata – rata yang menghasilkan nilai 16,33 cm. Selanjutnya pada beton variasi batu kapur 50%, 75%, dan 100% memiliki nilai *slump* rata – rata yang sama yaitu 15,33 cm. Namun penurunan nilai *slump* tidak terlampaui terlalu jauh sehingga penggunaan batu kapur masih baik untuk digunakan pada campuran beton. Sesuai dengan peraturan SNI 03 – 2834 – 2000 nilai *slump* yang diatur untuk pekerjaan plat (lantai), balok, kolom, dinding sebesar 15 cm.
2. Dari hasil pengujian berat isi beton kering dan berat isi beton basah dapat di lihat bahwasannya berat isi mengalami penurunan dan kenaikan. Secara keseluruhan mengalami penurunan berat isi seiring dengan penambahan variasi batu kapur yang di campurkan ke dalam beton. Walaupun demikian rata – rata berat isi beton masih sesuai dengan peraturan yang ada di dalam SNI 03 – 2847 – 2002 tabel 8 yang menyatakan bahwasannya berat isi beton normal berada pada kisaran 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³. Pada berat isi beton basah didapatkan nilai pada variasi batu kapur sebesar 0% = 2452,83 kg/m³; 25% = 2406,71 kg/m³; 50% = 2379,45 kg/m³; 75% = 2379,45 kg/m³; dan 100% = 2341,72 kg/m³. Pada berat isi beton kering mendapatkan nilai sebesar 0% = 2426,33 kg/m³; 25% = 2395,15 kg/m³; 50% = 2377,94 kg/m³; 75% = 2393,89 kg/m³; dan 100% = 2375,19 kg/m³.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa beton dengan penambahan variasi batu kapur 100% mendapatkan nilai resapan yang paling tinggi diantara semua variasi batu kapur sebesar 8,96%
4. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan dapat dilihat pada grafik rata – rata nilai kuat tekan gabungan bahwa kuat tekan beton mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda – beda pada setiap masa perawatan beton, tetapi pada umur perawatan 28 hari kuat tekan yang paling maksimal berada pada variasi 50% sebesar 14,35 Mpa. Pada variasi batu kapur 75% dan 100% kuat tekan

beton mengalami penurunan yang cukup besar disebabkan oleh ketidakseimbangan batu kapur yang terlalu banyak yang dapat menyebabkan beton lebih mudah menyerap air, meningkatkan porositas betoon, dan dapat mengurangi kekuatannya.

5. Dari penujian beton yang telah dilakukan oleh peneliti, maka dihasilkan proporsi batu kapur dari Sampung, Ponorogo sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton agar menghasilkan kuat tekan yang paling maksimum berada pada variasi batu kapur 50% yang mendapatkan hasil kuat tekan sebesar 14,35 Mpa.

5.2 Saran¹⁶

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh⁶³ peneliti, agar penelitian selanjutnya mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik, peneliti memberikan beberapa saran penelitian sebagai berikut:

1. Penyimpanan material – material yang akan digunakan untuk membuat beton sebaiknya disimpan dengan baik dan tertutup. Hal ini bertujuan agar mutu yang ada pada material tersebut tetap terjaga dengan baik.
2. Mempersingkat jeda waktu antara pengujian material dengan waktu pengecoran beton agar mutu dari material yang akan digunakan tetap sama dan terjaga dengan baik.
3. Ketika memasukkan beton kedalam cetakan sebaiknya menggunakan alat vibrator agar beton yang masuk kedalam cetakan benar – benar padat sehingga tidak ada rongga dalam beton yang akan mempengaruhi kuat tekan dari beton.
4. Ketika sebelum melakukan pembuatan beton, pastikan untuk memperhatikan keadaan dari bahan – bahan yang akan digunakan.
5. Sebelum dilakukan pembuatan beton, harap memperhatikan urutan – urutan bahan yang akan dimasukkan ke dalam mixer. Hal ini bertujuan agar memastikan campuran dapat tercampur secara merata dan hasil beton menjadi lebih baik.
6. Pada saat sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton sebaiknya dilakukan *capping* beton. Hal ini bertujuan agar beton yang akan di uji tekan permukaannya dapat rata secara menyeluruh agar transfer beban dari mesin kuat tekan ke beton menjadi merata pada seluruh permukaan beton sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih baik. Ketidakrataan permukaan beton akan mempengaruhi hasil dari kuat tekan beton.
7. Setelah dilakukan pengujian tekan beton, diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan juga pengujian tarik terhadap substitusi batu kapur dari Sampung, Ponorogo.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhozaimy, & Abdulrahman M. (2009). *Effect Of Absorption Of Limestone Aggregates On Strength And Slump Loss Of Concrete. Cement and Concrete Composites*, 31(7), 470–473. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.04.010>
- Armeyn, O. :, & Gusrianto, R. (2016). *Pengaruh Penambahan Batu Kapur Padat Sebagai Agregat Halus Pada Kuat Tekan Beton Normal. Jurnal Teknik Sipil ITP*, 3(2).
- Aryaseta, B., Cahya Wardhani, P., & Zainab, S. (2022). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Studi Eksperimental Sifat Fisik dan Mekanik Batu Gamping*.
- Astuti, R. I. (2019). *Perencanaan Kombinasi Beton dengan Metode Departement of Environment (DoE)*. <https://doi.org/10.28926/briliant>
- Bahri, S., Yuniata, A., & Wibowo, R. A. (2024). *Inovasi Pengembangan Infrastruktur di Daerah Otonomi Baru untuk Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG)*.
- Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021). *Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton*.
- Eveline Untu J Kumaat, G. E., & Windah, R. S. (2015). *Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. Jurnal Sipil Statik*, 3(10), 703–708.
- Fikri, M., & Syahputra, A. (2024). *Studi Penggunaan Batu Kapur (Limestone) Sebagai Bahan Agregat Kasar Terhadap Uji Kuat Tekan Beton K-250. Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(1), 29–38. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.4199>
- Fitriani, D., Kholian, D., & Bakar, B. (2021). *Kajian Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Halus Dari Limbah Pemotongan Batu Marmer Dan Agregat Kasar Dari Limbah Pemotongan Batu Kapur* (Vol. 3, Nomor SIMTEKS).
- Foulhudan, J., Nurtanto, D., & Krisnamurti, D. (2022). *Perbandingan Mix Design SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656:2012 Ditinjau Dari Proses Pengecoran Beton Normal*.
- Hasan, A., & Sumiati. (2014). *Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC)*. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 10(2).

- Hidayanto, M. (2024). *Pengaruh Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Katalis dan Non Katalis*. 3(3), 185–190. <https://doi.org/10.55123>
- Jabair. (2021). *Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Kekuatan Tinggi Menggunakan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar*.
- 97 Klau, A. S., Phengkarsa, F., & Sanggaria, O. J. (2021). *Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton*.
- Mododok, W., Darwis, F., & Sultan, M. A. (2020). *Studi Kuat Tekan Beton Beragregat Kasar Batu Kapur Sangowo Dengan Variasi FAS*.
- Passa, R. M. J., & Safitri, D. (2021). *Waktu Pengikat Semen Portland (Konsistensi Normal) Dengan Alat Vicat*.
- PBI 1971 Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971).
- Penu, A. I., Doloksaribu, B., & Pamuttu, D. L. (2024). *Pengaruh Penggunaan Air Sumur Merauke Sebagai Bahan Campur Beton Normal*.
- Polopadang, J., Sumajouw, M. D. J., & Dapas, S. O. (2023). *Studi Eksperimental Kuat Tarik Lentur Beton Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Subtitussi Parsial Agregat Halus*. *Jurnal Sipil Statik*, 11(1), 11–16.
- 2 Rahmawati, M., Hartatik, N., Rizkiardi, A., & Prasetyo, Y. D.,(2023). *Pemanfaatan Limbah Batu Kapur Bukit Sekapuk Gresik Sebagai Filler Campuran AC-BC*. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 3(1), 2023–2024. <https://doi.org/10.46306/tgc.v3i1>
- Riris Putrianti, P., Setiawan, A. A., & Putrawardhana, M. A. (2024). *Penggunaan Batu Apung pada Beton Geopolimer terhadap Berat Jenis 84 on dan Workabilitas*. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 8(1), 13–138. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i1.14510>
- Riyanto, A., Yuliani, D., Amalia, L. R., & Astuti, E. (2019). *Optimalisasi Penggunaan Gypsum Dan Batu Kapur Pada Pembuatan Semen Putih*.
- Rochmah, N. (2016). *Pemanfaatan Batu Kapur Didaerah Sampang Madura Sebagai Bahan Pengganti Agragat Kasar Pada Campuran Beton* (Vol. 01, Nomor 02).
- S. Pah, J. J., Tulle, P. M., Bella, R. A., & Sina, D. A. T. (2022). *Hubungan Faktor Air Semen Dan Faktor Air Foam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Volume Bata Ringan CLC*.
- S. Tondok, D., Mastor, R., Kaselle, H., & Phengkarsa, F. (2019). *Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan*.

- ⁴⁷ SK SNI T 15-1990-03 (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*
- SNI 03 - 2834 - 2000 (2000). ⁴⁷ *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*
- SNI 03 - 2847 - 2002 (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*
- SNI 1969 - 2008 (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*
Standard Specification for Concrete Aggregates.
https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-1
- Sudirman. (2024). *Serbuk Kapur Hasil Pembakaran Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan*. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(3), 507–513. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i3.5409>
- Sulaiman, L., & Fisu, A. A. (2020). *Pengaruh Campuran Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Agregat Recycle*.
- Sulistiar, F., Yuniarta, A., & Wantoro, M. (2024). *Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton SCC*.
- Tanubrata, M. (2015). *Bahan - Bahan Konstruksi Dalam Konteks Teknik Sipil*. Dalam *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 11).
- Trimurtiningrum, R. (2021). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Workabilitas, Resapan dan Kekuatan Tekan Beton*.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). *Pemanfaatan Limbah ⁶⁷Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton*. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 78–87. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V602.06>
- Zakaria, I., Desharyanto, D., & Sutowijoyo, H. (2024). *Perhitungan Mix Desain Beton Berdasarkan Metode SNI 03-2834-2000 Dengan Menggunakan Program Microsoft Excel* (Nomor 1).
- Zuraidah, S., Hastono, B., & Jehabut, M. A. (2022). *Pemanfaatan Limbah Cangkang ¹¹⁴iri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton*. <https://doi.org/10.25139/jprs.v5i2.4701>

LAMPIRAN



Gambar 1 Pengambilan Batu Kapur



*Gambar 2 Pengujian Agregat Kasar
(Analisa Saringan)*



*Gambar 3 Pengujian Agregat Kasar
(Kelembapan Agregat)*



*Gambar 4 Pengujian Agregat Kasar
(Kebersihan Agregat)*



*Gambar 5 Pengujian Agregat Kasar
(Keausan Agregat)*



*Gambar 6 Pengujian Agregat Kasar
(Berat Jenis Agregat)*



*Gambar 7 Pengujian Agregat Kasar
(Resapan Air)*



*Gambar 8 Pengujian Agregat Kasar
(Keausan Agregat)*



*Gambar 9 Pengujian Agregat Halus
(Volume Pasir)*



*Gambar 10 Pengujian Agregat Kasar
(Resapan Air)*



*Gambar 11 Pengujian Agregat Kasar
(Berat Jenis Agregat)*



Gambar 12 Pengujian Agregat Halus (Kebersihan Lumpur)



Gambar 13 Pengujian Agregat Halus (Pembangunan Volume Pasir)



Gambar 14 Kegiatan Pengecoran Beton



Gambar 15 Pengujian Slump Beton



Gambar 16 Pengujian Berat Isi Basah Beton dan Berat Isi Kering Beton



Gambar 17 Pengujian Resapan Air Beton

TA LANJUTAN SEMPRO REVISI 7.docx

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	2%
2	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	1%
3	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
4	123dok.com Internet Source	1%
5	Submitted to Universitas Muhammadiyah Palembang Student Paper	1%
6	docplayer.info Internet Source	1%
7	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
8	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
9	repository.unika.ac.id Internet Source	<1%

10	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
11	repository.unibos.ac.id Internet Source	<1 %
12	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
13	www.scribd.com Internet Source	<1 %
14	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
15	Submitted to IAIN Purwokerto Student Paper	<1 %
16	Submitted to unimal Student Paper	<1 %
17	journal.unibos.ac.id Internet Source	<1 %
18	ppid.kepulauanselayarkab.go.id Internet Source	<1 %
19	jurnal.uniyap.ac.id Internet Source	<1 %
20	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
21	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
22	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %

<1 %

23

core.ac.uk

Internet Source

<1 %

24

Submitted to Badan PPSDM Kesehatan
Kementerian Kesehatan

Student Paper

<1 %

25

Submitted to Universitas Andalas

Student Paper

<1 %

26

Submitted to Universitas Pancasila

Student Paper

<1 %

27

pt.scribd.com

Internet Source

<1 %

28

heru06susanto.blogspot.com

Internet Source

<1 %

29

repo.unr.ac.id

Internet Source

<1 %

30

repository.unbari.ac.id

Internet Source

<1 %

31

oktablogger.blogspot.com

Internet Source

<1 %

32

repositori.uma.ac.id

Internet Source

<1 %

33

repositori.umsu.ac.id

Internet Source

<1 %

sinta.unud.ac.id

34	Internet Source	<1 %
35	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
36	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
38	adoc.pub Internet Source	<1 %
39	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
40	ismunote.blogspot.com Internet Source	<1 %
41	ejournal.unkhair.ac.id Internet Source	<1 %
42	repository.upp.ac.id Internet Source	<1 %
43	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part V Student Paper	<1 %
44	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
45	journal.uir.ac.id Internet Source	<1 %

jurnal.poliupg.ac.id

46

Internet Source

<1 %

47

Submitted to Universitas Bengkulu

Student Paper

<1 %

48

jurnal.ugn.ac.id

Internet Source

<1 %

49

repository.unhas.ac.id

Internet Source

<1 %

50

Ahmad Riyanto, Devi Yuliani, Laeli Rizki Amalia, Erna Astuti. "Optimalisasi Penggunaan Gypsum dan Batu Kapur pada Pembuatan Semen Putih", CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia, 2020

Publication

<1 %

51

Submitted to School of Business and Management ITB

Student Paper

<1 %

52

digilib.unila.ac.id

Internet Source

<1 %

53

repository.upstegal.ac.id

Internet Source

<1 %

54

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Student Paper

<1 %

55

Submitted to Universitas Muria Kudus

Student Paper

<1 %

dspace.umkt.ac.id

56	Internet Source	<1 %
57	kuntunuryoso2.blogspot.com Internet Source	<1 %
58	repository.unwira.ac.id Internet Source	<1 %
59	adoc.tips Internet Source	<1 %
60	Submitted to Universitas Jambi Student Paper	<1 %
61	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
62	zh.scribd.com Internet Source	<1 %
63	Submitted to Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura Student Paper	<1 %
64	Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta Student Paper	<1 %
65	Sigit Winarto. "PEMANFAATAN SERAT IJUK SEBAGAI MATERIAL CAMPURAN DALAM BETON UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BETON MENAHAN BEBAN TEKAN Studi Kasus: Pembangunan Homestay Singonegaran Kediri", UKaRsT, 2018 Publication	<1 %

66	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
67	www.ejournal.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
68	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
69	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
70	ouci.dntb.gov.ua Internet Source	<1 %
71	peterpakpahan.blogspot.com Internet Source	<1 %
72	Rahmat Rahmat, Irna Hendriyani, Ryandi Dito Pratama. "Kajian Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku Jalan Tol Balikpapan-Samarinda", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2017 Publication	<1 %
73	journal.uny.ac.id Internet Source	<1 %
74	rekayasainfrastruktur.unwir.ac.id Internet Source	<1 %
75	Aulia Ulfaa, Aulia Fachreza Ulfa, Hendri Hermawan Adinugraha. "VALUASI EKONOMI DAN POTENSI WISATA PANTAI SIGANDU DESA KLIDANG LOR KABUPATEN BATANG",	<1 %

RISTEK : Jurnal Riset, Inovasi dan Teknologi Kabupaten Batang, 2024

Publication

76

Submitted to IAIN Syaikh Abdurrahman
Siddik Bangka Belitung

Student Paper

<1 %

77

L. Berga, J.M. Buil, C. Jofré, S. Chonggang.
"Roller Compacted Concrete Dams", CRC
Press, 2018

Publication

<1 %

78

Muhammad Bahrudin, Agata Iwan Candra,
Sigit Winarto. "Pemanfaatan Limbah
Galvalum Sebagai Substitusi Agregat Kasar
Pada Jobmix Beton", Jurnal Manajemen
Teknologi & Teknik Sipil, 2020

Publication

<1 %

79

Sari Utama Dewi, Bagus Saputra.
"PENGARUH CAMPURAN DEDAK PADI
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT
HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON
MUTU SEDANG", TAPAK (Teknologi Aplikasi
Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik
Sipil, 2024

Publication

<1 %

80

Toshiyoshi YAMAUCHI, Renichi KONDO.
"Hydraulic Activity of Glasses of CaO-Al₂O₃-
SiO₂-MgO System", Journal of the Ceramic
Association, Japan, 1951

Publication

<1 %

81	Submitted to Universitas Negeri Medan Student Paper	<1 %
82	Submitted to Universitas Negeri Surabaya Student Paper	<1 %
83	Submitted to Universitas Sam Ratulangi Student Paper	<1 %
84	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	<1 %
85	id.123dok.com Internet Source	<1 %
86	pdfcookie.com Internet Source	<1 %
87	www.repository.uigm.ac.id Internet Source	<1 %
88	Submitted to IAIN Bengkulu Student Paper	<1 %
89	Nurul Aini Sulistyowati, Johnny Rakhman. "Karakteristik Aplikasi Bering (Beton Ringan) Alwa pada Komponen Panel Risha (Rumah Instan Sederhana Sehat)", Jurnal Permukiman, 2015 Publication	<1 %
90	ejournal.gunadarma.ac.id Internet Source	<1 %
91	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %

92	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
93	Submitted to STKIP Sumatera Barat Student Paper	<1 %
94	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
95	Submitted to andalas Student Paper	<1 %
96	e-journals.unmul.ac.id Internet Source	<1 %
97	journal.unj.ac.id Internet Source	<1 %
98	jurnal.narotama.ac.id Internet Source	<1 %
99	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
100	repository.pip-semarang.ac.id Internet Source	<1 %
101	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
102	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Tengah Student Paper	<1 %
103	Muhammad Arjunov Ramadhan Genta Buana, Wibowo Wibowo, Setiono Setiono. "Kajian Maturitas Beton untuk Memprediksi	<1 %

Nilai Kuat Tekan dengan Variasi Kadar Accelerator", Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal, 2024

Publication

-
- 104 Muhammad Noor Asnan, Dheka Shara Pratiwi, Muh. Syahrul, Riski Hendrik Sumbara, Budi Irawan, Vebrian, Rusandi Noor. "Impact of Alkaline Water on Concrete Properties: Setting Time and Compressive Strength Analysis", Revue des Composites et des Matériaux Avancés, 2025
Publication <1 %
-
- 105 Susilo Abadi Al-hasan, Sugeng Dwi Hartantyo. "PENGARUH LIMBAH PABRIK GULA MOLASE SEBAGAI BAHAN TAMBAH (ADMIXTURE) KUAT TEKAN BETON K-175 DENGAN MENGGUNAKAN PASIR LOKAL PASIR JOMBANG", UKaRsT, 2020
Publication <1 %
-
- 106 efl.shbu.ac.ir
Internet Source <1 %
-
- 107 ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id
Internet Source <1 %
-
- 108 jurnal.tekmira.esdm.go.id
Internet Source <1 %
-
- 109 repository.itk.ac.id
Internet Source <1 %
-
- 110 repository.unri.ac.id
Internet Source

<1 %

111

Deska Vira Fadilla, Retno Trimurtiningrum,
Bantot Sutriyono, Nurul Rochmah.

"Pengaruh Penambahan Presentase Serbuk
Kaca pada Karakteristik Beton Terhadap
Nilai Slump", Jurnal Teknik Industri
Terintegrasi, 2024

Publication

<1 %

112

Khanafi, Muhamad Yusuf. "Analisis sifat-
sifat mekanis beton self compacting
concrete (SCC) dengan penambahan filler
abu eceng gondok", Universitas Islam
Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

113

e-journal.uajy.ac.id

Internet Source

<1 %

114

ejournal.unitomo.ac.id

Internet Source

<1 %

115

eprints.uns.ac.id

Internet Source

<1 %

116

id.scribd.com

Internet Source

<1 %

117

jurnal.syntaxliterate.co.id

Internet Source

<1 %

118

jurnal.uts.ac.id

Internet Source

<1 %

119	Leo Agusta Utama, Agata Iwan Candra, Ahmad Ridwan. "Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Penambahan Limbah Marmer Dan Serat Batang Pisang", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
120	Rofi, Dina Aulia. "Re-engineering Pekerjaan Pembangunan Jembatan Pada Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Glapan Timur", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024 Publication	<1 %
121	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
122	eprints.unmer.ac.id Internet Source	<1 %
123	www.slideshare.net Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off