

PENGARUH BATU KAPUUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TEERHADAAP KUAT TEKAN BETON

by Turnitin

Submission date: 29-Jun-2025 09:09PM (UTC-0700)

Submission ID: 2708164056

File name: UvurWRuCKc39YEJYLHpk.pdf (5.82M)

Word count: 30509

Character count: 168579

TUGAS AKHIR
PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS
TERHADAP KUAT TEKAN BETON



Disusun Oleh:
Tri Sari
1432100062

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

FINAL PROJECT

**THE EFFECT OF BANGKALAN DISTRICT LIMESTONE ⁵³ AS
A PARTIAL SUBSTITUTION FOR FINE AGGREGATE ON
CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH**



By :
Tri Sari
1432100062

STUDY PROGRAM CIVIL ¹ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITY of 17 AUGUST 1945 SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

2

**Disusun Sebagai Syarat Meraih Gelar Sarjana Teknik (ST)
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya**

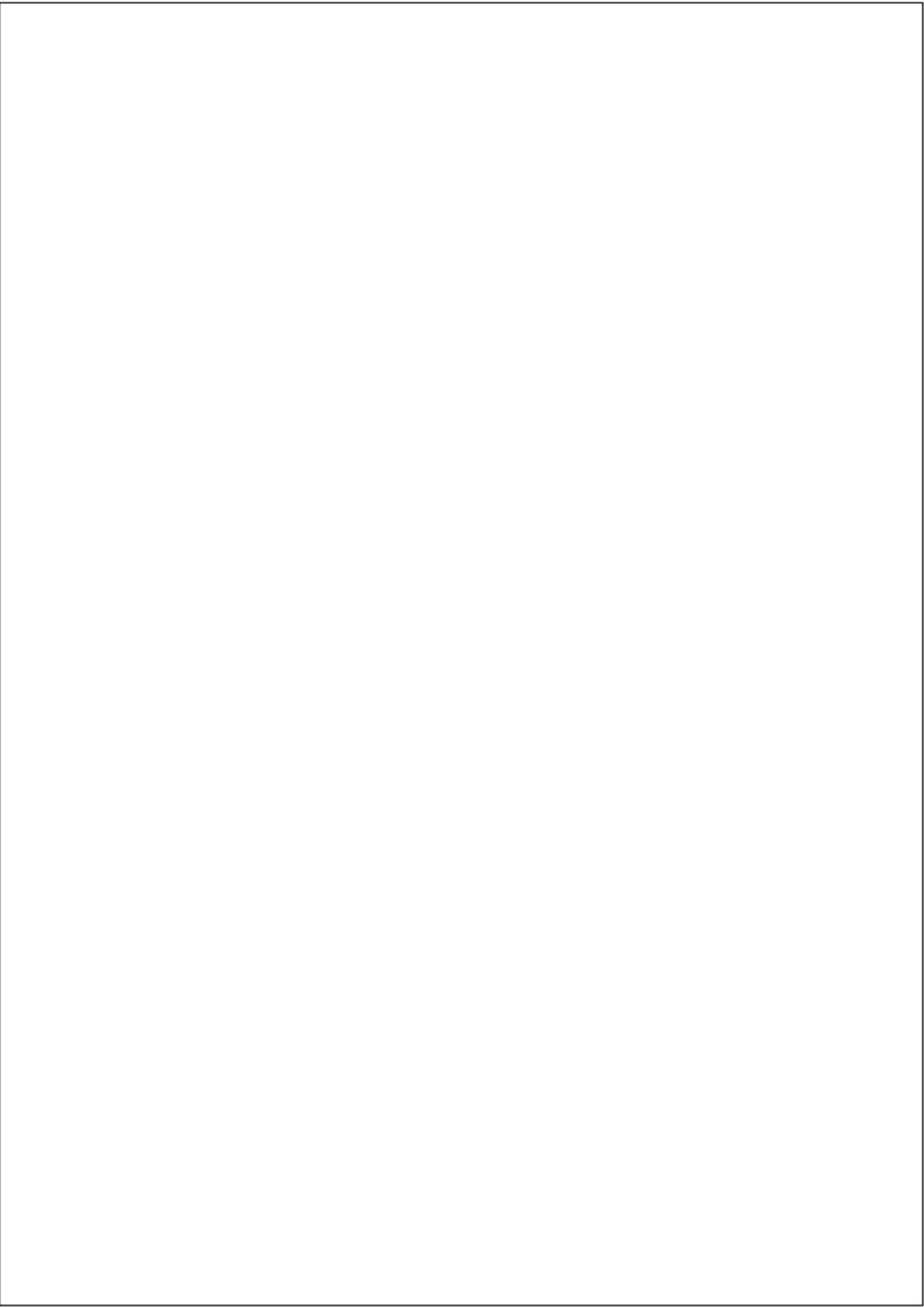


Disusun Oleh:

Tri Sari

1432100062

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025**



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Tri Sari
NBI : 1432100062
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul : Pengaruh Batu Kapur Kabupaten Bangkalan Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing 1

Ir. Nurul Rochmah, S.T., M.T., M.Sc.
NPP. 20430.15.0644

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya

Ketua Program Studi Teknik
Sipil Universitas 17 Agustus
1945 Surabaya

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

Ir. Faradlillah Saves, ST., MT.
NPP. 20430.15.0674

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tri Sari
NBI : 1432100062
Alamat : Desa Dete, kec. Tomia Tomir, Kab. Wakatobi
Telepon/HP : 085342802696

1 Menyatakan bahwa **“TUGAS AKHIR”** yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata (S1) Teknik Sipil – Program Sarjana – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul :

4 **“PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN
BETON”**

1 Adapun hasil karya sendiri dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila dikemudian hari klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing dan atau pengelola program, tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi, sesuai dengan hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa paksaan siapapun.

Surabaya, 2025

Yang menyertakan,

Tri Sari
1432100062



²
UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
JL. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-maul : perpus@untag-sby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tri Sari
NBI/NPM : 1432100062
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya : Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Praktek*

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul :

⁴ **“PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON“**

²
Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat , mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Pada Tanggal : 2025

Surabaya, 2025

Tri Sari
1432100062

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan berkat, rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Batu Kapur Kabupaten Bangkalan Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”** sebagai salah satu persyaratan kelulusan di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penulisan Proposal Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua yang tercinta dan tersayang (La mase dan Wa Ariba), terimakasih sudah menjadi orang tua yang terus memberikan dukungan dalam perjuangan masa depan dan kebahagiaan putrinya, terimakasih sudah mengantarkan saya sampai ditempat ini, terimakasih telah memberikan kasih sayang dan memberikan sandaran terkuat dari kerasnya dunia ini, terima kasih sudah melangitkan doa-doa baik serta motivasi untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Saudara Kandung saya Y. Iarti S. Pi dan Rahmin S.Tr, Tra serta kakak ipar saya Irzan Imasugi S.Pd, yang turut memberikan doa, motivasi dan dukungan. Tak lupa dua keponakan saya Rafan dan Fasyin yang selalu menghibur ketika penulis merasa bosan dalam penulisan karya ini.
4. Ibu Ir. Faradlillah Saves, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil (S1) Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
5. Ibu Ir. Nurul Rochmah, S.T., M.T., M.Sc. dan Bapak Mochamad Firmansyah, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan sehingga Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak dan Ibu Dosen, serta Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
7. Sahabat saya selama di bangku kuliah Tiyas, Tiffani, Fiarestu, juga teman kost Dilla, terimakasih telah menghibur hari-hari tersulit dan terima kasih telah menjadi *support system ter the best* yang pernah ada, yang tidak ada habisnya memberikan dukungan, semangat, tenaga serta bantuannya yang senantiasa selalu sabar dalam menghadapi saya, terimakasih dan selalu menjadi teman senang maupun susah.
8. Teman-teman jurusan Teknik Sipil yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
9. Semua pihak yang membantu dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan⁹ baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan tugas akhir ini. Penulis berharap Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 19 September 2024

Penulis

PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Nama Mahasiswa : Tri Sri

NBI : 1432100062

Dosen Pembimbing I : Ir. Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc

ABSTRAK

Industri konstruksi yang terus berkembang di Indonesia sangat bergantung pada penggunaan beton sebagai bahan bangunan utama karena kualitas, fleksibilitas, dan nilai ekonomisnya yang tinggi. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan proporsi material, termasuk pasir sebagai agregat halus yang penting untuk kekuatan dan daya tahan beton. Namun, meningkatnya permintaan material konstruksi menyebabkan keterbatasan ketersediaan pasir alam, sehingga diperlukan alternatif pengganti sebagian pasir. Serbuk batu kapur menjadi salah satu alternatif yang potensial karena memiliki ukuran partikel yang sama dengan pasir dan daya ikat yang lebih baik. Batu kapur yang melimpah di Indonesia, khususnya di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur, dengan cadangan sekitar 145,5 juta ton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton struktur dengan penambahan serbuk batu kapur sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dengan rentan presentase sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 45% dengan mutu rencana 25 Mpa, dan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Metode campuran beton mengacu pada SNI 02-2834-2000. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan hasil uji slump menunjukkan seluruh benda uji memiliki nilai yang sesuai SNI 03-2834-2000 yaitu dalam rentan 7,5-15cm. Untuk pengujian berat isi beton basah nilai tertinggi di dapat pada beton tanpa campuran batu kapur sebesar 2534,09 kg/m³, sedangkan berat isi beton kering nilai tertinggi di dapat pada beton dengan presentase 20% sebesar 2470,78kg/m³. Hasil kuat tekan terus mengalami kenaikan namun kuat tekan yang memenuhi kuat tekan rencana adalah pada beton dengan penambahan batu kapur pada presentase 30% dan 45%, dengan nilai masing-masing 25,39 MPa dan 26,70 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan maksimum diperoleh pada campuran 45% batu kapur sebesar 26,70 MPa. Pada uji resapan beton nilai tertinggi di dapatkan pada beton dengan presentase 20% sebesar 7,69. Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa penambahan batu kapur pada beton mempengaruhi nilai slump, berat isi, kuat tekan dan nilai resapan.

Kata kunci : agregat halus, batu kapur, beton, kuat tekan

THE EFFECT OF BANGKALAN DISTRICT LIMESTONE AS A PARTIAL SUBSTITUTION FOR FINE AGGREGATE ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Nama Mahasiswa : Tri Sri

NBI : 1432100062

Dosen Pembimbing I : Ir. Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc

ABSTRAC

Indonesia's growing construction industry is heavily dependent on the use of concrete as the main building material due to its high quality, flexibility, and economic value. The quality of concrete is greatly influenced by the composition and proportions of the material, including sand as a fine aggregate which is important for the strength and durability of concrete. However, the increasing demand for construction materials has led to limited availability of natural sand, so an alternative to replace some sand is needed. Limestone powder is one of the potential alternatives because it has a particle size similar to sand and better binding power. Limestone is abundant in Indonesia, especially in Bangkalan Regency, East Java with reserves of around 145.5 million tons. This study aims to determine the compressive strength of concrete structures with the addition of limestone powder as a substitute for some fine aggregates with a prone percentage of 0%, 10%, 20%, 30%, and 45% with a planned quality of 25 Mpa, and concrete compressive strength testing is carried out at the age of 7, 14 and 28 days of concrete. The concrete mixing method refers to SNI 02-2834-2000. Based on the results of the research carried out by the slump test results, it showed that all test objects had values in accordance with SNI 03-2834-2000, namely within the vulnerable range of 7.5-15cm. For testing the weight of wet concrete, the highest value was obtained in concrete without limestone mixture of 2534.09 kg/m³, while the highest value of dry concrete content weight was obtained in concrete with a percentage of 20% of 2470.78kg/m³. The compressive strength results continue to increase, but the compressive strength that meets the compressive strength of the plan is in concrete with the addition of limestone at a percentage of 30% and 45%, with values of 25.39 MPa and 26.70 MPa respectively at the age of 28 days. The maximum compressive strength is obtained in a mixture of 45% limestone of 26.70 MPa. In the concrete infiltration test, the highest value was obtained in concrete with a percentage of 20% of 7.69. Based on the description above, it shows that the addition of limestone to the concrete affects the slump value, content weight, compressive strength and infiltration value.

Keywords : fine aggregate, limestone, concrete, compressive strength

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRAC.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Beton	10
2.3 Beton Normal	12
2.4 Material Penyusun Beton.....	12
2.5 Gradasi Agregat Campuran	23
2.6 <i>Slump Test</i>	26
2.7 Berat Jenis Beton	27
2.8 Resapan Air.....	27
2.9 Perawatan Beton/Curing.....	28
2.10 Kuat Tekan.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Diagram Alir.....	31
3.2 Studi Literatur	33

3.3	Lokasi Penelitian	82 33
3.4	Persiapan Alat dan Bahan	33
3.5	Pengujian Bahan Material	34
3.6	Pengolahan Abu Batu Kapur	43
3.7	Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton	44
3.8	Pembuatan Benda Uji	52
3.9	<i>Slump Test</i>	53
3.10	Pengujian Berat Jenis	53
3.11	Pengujian Resapan Air	54
3.12	Pengujian Kuat Tekan	55
3.13	Analisis Hasil Percobaan	55
3.14	Kesimpulan	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus (Pasir Lumajang)	57
4.2	Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus (Batu Kapur)	66
4.3	Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar	74
4.4	Analisa Agregat Campuran	82
4.5	<i>Mix Design</i> Beton	87
4.6	Hasil <i>Slump Test</i>	105
4.7	Berat Isi	106
4.8	Kuat Tekan	111
4.9	Test Resapan	116
4.10	Presentase Optimum Batu Kapur Terhadap Kuat Tekan Beton	118
4.11	Perhitungan Standar Deviasi	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		127
5.1	Kesimpulan	127
5.2	Saran	128
DAFTAR PUSTAKA		129
LAMPIRAN		132

DAFTAR TABEL

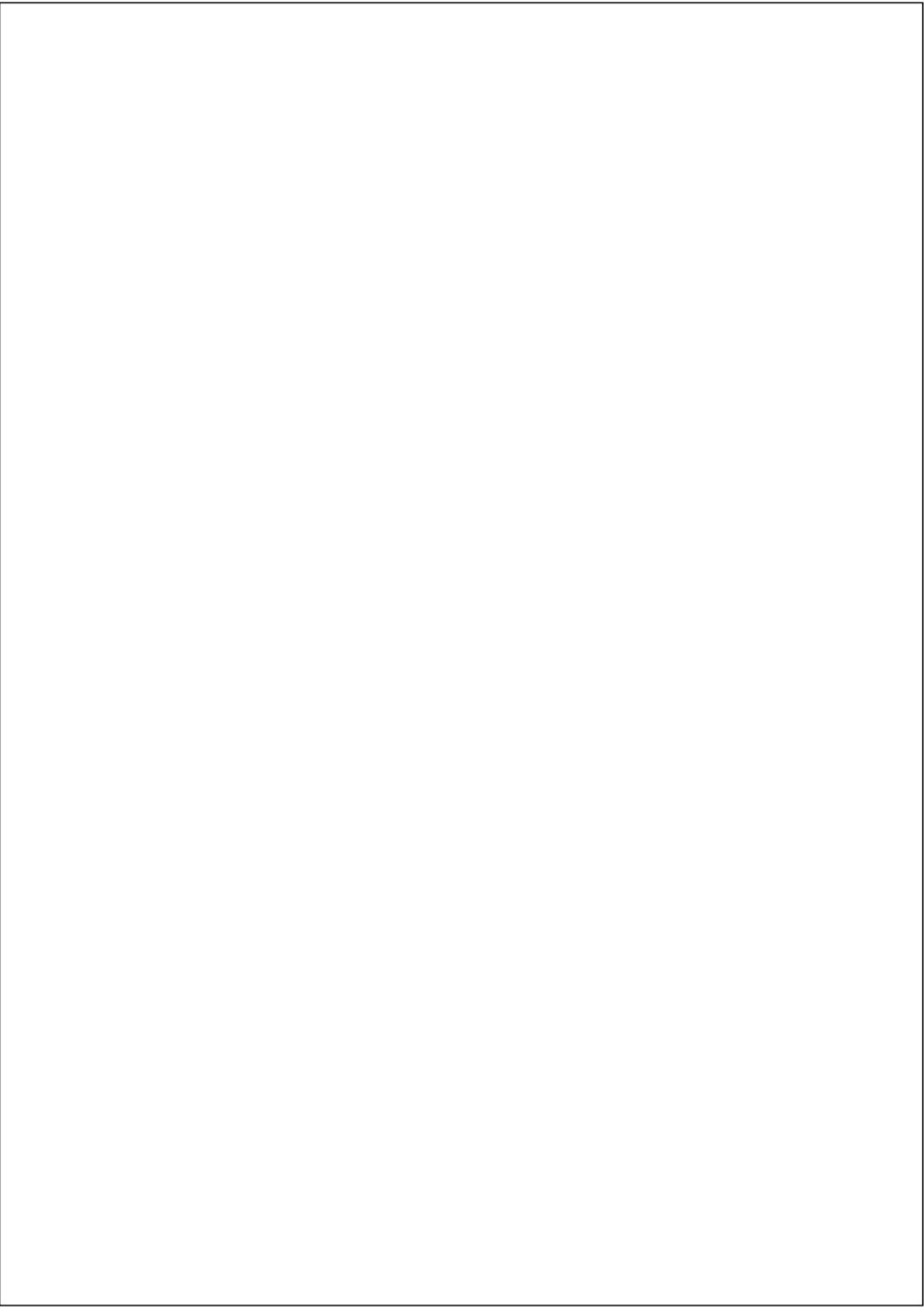
Tabel 2.1 Syarat Besar Butiran Agregat Halus	13
Tabel 2.2 Batas gradasi Agregat Halus	13
Tabel 2.3 Batas gradasi Agregat Kasar	18
Tabel 2.4 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 40 mm	23
Tabel 2.5 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 20 mm	24
Tabel 2.6 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 10 mm	24
Tabel 2.7 Rekomendasi Nilai <i>Slump Test</i>	27
Tabel 3.1 Nomor Ayakan dan Ukuran Diameter Lubang	35
Tabel 3.2 Diameter Saringan	40
Tabel 3.3 Kuat Tekan Rata-Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia Untuk Deviasi Standar	45
Tabel 3.4 Perkiraan Kuat Tekan (Mpa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia	45
Tabel 3.5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkup khusus	47
Tabel 3.6 Tabel Penetapan Nilai <i>Slump</i> Adukan Beton	48
Tabel 3.7 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	48
Tabel 3.8 Komposisi benda uji	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir	57
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Kelembapan Pasir	60
Tabel 4.3 Hasil Percobaan Berat Jenis Pasir	61
Tabel 4.4 Analisa Resapan Pasir	62
Tabel 4.5 Analisa Berat Volume Pasir	63
Tabel 4.6 Analisa Kebersihan Pasir Dengan Cara Kering	64
Tabel 4.7 Analisa Kebersihan Pasir Dengan Cara Basah	65
Tabel 4.8 Analisa Pengembangan Volume pasir	65
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Kapur	66
Tabel 4.10 Hasil Percobaan Kelembapan Batu Kapur	69
Tabel 4.11 Hasil Percobaan Berat Jenis Batu Kapur	70
Tabel 4.12 Analisa Resapan Batu Kapur	71
Tabel 4.13 Analisa Berat Volume Batu Kapur	72
Tabel 4.14 Analisa Kebersihan Batu Kapur Dengan Cara Kering	73
Tabel 4.15 Analisa Pengembangan Volume Batu Kapur	73
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar	74
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Agregat Kasar	76
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Analisa Kelembapan Agregat Kasar	77
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Resapan Agregat Kasar	78
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kebersihan Agregat Kasar Terhadap Lumpur	79

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar	80
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	81
Tabel 4.23 Perbandingan Hasil Pengujian Bahan	82
Tabel 4.23 Analisa gradasi agregat campuran	82
Tabel 4.24 Analisa gradasi agregat campuran	83
Tabel 4.25 Analisa gradasi agregat campuran	84
Tabel 4.26 Analisa gradasi agregat campuran	85
Tabel 4.27 Analisa gradasi agregat campuran	86
Tabel 4.28 Formulir <i>Mix Design</i> Untuk Beton Normal	87
Tabel 4.29 Nilai Tambah (M)	88
Tabel 4.30 Perkiraan Kuat Tekan agregat batu pecah	89
Tabel 4.31 Jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum	91
Tabel 4.32 Menetapan Nilai Slump Adukan Beton	91
Tabel 4.33 Kadar air bebas	92
Tabel 4.34 Hasil Pengujian Berat Jenis	93
Tabel 4.35 Hasil Pengujian Resapan dan Kelembaban	98
Tabel 4.36 Control agregat teoritis vs agregat aktual	101
Tabel 4.37 Kebutuhan bahan untuk cetakan silinder 10 cm x 20 cm	103
Tabel 4.38 Kebutuhan bahan untuk cetakan silinder 15 cm x 30 cm	104
Tabel 4.39 Uji Slump Beton	105
Tabel 4.40 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Basah	106
Tabel 4.41 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering	109
Tabel 4.42 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 7 Hari	111
Tabel 4.43 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 14 Hari	112
Tabel 4.44 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 28 Hari	114
Tabel 4.45 Hasil Pengujian Resapan Air Beton	116
Tabel 4.46 Hasil Analisis Kuat Tekan Beton Umur 7, 14, 28 hari	118
Tabel 4.47 Rekapitulasi Rata-Rata $F'c$ Konversi ke 28 hari	119
Tabel 4.48 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 0%	121
Tabel 4.49 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 0%	121
Tabel 4.50 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 10%	122
Tabel 4.51 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 20%	123
Tabel 4.52 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 30%	124
Tabel 4.53 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 45%	125
Tabel 4.54 Rekapitulasi Standar Deviasi	126

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Nilai Kuat Tekan Karakteristik Beton	5
Gambar 2.2	Grafik Uji Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 dan 14 Hari	6
Gambar 2.3	Nilai Kuat Tekan Beton Berbagai Variasi Komposisi	7
Gambar 2.4	Nilai Kuat Tekan Bata Beton Umur 3,7 dan 28 Hari	8
Gambar 2.5	Nilai Kuat Tekan Bata Beton Umur 28 Hari	9
Gambar 2.6	Daerah Batas Gradasi pasir No 1	14
Gambar 2.7	Daerah Batas Gradasi pasir No 2	14
Gambar 2.8	Daerah Batas Gradasi pasir No 3	15
Gambar 2.9	Daerah Batas Gradasi pasir No 4	15
Gambar 2.10	Batas Gradasi Kerikil Maksimum 10 mm	18
Gambar 2.11	Batas Gradasi Kerikil Maksimum 20 mm	19
Gambar 2.12	Batas Gradasi Kerikil Maksimum 40 mm	19
Gambar 2.13	Daerah Gradasi Standar Agregat Butiran Maksimum 40 mm	25
Gambar 2.14	Daerah Gradasi Standar Agregat Butiran Maksimum 20 mm	25
Gambar 2.15	Daerah Gradasi Standar Agregat Butiran Maksimum 10 mm	26
Gambar 3.1	Diagram alir pembuatan benda uji	32
Gambar 3.2	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	46
Gambar 3.3	Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran maksimum 10mm	49
Gambar 3.4	Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran maksimum 20mm	50
Gambar 3.5	Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran maksimum 40mm	50
Gambar 3.6	Grafik perkiraan berat jenis beton basah	51
Gambar 4.1	Gradasi Agregat Halus Zona 1	58
Gambar 4.2	Gradasi Agregat Halus Zona 2	59
Gambar 4.3	Gradasi Agregat Halus Zona 3	59
Gambar 4.4	Gradasi Agregat Halus Zona 4	60
Gambar 4.5	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 1	67
Gambar 4.6	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 2	67
Gambar 4.7	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 3	68
Gambar 4.8	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 4	68
Gambar 4.9	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 10mm	75
Gambar 4.10	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 20mm	75
Gambar 4.11	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 40mm	76
Gambar 4.12	Grafik Faktor air semen	90
Gambar 4.13	Persen pasir terhadap kadar total agregat butir maks 40mm	93
Gambar 4.14	Grafik perkiraan berat jenis beton basah	94
Gambar 4.1	Gradasi Agregat Halus Zona 1	58
Gambar 4.2	Gradasi Agregat Halus Zona 2	59
Gambar 4.3	Gradasi Agregat Halus Zona 3	59
Gambar 4.4	Gradasi Agregat Halus Zona 4	60

Gambar 4.5	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 1	67
Gambar 4.6	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 2	67
Gambar 4.7	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 3	68
Gambar 4.8	Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 4	68
Gambar 4.9	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 10mm	75
Gambar 4.10	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20mm	75
Gambar 4.11	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40mm	76
Gambar 4.12	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm	83
Gambar 4.13	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm	84
Gambar 4.14	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20 mm	85
Gambar 4.15	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm	86
Gambar 4.16	Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm	87
Gambar 4.17	Grafik faktor air semen	90
Gambar 4.18	Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran maksimum 40mm	93
Gambar 4.19	Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 0% Batu kapur	94
Gambar 4.20	Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 10% Batu kapur	95
Gambar 4.21	Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 20% Batu kapur	95
Gambar 4.22	Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 30% Batu kapur	96
Gambar 4.23	Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 45% Batu kapur	96
Gambar 4.24	Grafik Hasil Nilai Slump	105
Gambar 4.25	Grafik Berat Jenis Beton Kondisi Basah	108
Gambar 4.26	Grafik Berat Jenis Beton Kondisi Kering	110
Gambar 4.27	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 7 Hari	112
Gambar 4.28	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 14 Hari	113
Gambar 4.29	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari	115
Gambar 4.30	Grafik Nilai Hasil Resapan	117



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan terus berkembangnya industri konstruksi, tidak terlepas dari penggunaan beton sebagai bahan bangunan tidak. Karena kualitasnya yang relatif tinggi, mudah disesuaikan dengan kebutuhan, dan nilai ekonomisnya yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode konstruksi lain yang menggunakan baja atau kayu, beton sangat populer. Menurut SNI-2847-2019, beton merupakan campuran tanah Portland atau jenis hidrosol lainnya, agregat halus dan kasar, air, dan bahan tambahan (admixture) jika diperlukan. Karena adanya reaksi antara udara dan semen, campuran ini akan mengeras seperti batu.

Kualitas beton adalah hal yang sangat mempengaruhi keberhasilan suatu konstruksi. Untuk menghasilkan konstruksi yang berkualitas, perlunya menggunakan material campuran beton yang baik, agar bangunan menjadi kuat saat digunakan. Komposisi dan proporsi material yang tepat sangat berpengaruh terhadap daya tahan beton termasuk kuat tekan beton dan mendukung untuk memperoleh beton dengan mutu yang baik. Salah satunya adalah pasir yang menjadi komposisi beton. Pembangunan konstruksi di Indonesia saat ini menunjukkan kemajuan yang signifikan. Hal ini berdampak pada banyaknya permintaan terhadap material bangunan yang digunakan secara luas untuk proyek konstruksi. Pemakaian yang berlangsung lama, terus menerus menjadi permasalahan seperti berkurangnya jumlah material tersebut (Lisa et al., 2023). Hal ini mengakibatkan terbatasnya pasir untuk material konstruksi. Penggunaan pasir yang terus menerus dapat berdampak pada lingkungan. Menurut (Syaifull, 2021) yang pertama, penambangan berdampak pada rusaknya lahan pertanian yang mana dapat berpengaruh pada ketersediaan lahan, yang kedua, mengganggu resapan air, ekologi, serta akan rawan terhadap longsor. Sehingga dibutuhkan alternatif untuk mengganti bagian dari pasir tersebut. Salah satu alternatifnya adalah seperti serbuk batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus, tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap agregat konvensional, tetapi juga memanfaatkan bahan lokal. Batu kapur memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan harga pasir. Indonesia memiliki banyak sumber mineral batu kapur, dengan total estimasi 2.160 milyar ton batu kapur. Salah satu daerah yang memiliki potensi mineral yang besar adalah Pulau Madura Jawa Timur yang terletak di Kabupaten Bangkalan. Daerah ini terkenal dengan keberadaan batu kapur yang

melimpah. Menurut (Munawaroh et al., 2017) Batu kapur, mineral batu gamping kalsit, dan dolomit termasuk mineral dengan potensi ber¹⁰⁹is karbonat yang relatif melimpah di Provinsi Bangkalan. Data Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) Jawa Timur menunjukkan **cadangan batu kapur** di Kabupaten Bangkalan sekitar 145,5 juta ton. Penduduk setempat banyak memanfaatkan batu kapur sebagai campuran beton dan bahan konstruksi lainnya. Selain itu, penduduk setempat memanfaatkan batu kapur sebagai batu bata, agregat kasar untuk beton, kapur urug lapisan jalan, dan kadang-kadang dijual ke daerah lain (Anwar, 2022).

Serbuk batu kapur merupakan proses pengolahan dari batu kapur. Batuan kapur memiliki kandungan CaCO_3 sebesar 95% sebagai bahan galian industri (Noviyanti, 2015). Dimensi serbuk batu sama dengan pasir, yaitu ayakan tertahan 0,075 mm dan diameter lolos ayakan 4,75 mm. (Handayani, 2019). Dibandingkan dengan pasir, abu batu memiliki daya ikat yang lebih baik. Menurut Dian Tondok, 2019, Saat terkena air pasir akan l³ih mudah terurai sedangkan abu batu akan semakin mengikat dan mengeras. **Abu batu memiliki tekstur yang tajam sehingga menghasilkan ikatan yang sangat kuat.** (Raditya Pradhipta, 2022).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Budiman & WTP, 2022) tentang penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian material pasir pada campuran beton menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal. Bahan dicampur dengan varian 0%, 10%, 20%, 30%, nilai kuat tekan masing masing presentasi yang diperoleh adalah 18,57 Mpa, 17,01 Mpa, 23,05 Mpa, 23,52 Mpa pada umur 28 hari. Sehingga penggunaan abu batu sebagai pengganti material pasir dapat menjadi alternatif material baru Karena memen¹⁰⁰kriteria beton normal.

Penelitian yang dilakukan oleh (Haris et al., 2017) menunjukan uji **kuat tekan** beton dengan mutu rencana K350 yang dilakukan pada umur 7 dan 14 hari, campuran abu batu yang paling optimum adalah sebesar 40% abu batu, dengan kuat tekan sebesar 435 kg/cm² umur 7 hari dan 518 kg/cm² pada umur 14 hari.

Berdasarkan uraian penulis di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan judul **“Pengaruh Batu K⁷⁰ur Kabupaten Bangkalan Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”**. Tujuan dari **penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan** beton struktur dengan menggunakan abu batu kapur sebagai bahan pengganti agregat halus dengan rentang 0⁶%, 10%, 20%, 30%, dan 45%, mutu beton rencana 25 Mpa, dan pengujian **kuat tekan beton** dilakukan **pada beton 7 hari , 14 hari, dan 28 hari.**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap nilai slump pada campuran beton ?
2. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap berat jenis beton ?
3. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap kuat tekan beton ?
4. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap resapan air beton ?
5. Berapakah kuat tekan optimum pada substitusi batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% pada campuran beton ?

1.3 Tujuan penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap nilai slump pada campuran beton
2. Untuk mengetahui pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap berat jenis beton
3. Untuk mengetahui pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap kuat tekan beton
4. Untuk mengetahui pengaruh substitusi sebagian agregat halus batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% terhadap resapan air beton
5. Untuk mengetahui kuat tekan optimum pada substitusi batu kapur dengan proporsi 0%, 10%, 20%, 30%, 45% pada campuran beton

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan abu batu kapur dengan persentase proporsi campuran beton yang dipakai adalah sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 45% dari berat agregat halus.
2. Direncanakan dengan mutu beton $f'_c = 25 \text{ Mpa}$

3. Bahan substitusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu kapur.
4. Abu batu kapur yang digunakan di dapatkan dari pabrik batu kapur Kabupaten Bangkalan.
5. Penelitian ini hanya melakukan pengujian kuat tekan, berat jenis dan resapan beton, nilai slump.
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945.
7. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji umur 7 hari, 14 hari, 28 hari.
8. Tidak dilakukannya uji kandungan zat kimia pada abu batu kapur.
9. Benda uji menggunakan cetakan silinder berukuran 15cm x 30cm dan 10cm x 20cm.
10. Tidak adanya perhitungan estimasi biaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat memberikan inovasi material konstruksi baru yang lebih efisien.
2. Menggunakan batu kapur dapat mengurangi biaya produksi beton karena biaya batu kapur lebih murah dibandingkan dengan pasir.
3. Menginformasikan kepada masyarakat umum bahwa batu kapur dapat digunakan untuk pengganti agregat halus.
4. Sebagai sumber referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai penggunaan batu kapur dalam campuran beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah acuan penulis agar dapat menambah pengetahuan untuk memperkaya teori dan mendukung penelitian yang akan dilakukan. Berikut merupakan beberapa jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

1. Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir (Budiman & WTP, 2022)

Penelitian tersebut bertujuan mengetahui kekuatan beton yang dihasilkan, dengan menggunakan abu batu sebagai pengganti agregat halus untuk pembuatan beton normal. Penelitian tersebut menggunakan variasi dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30% dari berat pasir. Penelitian tersebut menggunakan mutu beton rencana 17,1 Mpa. Penelitian tersebut menggunakan abu batu perusahaan industri batu belah yang terletak di Kabupaten Fakfak Distrik Bomberay. Metode yang dipakai yaitu metode eksperimen laboratorium yang mengacu pada standar SNI.

- Hasil optimum kuat tekan laboratorium adalah 23,52 Mpa dengan variasi penambahan abu batu sebesar 30%, dan jika dibandingkan dengan beton tanpa penambahan abu batu sebesar 18,57 Mpa dengan rentan waktu yang sama yaitu 28 hari untuk pengujian kuat tekan beton. Semakin tinggi persentase abu batu (AB) maka nilai kuat tekan beton juga semakin meningkat. Berikut tabel hasil penelitiannya.

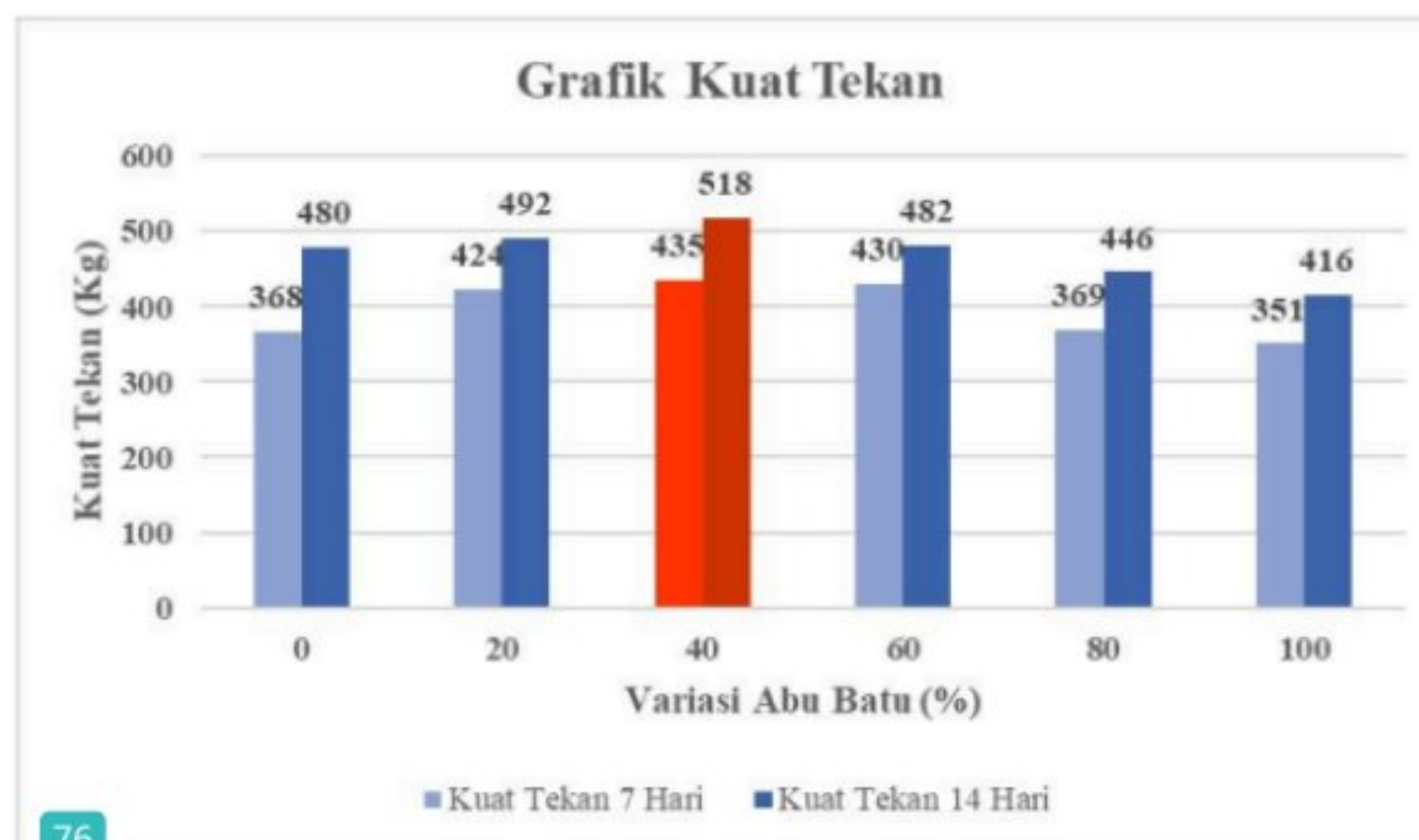


Gambar 2.1 Grafik Nilai Kuat Tekan Karakteristik Beton
(Sumber : Budiman and WTP, 2022)

72
2. Pengaruh Penggunaan Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-350 (Haris et al., 2017)

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan penggunaan abu batu yang ideal sebagai pengganti pasir untuk mencapai mutu beton tekan yang tinggi menggunakan mutu beton rencana K-350. Penelitian ini menggunakan berbagai persentase, termasuk 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, yang diamati pada hari ke 7 dan 14. Uji yang digunakan adalah bentuk silinder dengan diameter 25 cm dan tinggi 30 cm. Penelitian ini menggunakan abu batu dari provinsi Pasuruan. Desain komposisi campuran menggunakan standar SNI 03-2834-1993 tata cara *mix design* beton.

- Dari hasil penelitian mengenai uji kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 7 dan 14 hari menunjukkan bahwa komposisi yang paling optimum untuk campuran beton yaitu 40% abu batu. Rata-rata kuat tekan yang diperoleh pada umur 7 dan 14 hari masing-masing sebesar 435 Kg/cm^2 , dan 518 Kg/cm^2 . Dibandingkan dengan beton tanpa penambahan abu batu yang di uji pada umur 7 dan 14 hari adalah masing-masing sebesar 368 Kg/cm^2 dan 480 Kg/cm^2 . Berikut tabel hasil penelitian tersebut



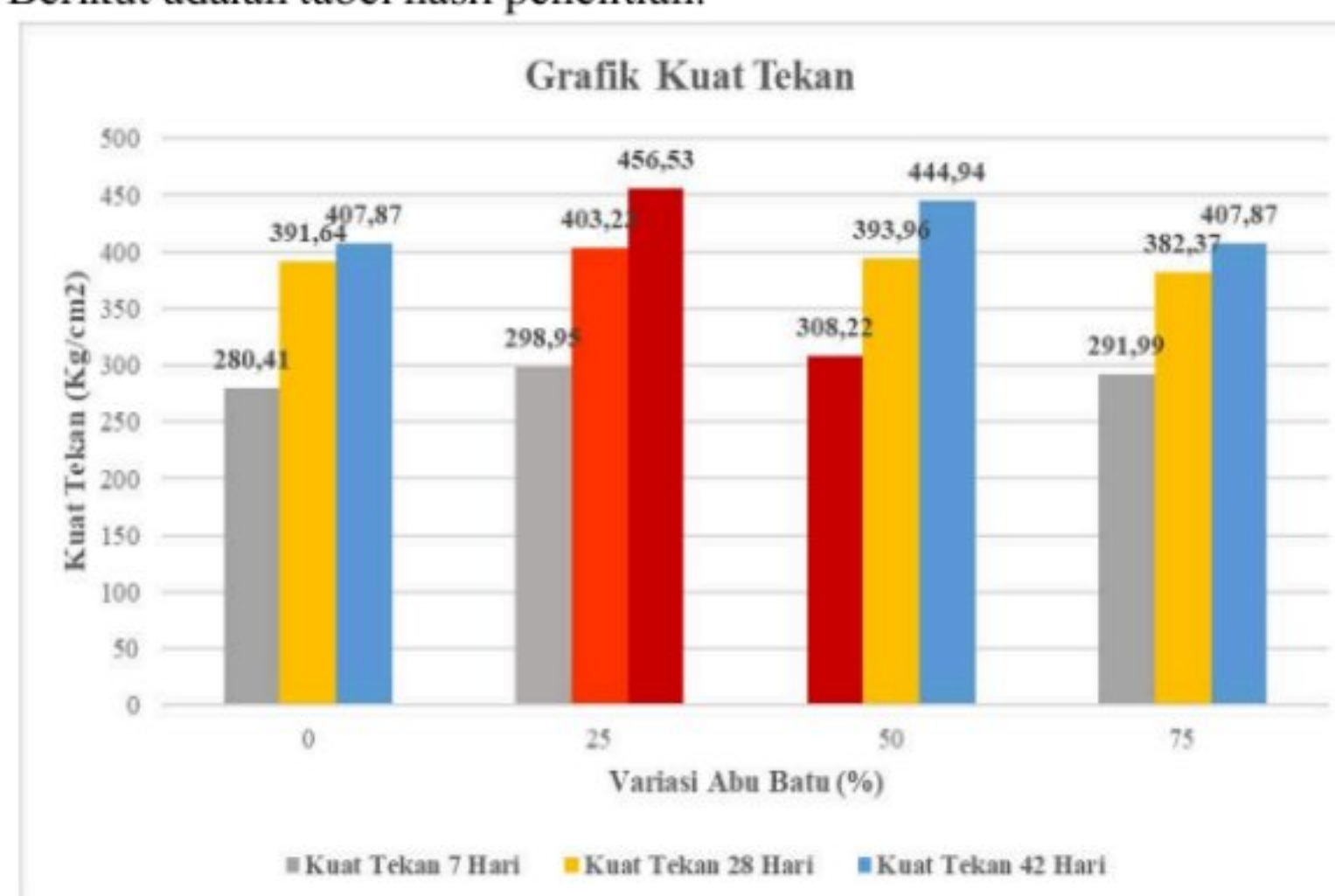
76
Gambar 2.2 Grafik Uji Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 dan 14 Hari
 (Sumber : Haris et al, 2017)

56

3. Pengaruh Substitusi Sebagai Agregat Halus Dengan Abu Batu Dan Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton (Lumenta et al., 2021)

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan pengaruh dari pemakaian abu batu sebagai pengganti pasir dengan ditambah *fly ash* pada campuran beton dengan mutu rencana K 375 ($F'c$ 31,125 Mpa). Penelitian tersebut menggunakan variasi dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75% dan penambahan *fly ash* 15% yang ditinjau pada umur beton, 7 hari, 28 hari dan 42 hari. Benda uji pakai yaitu bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.. Penelitian ini memanfaatkan abu batu dari hasil sampingan batu pecah Seloarto, Kab. Semarang. Metode yang digunakan yaitu dengan desain komposisi campuran berdasarkan SNI 7656 : 2012.

- Berdasarkan hasil penelitian uji kuat tekan beton yang dilakukan pada hari ke-7, ke-28, dan ke-42, komposisi yang paling optimal untuk campuran beton adalah sekitar 50% abu batu. Kuat tekan rata-rata diperoleh pada umur 28 dan 42 hari masing-masing sebesar 403,24 Kg/cm^2 , 456,53 Kg/cm^2 , dan untuk beton pada umur 7 hari, kuat tekan terbaik terdapat pada prsentase 50% sebesar 308,22 Kg/cm^2 . Jika dibandingkan dengan berat batu yang diuji pada hari ke-3, ke-7, dan ke-28, yaitu sekitar 280,41 Kg/cm^2 , 391,64 Kg/cm^2 , dan 407,87 Kg/cm^2 . Berikut adalah tabel hasil penelitian.

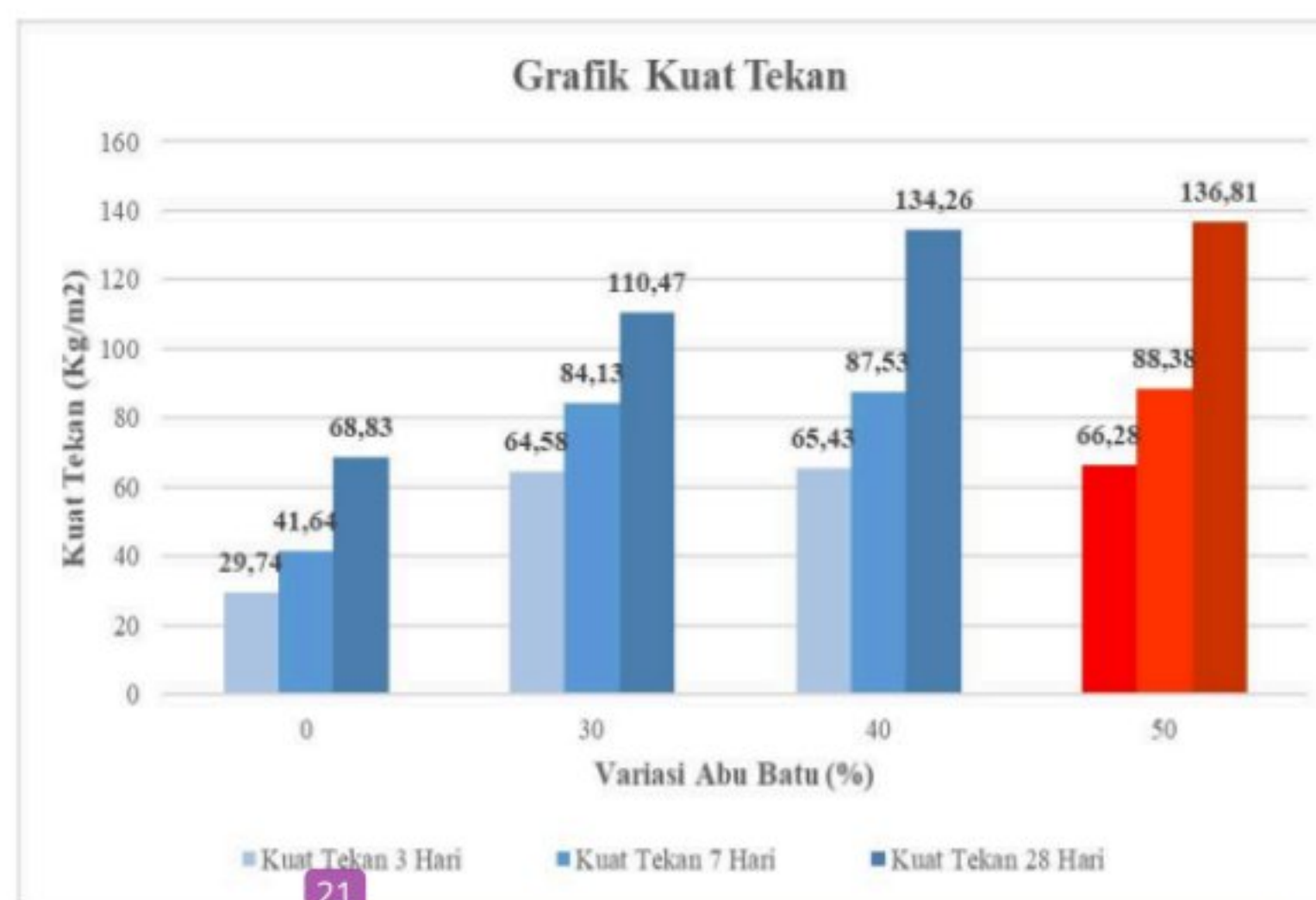


Gambar 2.3 Nilai Kuat Tekan Beton Berbagai Variasi Komposisi
(Sumber : Lumenta et al., 2021)

21
4. **Pemanfaatan Kapur Alami Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Bata Beton** (Hartini, 2019)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bata beton dengan penggunaan kapur alam sebagai substitusi pasir. Penelitian tersebut menggunakan variasi dengan 0%, 30%, 40%, 50%, yang ditinjau pada umur beton 3, 7 dan 28 hari. Digunakan benda uji dengan ukuran 20cm x 10cm x 10cm. Penelitian ini memanfaatkan abu batu dari Desa Warinta, Kecamatan Pasarwajo. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium dengan menggunakan komposisi campuran beton berdasarkan SNI 03-0349-1989.

- Dari hasil penelitian mengenai kuat tekan beton yang diuji pada umur 3, 7 dan 28 hari ditemukan bahwa campuran beton yang paling optimum adalah sebesar 50% abu batu. Rata-rata kuat tekan yang diperoleh pada umur 3, 7 dan 28 hari masing-masing adalah sebesar 66,28 Kg/cm^2 , 88,38 Kg/cm^2 , dan 136,81 Kg/cm^2 . Dibandingkan dengan beton tanpa penambahan abu batu yang di uji pada umur 3, 7 dan 28 hari masing-masing sebesar 29,74 Kg/cm^2 , 41,64 Kg/cm^2 , dan 68,83 Kg/cm^2 . Berikut tabel hasil penelitian tersebut

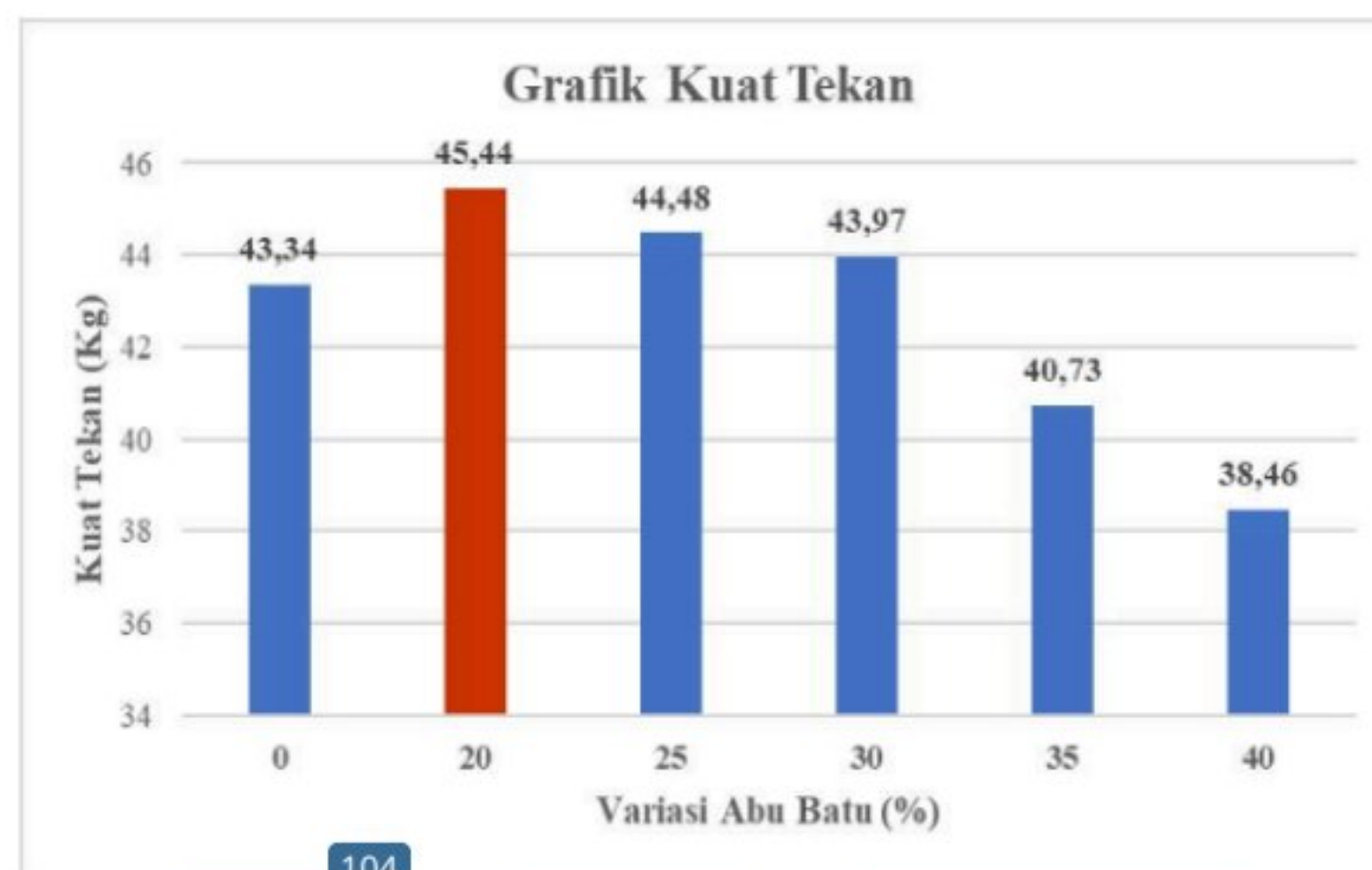


21
Gambar 2.4 Nilai Kuat Tekan Bata Beton Umur 3,7 dan 28 Hari
(Sumber : Hartini 2019)

5. **Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi** (Abdullah Afif, 2018)

Penelitian tersebut bertujuan untuk dapat mengetahui nilai kuat tekan beton mutu tinggi dengan pemanfaatan agregat halus dari Merapi. Penelitian tersebut menggunakan variasi dengan 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% sebagai pengganti agregat halus, yang ditinjau pada umur beton 28 hari dan mutu rencana $F'c$ 42 Mpa. Penelitian ini memanfaatkan abu batu dari Watu Telu dan juga dan menggunakan bahan tambah superplasticizer jenis sika viscocrete 3115N yang ditambahkan sebesar 0,6% secara konsisten di setiap variasi campuran beton. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium dengan menggunakan komposisi campuran berdasarkan SNI 03-6368-2000.

- Hasil penelitian uji kuat tekan beton didapatkan komposisi paling optimum yaitu pada campuran beton variasi sebesar 20% abu batu. Didapatkan kuat tekan rata sebesar 45,44 Mpa. Dibandingkan dengan beton tanpa penambahan abu batu yaitu sebesar 43,34 Mpa dengan rentan waktu yang sama yaitu umur beton 28 hari untuk pengujian kuat tekan beton. Berikut tabel hasil penelitian tersebut.



Gambar 2.5 Nilai Kuat Tekan Bata Beton Umur 28 Hari
(Sumber : Abdullah Afif 2018)

2.2 Beton

Beton terbuat dari batuan belah, juga dikenal sebagai kerikil dan pasir, yang menimbulkan ruang di antara mereka sendiri, dan direkatkan dengan udara sehingga menimbulkan rongga-rongga di antara bahan-bahan yang telah disebutkan sebelumnya dan diikat dengan baik (Supriadi, 2020). Beton adalah bahan komposit dari beberapa material dengan perbandingan tertentu, sehingga kualitas beton sangat dipengaruhi oleh masing – masing material pembentuk beton. Desain campuran beton, mutu dan jumlah komposisi beton harus dihitung dalam perbandingan tertentu agar mendapatkan mutu beton yang diinginkan. Menurut (Supriadi, 2020) yang paling mempengaruhi kualitas beton adalah parameter-parameter berikut, antara lain :

- a. Faktor air dan semen
- b. Komposisi material pembentuk beton
- c. Kekuatan, kebersihan dan gradasi agregat
- d. Hubungan antara pasta semen dengan agregat
- e. Prosedur pengecoran dan pemadatan beton
- f. curing beton

Beton mempunyai sifat kuat tarik yang lemah tetapi kuat tekan yang tinggi. Kuat tekan merupakan kekuatan beton untuk menahan beban tekanan yang diterapkan padanya. Kuat tekan adalah salah satu sifat penting untuk mengidentifikasi kualitas beton, terutama dalam penggunaannya pada struktur bangunan. Semakin tinggi kekuatan struktur yang diperlukan, maka semakin tinggi juga kualitas beton yang dihasilkan. Beton sering kali mencapai level yang diinginkan pada hari ke 28 setelah pengecoran beton segar.

2.2.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang banyak dipakai didunia, karena mempunyai sifat kuat dan tahan lama. Namun beton juga mempunyai kelebihan dan kekurangan yang menjadi pertimbangan dalam penggunaannya. Berikut beberapa pendapat mengenai kelebihan dan kekurangan dari beton.

Menurut (Mulyono, 2004) beton mempunyai kelebihan diantaranya yaitu :

1. Beton segar mudah dibawa ataupun dicetak dalam bentuk dan ukuran apapun sesuai kebutuhan konstruksi.

2. **Beton** merupakan bahan yang awet, tahan air, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
3. Beton mempunyai kuat tekan yang paling tinggi dibanding dengan material konstruksi lainnya.
4. Beton tahan pada temperature yang tinggi
5. Beton bertulang tidak membutuhkan biaya pemeliharaan yang banyak.

Menurut (Mulyono, 2004) beton mempunyai kekurangan diantaranya yaitu :

1. Bentuk yang dibuat sulit untuk di ubah
2. Pekerjaan butuh ketelitian yang tinggi
3. Memiliki beban yang berat
4. Daya pantul suara yang besar

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton mempunyai kelebihan diantaranya sebagai berikut :

1. **Beton memiliki sifat yang tahan terhadap** pembusukan **dan** korosi **yang** disebabkan oleh kondisi lingkungan, serta beton juga sanggup menahan gaya tekan yang baik.
2. Beton memiliki harga yang lebih murah dari pada baja
3. Beton awet, tahan aus, tahan terhadap temperatur tinggi, dan biaya perawatanya lebih murah.
4. Struktur beton bertulang bisa digunakan untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, Pelabuhan, bendungan, jembatan, dll karena kekuatan tekanan tinggi saat digabungkan dengan baja tulangan yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.
5. Beton bisa dicetak dengan mudah dalam bentuk dan ukuran yang diinginkan, sehingga membuatnya mudah.
6. Selama perbaikan, beton segar dapat langsung diisikan pada cetakan beton maupun retakan beton.
7. Beton segar dapat dipompa, sehingga dapat menjangkau lokasi yang tinggi.

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton mempunyai kekurangan diantaranya sebagai berikut :

1. Setelah dibentuk, sulit mengubah bentuk yang telah di buat
2. Proses perencanaan dan pembuatan beton agregat kasar dan agregat halus bervariasi karena bahan dasar yang dipakai berbeda-beda sesuai lokasi pengambilan

3. Beton mudah retak karena tidak mampu menahan gaya tarik sehingga perlu ditambahkan tulangan.
4. Beton memiliki banyak kelas kekuatan, sehingga harus dirancang sesuai dengan bangunan yang diinginkan, sehingga metode perencanaan dan implementasi beton bervariasi.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan.

4

2.3 Beton Normal

Beton normal (*concrete normal weight*) adalah beton yang mengandung hanya agregat yang memenuhi ASTM C33M (SNI 2847:2019). Berat beton normal tipikal memiliki kepadatan (berat jenis) antara 2155 dan 2560 kg/m³, dan normalnya diambil nilai sebesar 2320 hingga 2400 kg/m³ (SNI 2847:2019).

2.4 Material Penyusun Beton

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling sering digunakan di seluruh dunia. Keberhasilan suatu proyek konstruksi yang dihasilkan sangat bergantung pada kualitas beton yang digunakan, yang ditentukan oleh komposisi dan proporsi bahan penyusunnya. Secara umum beton terdiri dari empat komponen utama :, agregat halus, agregat kasar, air, dan semen.

2.4.1 Agregat

Agregat merupakan komponen penting dalam konstruksi yang memberikan kekuatan, stabilitas dan volume pada beton. Agregat merupakan mineral alami yang digunakan sebagai bahan pengisi pada gabungan beton atau mortar (Abdullah Afif, 2018). Volume beton sebanyak 70% berasal dari agregat. Pemilihan jenis agregat yang tepat dapat memberikan kualitas beton yang diinginkan. Agregat berfungsi untuk mengurangi reduksi pada proses pengerasan beton, juga dapat menghemat penggunaan semen. Agregat yang dipakai dalam komposisi beton terdiri dari dua jenis, sebagai berikut :

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat dengan besar butir maksimal 4,75 mm (SNI 03-6820-2002). Agregat halus juga sering disebut pasir dan merupakan butir yang lolos saringan No.4. Untuk memperoleh kualitas beton yang lebih baik maka pasir yang dipakai juga harus memenuhi

kriteria tertentu. Berikut syarat kualitas agregat halus menurut SK SNI S-04-1989-F sebagai berikut :

1. Butiran tajam, keras dan kuat
2. Bersifat kekal, tidak hancur atau pecah karena pengaruh cuaca
3. Kandungan lumpur dalam agregat halus tidak boleh lebih dari 5%.
Jika melampaui maka agregat harus di cuci.
4. Tidak boleh terkandung zat organik, karena dapat memengaruhi mutu beton.
5. Modulus kehalusan butiran berada dalam rentang 1,5 hingga 3,8.
6. Tidak boleh terkandung garam

Berdasarkan ASTM C-33 syarat agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lulus saringan lebih besar dari 45% dan tertahan pada saringan berikut.

Tabel 2.1 Syarat Besar Butiran Agregat Halus

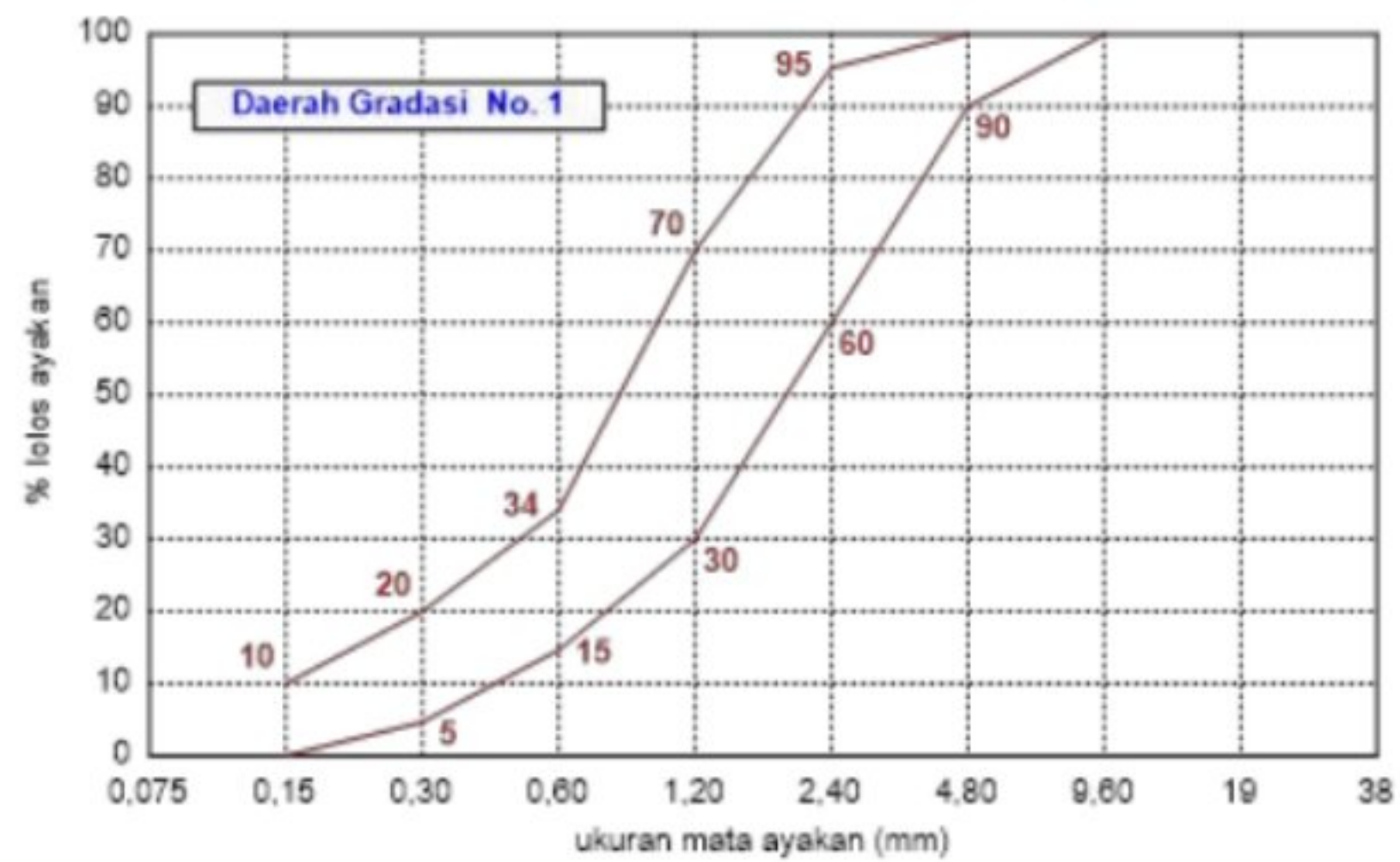
Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif
9,5	100
4,75	95 - 100
2,36	80 - 100
1,18	50 - 85
0,6	25 - 60
0,3	10 - 30
0,15	2 - 10

(Sumber : ASTM C-33)

Tabel 2.2 Batas gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	II	IV
9,6	00 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

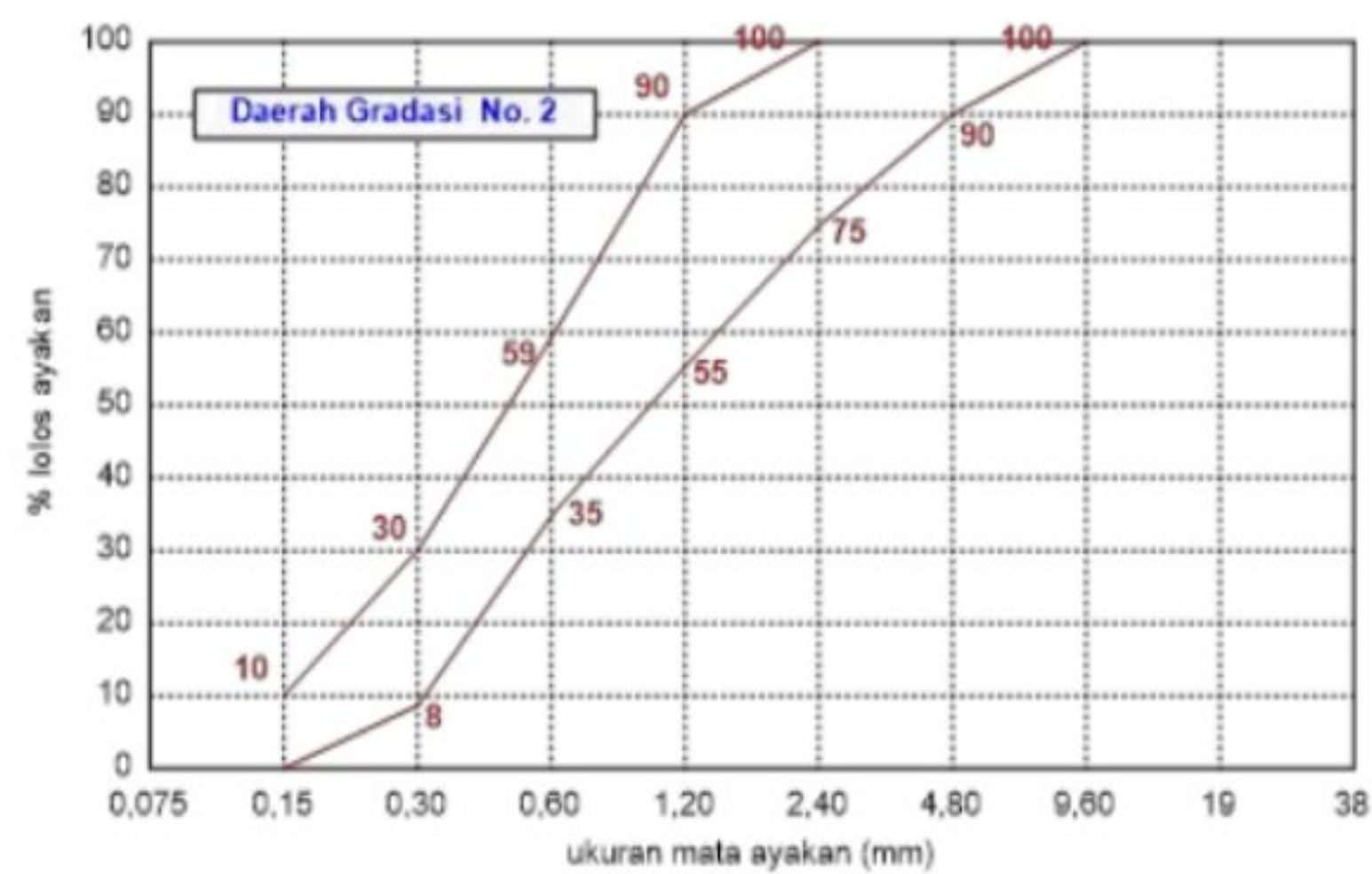
(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Batas Gradasi Pasir (Kasar) No. 1

Gambar 2.6 Daerah Batas Gradasi pasir No 1

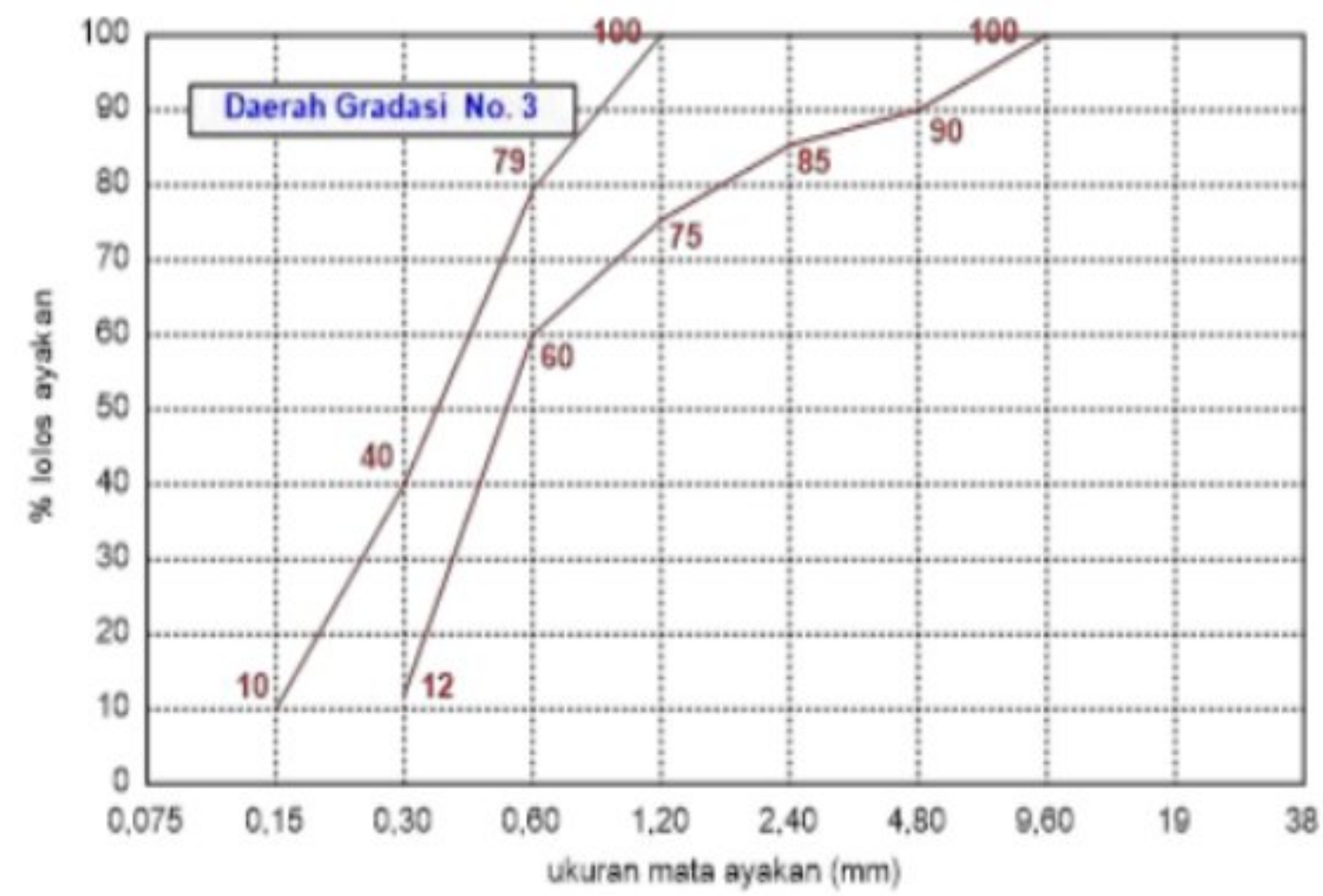
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2

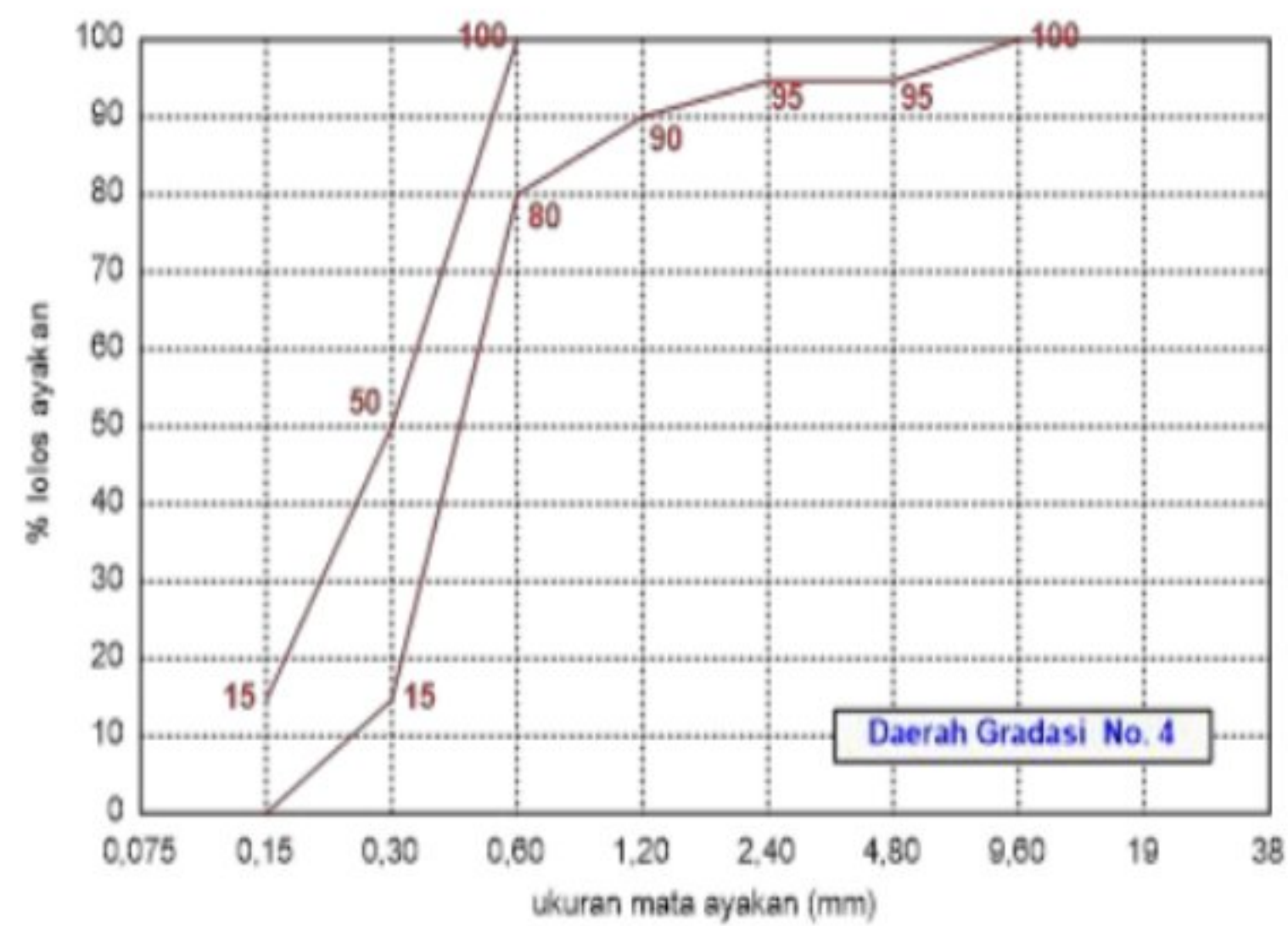
Gambar 2.7 Daerah Batas Gradasi pasir No 2

(Sumber : SNI 02-2834-2000)



: Batas Gradasi Pasir (Agak Halus) No. 3

Gambar 2.8 Daerah Batas Gradasi pasir No 3
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



: Batas Gradasi Pasir dalam Daerah No. 4

Gambar 2.9 Daerah Batas Gradasi pasir No 4
(Sumber : SNI 02-2834-2000)

Sebelum menggunakan agregat halus yang akan dipakai untuk beton harus melakukan tes terlebih dahulu. Pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang ada didalamnya. Berikut pengujian agregat halus yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1.... Pengujian Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-01)

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

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

$$\text{Modulus kehalusan} = (\Sigma \text{Kumulatif tertahan}) / 100 \dots\dots\dots (2.3)$$

2.... Pengujian Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97)

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

3.... Pengujian Berat Jenis Pasir (ASTM C128)

$$\text{Berat jenis} = \frac{W_3 - W_1}{(W_5 + W_2) - W_4} \dots\dots\dots (2.5)$$

W1 = Berat piknometer

W2 = Berat pasir SSD

W3 = Berat pasir + Berat piknometer

W4 = Berat piknometer + pasir + air

W5 = Berat air + piknometer

4.... Pengujian Air Resapan Pasir (ASTM C 129-03)

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

5.... Pengujian Berat Volume Pasir (ASTM C 128-78)

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

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

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

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil hasil dari disintegrasi batuan alam atau berupa batuan pecah/belah yang berasal dari industri pemecahan batu. Ukuran kasarnya berkisar antara 4,76 mm hingga 150 mm. Kerikil kasar merupakan agregat yang diposisikan pada saringan ke 4 atau 4,75. Menurut (Nurjana et al., 2021) agregat kasar tergolong menjadi dua macam berdasarkan asalnya, yaitu :

1. Biasanya bahan yang digunakan adalah ¹²bu, tanah liat, pasir, dan bahan lainnya. Namun, kerikil dari sungai dan kerikil pantai biasanya tidak memiliki ¹²-zat yang disebutkan di atas, dan bentuk mereka juga lebih halus. Ini karena pengaruh udara.
2. Kricak atau split merupakan agregat yang dihasilkan dari batuan alam yang dihancurkan, baik melalui proses mekanis menggunakan alat penghancur batu maupun secara alami dengan bantuan batuan lainnya.

Kerikil yang dipakai untuk campuran beton harus memenuhi beberapa syarat yaitu :

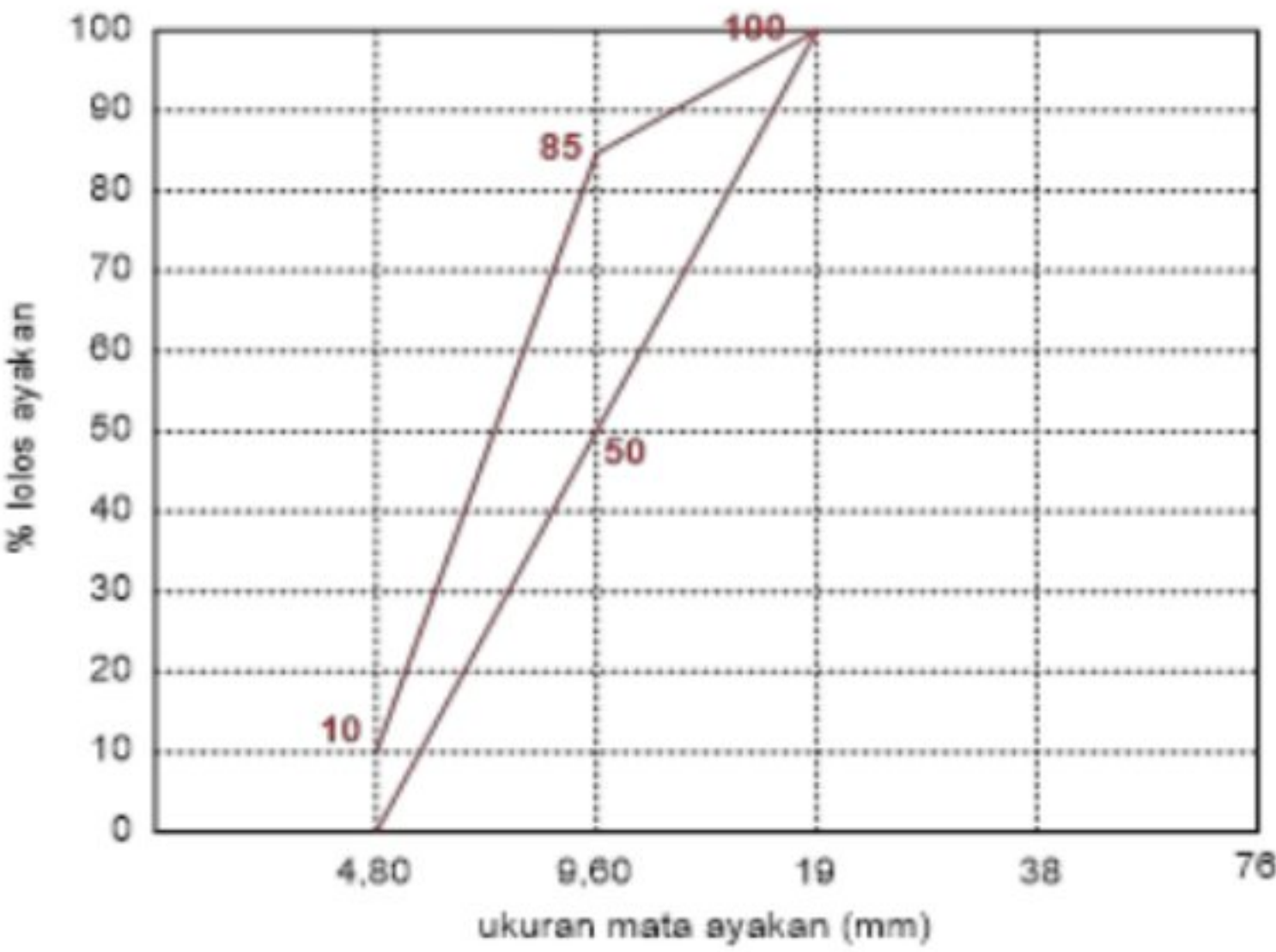
- a. Kadar lumpur maksimal 1% berat kering, apabila terkandung lebih dari 1% maka agregat harus dicuci.
- b. Modulus halus agregat dalam satu campuran campuran beton (mix design) tidak boleh melebihi 7%.
- c. Angka kehalusan (Fineness modulus) untuk agregat kasar berkisar antara 6 hingga 7,1.
- d. Agregat kasar harus lulus uji kekerasan dengan mesin penguji Rudloff untuk beban pengujian sebesar 20 ton.
- e. Keausan agregat kasar diuji menggunakan alat Los Angeles pada 500 putaran, dan bagian yang hancur harus kurang dari 1,7 mm, dengan catatan bahwa persentase keausan dalam 100 putaran tidak boleh lebih dari 20% dari total keausan dalam 500 putaran.
- f. Agregat kasar tidak boleh terkandung material yang dapat bereaksi dengan alkali.
- g. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras, tidak berpori, dan memiliki sifat yang tahan lama.

A⁵²gat kasar memiliki beragam ukuran butiran sehingga agregat kasar yang dipakai untuk campuran beton harus terpenuhi syarat gradasi yang ditetapkan dalam SNI ketika diayak menggunakan ayakan.

4
Tabel 2.3 Batas gradasi Agregat Kasar

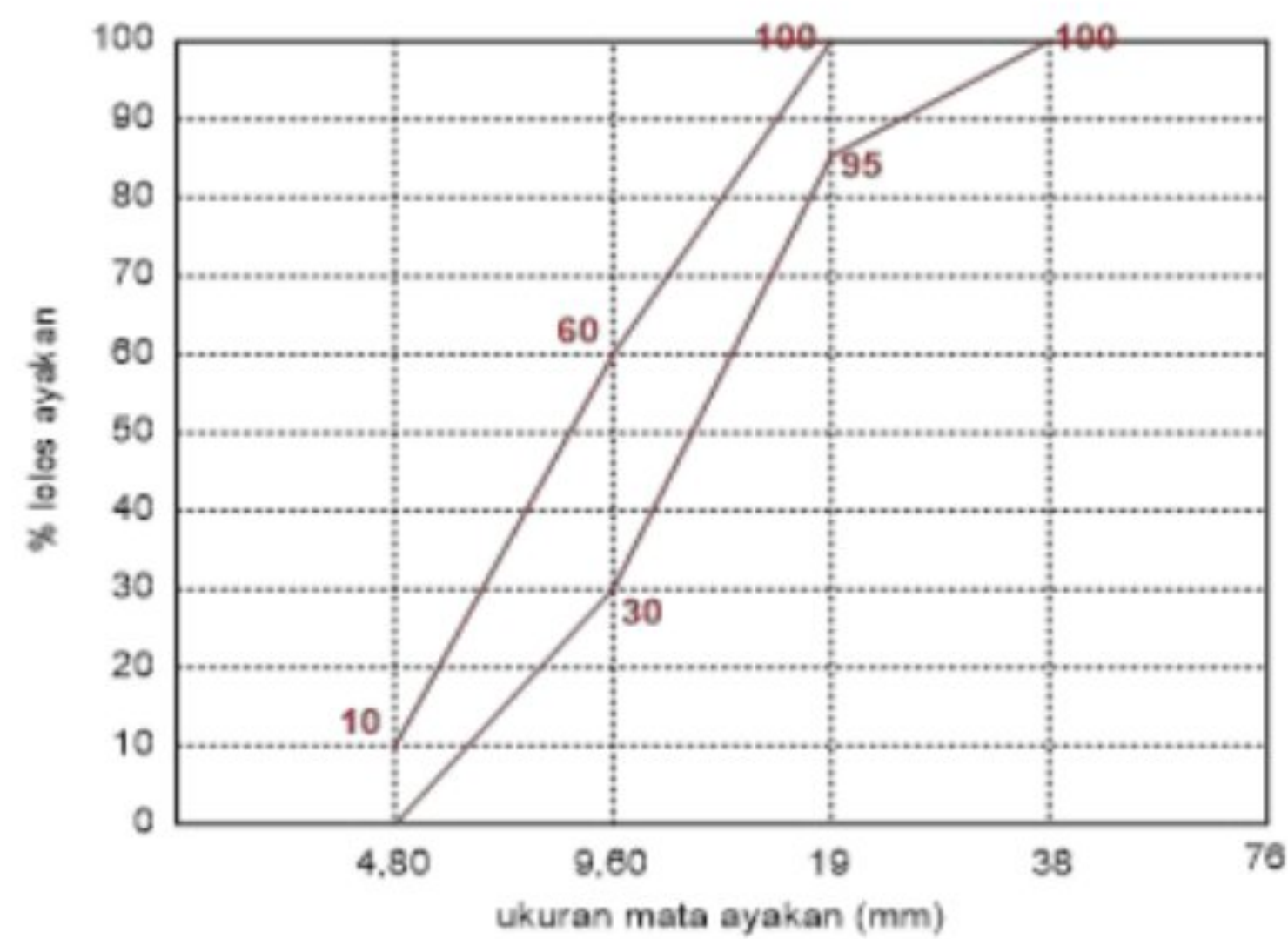
Lubang Ayakan (mm)	Persen besar butir yang lewat ayakan		
	Maksimal 10 mm	Maksimal 20 mm	Maksimal 40 mm
75	6		100 - 100
37,5		100 - 100	95 - 100
19	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	50 - 85	30 - 60	10 - 45
4,75	0 - 10	0 - 10	0 - 5

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



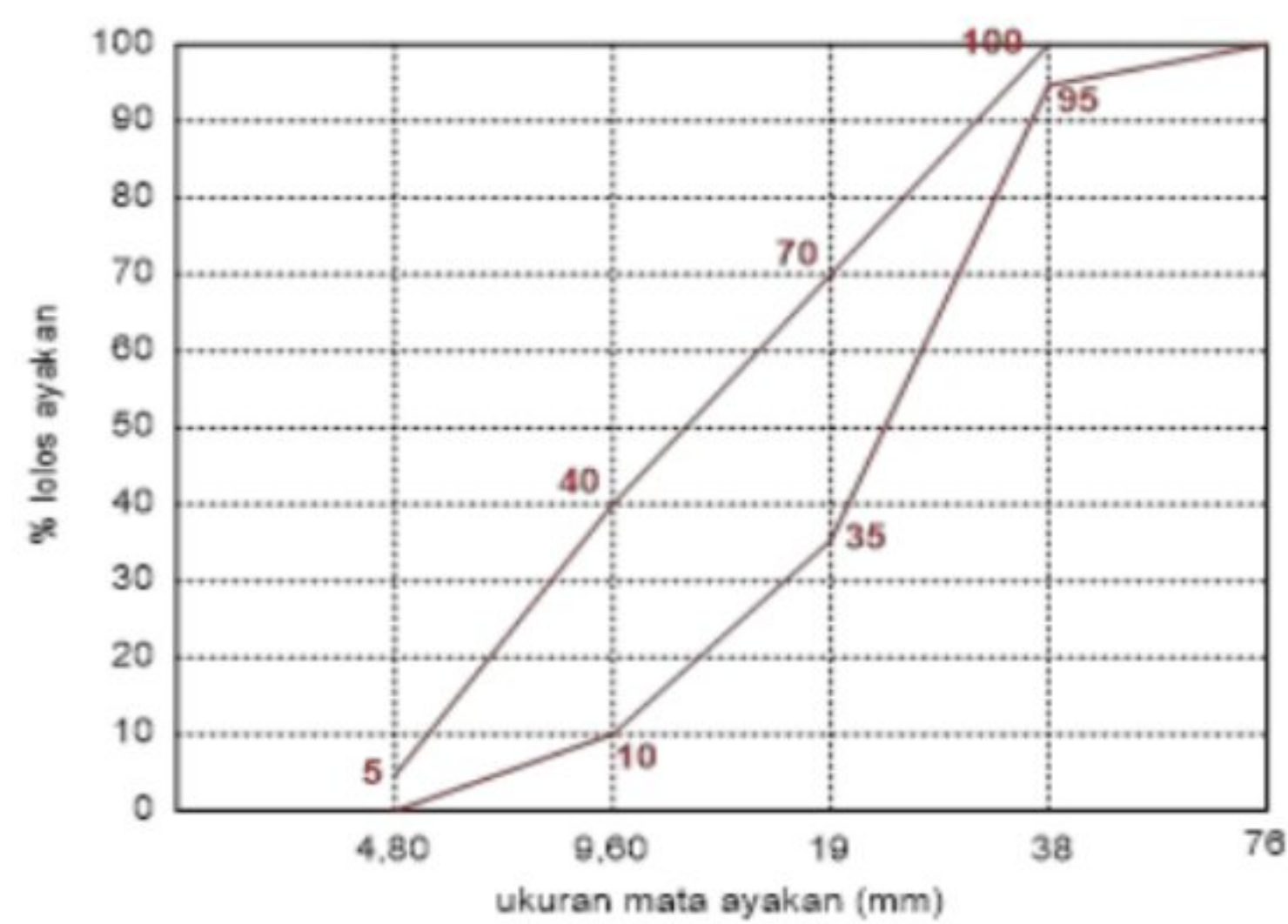
Batas Gradasi Kerikil ukuran maksimum 10 mm

Gambar 2.10 Batas Gradasi Kerikil Maksimum 10 mm
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



Batas Gradasi Kerikil ukuran maksimum 20 mm

Gambar 2.11 Batas Gradasi Kerikil Maksimum 20 mm
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



Batas Gradasi Kerikil ukuran maksimum 40 mm

Gambar 2.12 Batas Gradasi Kerikil Maksimum 40 mm
(Sumber : SNI 02-2834-2000)

Sebelum menggunakan agregat kasar yang dipakai untuk campuran beton harus dilakukan uji terlebih dahulu. Pengujian yang dilakukan dengan tujuannya dapat mengetahui sifat-sifat yang ada didalamnya. Berikut pengujian agregat kasar yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1...Pengujian Analisa Saringan kerikil (ASTM C136-01)

$$\text{Persentase kumulatif lolos} = 100\% \times \text{kumulatif tertahan}\% \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Persentase kerikil} = \frac{\text{Berat kerikil tertahan}}{\text{Berat kerikil awal}} \times 100 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\sum \text{Modulus kehalusan}}{100} \dots\dots\dots (2.11)$$

2...Pengujian Kelembaban Kerikil (ASTM C566-97)

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Berat kerikil basah}-\text{berat kerikil kering}}{\text{Berat kerikil kering}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

3...Pengujian Berat Jenis Kerikil (ASTM 12)

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat kerikil SSD}}{\text{Berat kerikil SSD}-\text{Berat kerikil dalam air}} \dots\dots\dots (2.13)$$

4...Pengujian Air Resapan Kerikil (ASTM C127-01)

$$\text{Kadar Air Resapan} = \frac{\text{Berat kerikil SSD}-\text{Berat kerikil kering oven}}{\text{Berat kerikil kering oven}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

5...Pengujian Berat Volume Kerikil (ASTM C29-97)

$$\text{Berat Volume} = \frac{(\text{Berat silinder}-\text{Berat kerikil})-\text{berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \dots\dots\dots (2.15)$$

6...Pengujian Kadar Lumpur Pada Kerikil Dengan Cara Kering (ASTM C33-03)

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{\text{Berat kerikil SSD}-\text{Berat kerikil kering oven}}{\text{Berat kerikil kering SSD}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

7...Pengujian Keausan Kerikil (ASTM C131-03)

$$\text{Keausan} = \frac{\text{Berat kerikil awal}-\text{Berat kerikil tertahan dicuci}}{\text{Berat kerikil semula}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.17)$$

13

2.4.2 Air

Air adalah komponen penting untuk campuran beton, fungsi air adalah sebagai bahan pengikat yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia antara semen dan air. Air juga mempengaruhi kuat tekan beton, karena kelebihan air dapat mengakibatkan fenomena bleeding, dimana air dan semen naik ke permukaan beton segar yang baru saja dituangkan (Fahrul et al., 2023). Kondisi ini dapat mengakibatkan lemahnya ikatan antara lapisan-lapisan beton. Selain itu, air juga berperan penting dalam perawatan beton, yang dilakukan dengan cara menyiram area beton yang baru di cor. Penambahan air tidak boleh terlalu banyak dan harus sesuai dengan

perhitungan mix design agar beton yang diperoleh sesuai dengan mutu yang diinginkan. (Tjakrodimuljo, 2007) menyatakan dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syaratnya yaitu :

1. Air tidak boleh mengandung lumpur atau bahan terapan lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak terkandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat, organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak terkandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak terkandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.4.3 Serbuk Batu Kapur

Serbuk batu berasal dari pecahan batu kapur. Batu kapur (limestone) (CaCO_3), merupakan sebuah batuan sedimen terbuat dari *mineral calcite* (calcium carbonate) (Elfina, 2019). Batu kapur terjadi dengan beberapa cara yang secara organik secara mekanik maupun secara kimia. Adapun sifat dari batu gamping adalah sebagai berikut :

- a. Berat jenis = 2,387 ton/m³
- b. Pecahan = 2,7 – 3,4 skail mohs
- c. Bidang belahan = tidak teratur
- d. Kilap = Kaca tanah
- e. Goresan = putih sampai putih keabuan
- f. Tenacity = keras, kompak, Sebagian berongga
- g. Warna = putih, putih kecoklatan, dan putih keabuan

Untuk penelitian ini penulis memakai serbuk batu yang berasal dari pecahan batu kapur. Menurut (Wantutrianus, Z., 2014) serbuk batu adalah serbuk yang di dalamnya terkandung sejumlah besar senyawa SiO_2 , Al_2O_3 dan alkali, besi dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, namun demikian dengan komposisi yang sedikit walau berbeda daerah, komponen serbuk batu dipakai dalam campuran beton diutamakan untuk meningkatkan kinerja beton. serbuk batu termasuk lewat ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 mm (Nurjaman et al., 2021). serbuk batu memiliki daya ikat lebih baik dibandingkan dengan pasir, di kondisi yang terkena air pasir lebih mudah terurai sedangkan serbuk batu akan semakin mengikat dan mengeras (Ibrahim & Saelan, 2019).

2.4.4 Portland Cement (PC)

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis hasil dari dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat bersifat hidrolis, ditambah dengan gips sebagai bahan tambahan (Supriadi, 2020). Sedangkan menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* juga didefinisikan sebagai semen hidrolis hasil dari penggilingan terak mengandung kalsium silikat. Komposisi kimia semen ini meliputi unsur yaitu : kapur (CaO) sebesar 60-65%, magnesia (Mg) 0,5-4, aluminium (Al₂O₃) 3-8%, silika (SiO₂) 17-25%, besi (Fe₂O₃) 0,5-6%, %, Sulfur (SO₃) 1-2%, Soda /potash 0,5-1%. Menurut (Supriadi, 2020) pembentuk utama semen *portland*, yaitu:

- a. Silika (SiO₂), didapat dari tanah liat
- b. Besi (Fe₂O₃), di dapat dari tanah liat
- c. Alumina (Al₂O₃),didapat dari tanah liat
- d. Kapur (CaO), didapat dari batuan kapur

Penggunaan pada semen *portland* diperlukan suatu standar, dimana standar tersebut akan memberikan batasan terhadap parameter kimia maupun fisik. Di Setiap negara terdapat aturan atau batasan tersendiri. Berikut dua standar yang paling sering digunakan dalam referensi dari standar tersebut :

- Standar SNI (Indonesia)
- 1. Semen Portland (SNI 15-2049-2004)
 - a. Jenis I, adalah semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan syarat-syarat khusus.
 - b. Jenis II, adalah semen *Portland* yang dalam penggunaanya butuh tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
 - c. Jenis II, adalah semen *Portland* yang penggunaanya menuntut kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
 - d. Jenia IV, adalah semen *Portland* yang penggunaanya menuntut panas hidrasi yang rendah.
 - e. Jenis V, adalah semen *Portland* yang penggunaanya perlu ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

2. Semen Portland putih (SNI 15-0129-2004)

Semen putih adalah semen portland yang didalamnya terdapat kandungan oksida besi rendah, kurang dari 0,5%. Semen Portland putih biasanya diapaki untuk adukan semen dan beton yang tidak perlu syarat khusus kecuali warna putihnya.

3. Semen Portland Pozzolan, (SNI 15-0302-2004)

Semen portland pozzolan adalah semen yang dihasilkan dari penggilingan terak (clinker) semen portland beserta gypsum dan bahan pozzolan. Semen jenis ini biasanya digunakan untuk beton yang diekspos terhadap sulfat.

4. Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004)

Semen portland komposit sering dipakai dalam konstruksi umum berupa pasangan selokan, batu bata, dinding, jalan, pagar, dan bangunan lainnya. Semen ini dibuat dengan campuran semen Portland, gypsum dan satu atau lebih bahan anorganik lainnya yang kemudian digiling.

• Standar ASTM (Amerika)

1. ASTM C150 : Standard Specification for Portland Cement

- a. Tipe I, Untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Tipe II, untuk penggunaan memerlukan tahan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Tipe III, untuk penggunaan memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan.
- d. Tahap IV, untuk penggunaan memerlukan kalori hidrasi rendah.
- e. Tipe V, penggunaan memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

17

2.5 Gradasi Agregat Campuran

(SK.SNI T-15-1990-03:21) membuat batasan gradasi yang diambil dari B.S, pada table di bawah ini.

36

Tabel 2.4 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 40 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	50	59	67	75
9,6	36	44	52	60
4,8	24	32	40	47
2,4	18	25	31	38
1,2	12	17	24	30
0,6	7	12	17	23
0,3	3	7	11	15
0,15	0	0	2	5

(Sumber : SNI 02-2834-2000)

Tabel 2.5 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
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

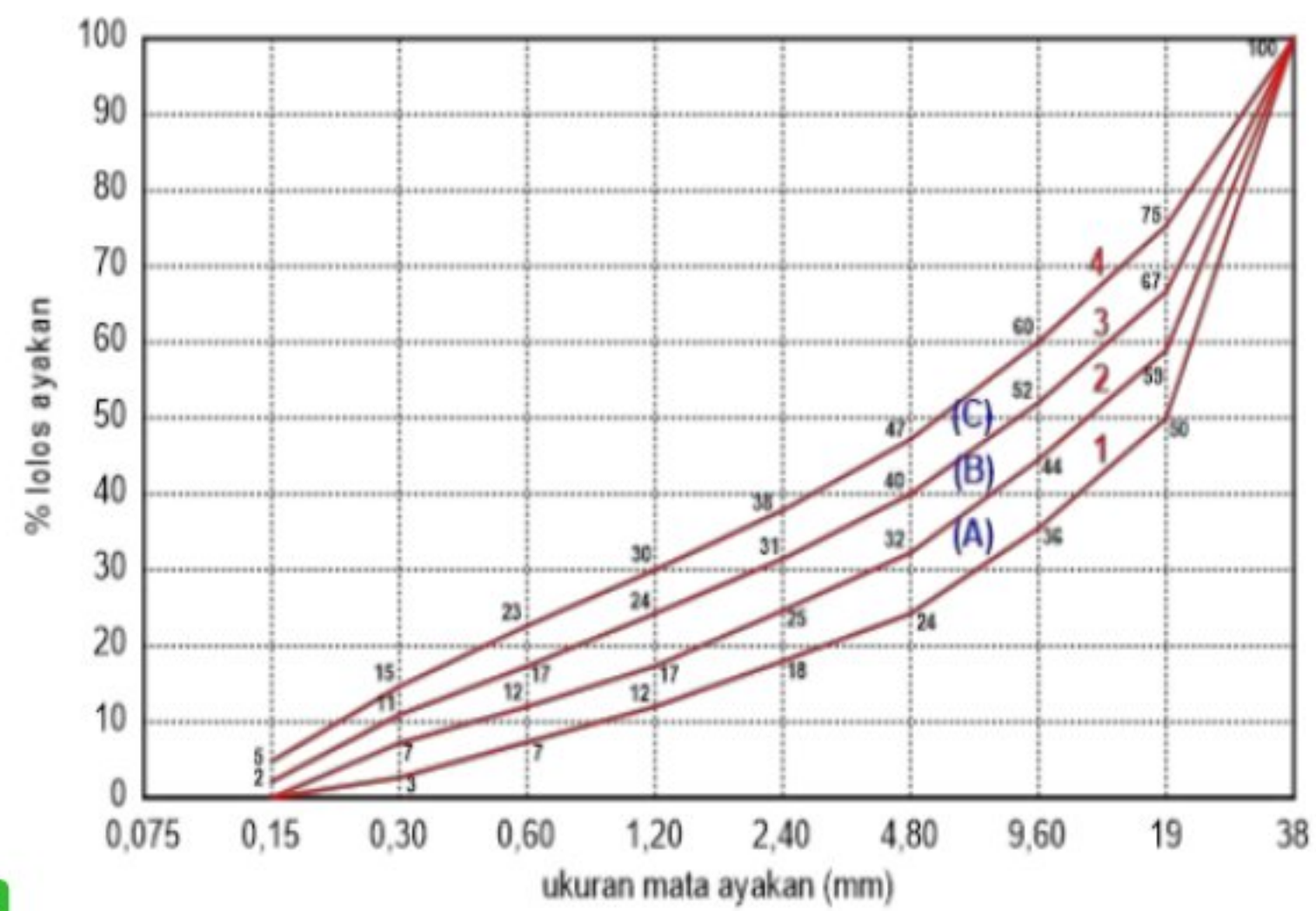
(Sumber : SNI 02-2834-2000)

7

Tabel 2.6 Persen Butir Lewat Ayakan (%) Agregat Butir Maks 10 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
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

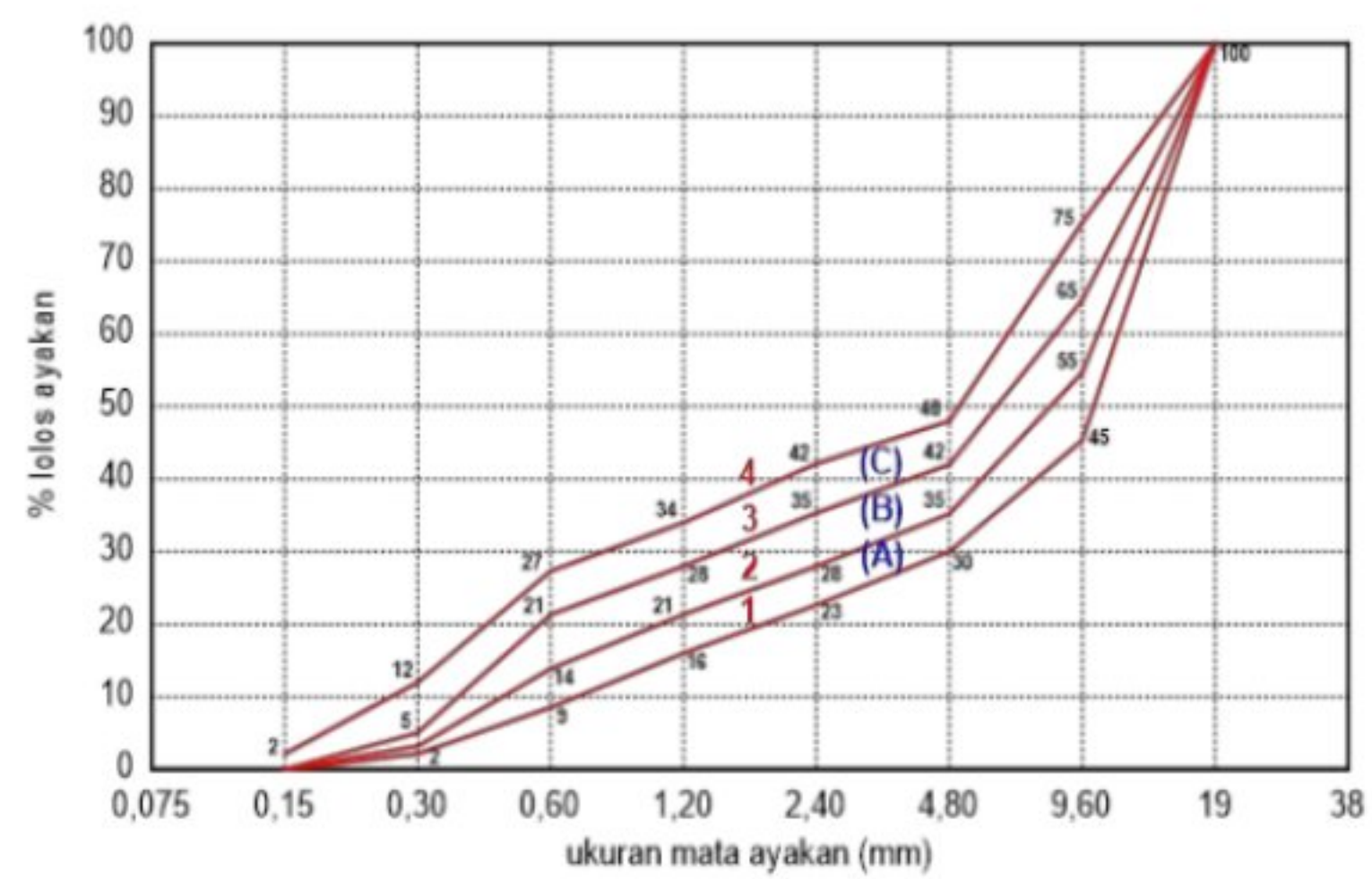
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



5 Gambar 2.13 Daerah Gradasi Standar Agregat dengan Butiran Maksimum

40 mm

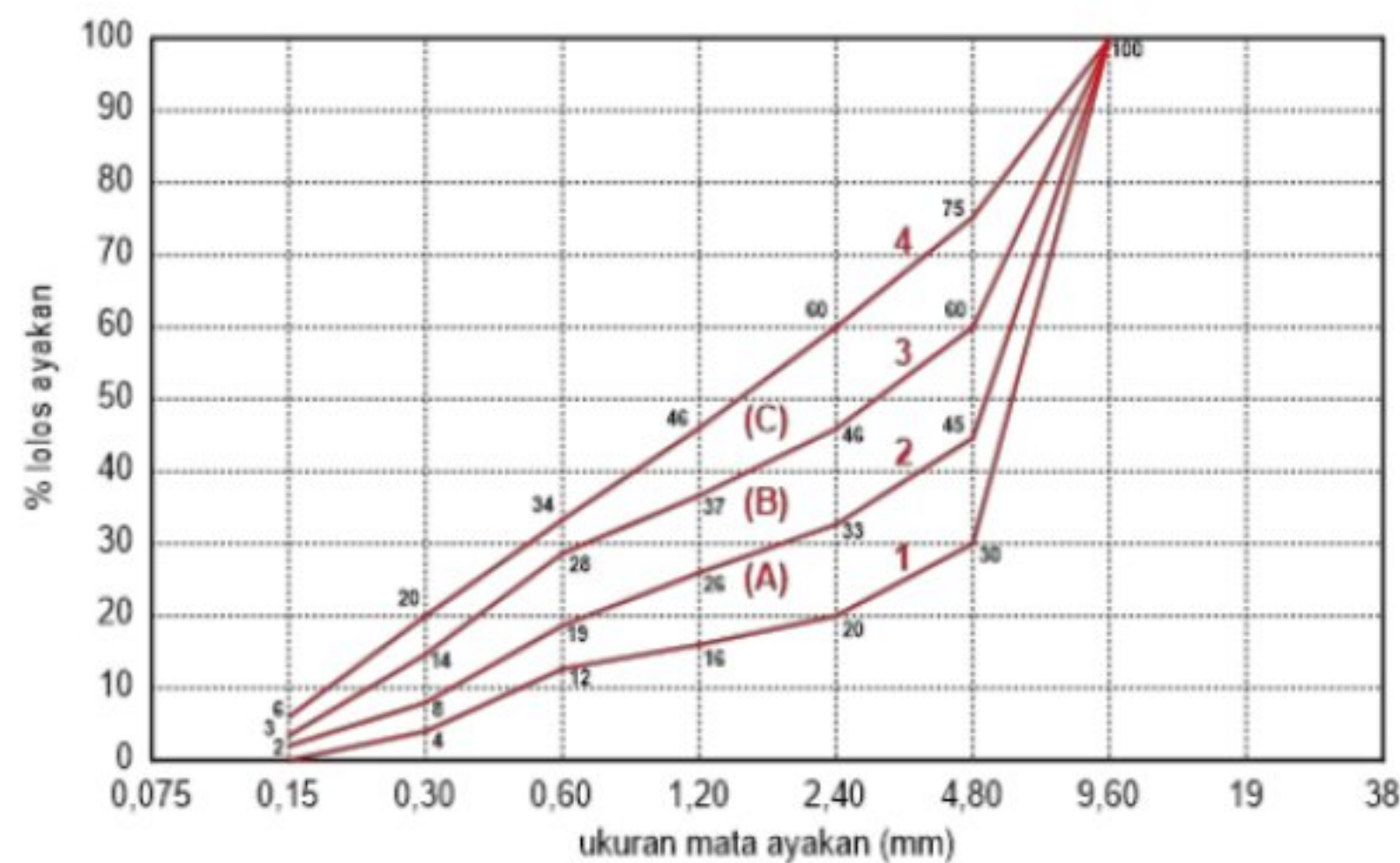
(Sumber : SNI 02-2834-2000)



5 Gambar 2.14 Daerah Gradasi Standar Agregat dengan Butiran Maksimum

20 mm

(Sumber : SNI 02-2834-2000)



Gambar 2.15 Daerah Gradasi Standar Agregat dengan Butiran Maksimum 10 mm

(Sumber : SNI 02-2834-2000)

22

2.6 Slump Test

Slump test adalah sebuah cara untuk menentukan tingkat kekuatan campuran beton. *Slump* beton merupakan besaran nilai yang menunjukkan kekentalan atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. Fungsi utama *slump test* adalah mengetahui workabilitas dari beton yang telah dibuat dan digunakan. Berikut faktor yang dapat memengaruhi nilai konsistensi beton yaitu:

- Jumlah air yang digunakan untuk campuran beton
- Gradasi agregat
- Jumlah pasta untuk campuran adukan
- Besar butir maksimum agregat

Uji slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam 2 peraturan standar :

- SNI -1972-2008 (Cara uji *slump* beton)
- PBI 1971 N12 (Peraturan beton bertulang Indonesia)

Berikut nilai slump pada pemakain beton segar untuk elemen-elemen struktur untuk menemukan nilai *workability* yang digunakan.

Elemen Struktur	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah	9	2,5
Plat (lantai), balok, kolom, daan dinding	15	7,5
Jalan beton bertulang	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 2.7 Rekomendasi Nilai *Slump Test*
(Sumber : PBI 1971 N.I.-2)

2.7 Berat Jenis Beton

Menurut ASTM C 127-84, berat jenis didefinisikan sebagai rasio massa satuan volume material terhadap massa udara pada permukaan dalam kondisi statis. Uji berat jenis bertujuan untuk menentukan kategori beton yang sudah dibuat. Jumlah berat jenis yang dipilih dapat ditentukan dengan menggunakan rumus, yaitu :

$$\rho = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

ρ = Berat jenis beton (kg/m³)

V = Volume beton (m³)

M = Berat beton (kg)

$$\text{Berat jenis} = \frac{(\text{Berat beton+cetakan})-(\text{berat cetakan})}{\text{Volume cetakan silinder}} \dots \dots \dots (2.19)$$

2.8 Resapan Air

Uji resapan air dilakukan untuk mengetahui besarnya tingkat penyerapan air pada benda uji. Uji resapan air dilakukan dengan cara merendam beton selama 24 jam. Setelah itu beton ditimbang kemudian dimasukan ke oven kurang lebih 22-24 jam dengan suhu 100°-110°. Jumlah pori dan rongga pada beton dapat mempengaruhi penyerapan air, semakin banyak pori di dalam beton maka semakin besar penyerapan airnya,

sehingga ketahanan beton dapat berkurang. Sesuai dengan SNI 03-2914-1990, uji penyerapan air beton menggunakan persamaan berikut :

$$WA(\%) = \frac{m_j - m_k}{m_k} \times 100\% \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

WA = Daya resapan air (%)

mk = Massa kering (gram)

mj = Massa jenuh air (gram)

Massa jenuh air (mj) merupakan massa yang diperoleh saat beton dimasukan ke dalam air selama 24 jam, kemudian diangkat dan dibiarkan menetes selama satu menit sebelum ditimbang untuk mendapatkan massa basah nya.

Massa kering (mk) merupakan massa yang diukur setelah ³ benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 105°C selama 24 jam. Setelah dikeluarkan dari oven, benda tersebut didiamkan hingga mencapai suhu ruang sebelum ditimbang untuk mendapatkan massa keringnya.

2.9 Perawatan Beton/Curing

Tujuan dari perawatan beton adalah untuk memastikan bahwa reaksi antara senyawa semen dan material lain, seperti semen, dapat berjalan dengan lancar. Hal ini memastikan bahwa jumlah beton yang diinginkan dapat diperoleh. Selain itu, perawatan ini penting untuk mencegah terjadinya masalah terkait beton.

Metode dan lama pelaksanaan *curing* tergantung dari :

- Jenis dan tipe semen dan beton yang dipakai merupakan bahan tambah atau pengganti yang dipilih
- Jenis atau tipe dan luasan elemen struktur yang dikerjakan
- Kondisi cuaca, suhu dan kelembaban di lokasi proyek
- Penetapan waktu dan nilai kuat tekan beton apakah mengacu pada (28 hari atau selain 28 hari tergantung dari spesifikasi yang ditetapkan oleh konsultan perencanaan desain)

Kualitas dan durasi/lama pekerjaan *curing* beton berpengaruh pada:

- Kekuatan atau mutu beton
- Ketahanan dan umur struktur beton
- ¹² Ketahanan beton terhadap air
- Ketahanan permukaan beton, seperti terhadap keausan

e. Stabilisasi volume beton, yang berkaitan dengan susut atau pengembangan

Beberapa metode yang dapat dipakai dalam *curing* beton dilapangan, sebagai berikut :

- Menyirami permukaan beton secara rutin dengan air agar tetap lembab selama proses perawatan
- Merendam beton dalam air
- Membungkus beton dengan bahan yang dapat mencegah penguapan air
- Menutupi beton dengan bahan yang dapat mengurangi penguapan air dan disiram secara teratur
- Menggunakan bahan khusus untuk perawatan beton

SNI 03-2847-2002 menetapkan waktu untuk *curing* beton selama :

- Tujuh hari untuk beton normal
- Tiga hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi

ACI^2 318 menetapkan waktu *curing* dilakukan hingga tercapai min 70% kuat tekan beton yang diinginkan (F_c).

ASTM C-150 mensyaratkan :

- Semen tipe I, waktu minimum perawatan 7 hari
- Semen tipe II, waktu minimum perawatan 10 hari
- Semen tipe III, waktu minimum perawatan 3 hari
- Semen tipe IV atau V , waktu minimum perawatan 14 hari

2.10 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah jumlah beban maksimum per satuan area yang dapat ditahan beton sebelum mengalami retak atau hancur. Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian, dimana tekanan diberikan pada permukaan sampel beton menggunakan alat uji. Kuat tekan beton dipengaruhi dari perbandingan campuran dididinya serta tingkat kelembaban di tempat beton mengeras. Kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut :

- F'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
- F_{ck} = Kuat tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Mpa).
- S = Deviasi standar (Mpa)

Beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan tekan beton yaitu :

- a. Proporsi dari bahan penyusunan beton
- b. Metode perencanaan beton
- c. Keadaan pada saat pengecoran beton
- d. Perawatan beton

Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan rata-rata yang diinginkan maka campuran beton harus dibuat dengan sesuai. Nilai kuat tekan beton didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$F'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

F'_c = Kuat tekan beton (Mpa)

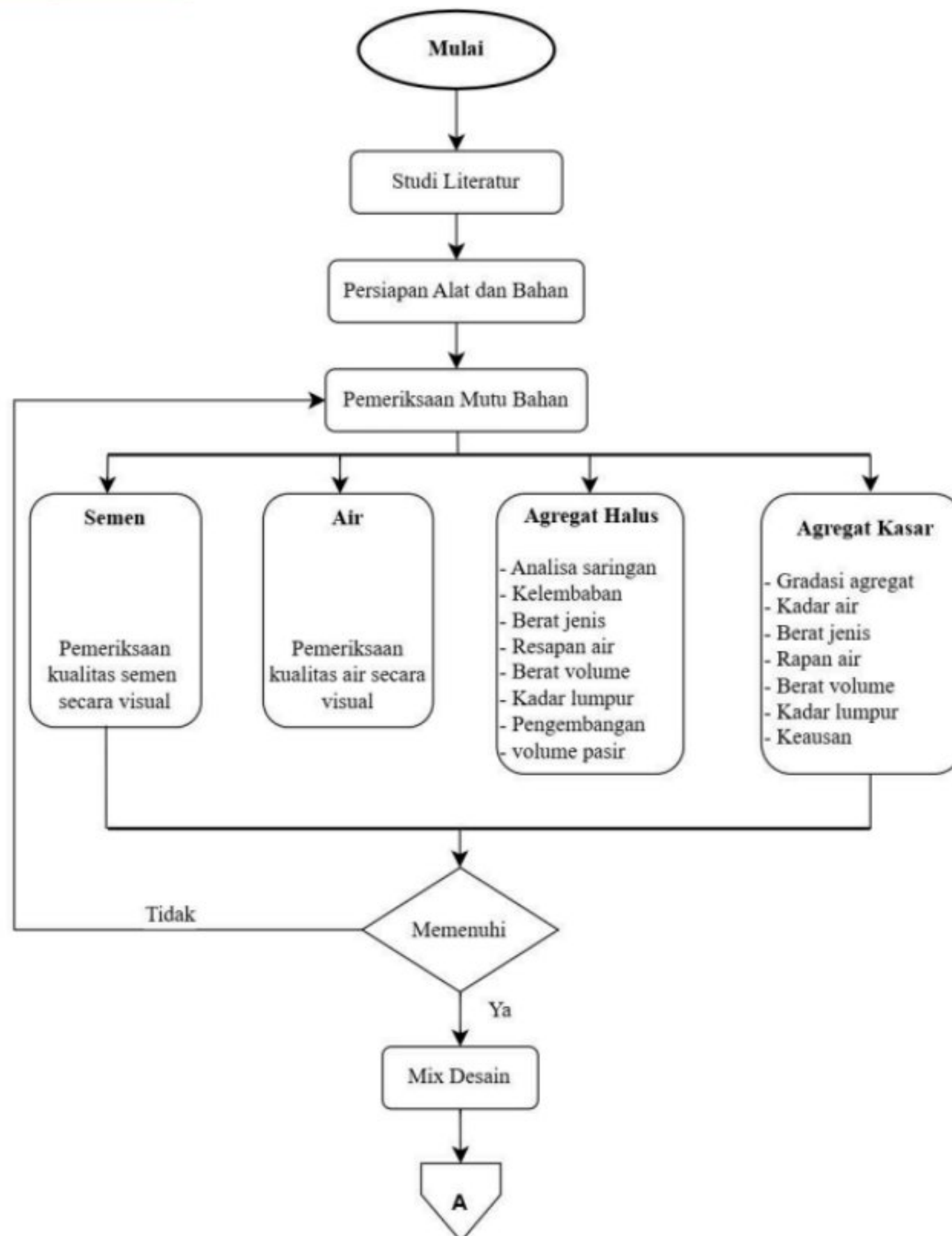
P = Beban maksimal (N)

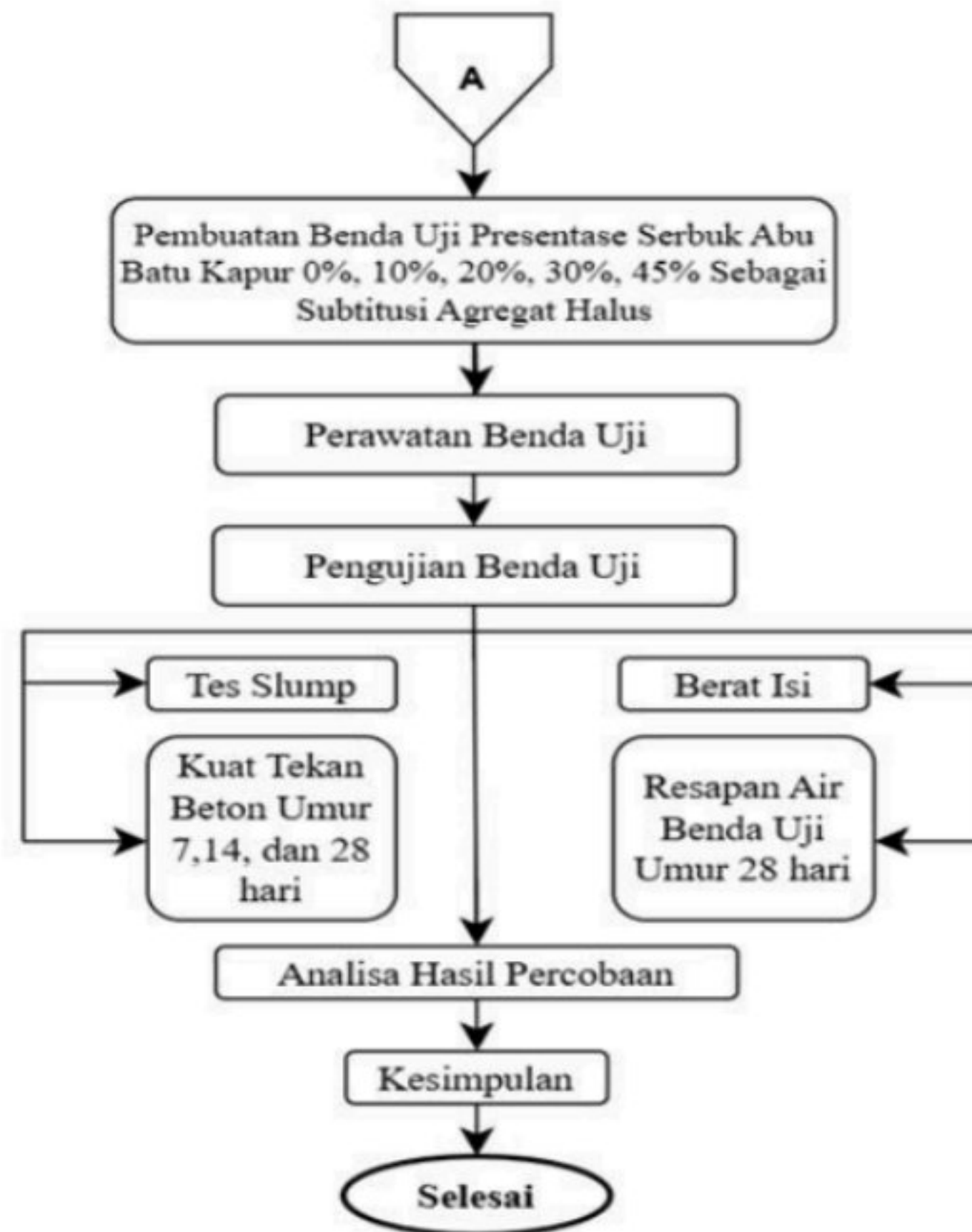
A = Luas penampang yang menerima gaya tekan (mm²)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir





Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan benda uji persentase batu kapur 10%, 20%, 30%, 45% sebagai substitusi agregat halus
(Sumber : penulis, 2024)

3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk penelitian dalam mengkaji sumber informasi atau literatur terkait dengan topik dan masalah yang diteliti. Tujuan untuk membantu penulis memahami lebih dalam tentang teori atau informasi yang terkait dengan subjek penelitian. Dalam studi literatur biasanya berasal dari banyak sumber, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, tesis, disertasi, laporan penelitian, dan publikasi lainnya.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat ⁴⁴⁷ bahan sangat menentukan kualitas hasil penelitian yang akan dilakukan. Oleh karena itu pemilihan alat dan bahan yang sesuai sangat ⁴⁷ menentukan dalam keberhasilan penelitian. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.4.1 Alat

Beberapa peralatan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu :

1. Timbangan untuk mengukur massa benda uji.
2. Set ayakan (ASTM 136-06) dan mesin sieve shaker yang dipakai untuk menguji gradasi agregat.
3. Oven dan nampan aluminium digunakan untuk mengeringkan benda uji serta sebagai wadah sebagai wadah tempat mengeringkan benda uji.
4. Gelas ukur untuk menakar semen, pasir, dan air dengan akurat.
5. Keranjang kawat digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar.
6. Mesin Los Angeles dan bola baja digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar.
7. Alat pengaduk (*Concrete mixer*) atau molen dipakai untuk mengaduk material ⁹ benda uji secara merata.
8. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30cm dipakai untuk membentuk benda uji beton.
9. Nampan dan ember digunakan sebagai wadah untuk penempatan bahan dalam pembuatan benda uji.
10. Tabung kerucut besi (Tabung Abraham) dan plat baja dipakai untuk pengujian slump test.

11. Alat perojok digunakan untuk meratakan campuran beton.
12. Meteran digunakan sebagai alat pengukur untuk pengujian slump test.
13. Alat uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan beton.
14. Berbagai alat bantu lainnya yang diperlukan untuk mendukung jalanya penelitian.

3.4.2 Bahan

Berikut ¹² bahan-bahan yang dipakai untuk penelitian ini yaitu :

1. Semen
Menggunakan semen jenis Type 1 yaitu semen gresik.
2. Pasir
Menggunakan pasir alam sebaagai agregat halus.
3. Air
Menggunakan air yang bersumber dari PDAM kota Surabaya.
4. Batu pecah
Batu pecah digunakan sebagai agregat kasar.
5. ³bu batu kapur
Abu batu kapur yang dipakai untuk penelitian ini merupakan berasal dari daerah Bangkalan, Madura.

3.5 Pengujian Bahan Material

Pengujian material dilakukan untuk menguji sifat-sifat fisik, kimia, atau mekanik dari suatu material seperti pembuatan beton. Untuk memastikan bahwa material tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk menghasilkan beton yang berkualitas. Data hasil pengujian bahan akan dipakai sebagai acuan perhitungan *mix design*.

¹ 3.5.1 Pengujian Semen

Uji semen dilakukan untuk mengevaluasi kualitas dan karakteristik semen yang dipakai pada penelitian. Tujuan dari pengujian semen adalah untuk memastikan bahwa semen yang dipakai memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan sesuai dengan spesifikasi teknis yang digunakan untuk mendapatkan beton yang kuat. Memastikan semen yang memenuhi standar dilakukan pengujian secara visual, yaitu dengan pemeriksaan semen secara langsung dengan mengamati kehalusan butiran tanpa adanya gumpalan dari semen, juga semen harus di pastikan dalam keadaan tertutup rapat.

Jika semen dalam kondisi buruk, hal tersebut dapat mempengaruhi mutu dan kualitas beton.

3.5.2 Pengujian Air

Pengujian air bertujuan untuk memastikan bahwa air yang dipakai memenuhi standar yang diperlukan pada pengujian beton. Pengujian dilakukan secara visual yang mana melakukan pengecekan langsung pada air yang akan dipakai pada campuran beton, dan air tersebut harus bersih, tidak mengandung asam, oli, alkali, bahan organik, atau bahan lainnya yang dapat merusak beton.

3.5.3 Pengujian Agregat Halus (Pasir dan Abu Batu Kapur)

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik agregat halus. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa agregat halus sesuai standar teknis yang diperlukan dalam pembuatan 5 ton. Uji agregat halus yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. ¹¹⁰Perubahan Analisa Saringan Pasir (ASTM C136-76)

a. ¹¹⁰Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang dipakai selama pengujian yaitu:

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Satu set ayakan

¹Tabel 3.1 Nomor Ayakan dan Ukuran Diameter Lubang

No Ayakan	Ukuran Diameter Lubang (mm)
3/8 in	9,50
No. 4	4,75
No. 8	2,36
No.16	1,18
No.30	0,60
No. 50	0,30
No. 100	0,15

(Sumber : ASTM C136-01)

- Alat pengantar
- Sikat Kuningan
- Nampan
- Pasir dalam keadaan kering oven

b. Langkah-langkah pengujian

- Timbaang pasir yang telah dikeringkan dalam oven sebanyak 1000gram.
- Susun saringan berdasarkan urutan diameter saringan terbesar di bagian atas, dan seterusnya diurutkan berdasarkan diameter saringan yang lebih kecil.
- Masukkan pasir ke dalam saringan yang telah disusun sesuai urutan.
- Letakan saringan berisi pasir diatas mesin penggetar atau mesin sieve shaker dan kencangkan 108 gan baut pengunci.
- Nyalakan mesin dan biarkan selama 10 menit
- Timbang pasir yang tertinggal di setiap saringan setelah proses penggetaran selesai.

2. Percobaan Kelembaban Pasir (ASTM C566-71)

a. Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang digunakan selama pengujian yaitu:

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Oven
- Pan
- Pasir asli tanpa campuran

b. Langkah-langkah pengujian

- Pasir asli sebanyak 500 gram
- Pasir yang sudah ditimbang lalu dimasukan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur $110^{\circ} - 5^{\circ}\text{C}$.
- Mengeluarkan pasir dari dalam oven, setelah pasir dingin kemudian ditimbang

5

3. Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM C128-73)

a. Alat dan Bahan

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Labu takar 500 ml.
- Oven dan nampan
- Kerucut untuk mengecek kondisi SSD
- Pasir asli

b. Langkah-langkah pengujian

Sebelum melakukan pengujian berat jenis, agregat halus atau pasir disiapkan terlebih dahulu dalam keadaan SSD.

- Pasir asli direndam selama ± 24 jam dalam air.

- Setelah ± 24 jam buang air secara hati-hati agar pasir tidak ikut terbang.
- Pasir yang telah dipisahkan dengan air diletakan diatas wadah dan jemur dibawah panas matahari. Agregat halus harus dibolak-balik untuk mendapatkan permukaan yang jenuh.
- Untuk mengetahui apakah agregat halus (pasir) sudah memenuhi permukaan jenuh, masukkan 1/3 bagian dari tinggi keseluruhan kerucut dan tumbuk sebanyak 25 kali. Kemudian ulangi prosedur ini hingga agregat halus (pasir) memenuhi seluruh tinggi kerucut.
- Setelah kerucut terisi penuh, lalu angkatlah, jika agregat halus runtuh tetapi tetap dalam bentuk kerucut, itu berarti agregat halus sudah dalam keadaan SSD.

Setelah menyiapkan agregat halus SSD, selanjutnya adalah menguji berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut :

- Ambil 500 gram agregat halus kondisi SSD
- Masukkan agregat halus kondisi SSD ke dalam piknometer, dan tambah air hingga mencapai pasir terendal dalam Putar sambal diguncang hingga gelembung udara tidak terlihat lagi di dalam piknometer.
- Tambahkan air suling hingga mencapai tanda batas diamkan hingga 4 - 24 jam dan timbanglah piknometer yang berisi air suling tersebut.
- Perhitungkan nilai berat jenis.

4. Percobaan Air Resapan Pasir (ASTM C128-01)

a. Alat dan Bahan

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Oven
- Nampan
- Pasir kondisi SSD

b. Langkah-langkah pengujian

- Siapkan agregat halus 500 ± 10 gram dalam keadaan SSD dan masukan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110^\circ \pm 5^\circ \text{C}$.
- Setelah 24 jam keluarkan agregat halus dari dalam oven kemudian dinginkan.
- Setelah itu, timbang agregat halus, atau pasir dan hitung persentase resapan airnya.

5. Percobaan Berat Volume Pasir (ASTM C129-97)

a. Alat dan Bahan

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 liter.
- Alat perojok besi diameter 16mm, panjang 60cm.
- Wadah
- Pasir kering oven

b. Langkah-langkah pengujian

- Tanpa rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering dan ukuran tinggi serta diameternya.
 - pasir dimasukan ke dalam silinder sampai silinder terisi penuh.
 - Permukaan silinder diratakan kemudian ditimbang.
- Dengan rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering dan ukuran tinggi serta diameternya.
 - Silinder di isi dengan pasir sebanyak 1/3 bagian kemudian dirojok sebanyak 25 kali lakukan sampai silinder terisi penuh.
 - Permukaan silinder diratakan kemudian ditimbang.

6. Tes Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering (ASTM C117-76)

a. Alat dan Bahan

- Timbangan Analisa kapasitas 2600gram
- Saringan 0,063 mm
- Oven
- Nampan
- Pasir kering oven
- Air

b. Langkah-langkah pengujian

- Timbang pasir kering oven sebanyak 1000 gram
- Cuci pasir hingga bersih, caranya masukan pasir ke dalam wadah berisi air lalu remas-remas pasir hingga menjadi keruh
- Saring air cucian menggunakan saringan yang telah disiapkan. Material yang tertahan di saringan diletakan kembali di dalam wadah pasir. Cucu pasir secara berulang hingga air cucian terlihat jernih.

- Pindahkan pasir yang telah dicuci ke dalam oven dengan suhu $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- Kemudian keluarkan pasir dan timbang setelah dingin.

7. Pengujian Pengembangan Volume Pasir (*Bulking*)

a. Alat dan Bahan

- Gelas ukur 500 cc
- Batang pengaduk
- Pasir asli
- Air

b. Langkah-langkah pengujian

- Masukkan pasir ke dalam gelas ukur $\pm \frac{3}{4}$ bagian, ukur volume pasir tersebut (V1).
- Pasir dikeluarkan dari gelas ukur sampai bersih pasir tersebut agar gampang ditampung jangan sampai ada yang tercecer.
- Gelas ukur diisi dengan air $\pm \frac{1}{2}$ bagian.
- Masukkan pasir kembali ke dalam gelas ukur sedikit demi sedikit sambil diaduk, diamkan ± 4 s/d 8 jam ukur volume pasir didalam air tersebut. (V2).

3.5.4 Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

Pengujian agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang terkandung di dalam agregat kasar. Uji agregat kasar terdapat pada SNI 03-1750-1990. Pengujian agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini yaitu:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

a. Alat dan Bahan

- Timbangan kapasitas 25 kg
- Set ayakan ASTM dengan diameter: #1,5'', #3/4'', dan #3/4'' bila perlu #4,75 mm dan #2,38 mm.
- Kerikil/ batu pecah dalam keadaan kering oven

b. Langkah-langkah pengujian

- Kerikil ditimbang dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Diameter Saringan

Diameter Saringan Max	Berat Agregat Minimum
#3/8" (9,5 mm)	1 kg
#1/2" (12,5 mm)	2 kg
#1/4" (19,0 mm)	5 kg
#1" (25,0 mm)	10 kg
#1,5" (37,5 mm)	15 kg
#2" (50,0 mm)	20 kg
#2,5" (63,0 mm)	3,5 kg

(Sumber : ASTM C136-01)

- Masukkan kerikil ke dalam saringan yang telah disusun
- Letakan susunan saringan tersebut ke dalam mesin penggetar saringan.
- Nyalakan mesin selama kurang lebih 10 menit.
- Tumbang kerikil yang tertahan disetiap saringan.

2. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

a. Alat dan Bahan

- Timbangan kapasitas 2600 gram
- Oven
- Pan

b. Langkah-langkah pengujian

- Timbang berat kerikil dalam keadaan asli sebanyak 500 gram
- Masukkan kerikil ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$
- Keluarkan kerikil dari dalam oven, setelah kerikil dingin kemudian timbang 40 langkah.

3. Pengujian Berat Jenis

a. Alat dan Bahan

- Timbangan kapasitas 20 kg yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- Kain lap
- Keranjang kawat
- Nampan

- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat air harus dilengkapi dengan pipa agar permukaan air selalu tetap.
 - Agregat kasar (kerikil) dalam kondisi SSD
- b. Langkah-langkah pengujian ³
- Sebelum melakukan pengujian berat jenis, agregat kasar harus disiapkan dalam keadaan SSD, berikut cara pengerjaannya:
- Agregat kasar dimasukan ke dalam air selama satu hari (24 jam).
 - Buang air perendaman setelah 24 jam.
 - Selanjutnya, ambil ¹ agregat kasar kemudian di lap sampai terlihat jenuh, jika sudah maka agregat kasar sudah dalam keadaan SSD.
- Setelah Agregat kasar sudah disiapkan dalam kondisi SSD, langkah selanjutnya adalah pengujian berat jenis, berikut cara pengerjaannya:
- Kerikil kondisi SSD ditimbang dengan berat bersih 3000 gram.
 - Keranjang kawat ditimbang didalam air, caranya adalah dengan menggantungkan ditempat gantungan tempat air.
 - Setelah itu masukan kerikil SSD yang sudah ditimbang dengan berat bersih 3000 gram kedalam keranjang kawat, lalu timbang keranjang dan kerikil dengan cara menggantungkan keranjang di tempat gantungan air
4. Penyerapan Agregat Kasar
- a. Alat dan Bahan
- Timbangan kapasitas 20 kg
 - Oven
 - Nampan
 - Kerikil dalam kondisi SSD
- b. Langkah-langkah pengujian
- Timbang kerikil pada kondisi SSD 3000 grama (berat bersih).
 - Masukan kerikil ke dalam oven dengan suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ selama 24 jam (sampai kering)
 - Keluarkan dari dalam oven, kemudian setelah dingin timbang kerikil.
5. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar
- a. Alat dan Bahan
- Timbangan
 - Takaran berbentuk silinder dengan volume 10 Liter

- Perojok besi dengan diameter 16mm, panjang 60cm
- Wadah
- Kerikil dalam kondisi kering oven
- b. Langkah-langkah pengujian
 - Silinder dalam keadaan kering ditimbang dan ukur tinggi serta diameternya.
 - Agregat kasar dimasukan ke dalam silinder sebanyak 1/3 bagian, kemudian agregat di rojok sebanyak 25 kali, sampai ketinggian kerikil lebih besar dari ketinggian silinder.
 - Kemudian permukaan silinder diratakan lalu ditimbang

Setelah percobaan dengan dan tanpa rojokan selesai, lakukan perhitungan untuk menentukan berat volume agregat kasar.

6. Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Kasar Dengan Cara Kering

- a. Alat dan Bahan
 - Timbangan kapasitas 20 kg
 - Saringan 0,063 mm
 - Oven
 - Nampan
 - Pasir kering oven
 - Air
- b. Langkah-langkah pengujian
 - Timbang kerikil kering sebanyak 500 gram.
 - Cucu kerikil hingga bersih dengan cara memasukan kerikil ke dalam wadah kemudian di remas- remas hingga air menjadi keruh.
 - Saring air cucian menggunakan saringan dengan ukuran 0,063 mm hingga airnya habis. Material yang telah disaring dikembalikan ke dalam wadah lalu dicuci bersih kembali hingga air tampak jernih.
 - Pindahkan kerikil yang telah dicuci bersih kedalam oven dengan suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ selama 24 jam (sampai kering).
 - Setelah kerikil dikeluarkan dari dalam oven dan dingin, timbang kembali beratnya.

7. Pengujian Keausan Agregat Kasar

- a. Alat dan Bahan
 - Mesin Los Angeles
 - Bola baja 12 buah

- Ayakan no. 12; #38,2 mm; #25,4 mm; #19,0 mm; #12,7 mm; #9,5mm.
- Timbangan kapasitas 20kg
- Nampan
- Palu/pemecah batu
- b. Langkah-langkah pengujian
 - Timbang kerikil oven sebanyak 5000 gram
 - Untuk membuat benda uji, pilih salah satu gradasi dan sesuaikan beratnya
 - Masukkan benda uji beserta bola bajanya ke dalam mesin Los Angeles kemudian nyalakan mesin dan tunggu sampai mesin berhenti berputar.
 - Setelah mesin berhenti berputar ambil agregat kasar dan lakukan pengayakan dengan saringan no.12. Butir yang tertahan di saringan no.12 dicuci bersih, selanjutnya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam (sampai kering).
 - Keluarkan dari dalam oven setelah dingin kemudian ditimbang.

3.6 Pengolahan Abu Batu Kapur

Batu kapur sendiri biasa digunakan dalam industri semen, pertanian, pengolahan limbah, dan industri kimia. Batu kapur yang terkandung dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3) dapat menjadi serbuk melalui beberapa langkah atau proses berikut:

1. Penghancuran yang berasal dari alam
Biasanya dikarenakan batu kapur yang terpapar cuaca, air, atau angin dan tererosi dan mengalami pelapukan sehingga menghasilkan serbuk batu kapur secara alami
2. Penghancuran dan penggilingan batu kapur
Batu kapur yang lebih besar dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil menggunakan mesin penghancur kemudian digiling lebih lanjut untuk menghasilkan serbuk halus.
3. Penyaringan
Penyaringan untuk menghasilkan serbuk batu ya¹⁹ halus juga memisahkan kotoran dan kerikil. Serbuk batu kapur yang digunakan merupakan butir yang lolos saringan No.4.

3.7 Perencanaan *Mix Design* Beton

Mix Design atau perencanaan campuran beton merupakan proses menentukan proporsi bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatan, durabilitas, dan kemudahan pengerjaan. Tujuan utama dari *mix design* adalah untuk menghasilkan beton yang memenuhi spesifikasi teknis dan fungsional dengan biaya yang optimal. Perencanaan campuran beton menggunakan metode DOE (Department of Environment). Perencanaan campuran beton dengan metode DOE adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kuat tekan beton karakteristik yang di isyaratkan (F_c')

Kuat tekan beton karakteristik (f_c') adalah nilai kuat tekan beton yang digunakan sebagai acuan untuk perencanaan dan perhitungan struktur beton. Nilai kuat tekan ini merupakan hasil pengujian pada sampel beton dengan umur 28 hari yang dilakukan dengan cara uji tekan dengan benda uji berbentuk kubus atau silinder beton. Nilai merupakan kemampuan beton untuk menahan beban tekan sebelum mengalami rusak atau retak.

2. Menentukan nilai deviasi standar atau nilai tambah (SD)

Nilai deviasi standar atau nilai tambah SD diperoleh dari data sebelumnya. Dalam *mix design* nilai deviasi standar sangat diperlukan untuk memastikan kualitas campuran beton yang dihasilkan konsisten dan sudah memenuhi standar.

3. Menghitung nilai tambah (M)

Nilai tambah (Margin) sesuai dengan SNI 2847-2013 yaitu :

$$\begin{aligned} F_c' < 21 &= 7,0 \text{ Mpa} \\ 21 \leq F_c' \leq 35 &= 8,3 \text{ Mpa} \\ F_c' > 35 &= 5,0 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai rata-rata yang direncanakan (F'_{cr})

Nilai kuat tekan rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

13
Tabel 3.3 Kuat Tekan Rata-Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia Untuk Deviasi Standar

Kuat tekan diisyaratkan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)
$F_c' < 21$ $21 \leq F_c' \leq 35$ $F_c' > 35$	$F_{cr}' = F_c' F_{cr} 7,0$ $F_{cr}' = F_c' + 8,3$ $F_{cr}' = 1,10 F_c' + 5,0$

(Sumber : SNI 2847-2013)

5. Menetapkan jenis semen

Pada tahap ini adalah langkah penting untuk memastikan beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan ketahanan yang sesuai dengan pengaplikasian beton. Pemilihan jenis semen yang tidak tepat dapat mempengaruhi kekuatan, durabilitas, dan berbagai sifat lainnya dari beton.

6. Menentukan jumlah agregat kasar dan agregat halus

Tahap ini, untuk mengetahui berapa banyak agregat yang dibutuhkan. Jenis agregat halus yang dipakai adalah batu yang tidak dipecah (alami), sedangkan jenis agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (buatan).

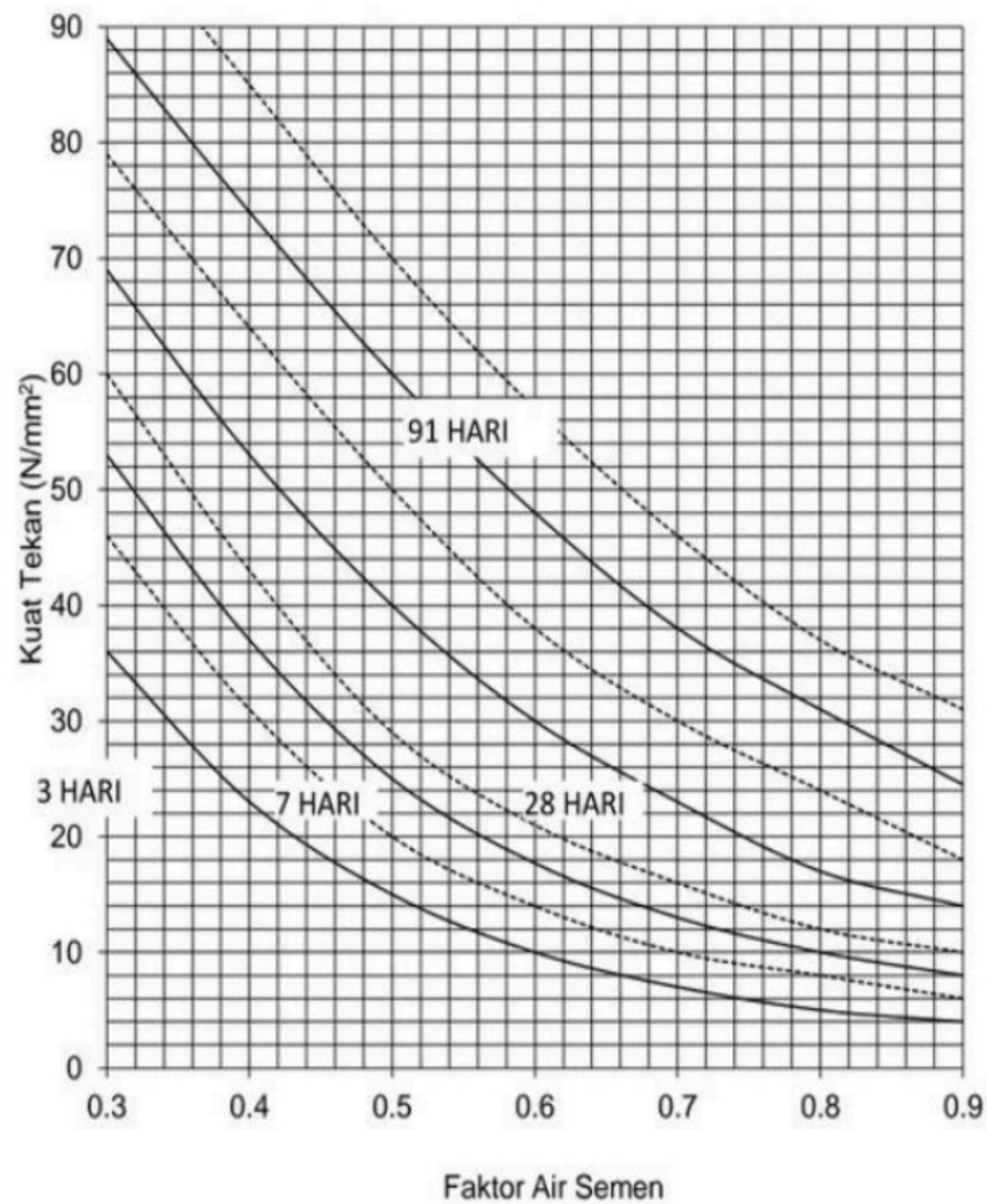
38
Tabel 3.4 Perkiraan Kuat Tekan (Mpa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat tekan (Mpa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Benda Uji
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland 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	30	40	53	60	

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

7. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen adalah rasio berat air terhadap berat semen dalam campuran beton. Faktor air-semen dipilih menggunakan kurva yang menunjukkan hubungan antara kekuatan beton dan faktor air-semen. Umumnya, semakin rendah faktor air-semen, semakin tinggi kekuatan beton, tetapi juga mempengaruhi kemudahan kerja dan penanganan. Di bawah ini adalah grafik yang menentukan faktor air-semen dalam gambar berikut:



Gambar 3.2 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8. Menentukan faktor air semen maksimum

Faktor air semen maksimum dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini, jika hasil yang didapatkan dari langkah nomor 7 lebih kecil dari yang didapat pada Tabel 3.5 maka yang dipakai adalah yang terkecil.

3

Tabel 3.5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkup khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif disebabkan	275	0,60
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	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
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		Lihat Tabel 6
b. air laut		

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

9. Menentukan nilai slump

Penentuan nilai slump dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 3.6 Tabel Penetapan Nilai *Slump* Adukan Beton

Elemen Struktur	Nilai Slump (cm)	
	Maximum	Minimum
Plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur dibawah tanah	9 18	2,5
Plat (lantai), balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Jalan beton bertulang	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : PBI 1971 N.1. - 2)

10. Menentukan ukuran agregat maksimum

Penentuan ukuran agregat maksimum, dapat dilihat pada percobaan yang dilakukan melalui pemeriksaan ayakan.

11. Kadar air bebas

Penentuan kadar air bebas berdasarkan pada ukuran agregat maksimum, jenis agregat kasar, serta nilai slump yang diperoleh.

5

Tabel 3.7 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	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

Catatan : Koreksi suhu udara :

95

Untuk suhu diatas 25° harus ditambahkan air 5 liter per m² adukan beton.

(Sumber SNI-03-2834-2000)

12. Kadar Semen

Kadar semen diperoleh dengan membagi kadar air bebas dengan nilai FAS (faktor air semen) yang digunakan, yaitu nilai FAS terkecil. Karena FAS maksimum lebih besar dari FAS hitung. Maka nilai FAS yang digunakan adalah FAS hitung.

13. Kadar semen minimum

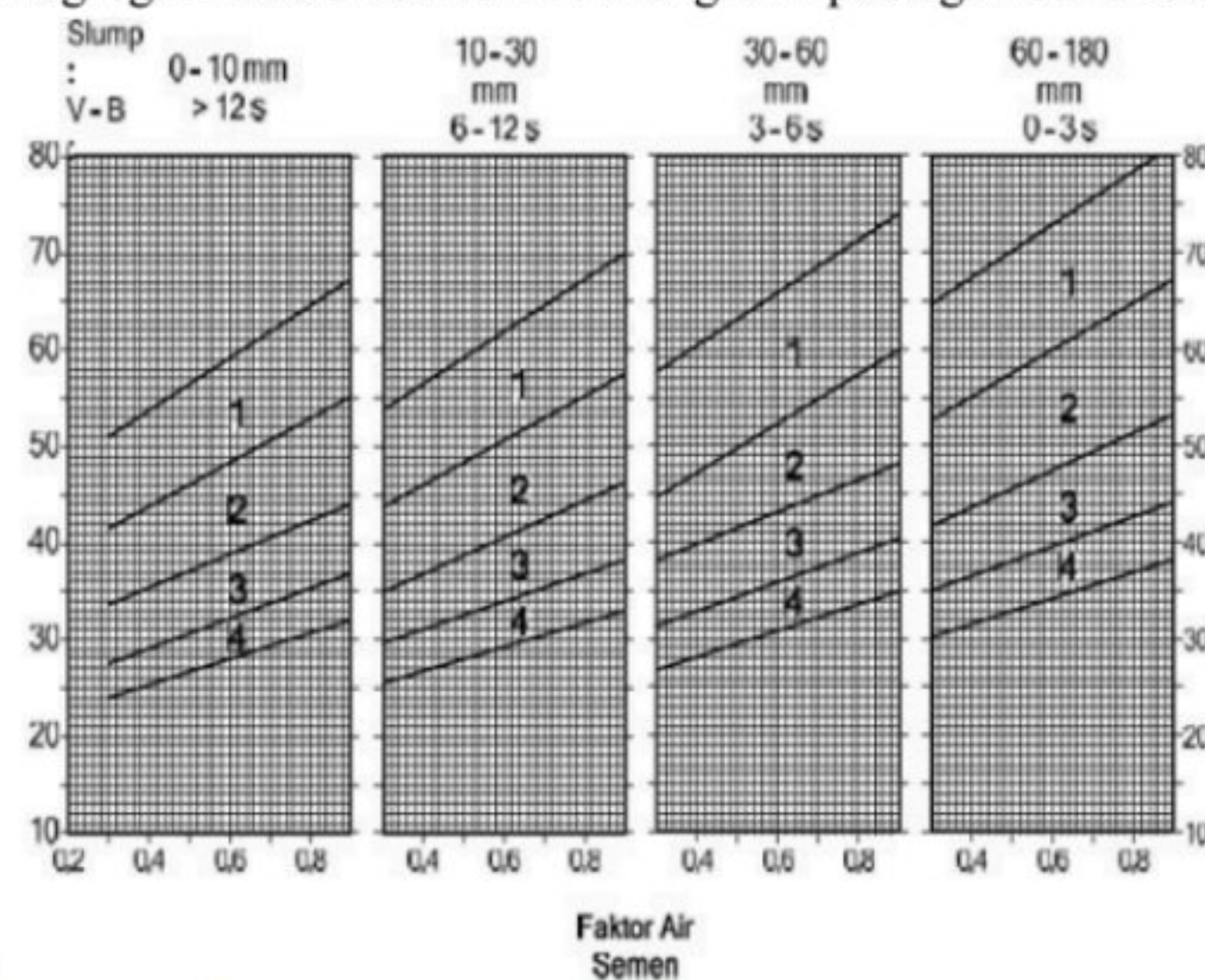
Kadar semen minimum ditetapkan pada tabel 3.5 faktor air semen maksimum yang berisi informasi tentang kebutuhan semen minimum per meter kubik beton. Tabel ini memberikan acuan untuk jumlah semen minimum yang diperlukan sesuai dengan faktor air yang digunakan dalam campuran beton.

14. Ukuran partikel agregat halus

Pada tahap ini dilakukan ayakan pada agregat halus untuk dapat mengetahui agregat tersebut masuk pada zona berapa.

15. Persen agregat halus

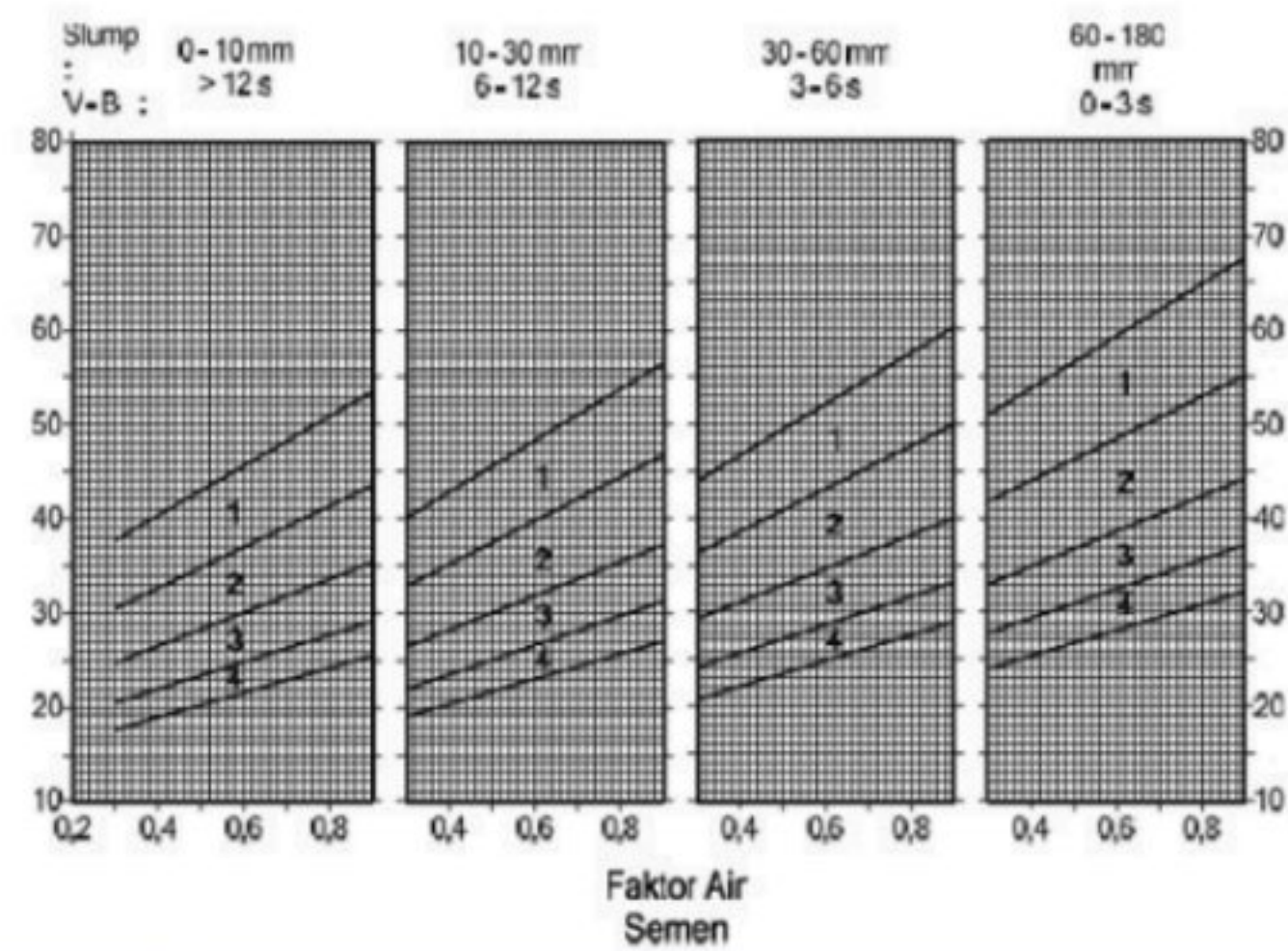
Persen agregat halus diketahui melalui grafik pada gambar di bawah ini



3

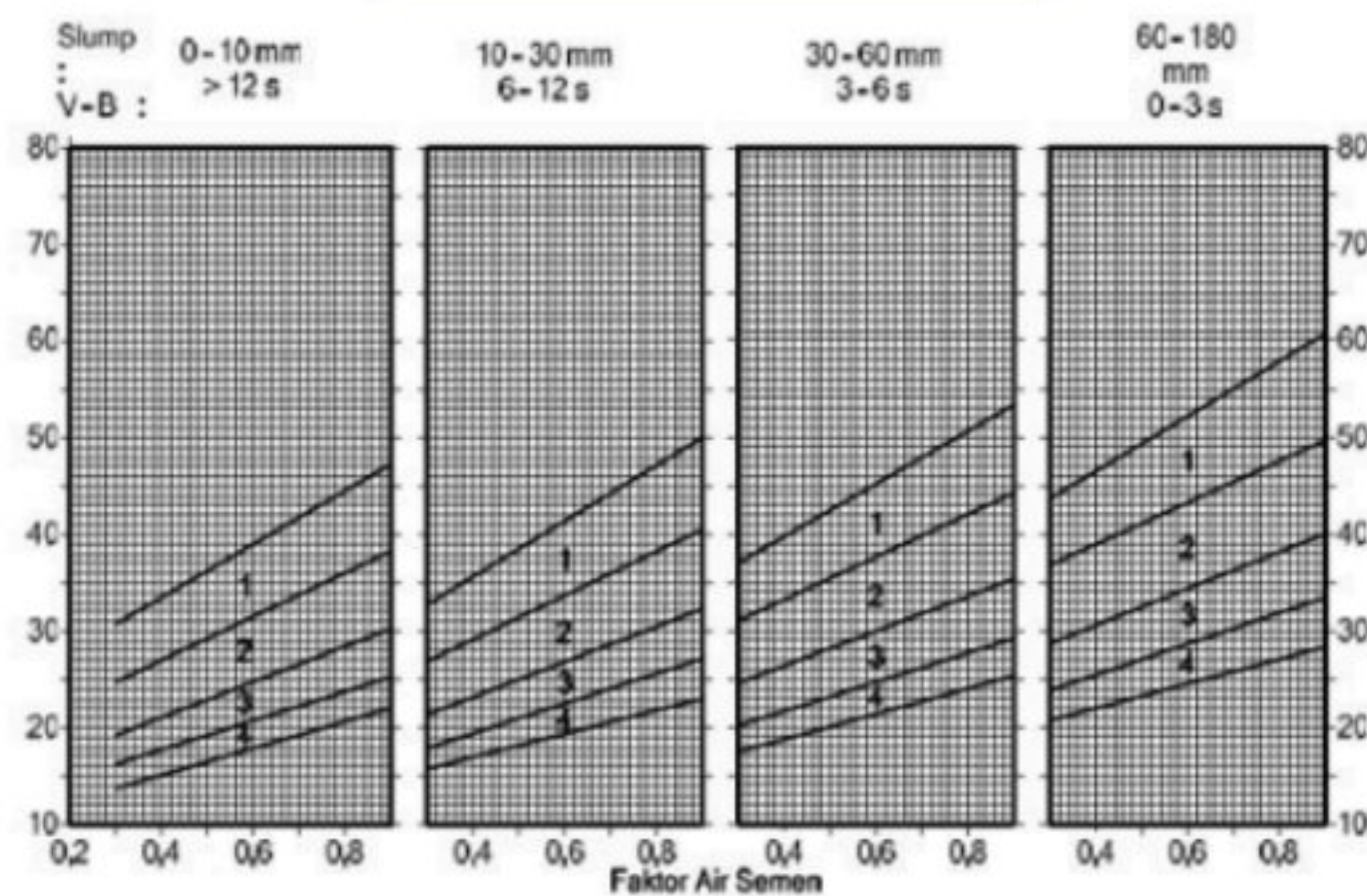
Gambar 3.3 Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran butir maksimum 10mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.4 Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran butir maksimum 20mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.5 Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran butir maksimum 40mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

16. Berat jenis agregat gabungan

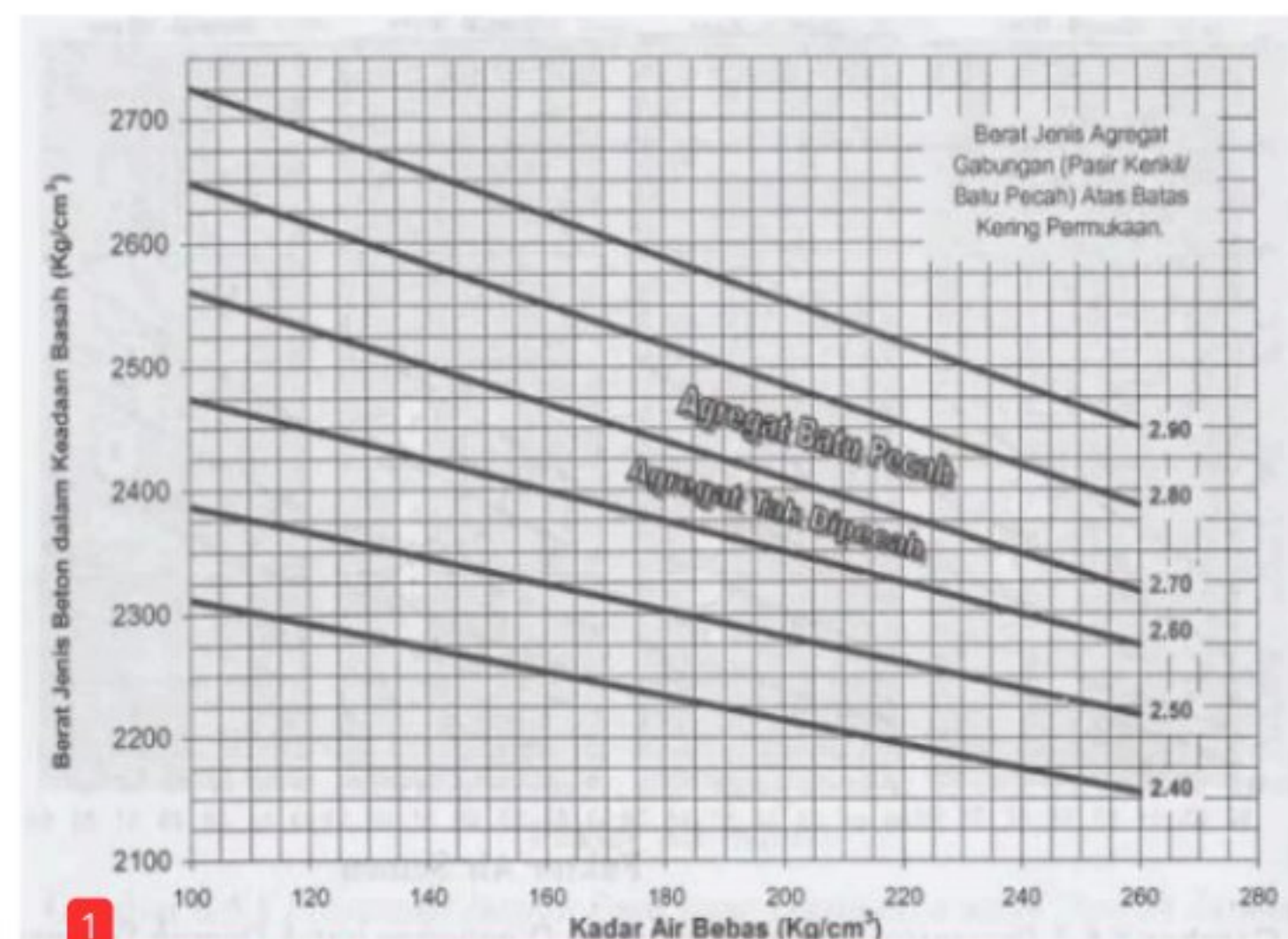
Berat jenis agregat gabungan adalah rasio antara massa agregat gabungan (agregat halus dan agregat kasar) dengan volume yang ditempati oleh agregat tersebut pada kondisi tertentu.

17. Berat jenis beton

Untuk menentukan berat jenis beton menggunakan grafik pada gambar

3.6. Langkah – langkahnya adalah

- Temukan nilai kerapatan spesifik agregat gabungan.
- Tentukan kandungan kelembapan bebas dan kemudian gambar garis vertikal ke atas yang menyentuh garis kerapatan spesifik agregat gabungan.
- Kemudian, gambar garis sejajar dengan garis grafik.
- Terakhir, tarik garis horizontal untuk mendapatkan nilai berat jenis beton



Gambar 3.6 Grafik perkiraan berat jenis beton basah
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

18. Berat agregat gabungan

Menghitung Berat agregat gabungan adalah sebagai berikut :

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

19. Berat agregat halus

Menghitung Berat agregat halus adalah sebagai berikut :

Berat agregat halus = Persen agregat halus × berat agregat gabungan

20. Berat agregat kasar

Menghitung Berat agregat kasar adalah sebagai berikut :

Berat agregat kasar = persen agregat kasar $\times$ berat agregat gabungan

21. Koreksi proporsi campuran

Apabila Jika agregat tidak dalam kondisi permukaan kering jenuh, proporsi campuran halus perlu diperbaiki berdasarkan kandungan air dalam agregat. Perbaikan proporsi campuran harus dilakukan setidaknya 42 a sekali sehari, dan perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$1). \text{ 6 ir} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100 \dots (3.1)$$

$$2). \text{ Agregat halus 118} + (C_k - C_a) \times C/100 \dots (3.2)$$

$$3). \text{ Agregat Kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100 \dots (3.3)$$

Dengan :

B = jumlah air (Kg/m³)

C = jumlah agregat halus (Kg/m³)

D = Jumlah agregat kasar (Kg/m³)

C_a = absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a = absorpsi pada agregat kasar (%)

C_k = kandungan air dalam agregat halus (%)

D_k = kandungan air dalam agregat kasar (%)

3.8 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, jenis benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan diame 21 15 cm dan tinggi 30 cm. sebanyak benda uji yang akan dibuat 10 dengan umur perawatan 7 hari 14 hari dan 28 hari, yang dirincikan sebagai berikut :

Tabel 3.8 Komposisi benda uji

Benda uji	Komposisi		Pengujian Kuat Tekan dan Berat Jenis			Resapan Air
	Abu batu kapur	Pasir	7 hari	14 hari	28 hari	
A	45%	55%	3	3	3	2
B	30%	70%	3	3	3	2
C	20%	80%	3	3	3	2
D	10%	90%	3	3	3	2
E	0%	100%	3	3	3	2
			45			10
Total benda uji			55			

(sumber : Data pribadi penulis, 2024)

3.9 Slump Test

a. Tujuan

Pengujian *slump test* adalah uji empiris yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan (apakah bisa dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar untuk menilai tingkat kelayakannya. Uji slump ini menunjukkan apakah campuran beton memiliki terlalu sedikit, terlalu banyak, atau cukup air.

b. Alat dan bahan

1. Tabung kerucut besi
2. Meteran atau pita ukur
3. Pelat besi
4. Beton segar

c. Langkah kerja

1. Siapkan kerucut slump dan pelat besi
2. Olesi oli di bagian dalam kerucut ¹
3. Jika oli sudah rata, setelah itu bukaan kecil dari tabung kerucut diletakan menghadap kebawah
4. Beton segar di tuang ke dalam kerucut hingga penuh tidak lupa di rojok agar merata dan tidak ada rongga dalam campuran beton
5. Setelah penuh, angkat tabung kerucut tersebut ke atas dengan Gerakan perlahan dan stabil
6. Tunggu sampai beton menyerap dan berhenti menyesuaikan bentuk
7. Kemudian letakan kerucut dekat dengan beton segar dan di ukur tinggi beton segar dengan kerucut

15

3.10 Pengujian Berat Jenis

a. Tujuan

Pengujian berat jenis adalah untuk memperoleh informasi tentang karakteristik material yang akan digunakan dalam campuran beton. Semakin besar berat jenis yang beton, semakin besar pula kekuatan beton yang dihasilkan.

b. Alat dan bahan

1. Timbangan

2. Batang logam bulat dengan Panjang kurang lebih 50 cm diameter 10 cm
 3. Martil
 4. Sendok adukan
 5. Cetakan benda uji
- c. Langkah kerja
1. Basahi cetakan dan plat
 2. Timbang cetakan dalam keadaan kosong
 3. Catat berat cetakan yang telah ditimbang
 4. Isi $\frac{1}{3}$ cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak 25 kali merata dengan menusuknya
 5. Ketuk bagian luar dengan martil 10 – 15 kali.
 6. Isi $\frac{1}{3}$ bagian berikutnya (menjadi terisi $\frac{2}{3}$) dengan beton segar dan lakukan hal yang sama. Pastikan besi menyentuh lapisan bawah
 7. Ulangi tahap nomor 5
 8. Lakukan langkah 4 dan 5 sampai cetakan terisi penuh
 9. Meratakan adonan beton
 10. Bersihkan sisa adonan yang ada di dalam cetakan
 11. Setelah itu ditimbang
 12. Catat hasil timbangan, lalu hitung berat jenis.

3.11 Pengujian Resapan Air

a. Tujuan

Tujuan resapan air beton adalah untuk menilai kemampuan beton dalam menahan resapan air dan untuk mengukur porositas atau daya serap air beton.

b. Alat dan bahan

1. Timbangan
2. Bak penampungan air
3. Lap kering

c. Langkah kerja

1. Rendam benda uji dalam air selama 24 jam, kemudian angkat dan biarkan selama sekitar 1 menit, lalu keringkan permukaannya menggunakan lap kering.
2. Timbang benda uji yang telah dikeringkan dan catat beratnya

3. Tempatkan ³ benda uji dalam oven suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam
4. Hitung persentase resapan air pada beton berdasarkan perbedaan berat sebelum dan setelah pengeringan.

⁸³ 3.12 Pengujian Kuat Tekan

a. Tujuan

Pengujian kuat tekan pada beton adalah untuk mengukur kemampuan campuran beton dalam menahan beban tekan atau kompresi.

b. Alat dan bahan

1. Timbangan
2. Alat tes tekan

c. Langkah kerja

1. Melakukan penimbangan pada benda uji untuk dapat memperoleh ¹¹⁶ nilai berat isi pada beton
2. Letakan benda uji diatas mesin tes tekan beton
3. Kemudian nyalakan mesin
4. Pengetesan berakhir jika, terjadi kecacatan atau kehancuran pada benda uji.
5. Catat hasil yang ditunjukkan oleh jarum moneter
6. Keluarkan benda uji dari mesin tes tekan
7. Matikan tombol penggerak.

3.13 Analisis Hasil Percobaan

Setelah melakukan pengujian ⁸⁴ terhadap pengujian terhadap berat jenis, kuat tekan, dan resapan air, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap data yang sudah diperoleh. Tujuan dari analisis data ini adalah untuk mengevaluasi hasil beton yang telah direncanakan, sehingga dapat mengetahui beton tersebut telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Dengan melakukan analisis kita dapat mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari beton yang diuji.

3.14 Kesimpulan

Dari seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, dapat ³ disimpulkan yang mengidentifikasikan tentang hasil optimum dari penggunaan abu batu kapur sebagai bahan pengganti agregat halus pada

beton. Serta memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja beton dalam kondisi yang sebenarnya. Hasil analisis ini juga menjadi dasar untuk perbaikan dan pengembangan campuran yang lebih optimal di masa depan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan yang mencakup data yang diperoleh. Hasil penelitian yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk dianalisis yang kemudian akan ditarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

4.1 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus (Pasir Lumajang)

Pengujian agregat halus merupakan tahap penting dalam uji kualitas bahan, yang bertujuan untuk memastikan bahwa agregat halus yang digunakan memenuhi standar teknis yang ditetapkan. Pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian analisa saringan, kelembapan, berat jenis, resapan air, berat volume, dan kebersihan agregat halus terhadap lumpur. Setelah mendapatkan hasil pengujian kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan pembuatan benda uji beton. Hasil pengujian berikut yang akan digunakan dalam acuan perhitungan benda uji beton.

10

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

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian Analisa saringan agregat halus :

Berat pasir awal = 1000 gram

10

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir

Saringan		Tinggal Pada Saringan			%Kumulatif	
No	mm	Berat Tempas + 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	0,60	595	250	25	64,1	35,9
No. 50	0,30	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	

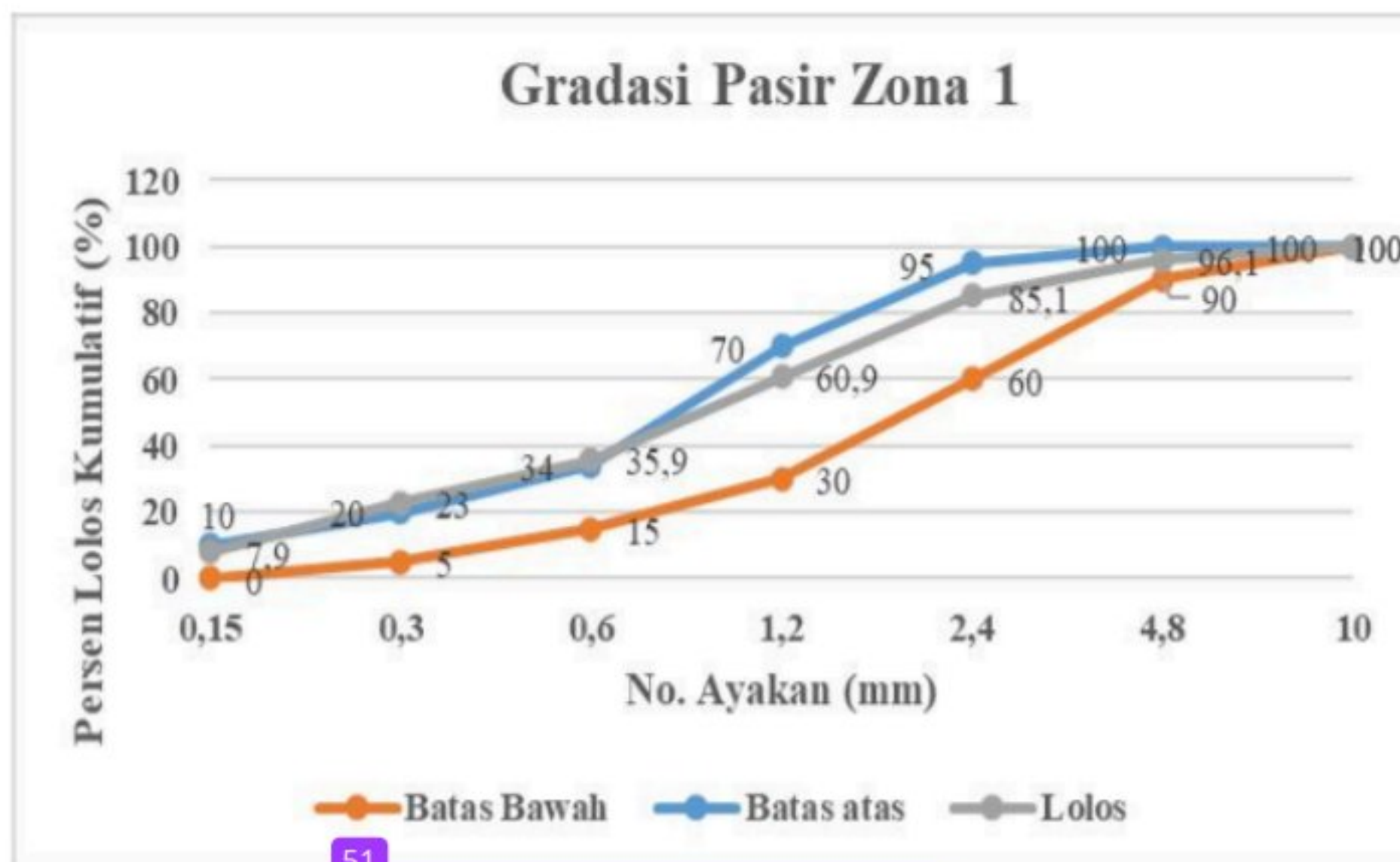
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan:

Perhitungan Analisa saringan didapatkan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.1 sampai dengan 2.3,

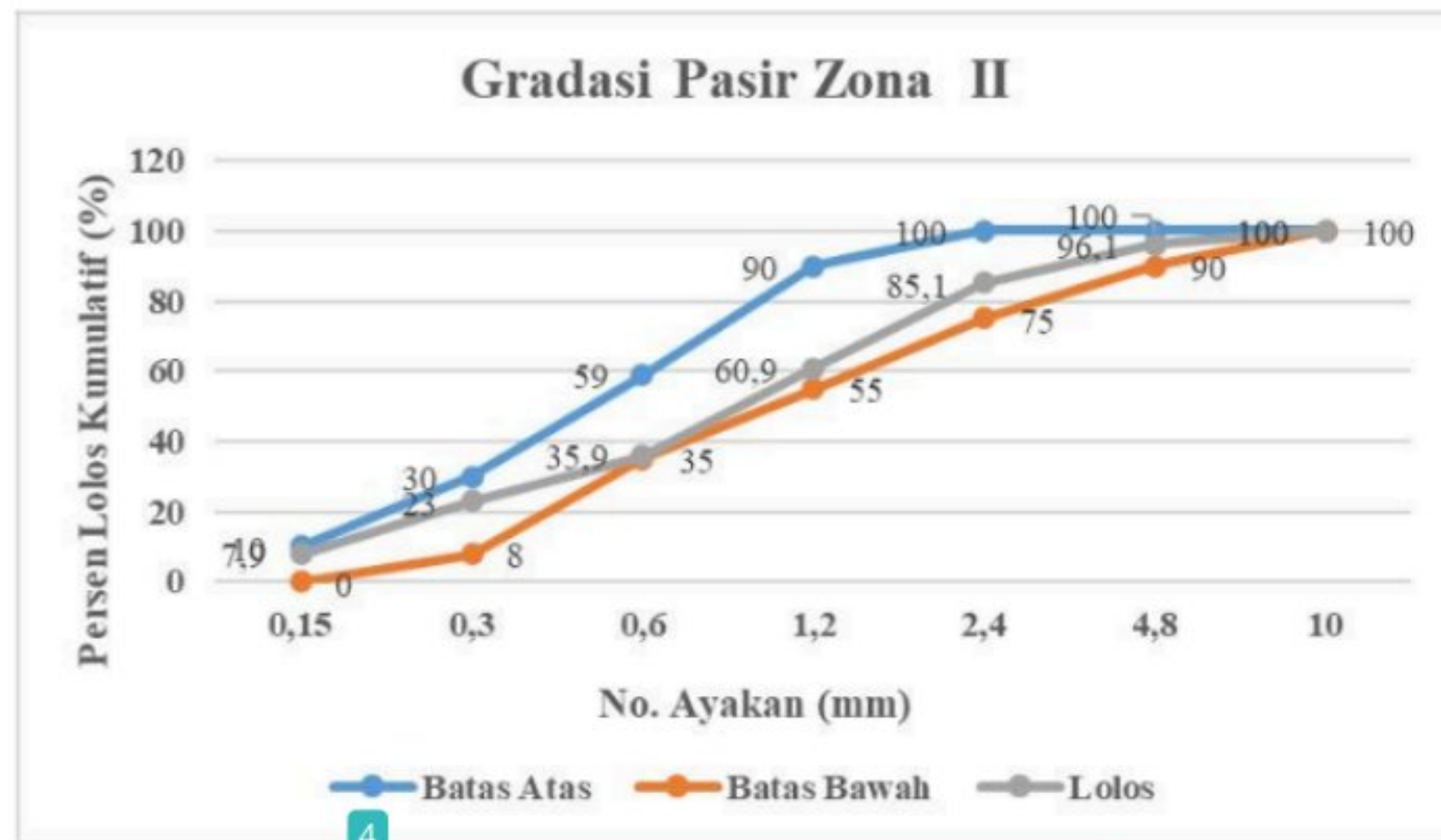
Contoh perhitungan saringan no 4

- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
 $= 100\% - 3,9\%$
 $= 96,1\%$
- Persentase pasir = $\frac{\text{Berat pasir tertahan}}{\text{Berat pasir awal}} \times 100\%$
 $= \frac{39}{1000} \times 100\%$
 $= 3,9\%$
- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$
 $= 291,1/100$
 $= 2,91$



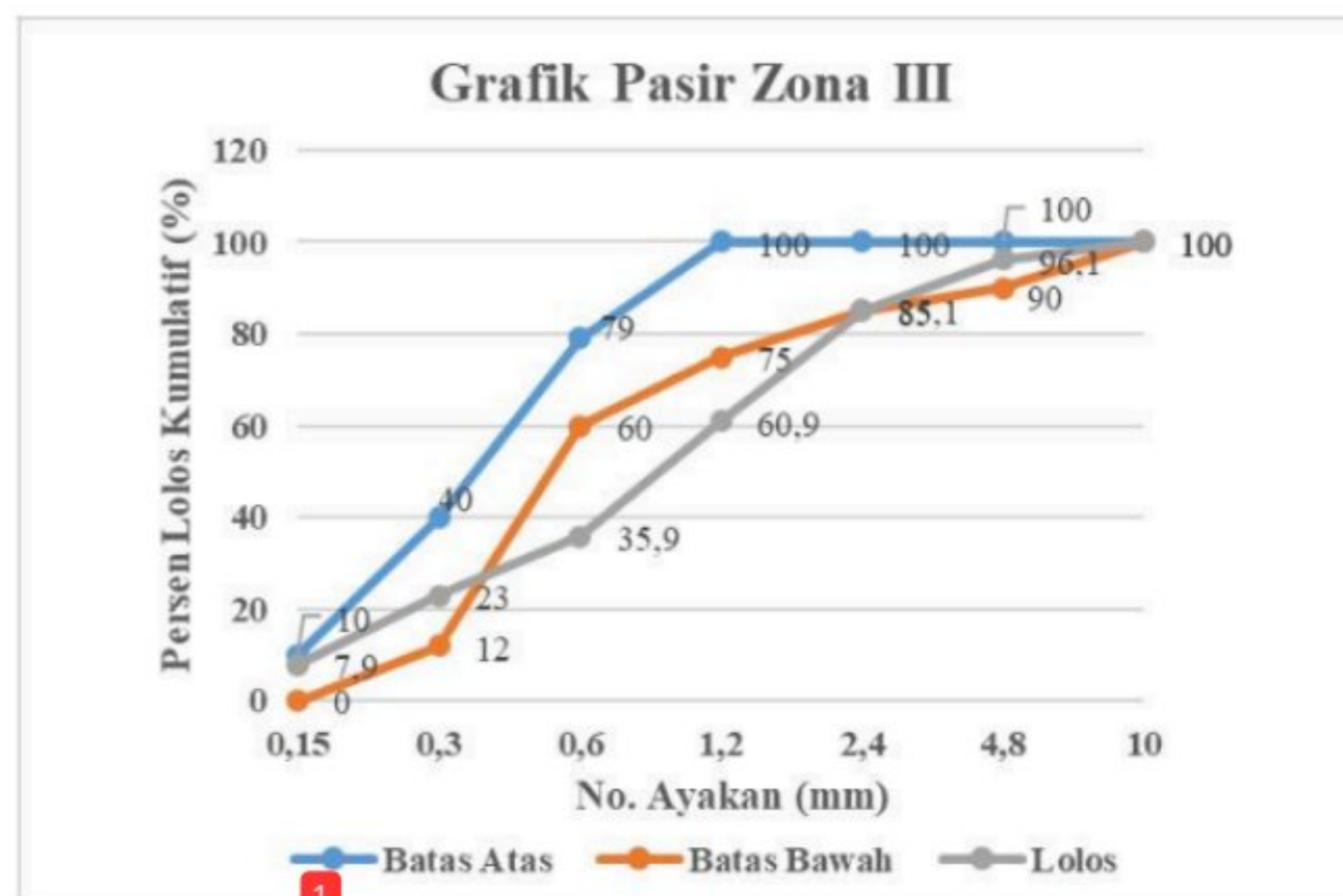
51

Gambar 4.1 Gradasi Agregat Halus Zona 1
 (Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)



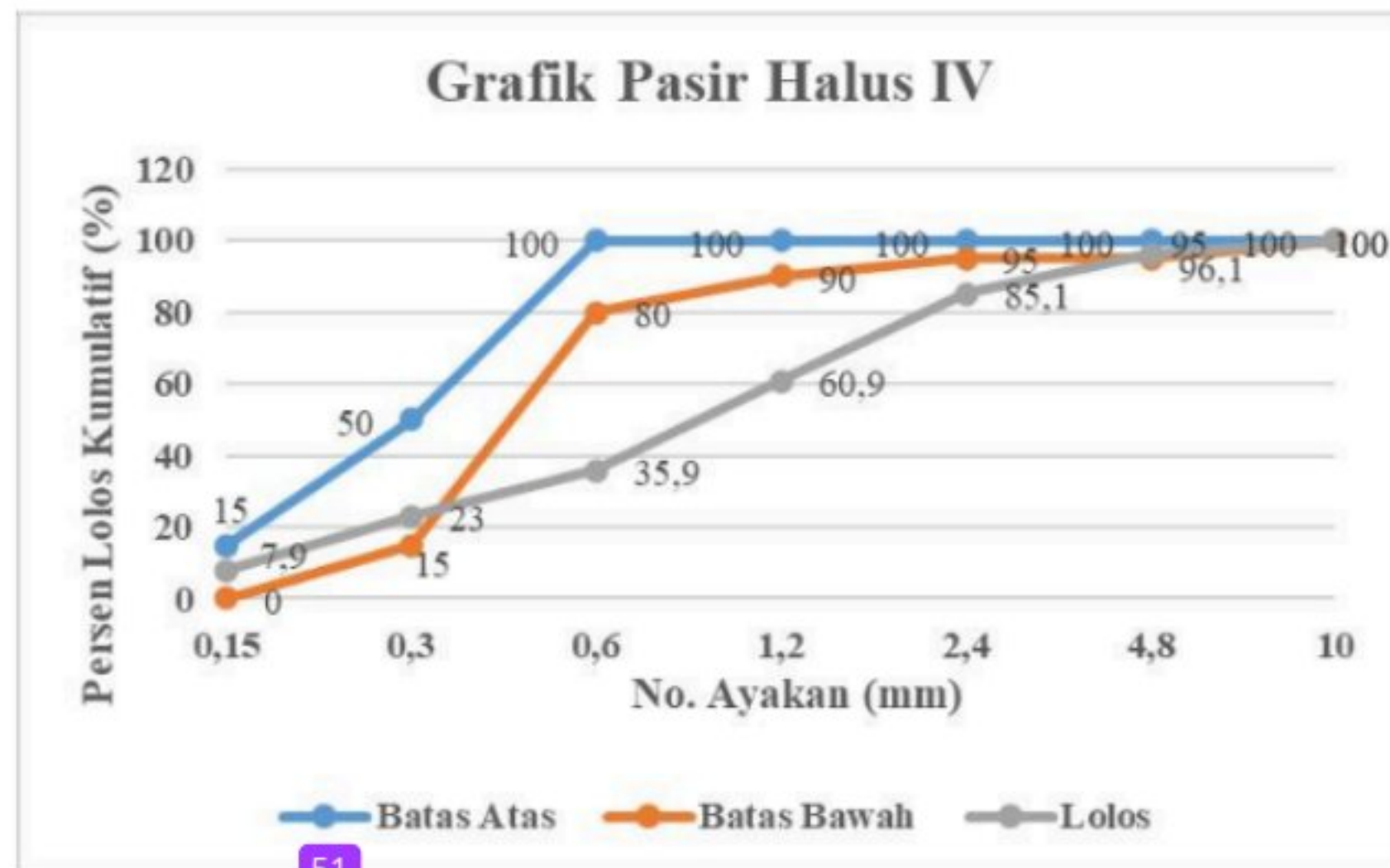
4

Gambar 4.2 Gradasi Agregat Halus Zona 2
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)



1

Gambar 4.3 Gradasi Agregat Halus Zona 3
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)



51

Gambar 4.4 Gradasi Agregat Halus Zona 4

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari hasil Analisa saringan agregat halus, pasir yang digunakan masuk daerah zona 2, pengelompokan zona pasir tersebut di gunakan untuk proses perhitungan *mix design*. Oleh karena itu dapat di simpulkan bahwa pasir yang diuji termasuk zona II. Berdasarkan SNI-03-2834-2000 bahwa pasir memiliki butiran yang sesuai untuk di gunakan dalam campuran beton.

4.1.2 Percobaan kelembaban Pasir (ASTM 566-97)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kelembaban agregat halus:

24

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Kelembapan Pasir

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	86	195
Berat Tempat + Pasir asli	586	695,00
Berat Pasir Asli (W1)	500	500,00
Berat Tempat + Pasir Oven	568	679,00
Berat Pasir Oven (W2)	482	484,00
Kelembapan Pasir (%)	3,73	3,31
Rata-rata (%)	3,5	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

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

$$\text{Kelembaban} = \frac{\text{Berat pasir basah} - \text{berat pasir kering oven}}{\text{berat pasir kering oven}} \times 100\%$$

- Kelembaban pasir I = $\frac{500 - 482}{482} \times 100\% = 3,72\%$
- Kelembaban pasir II = $\frac{500 - 484}{484} \times 100\% = 3,31\%$
- Rata – rata = $\frac{3,72 + 3,31}{2} = 3,5\%$

Kelembaban pasir yang baik untuk campuran beton adalah berada di kisaran 3-5% berdasarkan (ASTM C566-2004) agar tidak mengganggu proporsi air dalam campuran beton dan menjaga workability. Sehingga dari hasil pengujian kelembaban pasir 1 dan 2 untuk pembuatan beton maka kelembaban pasir memenuhi syarat untuk penyerapan air.

4.1.3 Analisa Berat jenis Pasir (ASTM C128)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian **berat jenis agregat halus** :

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 (%)	2,5	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

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

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

- Berat jenis I = $\frac{884 - 384}{(1379+500)-1675} = 2,45$
- Berat jenis II = $\frac{381}{(1376+500)-1682} = 2,58$
- Rata – rata = $\frac{2,45 + 2,58}{2} = 2,5$

Nilai rata-rata berat jenis pasir kondisi SSD yang baik menurut (SNI-03-2834-2000) berada dalam kisaran antara 2,50 - 2,66. Sehingga dari hasil penelitian yang di lakukan memenuhi syarat berat jenis pasir yang digunakan dalam campuran beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 2,5.

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

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian resapan air agregat halus :

Berat pasir SSD = 1000gram

Tabel 4.4 Analisa Resapan Pasir

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	101	46
Berat Tempat + Pasir asli	1101	1046
Berat Pasir Asli (W1)	1000	1000
Berat Tempat + Pasir Oven	1085	1028
Berat Pasir Oven (W2)	984	982
Kadar Air Resapan (%)	1,63	1,83
Rata-rata (%)	1,7	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

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

$$\text{Air resapan} = \frac{\text{Berat pasir SSD} - \text{berat pasir kering oven}}{\text{berat pasir kering oven}} \times 100\%$$

- Air resapan I = $\frac{1000 - 984}{984} \times 100\% = 1,63$
- Air resapan II = $\frac{1000 - 982}{982} \times 100\% = 1,83$
- Rata – rata = $\frac{1,63 + 1,83}{2} = 1,7$

Kadar air resapan pasir yang baik untuk agregat halus menurut (SNI-03-2834-2000) adalah sekitar 3,19%. Sehingga dari hasil penelitian percobaan resapan pasir memenuhi syarat untuk agregat halus yang di pakai dalam pembuatan beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 1,7%.

10

4.1.5 Analisa Berat Volume Pasir (ASTM C 128-01)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian berat volume pasir:

Tabel 4.5 Analisa Berat Volume 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 penulis, 2025)

Perhitungan :

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

$$\text{Berat Volume} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{berat pasir}) - \text{berat silinder}}{\text{Volume silinder}}$$

- Tanpa Rojokan 1 $= \frac{(8344) - 3725}{2763,62} = 1,67$
- Tanpa Rojokan 2 $= \frac{(8320) - 3725}{2763,62} = 1,66$
- Dengan Rojokan 1 $= \frac{(8672) - 3725}{2763,62} = 1,79$
- Dengan Rojokan 2 $= \frac{(8680) - 3725}{2763,62} = 1,79$

Menurut SNI-03-4804-1998 interval berat volume pasir yaitu antara 1,4 – 1,9 gr/cm³. Sehingga dari hasil penelitian ini nilai berat volume pasir memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran beton dengan nilai rata-rata berat volume tanpa rojokan adalah sebesar 1,67 dan berat volume dengan rojokan adalah sebesar 1,79.

1 4.1.6 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering (ASTM C117-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kebersihan agregat halus terhadap lumpur secara kering:

10 Tabel 4.6 Analisa Kebersihan Pasir Dengan Cara Kering

Percobaan No	1	2
Berat Tempatkan	147	335
10 Berat Tempatkan + Pasir asli	1147	1335
Berat Pasir Asli (W1)	1000	1000
Berat Tempatkan + Pasir Oven	1101	1296
102 Berat Pasir Oven (W2)	954	961
kadar lumpur %	3,63	3,62
Rata-rata (%)	3,6	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

5 Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Berat pasir asli} - \text{Berat pasir kering oven bersih}}{\text{Berat pasir asli}} \times 100\%$$

- Kadar lumpur 1 = $\frac{1000 - 954}{1000} \times 100\% = 3,63$
- Kadar lumpur 2 = $\frac{1000 - 961}{1000} \times 100\% = 3,62$
- Rata-rata = $\frac{3,63 + 3,62}{2} = 3,6$

41 Berdasarkan (SNI 03-6820-2002) batas maksimum kadar lumpur dalam agregat halus (pasir) sebesar 5%. Sehingga dari hasil penelitian percobaan kebersihan pasir terhadap lumpur secara kering memenuhi syarat untuk agregat halus yang di pakai dalam pembuatan beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 3,6%.

1 4.1.7 Analisa Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah (ASTM C117-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kebersihan agregat halus terhadap lumpur secara basah:

Tabel 4.7 Analisa Kebersihan Pasir 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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Tinggi endapan lumpur}}{\text{Tinggi endapan pasir}}$$

- Kadar lumpur I = $\frac{1}{139} = 0,72$
- Kadar lumpur 2 = $\frac{0,41}{131} = 0,31$
- Rata- rata = $\frac{0,72 + 0,31}{2} = 0,52$

Berdasarkan (SNI 03-6820-2002) batas maksimum kadar lumpur dalam agregat halus (pasir) sebesar 5%. Sehingga dari hasil penelitian percobaan kebersihan pasir terhadap lumpir secara basah memenuhi syarat untuk agregat halus yang di pakai dalam pembuatan beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 0,52%.

4.1.8 Analisa Pengembangan Volume Pasir (ASTM C117-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian pengembangan volume agregat halus:

Tabel 4.8 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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Pengembangan} = \frac{\text{Volume pasir awal} - \text{Volume pasir dalam air}}{\text{Volume pasir dalam air}} \times 100\%$$

- Pengembangan 1 = $\frac{250 - 240}{240} \times 100\% = 4,17\%$
- Pengembangan 2 = $\frac{250 - 245}{245} \times 100\% = 2,04\%$
- Rata-rata = $\frac{4,17 + 2,04}{2} = 3,10$

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai rata-rata pengembangan volume pasir sebesar 3,10%

16

4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus (Batu Kapur)

Pengujian agregat halus batu kapur yang bertujuan untuk memastikan bahwa batu kapur dapat memenuhi standar teknis yang ditetapkan sebagai bahan substitusi dengan pasir.

96

4.2.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Batu Kapur (ASTM C 136-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian Analisa saringan agregat halus batu kapur:

1

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Kapur

Saringan		Tinggal Pada Saringan			%Komulatif	
No	mm	Berat Tempas + pasir (gr)	Pasir Tertahan	% Pasir Tertahan	Tertahan (A)	Lolos (100-A)
3/8"	9,5	345	0	0	0	100
No. 4	4,75	438	93	9,3	9,3	90,7
No. 8	2,36	463	118	11,8	21,1	78,9
No. 16	1,18	546	201	20,1	41,2	58,8
No. 30	0,6	545	200	20	61,2	38,8
No. 50	0,3	476	131	13,1	74,3	25,7
No. 100	0,15	555	210	21	95,3	4,7
Pan	0	382	37	3,7	99	1
Jumlah			990		302,4	
Modulus Kehalusan		$\sum\% \text{ Kumulatif Tertahan}/100$			3,024	

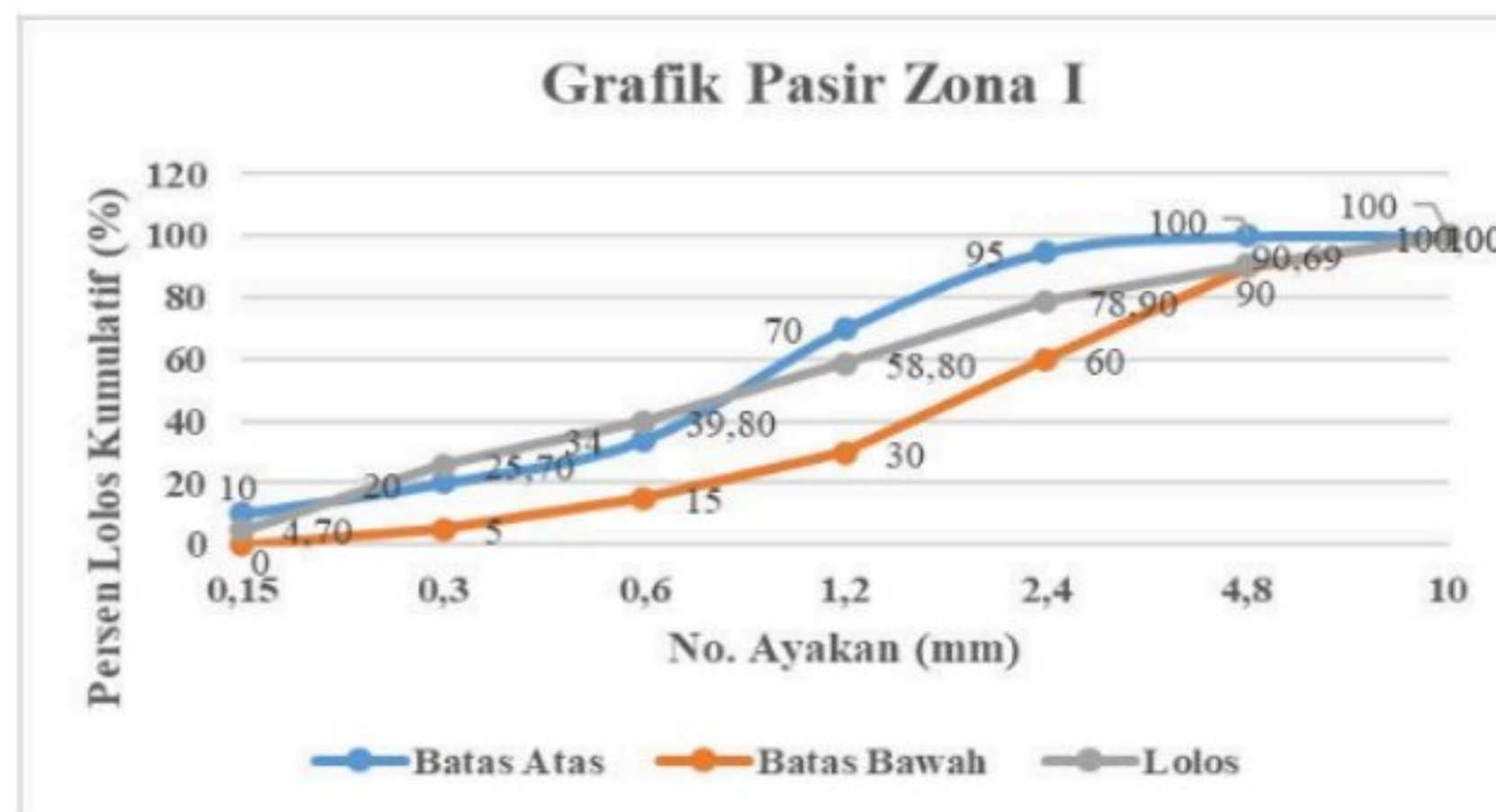
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan:

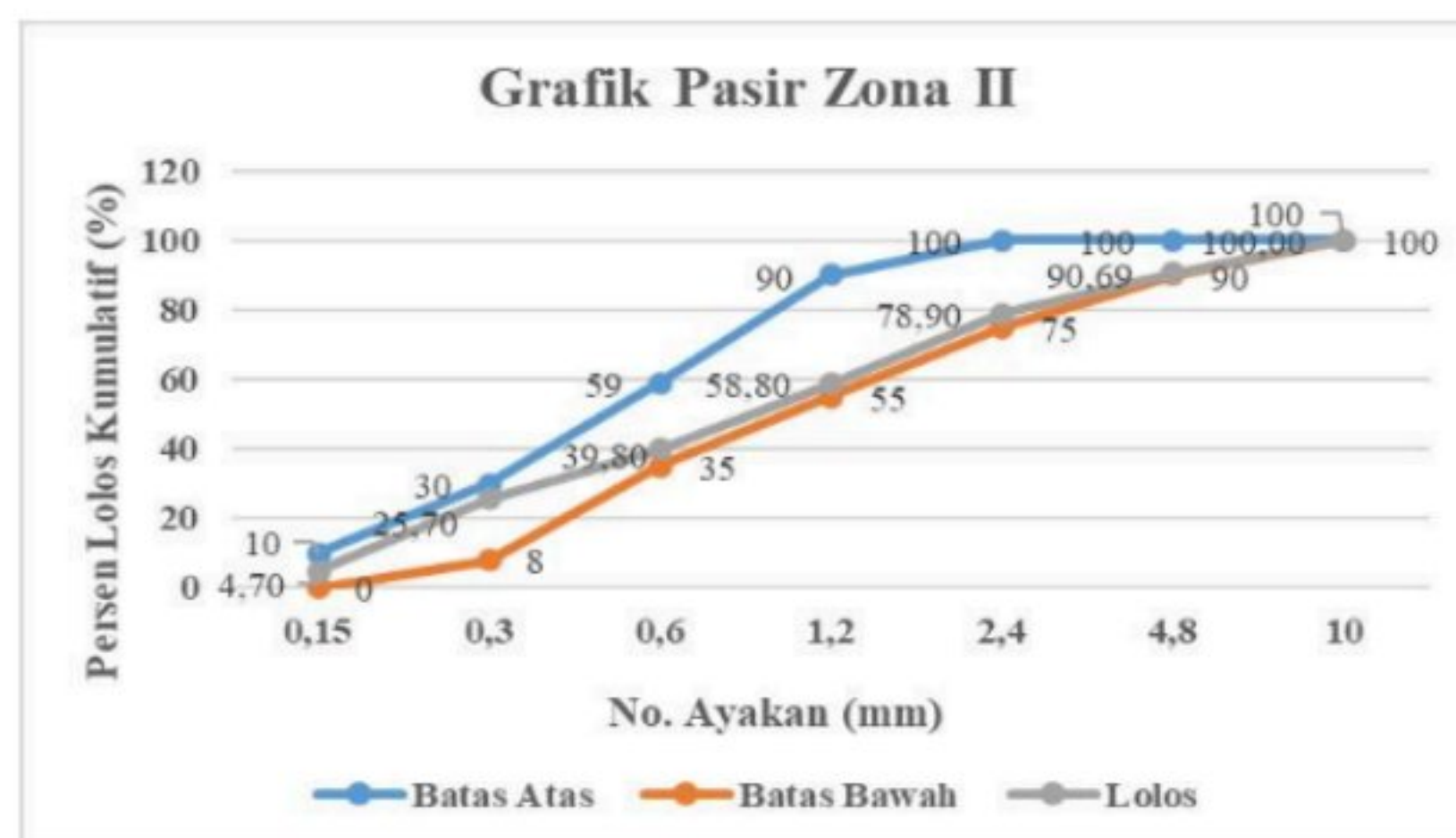
Menurut rumus (2.1 sampai 2.3), perhitungan analisa saringan batu kapur menggunakan rumus sebagai berikut:

Contoh perhitungan saringan no 4

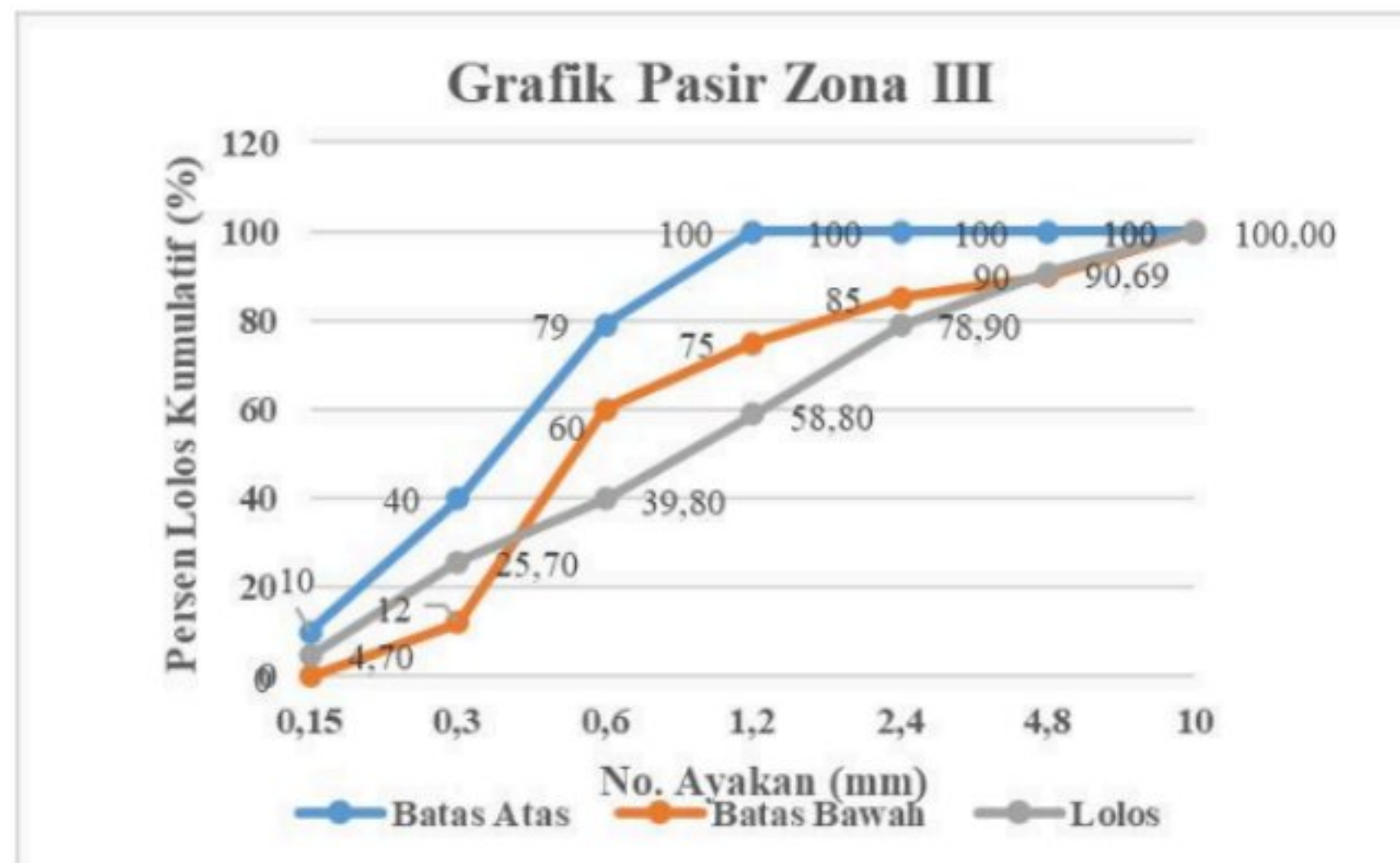
- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
 $= 100\% - 9,3\% = 90,7\%$
- Persentase pasir = $\frac{\text{Berat pasir tertahan}}{\text{Berat pasir awal}} \times 100\%$
 $= \frac{93}{1000} \times 100\% = 9,3\%$
- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$
 $= 302,4/100 = 3,02$



Gambar 4.5 Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 1
 (Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)

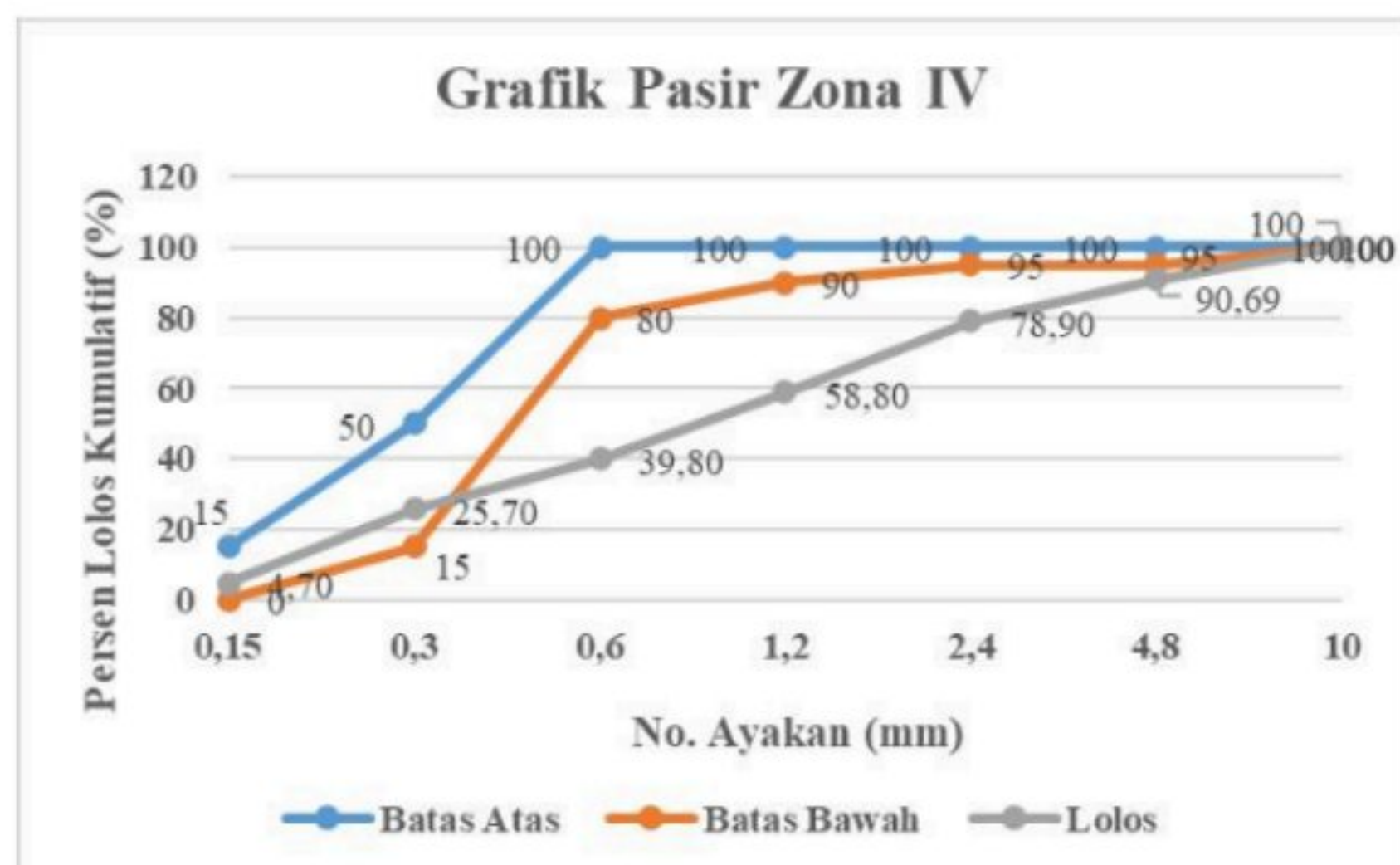


Gambar 4.6 Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 2
 (Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)



Gambar 4.7 Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 3

(Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)



Gambar 4.8 Gradasi Agregat Halus Batu Kapur Zona 4

(Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)

Dari hasil Analisa saringan agregat halus batu kapur, diketahui bahwa masuk pada zona 2, dan dapat digunakan sebagai substitusi dengan pasir.

4.2.2 Pengujian Kelembaban Agregat Halus Batu Kapur (ASTM C 136-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kelembaban agregat halus batu kapur:

Tabel 4.10 Hasil Percobaan Kelembaban Batu Kapur

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	341	109
Berat Tempat + Pasir asli	841	609,00
Berat Pasir Asli (W1)	500	500,00
Berat Tempat + Pasir Oven	829	598,00
Berat Pasir Oven (W2)	488	489
Kelembapan Pasir (%)	2,46	2,25
Rata-rata (%)	2,4	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.4), perhitungan kelembaban agregat halus batu kapur dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kelembaban} = \frac{\text{Berat pasir asli} - \text{berat pasir kering oven}}{\text{berat pasir kering oven}} \times 100\%$$

- Kelembaban pasir I = $\frac{500 - 488}{488} \times 100\% = 2,46\%$
- Kelembaban pasir II = $\frac{500 - 489}{489} \times 100\% = 2,25\%$
- Rata – rata = $\frac{2,46 + 2,25}{2} = 2,4\%$

Dari hasil pengujian kelembaban batu kapur 1 dan 2 untuk pembuatan beton maka kelembaban batu kapur memenuhi syarat besar penyerapan air maksimum.

10

4.2.3 Analisa Berat jenis Agregat Halus Batu Kapur (ASTM C128)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian berat jenis agregat halus batu kapur:

Tabel 4.11 Hasil Percobaan Berat Jenis Batu Kapur

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)	1689	1684
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,63	2,60
Rata-rata (%)	2,6	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.5), perhitungan berat jenis agregat halus batu kapur dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

- Berat jenis I = $\frac{884 - 384}{(1379+500)-1659} = 3,69$
- Berat jenis II = $\frac{381}{(1376+500)-1654} = 3,70$
- Rata – rata = $\frac{3,69 + 3,70}{2} = 3,7$

Dari hasil penelitian percobaan berat jenis agregat halus batu kapur yang di pakai dalam pembuatan beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 4,5%.

4.2.4 Analisa Resapan Air Agregat Halus Batu Kapur (ASTM C 129-03)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian resapan air agregat halus batu kapur:

Berat batu kapur SSD = 500gram

10

Tabel 4.12 Analisa Resapan Batu Kapur

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	86	99
Berat Tempat + Pasir asli	586	599
Berat Pasir Asli (W1)	500	500
Berat Tempat + Pasir Oven	564	578
Berat Pasir Oven (W2)	478	479
Kadar Air Resapan (%)	4,60	4,38
Rata-rata (%)	4,5	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.6), perhitungan resapan agregat halus batu kapur dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

24

$$\text{Air resapan} = \frac{\text{Berat pasir SSD} - \text{berat pasir kering oven}}{\text{berat pasir kering oven}} \times 100\%$$

- Air resapan I = $\frac{500 - 478}{478} \times 100\% = 4,6$
- Air resapan II = $\frac{500 - 479}{479} \times 100\% = 4,38$
- Rata - rata = $\frac{4,6 + 4,38}{2} = 4,5$

Dari hasil penelitian percobaan resap⁴ agregat halus batu kapur yang di pakai dalam pembuatan beton dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 4,5%.

4.2.5 Analisa Berat Volume Agregat Halus Batu kapur (ASTM C 128-01)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian berat volume agregat halus batu kapur:

Tabel 4.13 Analisa Berat Volume Batu Kapur

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)	7072	6855	7955	8087
Berat Pasir	3347	3130	4230	4362
Berat / Volume (gr/cm ³)	1,21	1,13	1,53	1,58
Rata - Rata (gr/cm ³)	1,17		1,55	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

Berdasarkan rumus (2.7), perhitungan berat volume agregat halus batu kapur dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{berat pasir}) - \text{berat silinder}}{\text{Volume silinder}}$$

- Tanpa Rojokan 1 $= \frac{(7072) - 3725}{2763,62} = 1,21$
- Tanpa Rojokan 2 $= \frac{(6855) - 3725}{2763,62} = 1,13$
- Dengan Rojokan 1 $= \frac{(7955) - 3725}{2763,62} = 1,53$
- Dengan Rojokan 2 $= \frac{(8087) - 3725}{2763,62} = 1,58$

4.2.6 Analisa Kebersihan Agregat Halus Batu Kapur Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kebersihan agregat halus batu kapur dengan cara kering:

Tabel 4.14 Analisa Kebersihan Batu Kapur Dengan Cara Kering

Percobaan No	1	2
Berat Tempat	110	114
Berat Tempat + Pasir asli	1110	1114
Berat Pasir Asli (W1)	1000	1000
Berat Tempat + Pasir Oven	747	752
Berat Pasir Oven (W2)	637	638
kadar lumpur %	3,63	3,62
Rata-rata (%)	3,6	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Berat pasir asli} - \text{Berat pasir kering oven bersih}}{\text{Berat pasir asli}} \times 100\%$$

- Kadar lumpur 1 = $\frac{1000 - 637}{1000} \times 100\% = 3,63$
- Kadar lumpur 2 = $\frac{1000 - 636}{1000} \times 100\% = 3,62$
- Rata-rata = $\frac{3,63 + 3,62}{2} = 3,6$

4.2.7 Analisa Pengembangan Agregat Halus Volume Batu Kapur (ASTM C117-76)

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian pengembangan agregat halus batu kapur:

Tabel 4.15 Analisa Pengembangan Volume Batu Kapur

Percobaan No	1	2
Volume Pasir Awal	250	250
Volume Pasir Dalam Air (ml)	240	235
Bulking (%)	4,17	6,38
Rata-Rata	5,27	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Pengembangan} = \frac{\text{Volume pasir awal} - \text{Volume pasir dalam air}}{\text{Volume pasir dalam air}} \times 100\%$$

- Pengembangan 1 = $\frac{250 - 240}{240} \times 100\% = 4,17$
- Pengembangan 2 = $\frac{250 - 235}{235} \times 100\% = 6,38$
- Rata-rata = $\frac{4,17 + 6,38}{2} = 5,27$

107

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar

Tujuan pengujian agregat kasar adalah untuk memastikan kualitas dan kesesuaian agregat dengan standar konstruksi. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik fisik agregat seperti berat jenis, penyerapan air, kadar air, dan agregat butir.

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian Analisa saringan agregat kasar :

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar

Saringan		Tinggi pada saringan			%Kumulatif	
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 penulis, 2025)

Contoh perhitungan saringan no 3 / 4"

- Persentase kumulatif lolos = $100\% - \% \text{ kumulatif tertahan}$
 $= 100\% - 47,46\% = 52,54\%$
- Persentase kerikil = $\frac{\text{Berat kerikil tertahan}}{\text{Berat pasir awal}} \times 100\%$
 $= \frac{4746}{1000} \times 100\%$
 $= 47,46\%$

- Modulus kehalusan = $(\Sigma \text{Kumulatif tertahan})/100$

$$= \frac{745}{100}$$

$$= 7,45\%$$



1 Gambar 4.9 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 10mm
 (Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)



1 Gambar 4.10 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 20mm
 (Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)



1
Gambar 4.11 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukran 40mm
(Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025)

Dari hasil pengujian dapat di ketahui bahwa agregat kasar yang akan digunakan termasuk ke dalam gradasei agregat ukuran 40mm. Berdasarkan SNI-03-2834-2000 bahwa pasir memiliki butiran yang sesuai untuk digunakan dalam campuran beton.

4.3.2 Analisa Kelembaban Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kelembaban agregat kasar:

16
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Analisa Kelembaban Agregat Kasar

Percobaan no	1	2
Berat tempat (gram)	344,5	335,4
Berat 24mpat + 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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Kelembaban} = \frac{\text{Berat kerikil asli} - \text{berat kerikil kering}}{\text{Berat kerikil asli}} \times 100\%$$

- Kelembaban kerikil I = $\frac{1000 - 991,3}{991,3} \times 100\% = 0,88\%$
- Kelembaban kerikil II = $\frac{1000 - 990,7}{990,7} \times 100\% = 0,94\%$
- Rata – rata = $\frac{0,88 + 0,94}{2} = 0,91\%$

Kadar kelembaban agregat kasar yang baik untuk campuran beton menurut ASTM C556-89 adalah di bawah 3%. 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%.

4.3.3 Analisa Berat Jenis Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian berat jenis agregat kasar:

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Analisa Kelembaban Agregat Kasar

Pengujian	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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Kelembaban} = \frac{\text{Berat kerikil SSD}}{\text{Berat kerikil SSD} - \text{Berat kerikil dalam air}}$$

- Berat jenis I = $\frac{3000}{3000 - 1887} = 2,7\%$
- Berat jenis II = $\frac{3000}{3000 - 1893} = 2,71\%$

$$\text{- Rata - rata} = \frac{2,7 + 2,71}{2} = 2,7\%$$

Berdasarkan SNI 03-1969-2011 dan SNI 03-4804-1998, berat jenis agregat kasar yang memenuhi standar berkisar 2,5–2,7. Hasil pengujian berat jenis rata – rata menunjukkan hasil sebesar 2,7% sehingga memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai campuran beton.

4.3.4 Analisa Air Resapan Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian air resapan agregat kasar:

16
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Resapan Agregat Kasar

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
Standar air resapan kerikil (%)	1,94	1,83
Rata-rata (%)	1,88	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Resapan kerikil} = \frac{\text{Berat kerikil SSD} - \text{Berat kerikil kering oven}}{\text{Berat kerikil kering oven}} \times 100\%$$

$$\text{- Resapan I} = \frac{2000 - 1962}{1962} \times 100\% = 1,94\%$$

$$\text{- Resapan II} = \frac{2000 - 1964}{1964} \times 100\% = 1,83\%$$

$$\text{- Rata - rata} = \frac{1,94 + 1,83}{2} = 1,88\%$$

3
Nilai resapan air agregat kasar menurut SNI-03-2834-2000 yang baik untuk digunakan dalam campuran beton umumnya adalah sekitar 1,63%. Dari hasil pengujian pada dua sampel berbeda, didapatkan nilai rata-rata resapan pada kerikil adalah sebesar 1,88% ini melebihi batas yang di rekomendasikan oleh SNI, sehingga perlu di lakukan koreksi pada proporsi air dalam campuran beton.

4.3.5 Analisa Kebersihan Agregat Kasar Terhadap Lumpur

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian kebersihan agregat kasar terhadap lumpur:

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kebersihan Agregat Kasar Terhadap Lumpur

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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{\text{Berat kerikil SSD} - \text{Berat kerikil kering oven}}{\text{Berat kerikil kering}} \times 100\%$$

- Kadar lumpur I = $\frac{1000 - 995}{1000} \times 100\% = 0,5\%$
- Kadar lumpur II = $\frac{1000 - 998}{1000} \times 100\% = 0,2\%$
- Rata - rata = $\frac{0,5 + 0,2}{2} = 0,35\%$

Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata adalah sebesar 0,35% dan telah memenuhi syarat kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar yang mana menurut SNI 03-2847-2002 kadar lumpur yang diisyaratkan pada agregat adalah 1%.

4.3.6 Analisa Keausan Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian keausan agregat kasar :

16
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Keausan} = \frac{\text{Berat kerikil awal} - \text{Berat kerikil tertahan dicuci}}{\text{Berat kerikil semula}} \times 100\%$$

$$\text{Keausan I} = \frac{5000 - 3616}{5000} \times 100\% = 27,68\%$$

$$\text{Keausan II} = \frac{5000 - 3499}{5000} \times 100\% = 30,02\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{27,68 + 30,02}{2} = 28,85\%$$

Dari hasil pengujian nilai rata-rata yang didapat adalah 28,85%, berdasarkan peraturan SNI 2417:2008 batas keausan suatu agregat yang diizinkan harus kurang dari 40% sehingga agregat yang digunakan telah memenuhi syarat untuk digunakan.

4.3.7 Analisa Berat Volume Agregat Kasar

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian ¹ berat volume agregat kasar:

Tabel 4.22 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian	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 penulis, 2025)

Perhitungan :

$$\text{Berat Volume} = \frac{(\text{Berat silinder} - \text{Berat kerikil}) - \text{berat silinder}}{\text{Volume silinder}}$$

$$\text{- Tanpa Rojokan 1} = \frac{(5700 - 5720) - 5700}{4318,9} = 1,32\%$$

$$\text{- Dengan rojokan 2} = \frac{(5700 - 6330) - 5700}{4318,9} = 1,47\%$$

⁴

Dari hasil pengujian berat volume yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata yaitu pengujian tanpa rojokan sebesar 1,32% dan pengujian dengan rojokan sebesar 1,48%.

Tabel 4.23 Perbandingan Hasil Pengujian Bahan

Percobaan	Agregat Halus	Agregat Halus Batu Kapur	Agregat Kasar
Kelembaban pasir (kadar air) (%)	3,52	2,35	0,91
Resapan Pasir (%)	1,73	4,49	1,88
Pengembangan volume pasir (%)	3,10	5,27	
Berat Jenis pasir (%)	2,51	2,62	2,70
Berat volume pasir (Tanpa Rojokan) (%)	1,67	1,17	1,33
Berat volume pasir (Dengan Rojokan) (%)	1,79	1,55	1,48
Kebersihan pasir terhadap lumpur secara kering (%)	3,63	3,63	0,35
Kebersihan pasir terhadap lumpur secara basah (%)	0,52	-	-
Keausan (%)	-	-	28,85

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

4.4 Analisa Agregat Campuran (Pasir, Kerikil & Agregat Halus Batu Kapur)

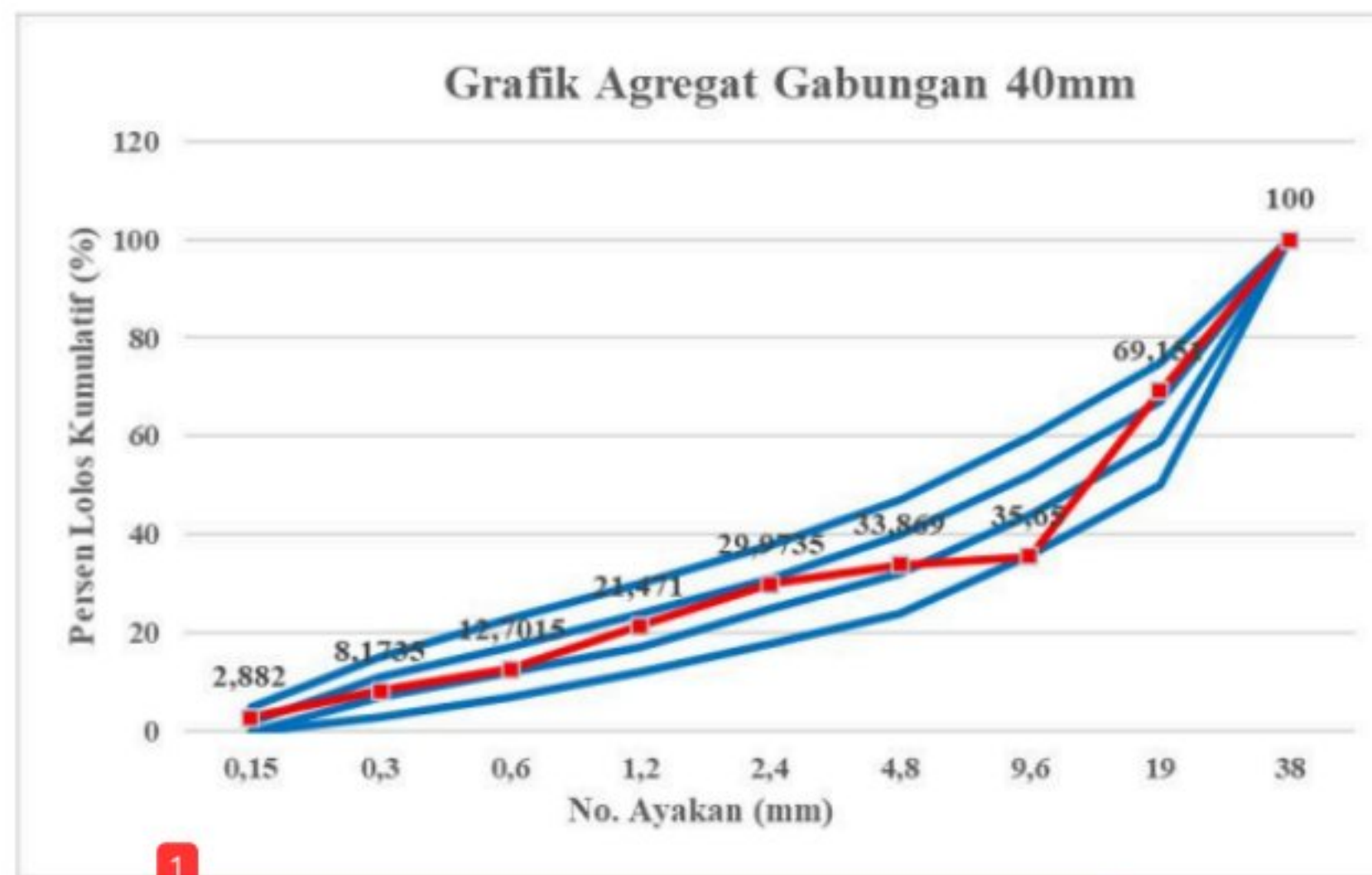
Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan pengujian analisis agregat campuran kerikil, agregat halus, dan agregat halus batu kapur:

a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur

Tabel 4.24 Analisa gradasi agregat campuran

No.	mm	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	E%
					0	0,350	0,65	
3/2"	37,5	100	100	100	0	35	65	100
3/4"	19	100	100	52,54	0	35	34,151	69,151
3/8"	9,5	100	100	1	0	35	0,65	35,65
No. 4	4,75	90,7	96,1	0,36	0	33,635	0,234	33,869
No. 8	2,36	78,9	85,1	0,29	0	29,785	0,1885	29,9735
No. 16	1,18	58,8	60,9	0,24	0	21,315	0,156	21,471
No. 30	0,6	38,8	35,9	0,21	0	12,565	0,1365	12,7015
No. 50	0,3	25,7	23	0,19	0	8,05	0,1235	8,1735
No. 100	0,15	4,7	7,9	0,18	0	2,765	0,117	2,882

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)



1
Gambar 4.12 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm

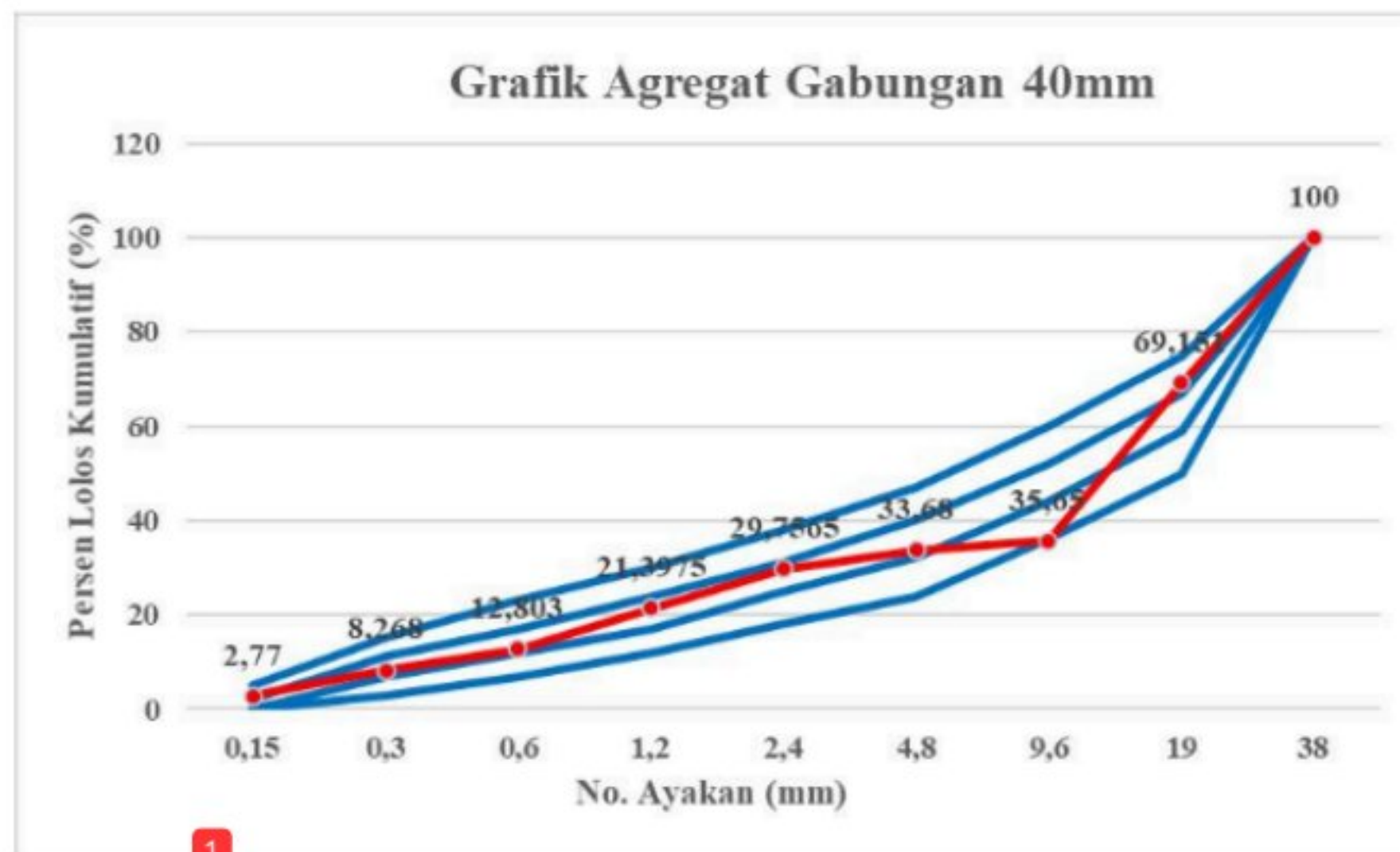
(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

- b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur

Tabel 4.25 Analisa gradasi agregat campuran

No.	mm	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	E %
					0,035	0,315	0,65	
3/2"	37,5	100	100	100	3,5	31,5	65	100
3/4"	19	100	100	52,54	3,5	31,5	34,151	69,151
3/8"	9,5	100	100	1	3,5	31,5	0,65	35,65
No. 4	4,75	90,7	96,1	0,36	3,1745	30,2715	0,234	33,68
No. 8	2,36	78,9	85,1	0,29	2,7615	26,8065	0,1885	29,7565
No. 16	1,18	58,8	60,9	0,24	2,058	19,1835	0,156	21,3975
No. 30	0,6	38,8	35,9	0,21	1,358	11,3085	0,1365	12,803
No. 50	0,3	25,7	23	0,19	0,8995	7,245	0,1235	8,268
No. 100	0,15	4,7	7,9	0,18	0,1645	2,4885	0,117	2,77

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)



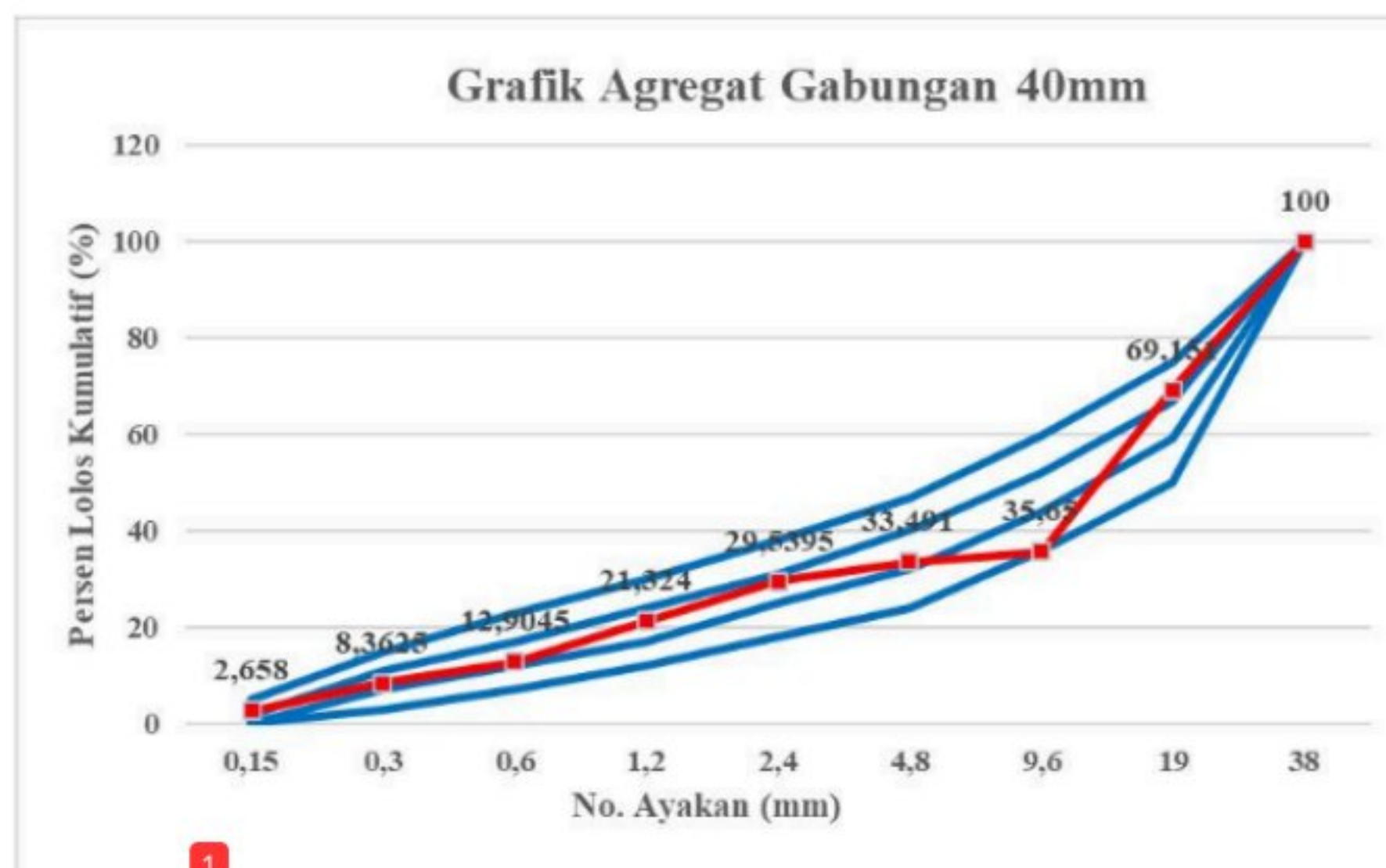
Gambar 4.13 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm
(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur

Tabel 4.26 Analisa gradasi agregat campuran

No.	mm	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	E%
					0,07	0,280	0,65	
3/2"	37,5	100	100	100	7	28	65	100
3/4"	19	100	100	52,54	7	28	34,151	69,151
3/8"	9,5	100	100	1	7	28	0,65	35,65
No. 4	4,75	90,7	96,1	0,36	6,349	26,908	0,234	33,491
No. 8	2,36	78,9	85,1	0,29	5,523	23,828	0,1885	29,5395
No. 16	1,18	58,8	60,9	0,24	4,116	17,052	0,156	21,324
No. 30	0,6	38,8	35,9	0,21	2,716	10,052	0,1365	12,9045
No. 50	0,3	25,7	23	0,19	1,799	6,44	0,1235	8,3625
No. 100	0,15	4,7	7,9	0,18	0,329	2,212	0,117	2,658

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)



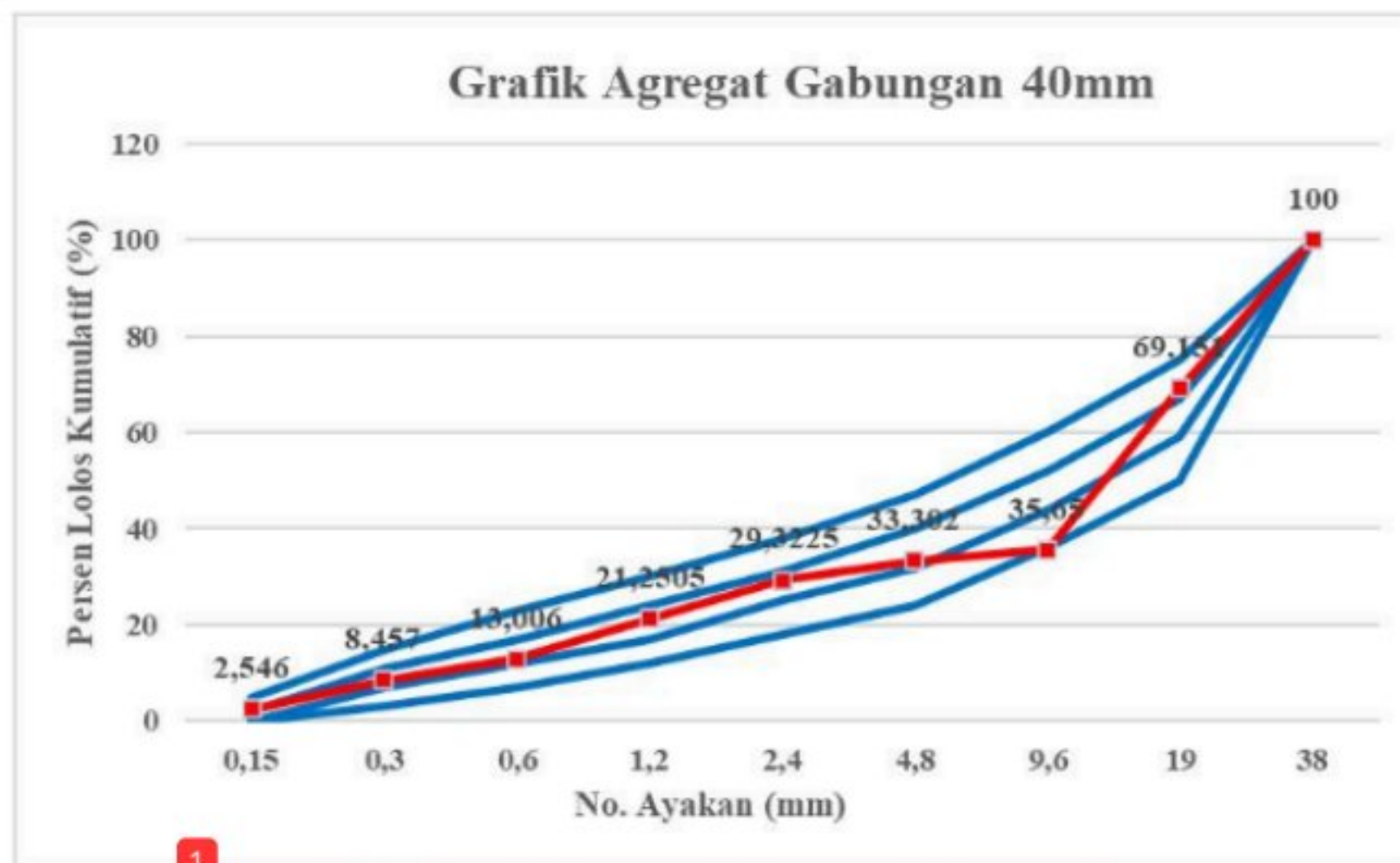
Gambar 4.14 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm
(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur

Tabel 4.27 Analisa gradasi agregat campuran

No.	mm	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	E%
					0,105	0,245	0,65	
3/2"	37,5	100	100	100	10,5	24,5	65	100
3/4"	19	100	100	52,54	10,5	24,5	34,151	69,151
3/8"	9,5	100	100	1	10,5	24,5	0,65	35,65
No. 4	4,75	90,7	96,1	0,36	9,5235	23,5445	0,234	33,302
No. 8	2,36	78,9	85,1	0,29	8,2845	20,8495	0,1885	29,3225
No. 16	1,18	58,8	60,9	0,24	6,174	14,9205	0,156	21,2505
No. 30	0,6	38,8	35,9	0,21	4,074	8,7955	0,1365	13,006
No. 50	0,3	25,7	23	0,19	2,6985	5,635	0,1235	8,457
No. 100	0,15	4,7	7,9	0,18	0,4935	1,9355	0,117	2,546

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)



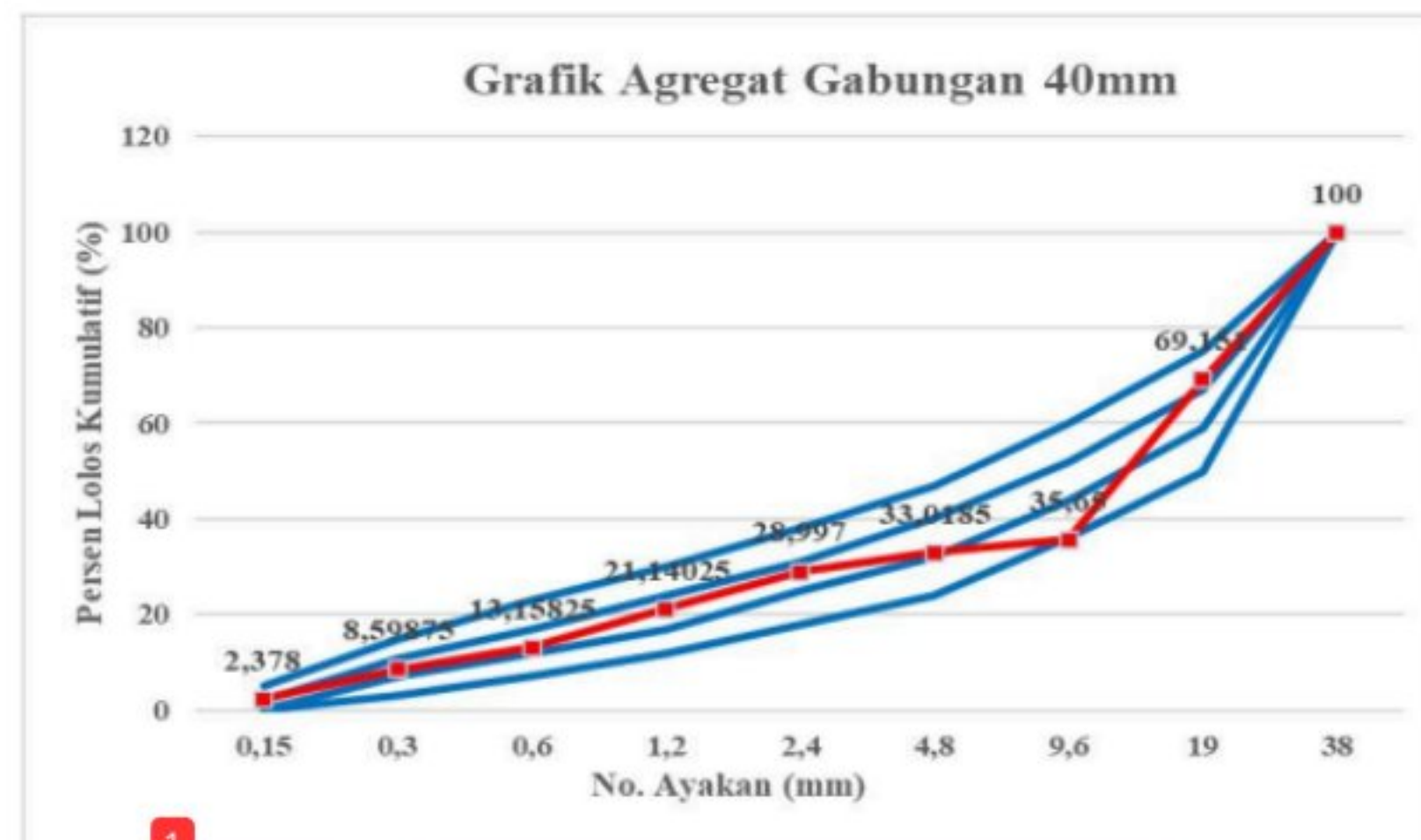
Gambar 4.15 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm
(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur

Tabel 4.28 Analisa gradasi agregat campuran

No.	mm	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	Pasir Batu Kapur (%)	Pasir (%)	Kerikil (%)	E%
					0,1575	0,193	0,65	
3/2"	37,5	100	100	100	15,75	19,25	65	100
3/4"	19	100	100	52,54	15,75	19,25	34,151	69,151
3/8"	9,5	100	100	1	15,75	19,25	0,65	35,65
No. 4	4,75	90,7	96,1	0,36	14,28525	18,49925	0,234	33,0185
No. 8	2,36	78,9	85,1	0,29	12,42675	16,38175	0,1885	28,997
No. 16	1,18	58,8	60,9	0,24	9,261	11,72325	0,156	21,14025
No. 30	0,6	38,8	35,9	0,21	6,111	6,91075	0,1365	13,15825
No. 50	0,3	25,7	23	0,19	4,04775	4,4275	0,1235	8,59875
No. 100	0,15	4,7	7,9	0,18	0,74025	1,52075	0,117	2,378

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)



1
Gambar 4.16 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40 mm
(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

4.5 Mix Design Beton

Berikut di bawah ini merupakan data dan perhitungan *mix design* beton normal:

2
Tabel 4.29 Formulir *Mix Design* Untuk Beton Normal

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	250 + 83 = 333 kg/cm ²
5	Jenis semen	Ditetapkan	17 Semen portland tipe 1
6	Jenis agregat	Kasar	Batu pecah
		Halus	Pasir (alami) dan Batu kapur (buatan)

No	Uraian	Ketentuan/Acuan	Nilai
2 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 4,8mm	SNI 03-2834-2000	35%

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Berikut penjelasan perhitungan dari rencana *mix design* campuran beton untuk diisikan padaa formulir *mix design*

1. Kuat tekan beton ditetapkan sebesar 25 Mpa pada umur 28 hari
2. Nilai tambah (SD) atau data deviasi standar 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

13 Tabel 4.30 Nilai Tambah (M)

Kuat tekan diisyaratkan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)
$Fc' < 21$ 13	$F'cr = F'c F'c 7,0$
$21 \leq Fc' \leq 35$	$F'cr = F'c + 8,3$
$Fc' > 35$	$F'cr = 1,10 F'c + 5,0$

(Sumber : SNI 2847-2013)

Maka 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 digunakan adalah Semen Portland Tipe I
6. Jenis agregat : Agregat kasar = Pecah

Agregat Halus = Alami (pasir lumajang)

Didapatkan nilai perkiraan kekuatan tekan **50** regat batu pecah berdasarkan jenis semen, bentuk benda uji serta kuat tekan pada umur **28 hari sebesar 37 N/mm²**.

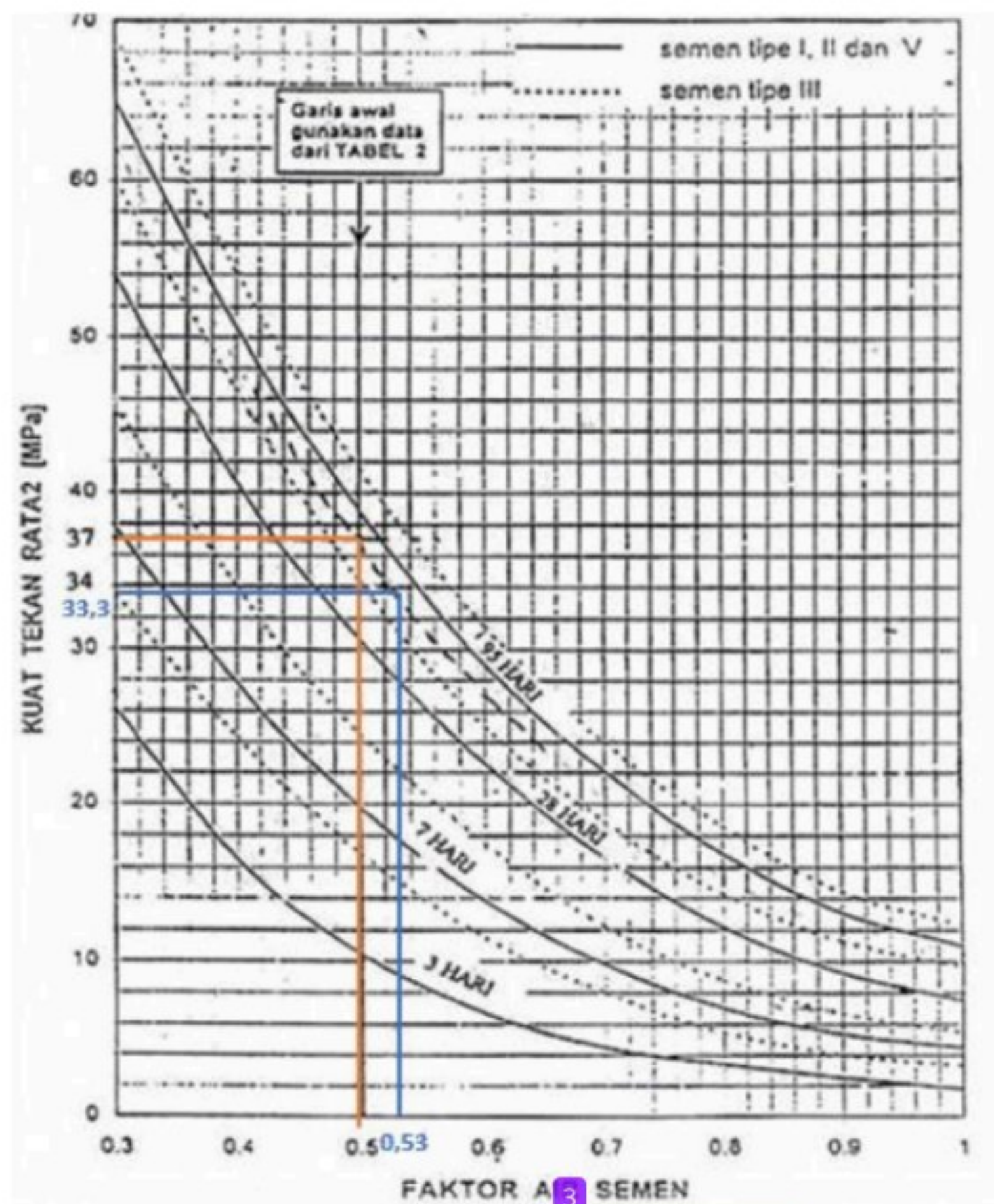
Tabel 4.31 Perkiraan Kuat Tekan agregat batu pecah

11 Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat tekan (Mpa)				Bentuk
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Benda Uji silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland 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	30	40	53	60	

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

7. Menentukan rasio air semen

Tabel 4.30 menunjukkan bahwa untuk agregat kasar dari batu pecah dan semen Portland Tipe I, kekuatan tekan yang diharapkan setelah 28 hari dengan rasio air-semen 0,50 adalah 37 MPa. Nilai ini digunakan untuk menghasilkan kurva yang harus diikuti sesuai dengan Gambar 4.12. Grafik di bawah ini menentukan rasio air semen pada gambar berikut:



Gambar 4.17 Grafik faktor air semen

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari titik kekuatan tekan 37 Mpa, tarik garis sampai bertemu titik tengah yang menunjukkan rasio airsemen 0,50. Melalui titik pertemuan ini, gambar kurva yang kira-kira sama dengan kurva di atas dan di bawahnya (garis putus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang (dalam hal ini 33,3 Mpa), tarik garis horisontal sampai bertemu dengan kurva putus-putus. Dari titik pertemuan ini, tarik garis vertikal ke bawah sampai bertemu dengan sumbu-x dan peroleh rasio air semen sebesar 0,53.

- 5
8. Faktor air semen minimum didapatkan dari SNI-03-2834-2000 pada tabel 4.32 yang diketahui nilai sebesar 0,60.

4
Tabel 4.32 Jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif disebabkan	275	0,60
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	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
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		Lihat Tabel 6
b. air laut		

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

9. Nilai slump

Karena beton yang di buat akan diasumsikan untuk 37
Plat lantai, balok, kolom dan dinding maka ditetapkan nilai slump sebesar 75mm sampai 150mm.

43
Tabel 4.33 Penetapan Nilai Slump Adukan Beton

Elemen Struktur	Nilai Slump (cm)	
	Maximum	Minimum
Plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur dibawah tanah	18 9	2,5
Plat (lantai), balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Jalan beton bertulang	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : PBI 1971 N.1. - 2)

10. Ukuran agregat maksimum berdasar hasil percobaan yang dilakukan dari pengujian Analisa saringan agregat kasar didapat nilai maksimum adalah 40 mm

11. Kadar air bebas

Tabel 4.34 Kadar air bebas

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	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)

Penentuan nilai kadar air bebas berdasarkan nilai ukuran besar butiran agregat maksimum 40mm dengan nilai slump 60-180 mm dan jenis agregat batu tak dipecahkan 175 dan batu peecah 205. Berdasarkan SNI-03-2834-2000, agregat campuran (tak di pecah dan dipecah) dihitung.

menurut rumus berikut :

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

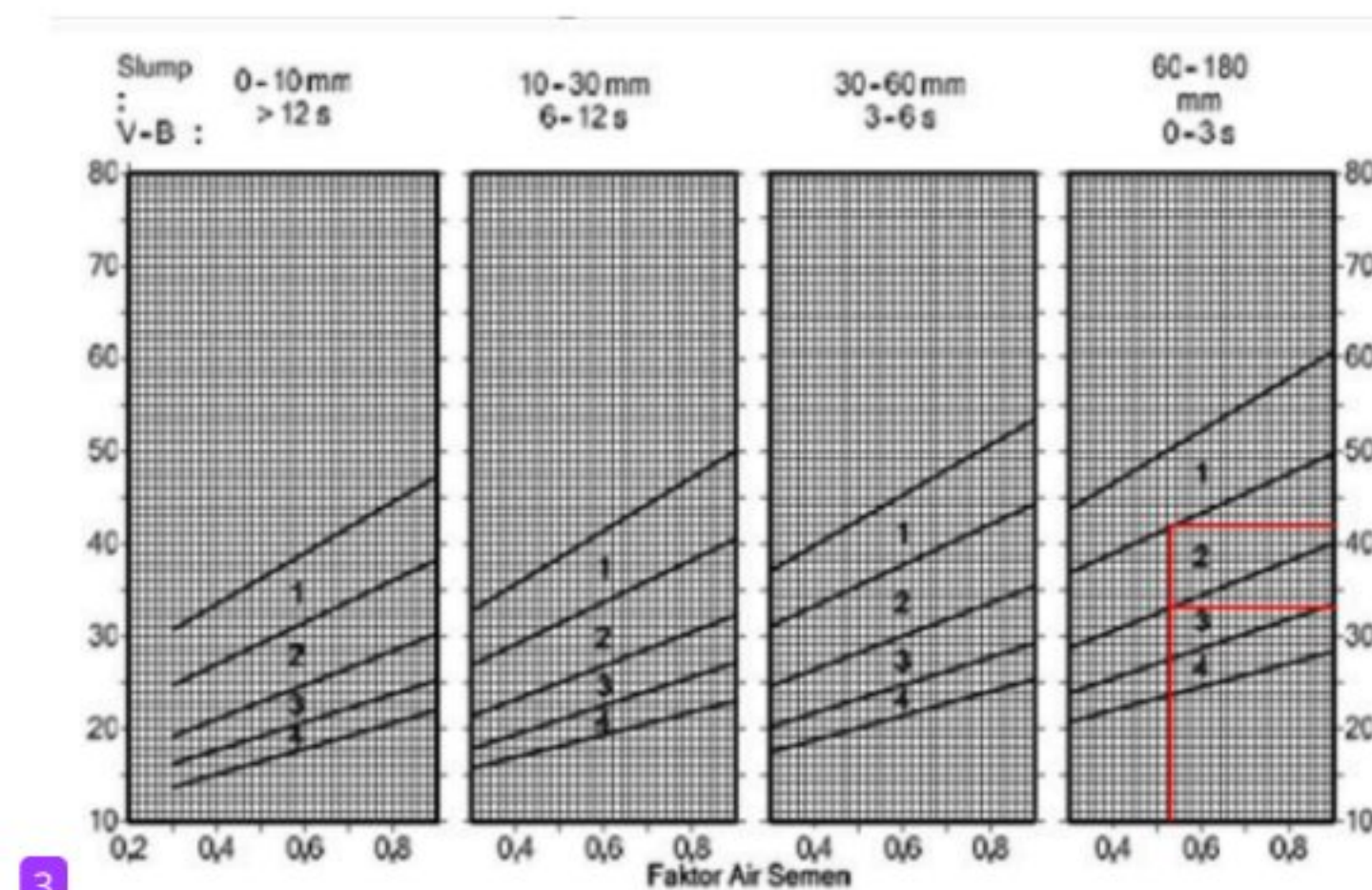
12. Kadar Semen

Kadar semen diperoleh dengan membagi kadar air bebas dengan nilai FAS (faktor air semen) yang digunakan, yaitu nilai FAS terkecil. Karena FAS maksimum lebih besar dari FAS hitung. Maka nilai FAS yang digunakan adalah FAS hitung.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \\
 &= \frac{185}{0,53}
 \end{aligned}$$

$$= 349,59 \text{ kg/m}^3$$

13. Kadar semen minimum = 275 kg/m³
14. Ukuran partikel agregat halus termasuk ke dalam zona II berdasarkan pengujian analisa saringan pasir
15. Persen agregat halus menggunakan grafik pada gambar 4.13 Tentang persen agregat halus, dengan mendapatkan nilai ukuran butir agregat maksimum 40mm, 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%. Berdasarkan hasil perencanaan campuran agregat gabungan, kadar terbaik adalah presentase agregat halus 35%.



Gambar 4.18 Persen pasir terhadap kadar total agregat ukuran butir maksimum 40mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

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

Tabel 4.35 Hasil Pengujian Berat Jenis

Hasil Pengujian Bahan	Agregat Halus Pasir (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat halus Batu Kapur (%)
Berat Jenis	2,5	2,7	2,6

(Sumber : Hasil Penelitian Penulis 2025)

6

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 halus batu kapur x % agregat halus batu kapur)

a. Campuran 0% c Batu Kapur = $(2,5 \times 35\%) + (2,7 \times 65\%) + (2,6 \times 33\% \times 0\%) = 2,63$

b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $(2,5 \times (35\% - 10\%)) + (2,7 \times 65\%) + (2,6 \times 10\%) = 2,64$

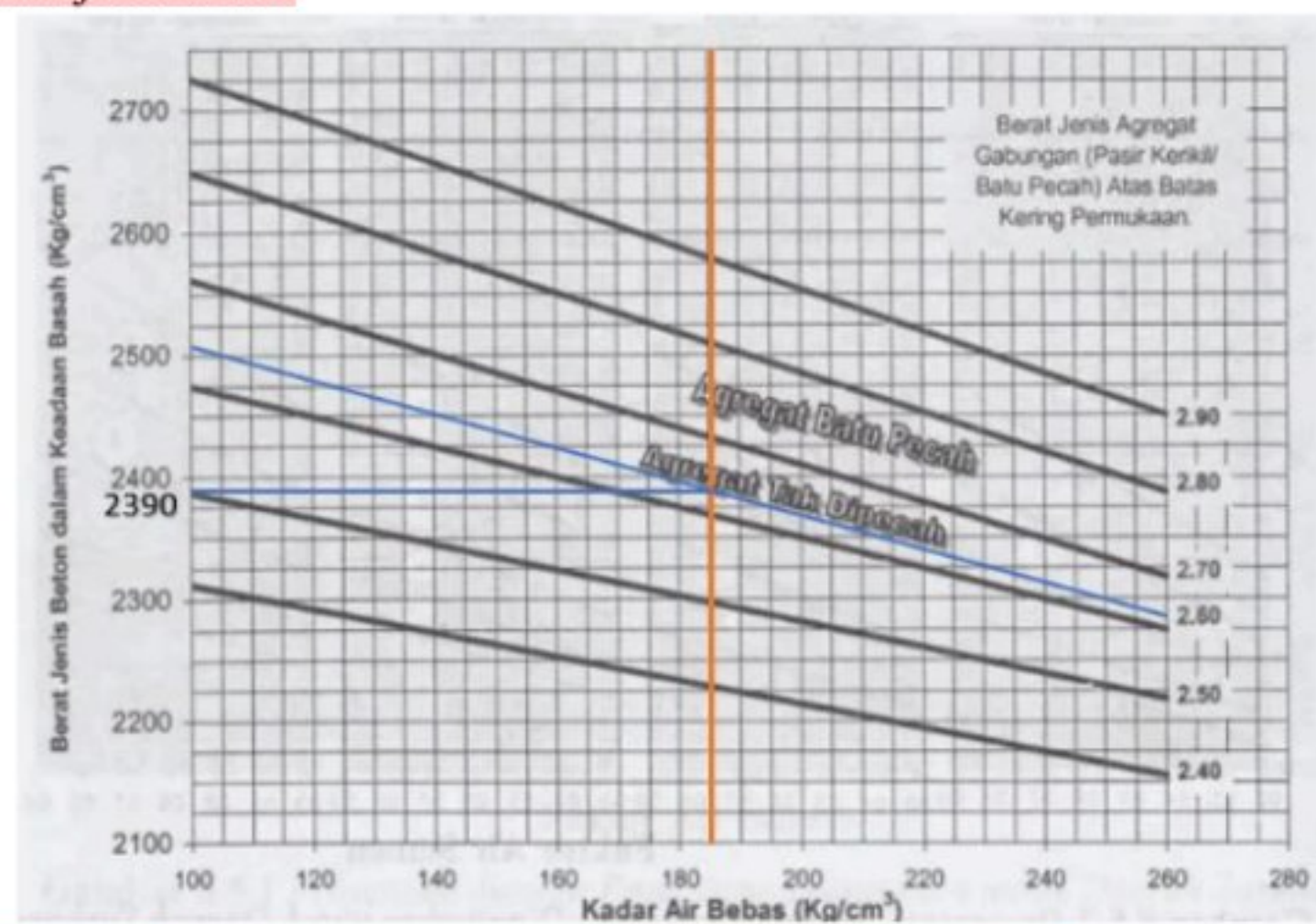
c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $(2,5 \times (35\% - 20\%)) + (2,7 \times 65\%) + (2,6 \times 20\%) = 2,65$

d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $(2,5 \times (35\% - 30\%)) + (2,7 \times 65\%) + (2,6 \times 30\%) = 2,66$

e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $(2,5 \times (35\% - 45\%)) + (2,7 \times 65\%) + (2,6 \times 45\%) = 2,67$

1 (2,7 x 65%) + (2,6 x 45%) = 2,67

17. Berat jenis beton

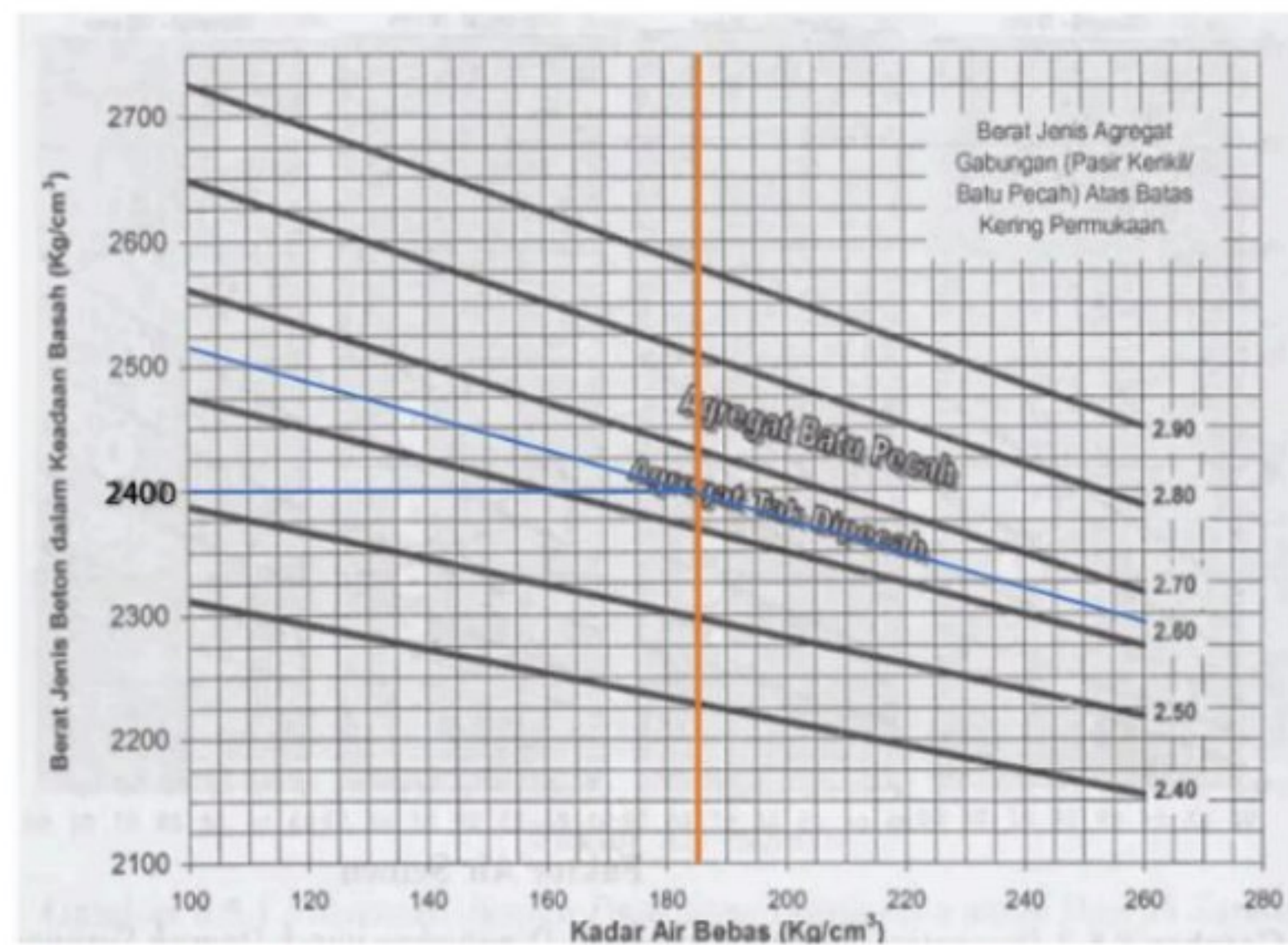


Gambar 4.19 Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 0%

5

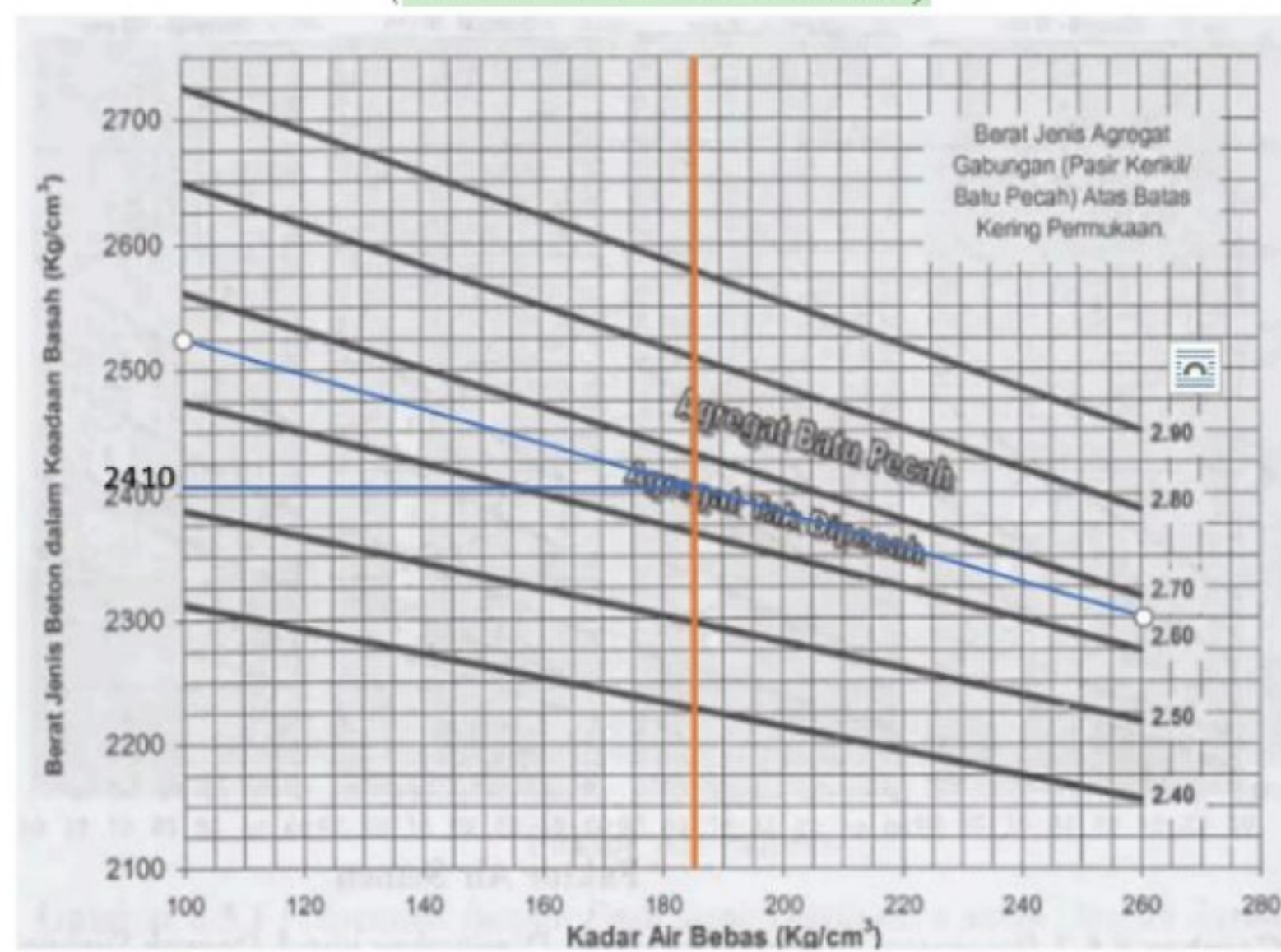
Batu kapur

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



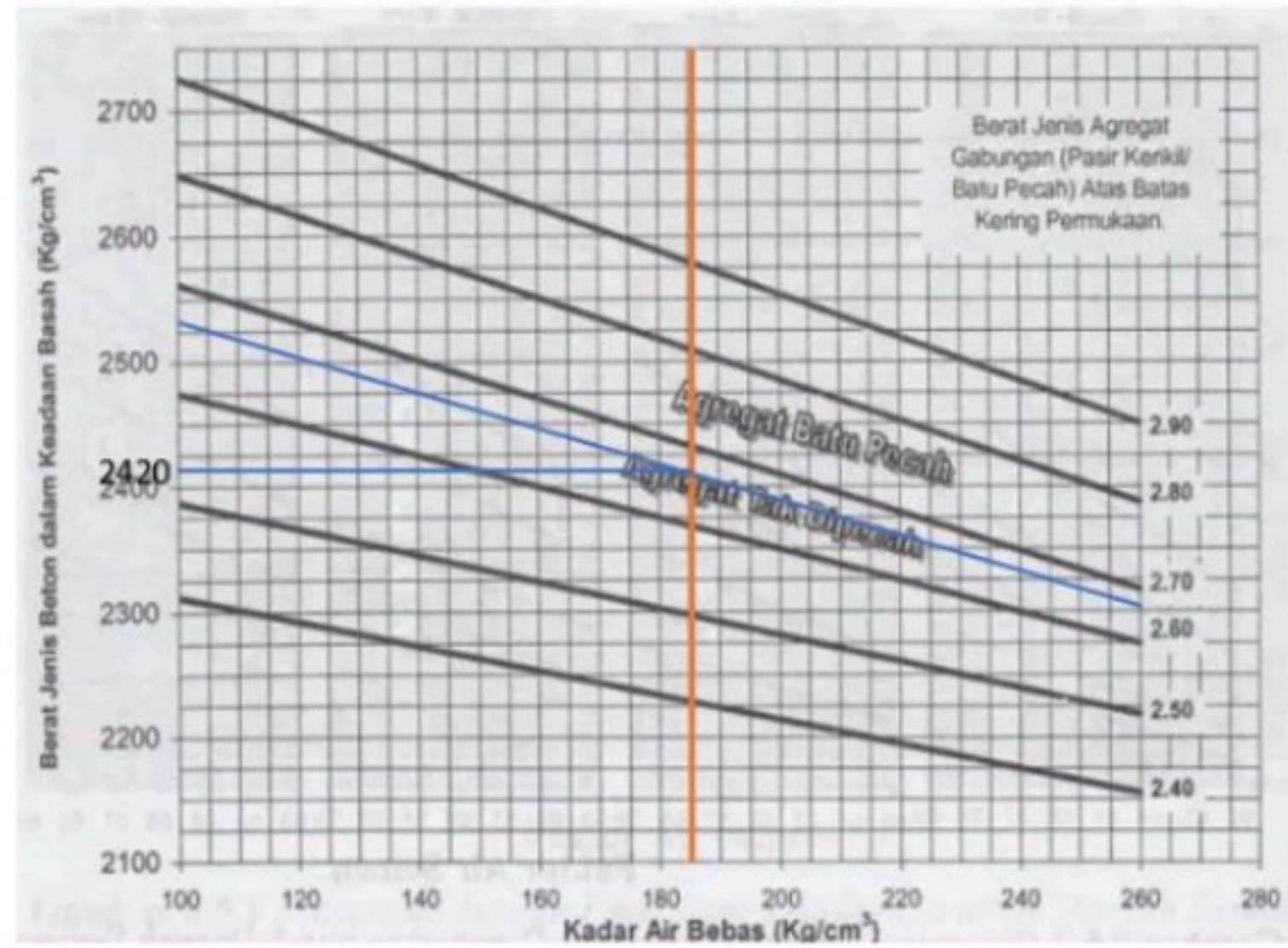
Gambar 4.20 Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 10%

5 Batu kapur
(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 4.21 Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 20%

5 Batu kapur
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

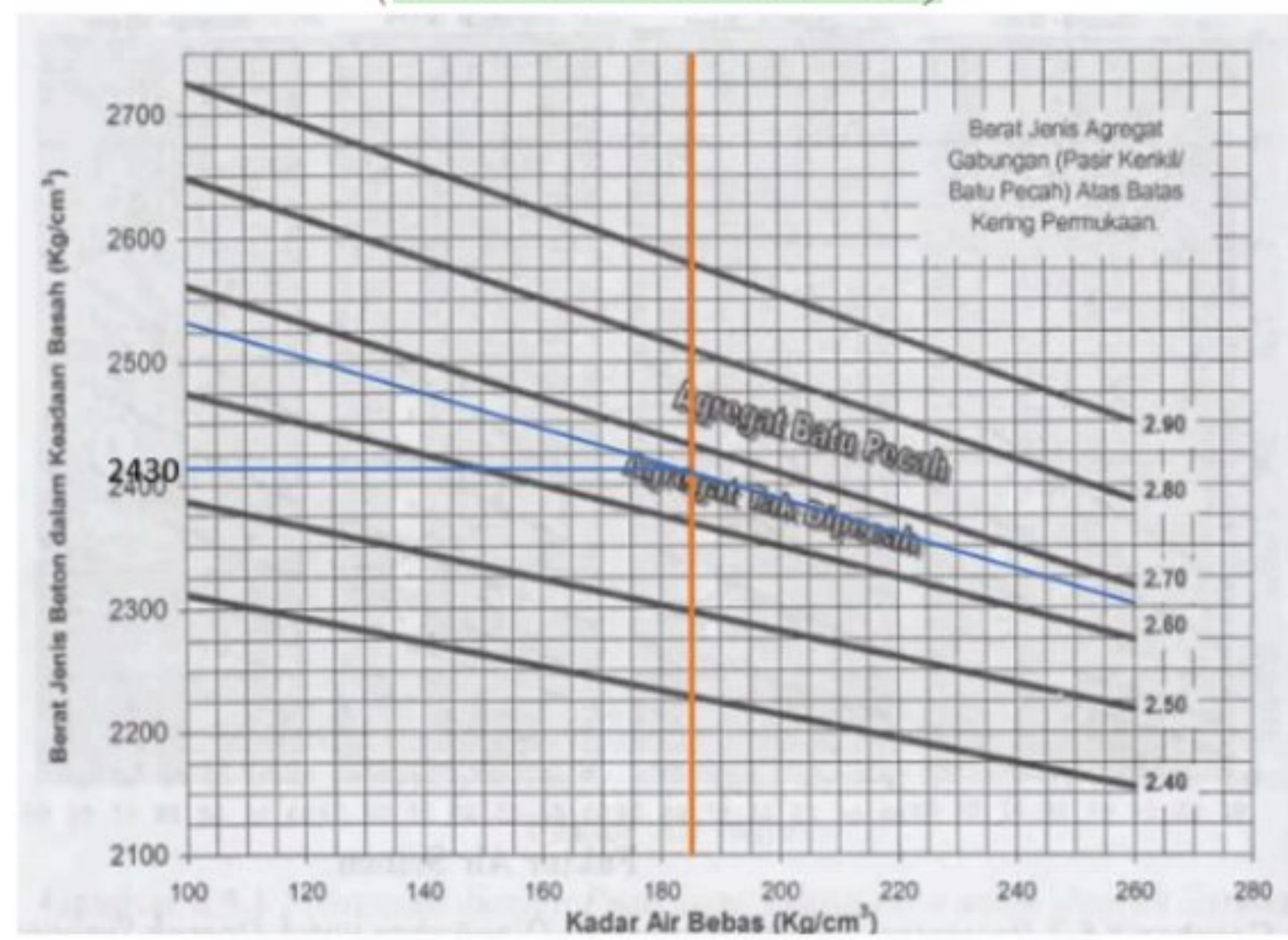


Gambar 4.22 Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 30%

5

Batu kapur

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 4.23 Grafik perkiraan berat jenis beton basah campuran 45%

3

Batu kapur

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari hasil Analisa grafik diatas didapat bahwa berat isi beton per m^3 adalah

- a. Berat Jenis Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = 2390 kg/ m^3
- b. Berat Jenis Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = 2400 kg/ m^3
- c. Berat Jenis Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = 2410 kg/ m^3
- d. Berat Jenis Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = 2420 kg/ m^3
- e. Berat Jenis Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = 2430 kg/ m^3

18. Berat agregat gabungan

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

- a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $2390 - 349,59 - 185 = 1855,41 \text{ kg}/m^3$
- b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $2400 - 349,59 - 185 = 1865,41 \text{ kg}/m^3$
- c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $2410 - 349,59 - 185 = 1875,41 \text{ kg}/m^3$
- d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $2420 - 349,59 - 185 = 1885,41 \text{ kg}/m^3$
- e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $2430 - 349,59 - 185 = 1895,41 \text{ kg}/m^3$

19. Berat agregat kasar

Berat agregat kasar = % agregat kasar $\times$ berat agregat gabungan

- a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $65\% \times 1855,41 = 1206,01 \text{ kg}/m^3$
- b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $65\% \times 1865,41 = 1212,51 \text{ kg}/m^3$
- c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $65\% \times 1875,41 = 1219,02 \text{ kg}/m^3$
- d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $65\% \times 1885,41 = 1225,52 \text{ kg}/m^3$

e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $65\% \times 1895,41 = 1232,02 \text{ kg/m}^3$

20. Berat agregat **8**tu Kapur

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

a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $0\% \times (1855,41 - 1206,01) = 0 \text{ kg/m}^3$

b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $10\% \times (1865,41 - 1212,51) = 65,29 \text{ kg/m}^3$

c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $20\% \times (1875,41 - 1219,02) = 131,29 \text{ kg/m}^3$

d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $30\% \times (1885,41 - 1225,52) = 197,97 \text{ kg/m}^3$

e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $45\% \times (1895,41 - 1232,02) = 298,52 \text{ kg/m}^3$

21. Berat agregat halus

Berat agregat halus = agregat gabungan – agregat kasar – **8**tu kapur

a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $1855,41 - 1206,01 - 0 = 649,3 \text{ kg/m}^3$

b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $1865,41 - 1212,51 - 65,29 = 587,60 \text{ kg/m}^3$

c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $1875,41 - 1219,02 - 131,29 = 525,11 \text{ kg/m}^3$

d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $1885,41 - 1225,52 - 197,97 = 461,93 \text{ kg/m}^3$

e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $1895,41 - 1232,02 - 298,52 = 364,87 \text{ kg/m}^3$

22. Menghitung agregat, air dan semen secara aktual

1
Tabel 4.36 Hasil Pengujian Resapan dan Kelembaban

Hasil Pengujian bahan	Agregat Halus (%)	Agregat kasar (%)	Agregat Halus Batu Kapur (%)
Resapan	1,7	1,8	4,5
Kelembaban	3,5	0,9	2,4

(Sumber : Hasil Penelitian Penulis 2025)

$$\begin{aligned}
 & \text{Resapan pasir} - \text{Kelembaban pasir} = 1,7 - 3,5 = -1,8\% \\
 & \text{Resapan kerikil} - \text{Kelembaban kerikil} = 1,8 - 0,9 = 0,9\% \\
 & \text{Resapan batu kapur} - \text{Kelembaban batu kapur} = 4,5 - 2,4 = 2,1\%
 \end{aligned}$$

- Koreksi pasir = $\frac{\text{Resapan pasir} - \text{kelembaban pasir}}{100} \times \text{Ag. Halus teoritis}$
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,7 - 3,5}{100} \times 649,3 = -11,6874$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,7 - 3,5}{100} \times 587,60 = -10,577$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,7 - 3,5}{100} \times 525,11 = -9,451$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,7 - 3,5}{100} \times 461,93 = -8,314$
 - e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,7 - 3,5}{100} \times 364,87 = -6,567$
- Koreksi kerikil = $\frac{\text{Resapan kerikil} - \text{kelembaban kerikil}}{100} \times \text{Ag. kasar teoritis}$
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,8 - 0,9}{100} \times 1206,01 = 10,854$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,8 - 0,9}{100} \times 1212,51 = 10,913$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,8 - 0,9}{100} \times 1219,02 = 10,971$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,8 - 0,9}{100} \times 1225,52 = 11,029$
 - e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $\frac{1,8 - 0,9}{100} \times 1232,02 = 11,088$
- Koreksi kapur = $\frac{\text{Resapan kapur} - \text{kelembaban kapur}}{100} \times \text{Ag. kapur teoritis}$

- a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur $= \frac{4,5 - 2,4}{100} \times 0,00 = 0,00$
- b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur $= \frac{4,5 - 2,4}{100} \times 65,29 = 1,371$
- c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur $= \frac{4,5 - 2,4}{100} \times 131,29 = 2,757$
- d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur $= \frac{4,5 - 2,4}{100} \times 197,97 = 4,157$
- e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur $= \frac{4,5 - 2,4}{100} \times 298,52 = 6,269$

23. Menghitung agregat, air dan semen secara aktual

- Kebutuhan agregat halus = berat agregat halus teoritis – berat pasir terkoreksi
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur $= 649,3 - (-11,6874) = 661,083 \text{ kg/m}^3$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur $= 587,60 - (-10,577) = 598,177 \text{ kg/m}^3$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur $= 525,11 - (-9,451) = 534,561 \text{ kg/m}^3$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur $= 461,93 - (-8,314) = 470,244 \text{ kg/m}^3$
 - e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur $= 364,87 - (-6,567) = 371,437 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan agregat kasar = berat kerikil teoritis – berat kerikil terkoreksi
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur $= 1206,01 - 10,854 = 1195,156 \text{ kg/m}^3$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur $= 1212,51 - 10,913 = 1201,597 \text{ kg/m}^3$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur $= 1219,02 - 10,971 = 1208,049 \text{ kg/m}^3$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur $= 1225,52 - 11,029 = 1214,491 \text{ kg/m}^3$

- e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $1232,02 - 11,088 = 1220,932 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan batu kapur = berat kapur teoritis – berat kapur terkoreksi
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $0,00 - 0,00 = 0 \text{ kg/m}^3$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $65,29 - 1,371 = 63,919 \text{ kg/m}^3$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $131,29 - 2,757 = 128,533 \text{ kg/m}^3$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $197,97 - 4,157 = 193,813 \text{ kg/m}^3$
 - e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $298,52 - 6,269 = 292,251 \text{ kg/m}^3$
 - Kebutuhan air = berat air teoritis + berat pasir terkoreksi + kerikil terkoreksi + batu kapur terkoreksi
 - a. Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur = $185 + (-11,6874) + 10,854 + 0,0 = 184,166 \text{ kg/m}^3$
 - b. Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur = $185 + (-10,577) + 10,913 + 1,371 = 186,707 \text{ kg/m}^3$
 - c. Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur = $185 + (-9,451) + 10,971 + 2,757 = 189,277 \text{ kg/m}^3$
 - d. Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur = $185 + (-8,314) + 11,029 + 4,157 = 191,872 \text{ kg/m}^3$
 - e. Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur = $185 + (-6,567) + 11,088 + 6,269 = 195,79 \text{ kg/m}^3$

24. Kontrol

Air + pasir + kerikil + batu kapur (*before adjustment*) = Air + pasir + kerikil + batu kapur (*after adjustment*)

Tabel 4.37 Control agregat teoritis dan agregat aktual

(%)	berat agregat teoritis			berat agregat Aktual			Keb.air	Kontrol		Cek
	pasir	kerikil	kapur	pasir	kerikil	kapur		before	after	
0	649,3	1206	0	661,08	1195,16	0	184,16	2040,4	2040,4	ok
10	587,6	1212,5	65,28	598,18	1201,6	63,91	186,7	2050,4	2050,4	ok
20	525,1	1219	131,27	534,56	1208,04	128,52	189,27	2060,4	2060,4	ok
30	461,9	1225,5	197,96	470,24	1214,48	193,81	191,87	2070,4	2070,4	ok

45	364,8	1232	298,52	371,43	1220,92	292,25	195,78	2080,4	2080,4	ok
----	-------	------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	--------	----

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

25. Menghitung volume benda uji

a. Benda uji 10 x 20 cm

$$V. \text{ cetakan} = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 0,05^2 \times 0,20 = 0,00157 \text{ m}^3$$

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

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

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

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

b. Benda uji 15 x 30 cm

$$V. \text{ cetakan} = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 0,075^2 \times 0,30 = 0,0053 \text{ m}^3$$

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

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

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

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

26. Menghitung kebutuhan bahan yang diperlukan dalam 2 benda uji dengan cetakan berbentuk silinder 10 x 20 cm

• Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur

$$\text{Pasir} = 661,08 \times 0,00471 = 3,11 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 1195,1 \times 0,00471 = 5,62 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur} = 0 \times 0,00471 = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 184,16 \times 0,00471 = 0,86 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 349,59 \times 0,00471 = 1,64 \text{ kg}$$

• Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur

$$\text{Pasir} = 598,18 \times 0,00471 = 2,81 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 1201,60 \times 0,00471 = 5,65 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur} = 63,91 \times 0,00471 = 0,30 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 186,70 \times 0,00471 = 0,87 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 349,59 \times 0,00471 = 1,64 \text{ kg}$$

• Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur

$$\text{Pasir} = 534,5 \times 0,00471 = 2,51 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 1208,04 \times 0,00471 = 5,68 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur} = 128,52 \times 0,00471 = 0,60 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 189,27 \times 0,00471 = 0,89 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,64 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 470,24 \times 0,00471 = 2,21 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 1214,4 \times 0,00471 = 5,72 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 193,81 \times 0,00471 = 0,91 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 191,87 \times 0,00471 = 0,90 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,64 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 371,43 \times 0,00471 = 1,74 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 1220,9 \times 0,00471 = 5,75 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 292,25 \times 0,00471 = 1,37 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 195,78 \times 0,00471 = 0,92 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,00471 = 1,64 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tabel 4.38 Kebutuhan bahan untuk cetakan silinder 10 cm x 20 cm

persentase campuran batu kapur	Agregat			semen (kg)	air (kg)
	pasir (kg)	kerikil (kg)	Batu kapur (kg)		
0%	3,11	5,63	0,00	1,65	0,87
10%	2,82	5,66	0,30	1,65	0,88
20%	2,52	5,69	0,61	1,65	0,89
30%	2,21	5,72	0,91	1,65	0,90
45%	1,75	5,75	1,38	1,65	0,92

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

2

27. Menghitung kebutuhan bahan yang diperlukan dalam 3 benda uji dengan cetakan berbentuk silinder 15 x 30 cm

- Campuran 0% Agregat Halus Batu Kapur

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 661,08 \times 0,0238 = 15,76 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 1195,1 \times 0,0238 = 28,49 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 0 \times 0,0238 = 0 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 184,16 \times 0,0238 = 4,39 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 349,59 \times 0,0238 = 8,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Campuran 10% Agregat Halus Batu Kapur**
 Pasir = $598,18 \times 0,0238$ = 14,26 kg
 Kerikil = $1201,60 \times 0,0238$ = 28,64 kg
 Kapur = $63,91 \times 0,0238$ = 1,52 kg
 Air = $186,70 \times 0,0238$ = 4,45 kg
 Semen = $349,59 \times 0,0238$ = 8,33 kg
- Campuran 20% Agregat Halus Batu Kapur**
 Pasir = $534,5 \times 0,0238$ = 12,74 kg
 Kerikil = $1208,04 \times 0,0238$ = 28,79 kg
 Kapur = $128,52 \times 0,0238$ = 3,06 kg
 Air = $189,27 \times 0,0238$ = 4,51 kg
 Semen = $349,59 \times 0,0238$ = 8,33 kg
- Campuran 30% Agregat Halus Batu Kapur**
 Pasir = $470,24 \times 0,0238$ = 11,21 kg
 Kerikil = $1214,4 \times 0,0238$ = 28,95 kg
 Kapur = $193,81 \times 0,0238$ = 4,62 kg
 Air = $191,87 \times 0,0238$ = 4,57 kg
 Semen = $349,59 \times 0,0238$ = 8,33 kg
- Campuran 45% Agregat Halus Batu Kapur**
 Pasir = $371,43 \times 0,0238$ = 8,85 kg
 Kerikil = $1220,9 \times 0,0238$ = 29,10 kg
 Kapur = $292,25 \times 0,0238$ = 6,96 kg
 Air = $195,78 \times 0,0238$ = 4,66 kg
 Semen = $349,59 \times 0,0238$ = 8,33 kg

Tabel 4.39 Kebutuhan bahan untuk cetakan silinder 15 cm x 30 cm

persentase campuran batu kapur	Agregat			semen (kg)	air (kg)
	pasir (kg)	kerikil (kg)	Batu kapur (kg)		
0%	15,76	28,49	0,00	8,33	4,39
10%	14,26	28,65	1,52	8,33	4,45
20%	12,74	28,80	3,06	8,33	4,51
30%	11,21	28,95	4,62	8,33	4,57

45%	8,85	29,11	6,97	8,33	4,67
-----	------	-------	------	------	------

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2025)

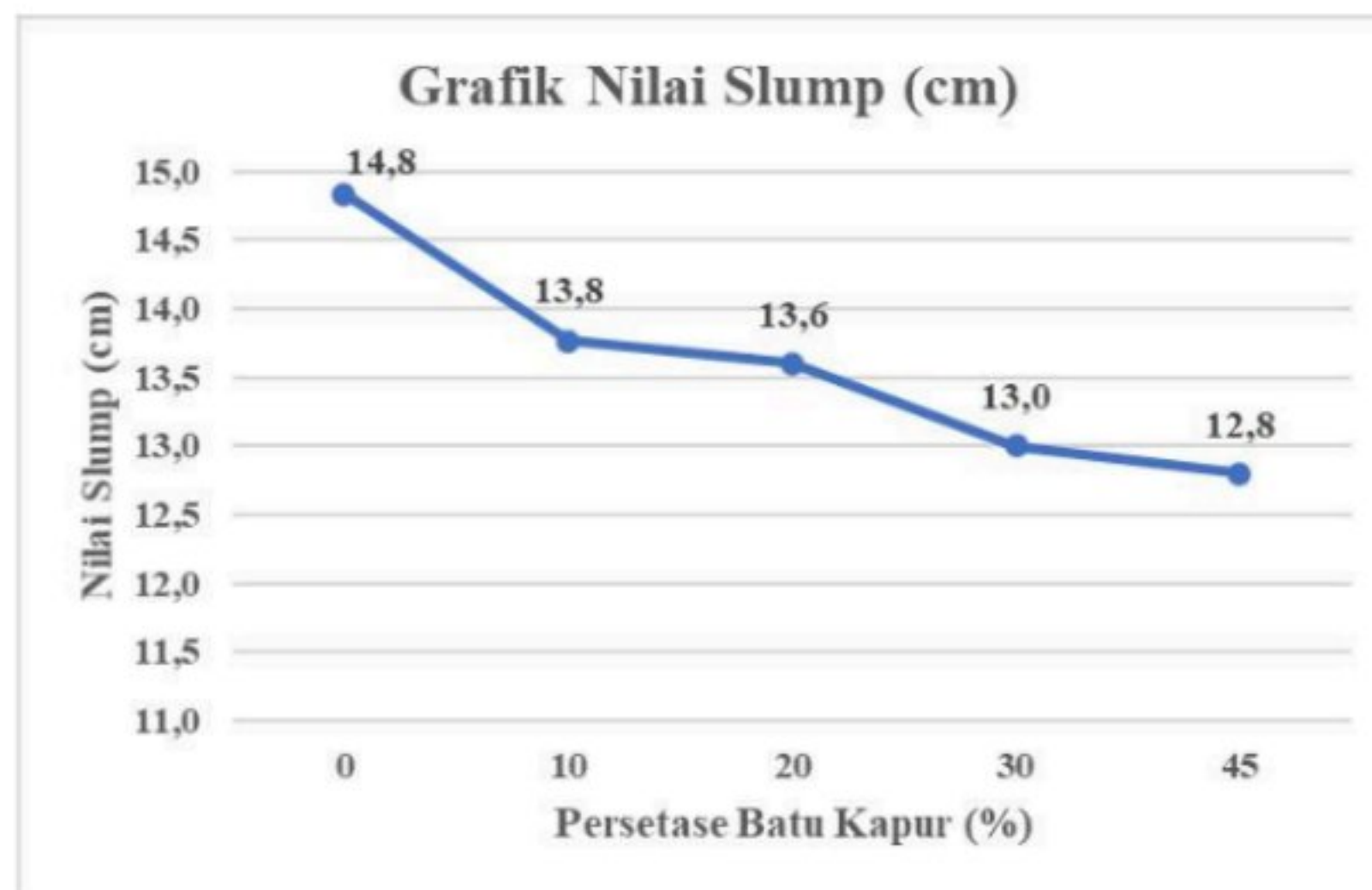
4.6 Hasil Slump Test

Berikut hasil penelitian yang di lakukan uji slump beton.

Tabel 4.40 Uji Slump Beton

Presentase Batu Kapur (%)	Tinggi Awal (cm)	Nilai Slump (cm)
0	30	14,8
10	30	13,8
20	30	13,6
30	30	13,0
45	30	12,8

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)



Gambar 4.24 Grafik Hasil Nilai Slump
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai slump pada beton normal dan beton dengan penambahann batu kapur masuk dalam slump yang direncanakan untuk pekerjaan pembetonan plat (lantai), balok, kolom, dan dinding sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Sehingga jika di lihat dari nilai slump pada

penelitian ini, beton dengan campuran batu kapur masih aman digunakan sebagai substitusi dengan agregat halus. Nilai slump ²⁹ adalah pada beton dengan campuran batu kapur yaitu presentase 45% dengan nilai slump sebesar 12,8 cm dan nilai slump tertinggi adalah pada beton tanpa campuran batu kapur yaitu dengan presentase 0% dengan nilai slump sebesar 14,8cm. Dari hasil penelitian ini untuk tes slump dapat di lihat bahwa pada presentase 0% sampai 45% terus mengalami penurunan. Semakin bertambah presentase batu kapur yang digunakan pada campuran beton sebagai substitusi agregat halus, maka nilai slump cenderung semakin menurun. Semakin banyak kapur yang dicampurkan maka daya serap air semakin besar (Mulyono, 1993), hal ini menyebabkan campuran beton menjadi padat. kondisi yang terkena air pasir lebih mudah terurai sedangkan serbuk batu kapur akan semakin mengikat dan mengeras (Ibrahim & Saelan, 2019).

4.7 Berat Isi

Berikut di bawah ini merupakan ¹ hasil pengujian berat Isi beton

Tabel 4.41 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Basah

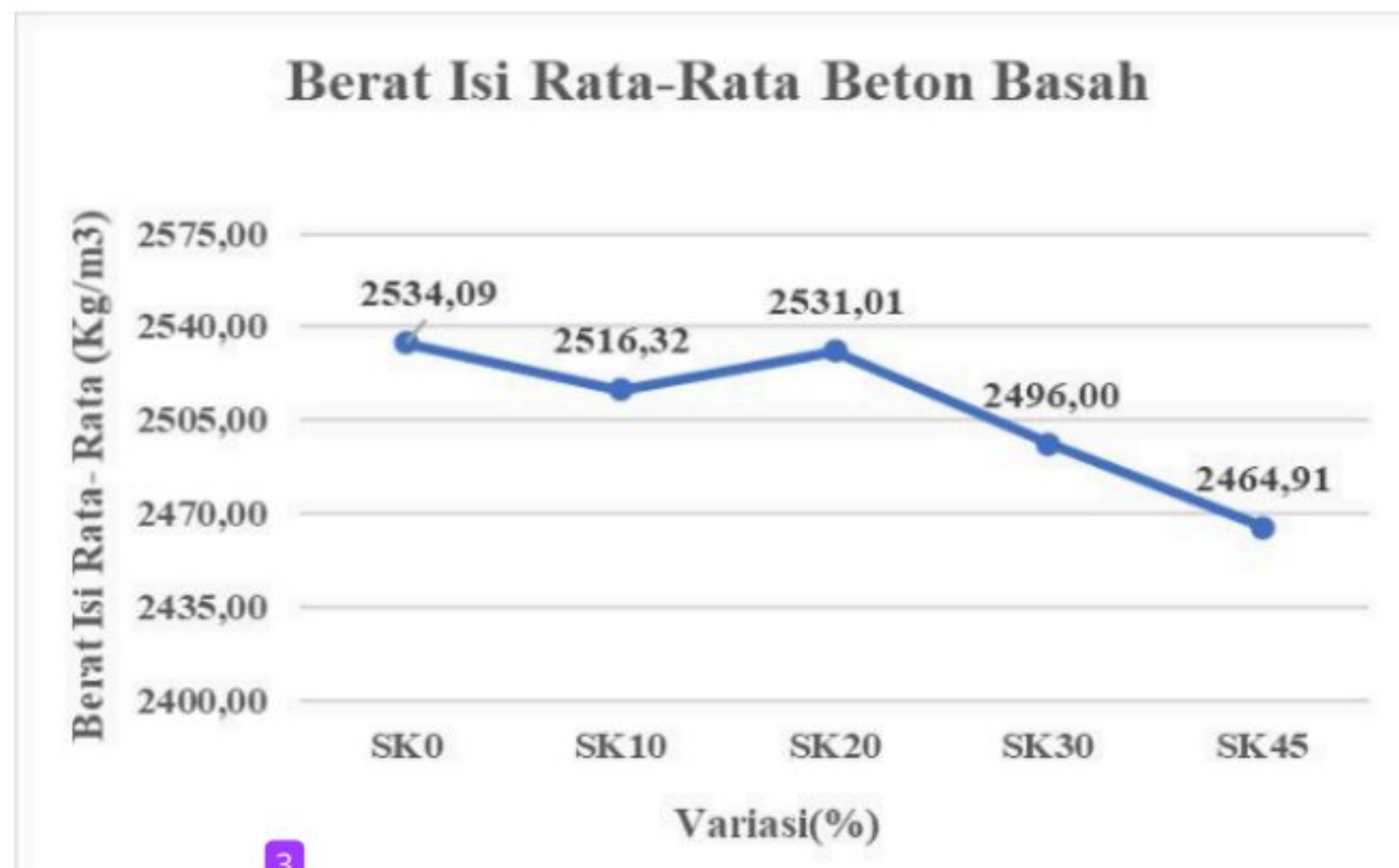
BERAT ISI BETON KONDISI BASAH								
Variasi	Umur	Volume Silinder	Berat Silinder	Berat Silinder + Beton	Berat Beton Basah	Berat Isi Beton	Rata-Rata Isi Beton	Rata-Rata Isi Beton
(%)	(Hari)	(m3)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)
SK0	7	0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84	2519,42	2534,09
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
	14	0,0053	9,71	23,30	13,59	2563,44	2550,86	
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
	28	0,0053	9,71	23,30	13,59	2563,44	2532,00	
		0,0053	9,71	23,30	13,59	2563,44		
		0,0053	9,71	22,80	13,09	2469,10		
SK10	7	0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84	2550,86	2516,32
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,70	13,99	2638,92		
	14	0,0053	9,71	23,40	13,69	2582,31	2557,15	
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,40	13,69	2582,31		

BERAT ISI BETON KONDISI BASAH								
Variasi	Umur	Volume Silinder	Berat Silinder	Berat Silinder + Beton	Berat Beton Basah	Berat Isi Beton	Rata-Rata Isi Beton	Rata-Rata Isi Beton
(%)	(Hari)	(m3)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)
	28	0,0053	9,71	23,03	13,31	2511,93	2440,93	
		0,0053	9,71	22,58	12,86	2426,84		
		0,0053	9,71	22,35	12,64	2384,01		
SK20	7	0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58	2557,15	2531,01
		0,0053	9,71	23,30	13,59	2563,44		
		0,0053	9,71	23,30	13,59	2563,44		
	14	0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84	2557,15	
		0,0053	9,71	23,60	13,89	2620,05		
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
	28	0,0053	9,71	23,12	13,41	2529,86	2478,73	
		0,0053	9,71	22,95	13,23	2496,84		
		0,0053	9,71	22,48	12,77	2409,48		
SK30	7	0,0053	9,71	22,90	13,19	2487,97	2500,55	2496,00
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
	14	0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58	2557,15	
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,60	13,89	2620,05		
	28	0,0053	9,71	22,39	12,68	2392,50	2430,30	
		0,0053	9,71	22,64	12,93	2439,48		
		0,0053	9,71	22,75	13,03	2458,92		
SK45	7	0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58	2532,00	2464,91
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
	14	0,0053	9,71	23,40	13,69	2582,31	2544,58	
		0,0053	9,71	23,20	13,49	2544,58		
		0,0053	9,71	23,00	13,29	2506,84		
	28	0,0053	9,71	22,80	13,09	2469,10	2318,16	
		0,0053	9,71	21,20	11,49	2167,22		
		0,0053	9,71	22,00	12,29	2318,16		

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 umur 28 hari :

$$\text{Berat Jenis Beton } (\rho) = \frac{\text{Berat Beton}}{\text{Volume Beton}} = \frac{12,29}{0,0053} = 2318,16 \text{ kg/m}^3$$



3
Gambar 4.25 Grafik Berat Isi Beton Kondisi Basah
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

4
Dari hasil penelitian yang dilakukan dan diolah didapatkan berat isi beton basah, nilai berat isi beton basah tertinggi terdapat pada beton tanpa campuran batu kapur pada presentase 0% dengan nilai sebesar 2534,09 kg/m³ dan presentase terendah didapatkan pada beton campuran batu kapur persentase 45% dengan nilai sebesar 2464,91 kg/m³.

Tabel 4.42 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering

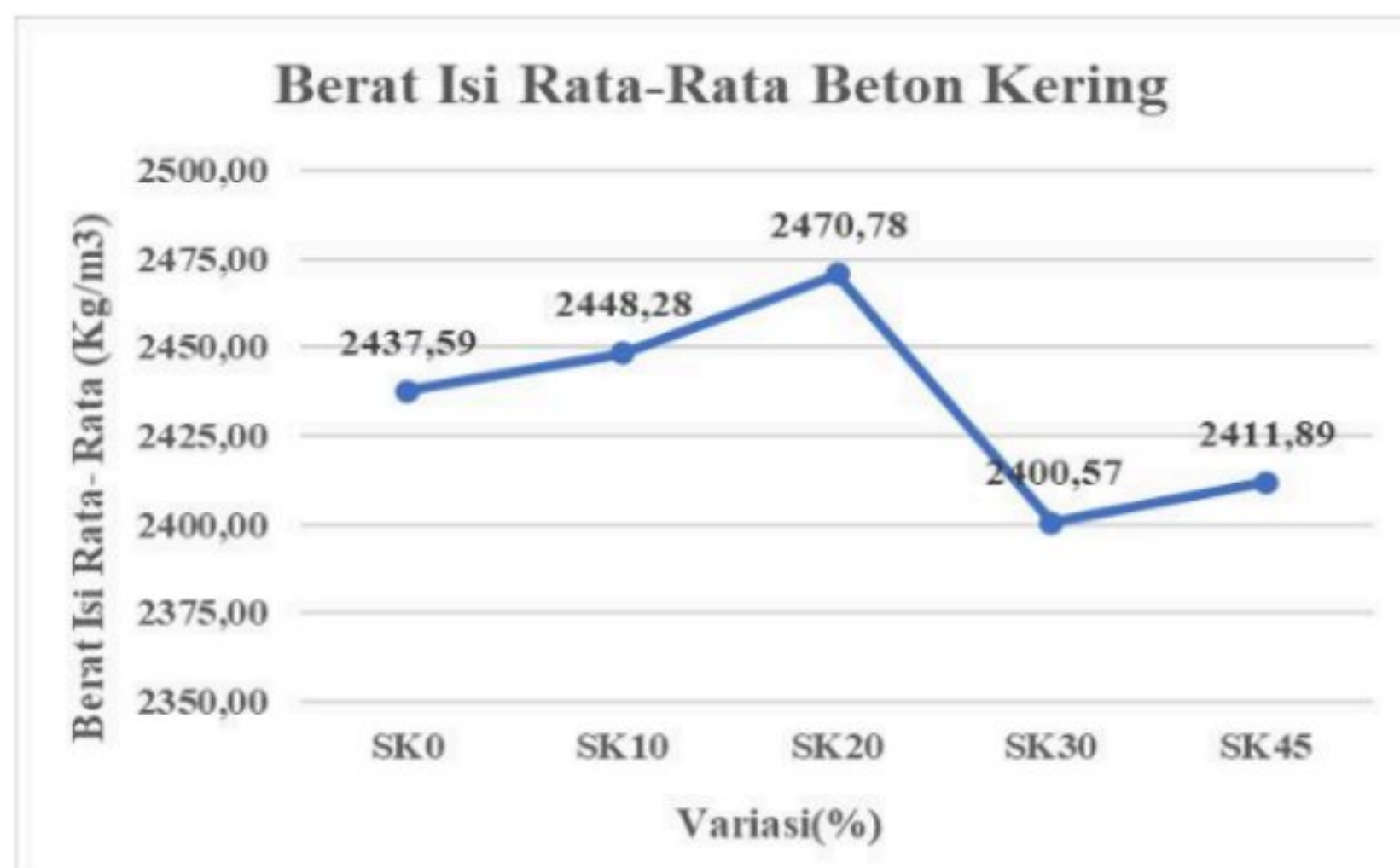
BERAT ISI BETON KONDISI KERING							
Variasi	Umur	⁴ Volume Silinder ³	Berat Silinder	Berat Beton kering	Berat Isi Beton	Rata- Rata BeratIsi Beton	Rata-Rata Berat Isi Beton
(%)	(Hari)	(m3)	(kg)	(kg)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)
SK0	7	0,0053	9,71	13,08	2467,92	2464,78	2437,59
		0,0053	9,71	12,97	2447,17		
		0,0053	9,71	13,14	2479,25		
	14	0,0053	9,71	12,80	2414,91	2406,73	
		0,0053	9,71	12,77	2409,06		
		0,0053	9,71	12,70	2396,23		
	28	0,0053	9,71	12,94	2441,89	2441,26	
		0,0053	9,71	12,94	2442,26		
		0,0053	9,71	12,93	2439,62		
SK10	7	0,0053	9,71	13,00	2452,83	2442,14	2448,28
		0,0053	9,71	12,88	2430,19		
		0,0053	9,71	12,95	2443,40		
	14	0,0053	9,71	13,23	2496,23	2476,10	
		0,0053	9,71	12,97	2447,17		
		0,0053	9,71	13,17	2484,91		
	28	0,0053	9,71	13,02	2457,17	2426,60	
		0,0053	9,71	12,71	2397,17		
		0,0053	9,71	12,86	2425,47		
SK20	7	0,0053	9,71	12,69	2394,34	2547,17	2470,78
		0,0053	9,71	13,85	2613,21		
		0,0053	9,71	13,96	2633,96		
	14	0,0053	9,71	13,05	2462,26	2464,15	
		0,0053	9,71	13,05	2462,26		
		0,0053	9,71	13,08	2467,92		
	28	0,0053	9,71	12,77	2408,49	2401,01	
		0,0053	9,71	12,73	2402,08		
		0,0053	9,71	12,68	2392,45		
SK30	7	0,0053	9,71	12,85	2424,53	2413,84	2400,57
		0,0053	9,71	12,90	2433,96		
		0,0053	9,71	12,63	2383,02		
	14	0,0053	9,71	12,75	2405,66	2406,29	
		0,0053	9,71	12,76	2407,55		
		0,0053	9,71	12,75	2405,66		
	28	0,0053	9,71	12,61	2378,87	2381,57	

BERAT ISI BETON KONDISI KERING							
Variasi	Umur	⁴ Volume Silinder	Berat Silinder ⁸⁰	Berat Beton kering	Berat Isi Beton	Rata- Rata BeratIsi Beton	Rata-Rata Berat Isi Beton
(%)	(Hari)	(m3)	(kg)	(kg)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)
SK45	7	0,0053	9,71	12,62	2381,51	2410,06	2411,89
		0,0053	9,71	12,64	2384,34		
		0,0053	9,71	12,69	2394,34		
		0,0053	9,71	12,80	2415,09		
		0,0053	9,71	12,83	2420,75		
	14	0,0053	9,71	12,78	2411,32	2416,35	
		0,0053	9,71	12,79	2413,21		
		0,0053	9,71	12,85	2424,53		
	28	0,0053	9,71	12,76	2408,30	2409,25	
		0,0053	9,71	12,73	2401,89		
		0,0053	9,71	12,81	2417,55		

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 umur 28 hari :

$$\text{Berat Jenis Beton } (\rho) = \frac{\text{Berat Beton}}{\text{Volume Beton}} = \frac{12,81}{0,0053} = 2417,55 \text{ kg/m}^3$$



Gambar 4.26 Grafik Berat Isi Beton Kondisi Kering

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari hasil penelitian didapatkan berat isi beton kering, pada presentase penambahan batu kapur 20% mengalami kenaikan 2470,78 kg/m³ yang sebelumnya presentase 10% sebesar 2448,28kg/m³. Lalu pada presentase 30% mengalami penurunan lagi sebesar 2400,57kg/m³ kemudian mengalami kenaikan lagi pada penambahan batu kapur dengan presentase 45% dengan nilai rata-rata sebesar 2411,89kg.m³. Berat isi beton kering tertinggi di dapat pada presentase 20% sebesar 2470,78 kg/m³, sedangkan berat jenis kering beton terendah di dapat pada presentase penambahan batu kapur sebanyak 30% dengan nilai 2400,57kg/m³.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan berat isi beton kering masih memenuhi nilai rata-rata berat isi beton normal menurut SNI 03-2834-2000 yaitu berat satuan antara 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³.

4.8 Kuat Tekan

Berikut di bawah ini merupakan hasil pengujian kuat tekan beton umur 7, 14, dan 28 hari

- Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 7 Hari

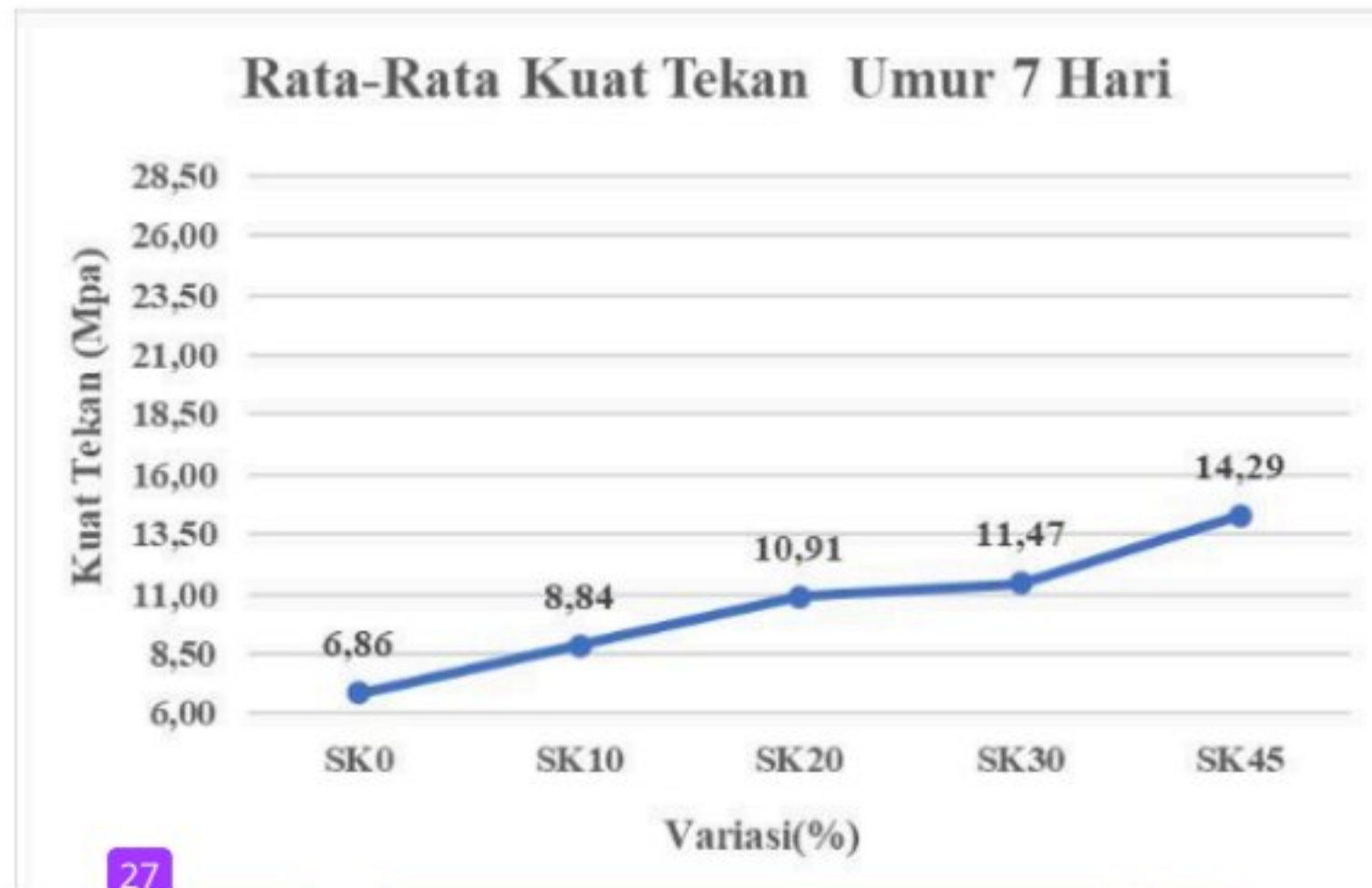
Tabel 4.43 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 7 Hari

KUAT TEKAN UMUR 7 HARI					
Variasi	Umur	Luas Penampang (A)	Tekanan (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
(%)	(Hari)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
SK0	28	17662,5	134514,22	7,62	6,86
	28	17662,5	124550,21	7,05	
	28	17662,5	104622,17	5,92	
SK10	28	17662,5	154442,25	8,74	8,84
	28	17662,5	154442,25	8,74	
	28	17662,5	159424,26	9,03	
SK20	28	17662,5	259064,43	14,67	10,91
	28	17662,5	169388,28	9,59	
	28	17662,5	149460,25	8,46	
SK30	28	17662,5	209244,35	11,85	11,47
	28	17662,5	189316,31	10,72	
	28	17662,5	209244,35	11,85	
SK45	28	17662,5	224190,37	12,69	14,29
	28	17662,5	278992,46	15,80	
	28	17662,5	254082,42	14,39	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 umur 7 hari :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Tekanan}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{254082,42}{17662,5} = 14,39 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.27 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 7 Hari
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari pengujian yang dilakukan pada beton umur 7 hari, menghasilkan kuat tekan yang besar dari setiap penambahan presentase serbuk batu kapur. Nilai kuat tekan beton yang dihasilkan pada beton normal tanpa penambahan batu kapur yaitu sebesar 6,86 Mpa, pada penambahan batu kapur dengan presentase 10%, 20%, 30%, dan 45% masing-masing adalah sebesar 8,84 Mpa, 10,91 Mpa, 11,47 Mpa, 14,29 Mpa.

- Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 14 Hari

Tabel 4.44 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 14 Hari

KUAT TEKAN UMUR 14 HARI					
Variasi	Umur	Luas Penampang (A)	Tekanan (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
(%)	(Hari)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
SK0	28	17662,5	154442,25	8,74	8,09
	28	17662,5	174370,29	9,87	
	28	17662,5	99640,16	5,64	
SK10	28	17662,5	154442,25	8,74	9,68
	28	17662,5	169388,28	9,59	
	28	17662,5	189316,31	10,72	

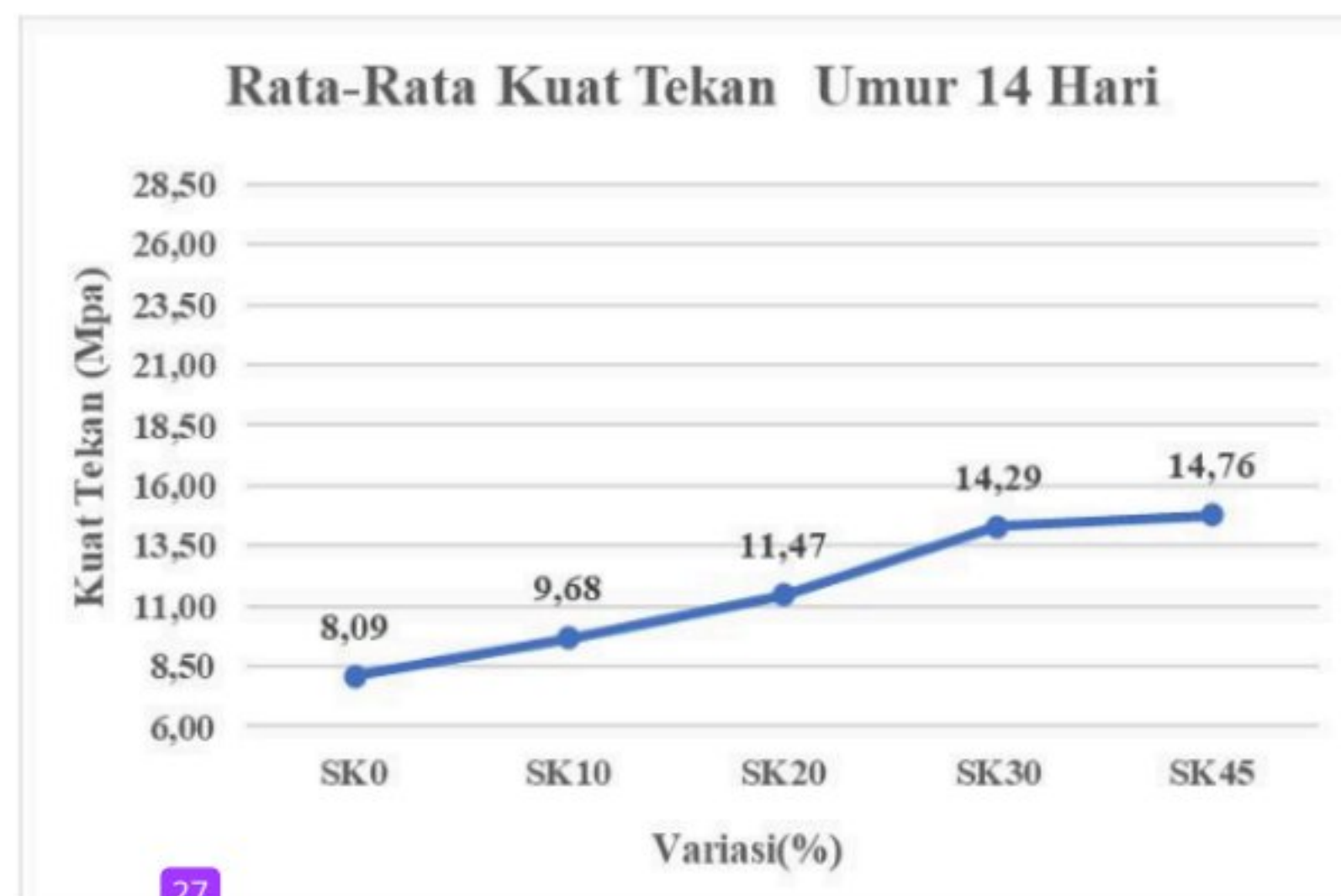
16

KUAT TEKAN UMUR 14 HARI					
Variasi	Umur	Luas Penampang (A)	Tekanan (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
(%)	(Hari)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
SK20	28	17662,5	199280,33	11,28	11,47
	28	17662,5	184334,30	10,44	
	28	17662,5	224190,37	12,69	
SK30	28	17662,5	214226,35	12,13	14,29
	28	17662,5	269028,44	15,23	
	28	17662,5	274010,45	15,51	
SK45	28	17662,5	254082,42	14,39	14,76
	28	17662,5	269028,44	15,23	
	28	17662,5	259064,43	14,67	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 umur 14 hari :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Tekanan}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{259064,43}{17662,5} = 14,67 \text{ Mpa}$$



27

Gambar 4.28 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 14 Hari

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

22

Dari pengujian yang dilakukan pada beton umur 14 hari, menghasilkan kuat tekan yang besar dari setiap penambahan presentase serbuk batu kapur. Beton

tanpa penambahan batu kapur yaitu presentase 0% memperoleh kuat tekan sebesar 8,09 Mpa, kemudian pada penambahan batu kapur dengan presentase 10%, 20%, 30%, dan 45% mengalami kenaikan rata-rata masing-masing yaitu sebesar 9,68 Mpa, 11,47 Mpa, 14,29 Mpa, 14,76 Mpa.

- Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 28 Hari

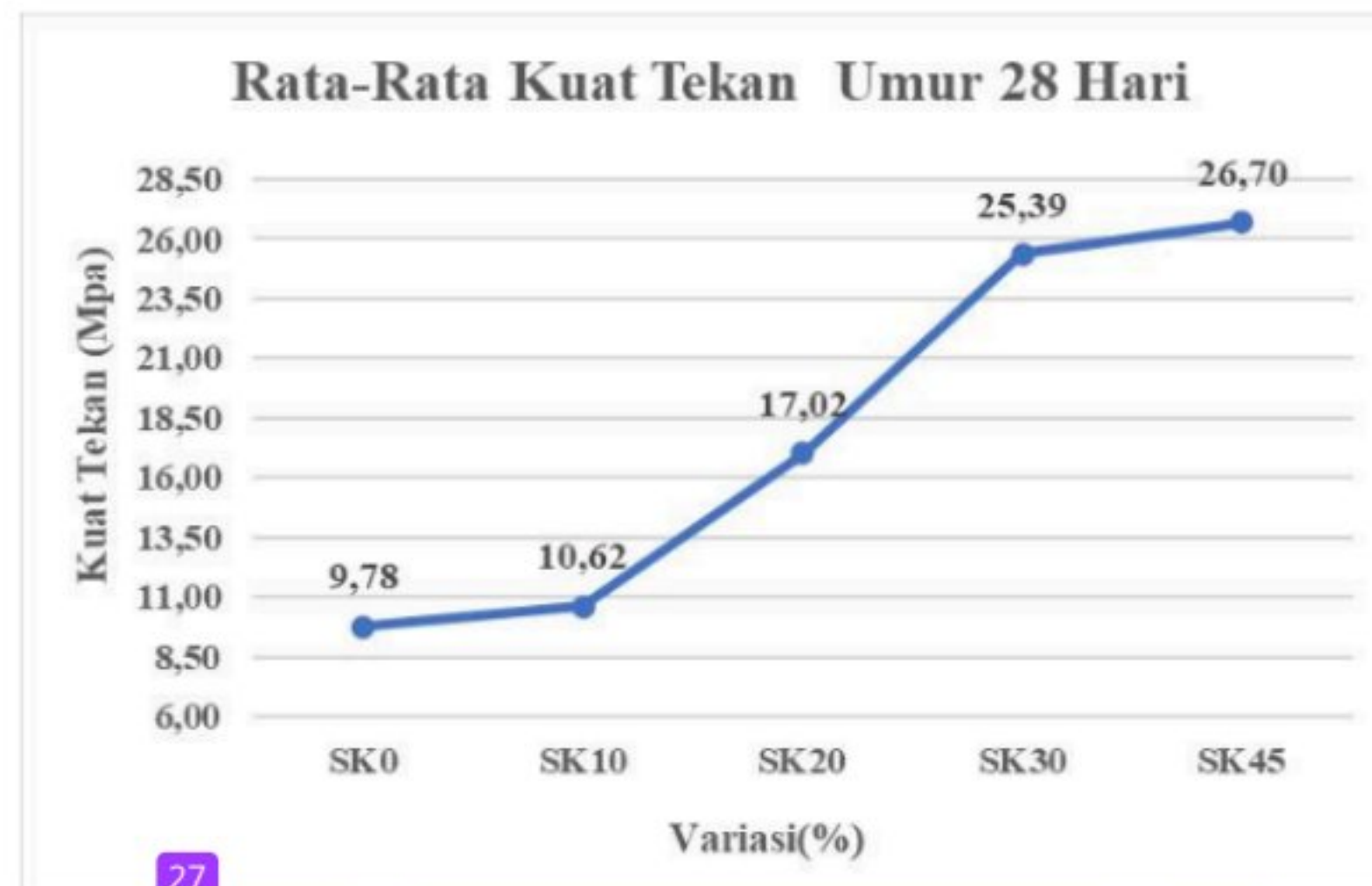
Tabel 4.45 Hasil Analisis Kuat Tekan Umur 28 Hari

KUAT TEKAN UMUR 28 HARI					
Variasi	Umur	Luas Penampang (A)	Tekanan (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
(%)	(Hari)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
SK0	28	17662,5	149460,25	8,46	9,78
	28	17662,5	174370,29	9,87	
	28	17662,5	194298,32	11,00	
SK10	28	17662,5	204262,34	11,56	10,62
	28	17662,5	149460,25	8,46	
	28	17662,5	209244,35	11,85	
SK20	28	17662,5	383614,63	21,72	17,02
	28	17662,5	303902,50	17,21	
	28	17662,5	214226,35	12,13	
SK30	28	17662,5	473290,78	26,80	25,39
	28	17662,5	403542,67	22,85	
	28	17662,5	468308,77	26,51	
SK45	28	17662,5	498200,82	28,21	26,70
	28	17662,5	448380,74	25,39	
	28	17662,5	468308,77	26,51	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 umur 28 hari :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Tekanan}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{468308,77}{17662,5} = 26,51 \text{ Mpa}$$



27

Gambar 4.29 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

66

Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari pada gambar di atas menunjukkan peningkatan kuat tekan, kuat tekan. Rata-rata kuat tekan pada presentase 0%, 10%, 20%, 30%, 45% adalah masing-masing sebesar 9,78 Mpa, 10,62 Mpa, 17,02 Mpa, 25,39 Mpa dan nilai maksimum sebesar 26,70 Mpa pada variasi batu kapur sebesar 45%. Nilai tersebut lebih tinggi dibanding dengan kuat tekan beton tanpa penambahan batu kapur yaitu sebesar 9,78 Mpa.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan batu kapur pada campuran beton sebagai substitusi dengan agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton tanpa penambahan batu kapur. Menurut (Kestiyono, 2017) material batu kapur sebagian besar tersusun dari mineral kalsium karbonat sehingga semakin banyak presentase serbuk batu kapur yang digunakan maka akan semakin meningkatkan kuat tekan beton. Kandungan kalsium karbonat juga berperan sebagai filter yang memperbaiki struktur mikro beton dan meningkatkan ikatan antar partikel sehingga dapat memperkuat beton. Menurut (Subah et al., 2023) Kandungan utama batu kapur adalah mineral kalsium karbonat (CaCO_3), yang mana senyawa ini biasa dipakai untuk campuran semen Portland. Senyawa (CaCO_3) memiliki fungsi sebagai bahan pengikat yang dapat berkontribusi pada peningkatan kuat tekanan beton dan daya rekat beton. Menurut (Abdullah Afif, 2018) Serbuk batu didalam campuran beton bereaksi dengan semen sebagai bahan ikatan yang mampu mengisi rongga-rongga yang ada sehingga hal ini meningkatkan kekuatan beton. Penelitian yang dilakukan oleh (Lumenta et

al.,2021) nilai kuat tekan beton semakin meningkat dengan campuran serbuk batu kapur disebabkan oleh pori-pori yang ada di dalam beton terisi oleh serbuk batu, sehingga beton semakin rapat dan kuat tekan yang dihasilkan tinggi. Namun penggunaan serbuk batu yang berlebihan akan mempengaruhi kuat tekan beton.

4.9 Test Resapan

Berikut di bawah ini merupakan data ¹⁴ hasil pengujian resapan beton pada umur 28 hari.

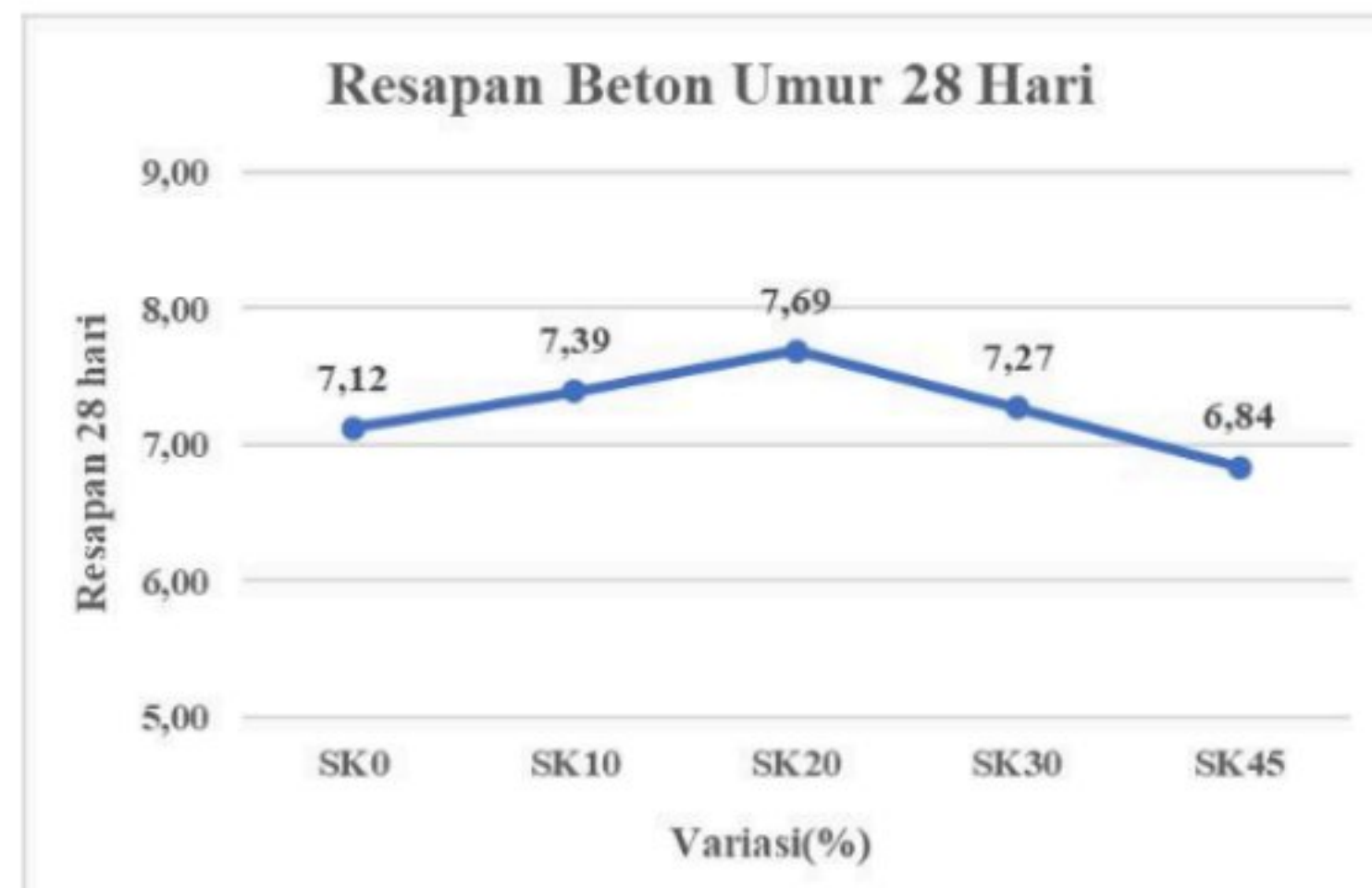
Tabel 4.46 Hasil Pengujian Resapan Air Beton

RESAPAN AIR BETON UMUR 28 HARI				
Variasi	Berat SSD Beton	Berat Beton Oven	Resapan	Resapan Rata - Rata
(%)	(kg)	(kg)	(%)	(%)
SK0	3,56	3,33	6,91	7,12
	3,95	3,68	7,34	
SK10	3,98	3,67	8,45	7,39
	3,86	3,63	6,34	
SK20	3,81	3,54	7,63	7,69
	3,89	3,61	7,76	
SK30	3,83	3,58	6,98	7,27
	3,84	3,57	7,56	
SK45	3,78	3,53	7,08	6,84
	3,88	3,64	6,59	

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan SK45 :

$$\text{Resapan} = \frac{\text{Berat Beton SSD} - \text{Berat Beton Oven}}{\text{Berat Beton Oven}} = \frac{3,88 - 3,64}{3,64} = 6,59 \text{ kg/m}^3$$



Gambar 4.30 Grafik Nilai Hasil Resapan
(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Berdasarkan hasil uji resapan air diketahui bahwa nilai resapan paling tinggi adalah beton dengan penambahan batu kapur 20% yaitu sebesar 7,69 dan nilai resapan paling rendah adalah beton dengan penambahan batu kapur sebesar 45% yaitu sebesar 6,84. Penambahan serbuk batu kapur mempengaruhi resapan beton. Pada kandungan 0%, 10%, 20% beton mengalami penyerapan yang semakin tinggi ini dikarenakan pori-pori besar terbentuk sehingga air mudah meresap ke dalam beton. Semakin besar nilai resapan maka semakin rentan terhadap kerusakan. Namun pada presentase 30% dan 45% batu kapur membantu mengisi pori-pori beton sehingga menjadi lebih padat dan tahan air. Menurut (Solikin & Nabiilah, 2016) penurunan resapan beton disebabkan karena serbuk batu kapur mulai mengisi pori-pori kecil dalam beton, sehingga membuat beton menjadi lebih rapat dan sulit ditembus air. Menurut (Hariyadi et al., 2024) resapan beton mengalami penurunan disebabkan karena serbuk batu kapur meningkatkan kepadatan beton, sehingga mengurangi ruang kosong atau rongga yang dapat menyerap air. Hal ini menyebabkan nilai resapan beton menjadi lebih kecil. Pada presentase 10% dan 20% serbuk batu kapur belum cukup efektif mengisi seluruh pori-pori dalam beton sehingga, menyebabkan terbentuknya pori-pori besar yang justru memudahkan air untuk meresap ke dalam beton. Salah satu penyebab nilai resapan mengalami kenaikan adalah karena sifat batu kapur yang halus dan banyak pori kecil membuat saluran di dalam beton menjadi besar sehingga air lebih mudah meresap ke dalam beton (Zuraidah & Hartono, 2017).

4.10 Presentase Optimum Batu Kapur Terhadap ⁷⁷Kuat Tekan Beton

Berikut di bawah ini merupakan data hasil pengujian kuat tekan beton 7,14 dan 28 hari.

Tabel 4.47 Hasil Analisis Kuat Tekan Beton Umur 7, 14, 28 hari

Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)		
	28 hari	14 hari	7 hari
SK 0	9,78	8,09	6,86
SK 10	10,62	9,68	8,84
SK 20	17,02	11,47	10,91
SK 30	25,39	14,29	11,47
SK 45	26,70	14,76	14,29

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)



¹ Gambar 4.31 Grafik Kuat Tekan umur 7, 14, 28 hari

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

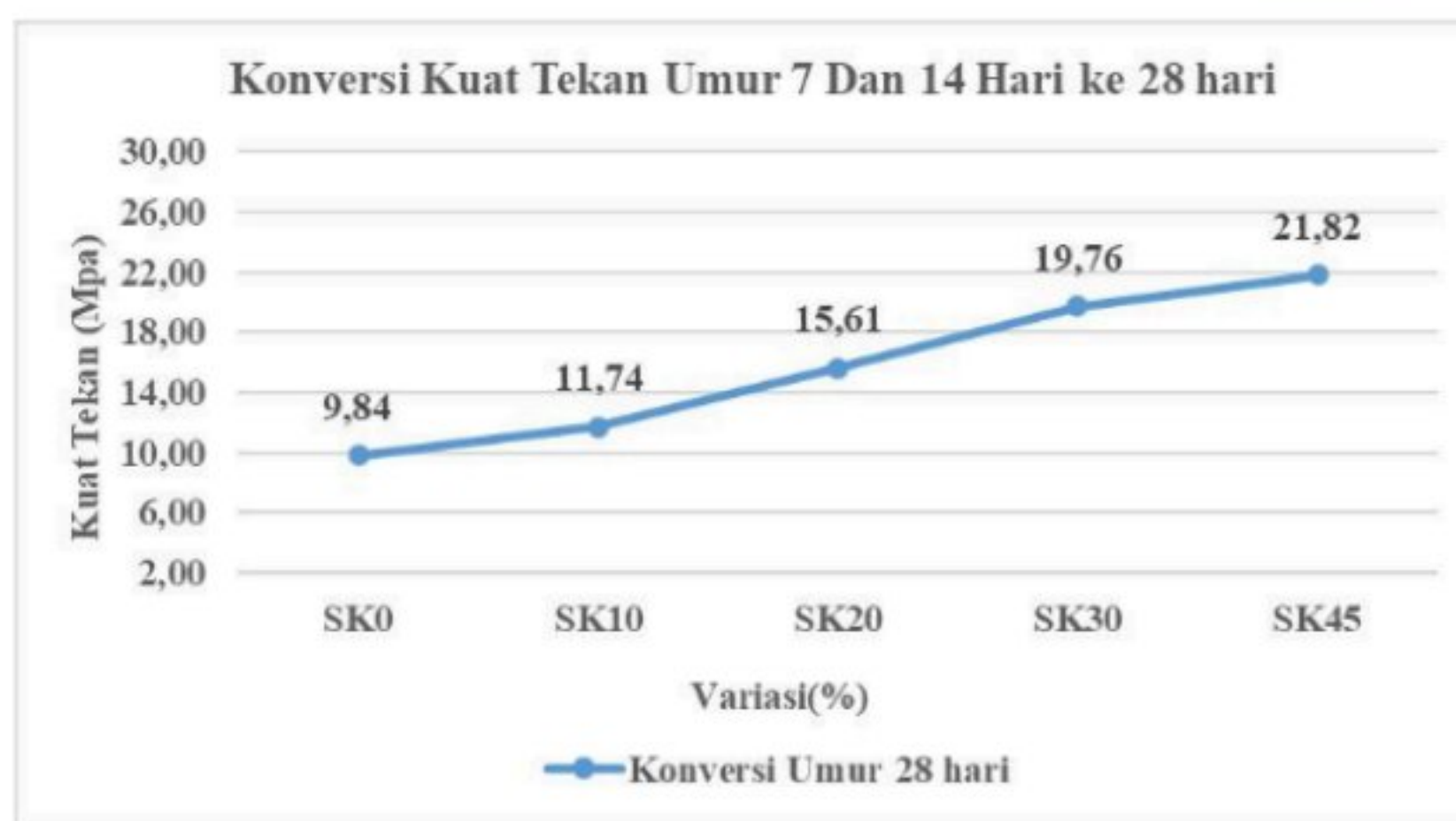
Berikut di bawah ini merupakan hasil rekap perhitungan konversi ³hasil kuat tekan beton ke umur 28 hari yang kemudian di rata-ratakan. Rekap perhitungan dilakukan karena setiap benda uji beton memiliki variasi kekuatan akibat faktor-faktor seperti pencampuran, pemadatan, dan curing. Rata-rata ini memberikan nilai tengah yang mewakili kekuatan beton secara keseluruhan. Berikut hasil nilai rata-rata pada tabel 4.47

Tabel 4.48 Rekapitulasi Rata-Rata F'c Konversi ke 28 hari

persen (%)	Umur (Hari)			Rata-Rata
	7	14	28	
SK0	10,56	9,19	9,78	9,84
SK10	13,60	11,00	10,62	11,74
SK20	16,78	13,03	17,02	15,61
SK30	17,65	16,24	25,39	19,76
SK45	21,99	16,77	26,70	21,82

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Gambar 4.32 Grafik Nilai Hasil Rata-Rata F'c Konversi ke 28 hari



(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari hasil penelitian campuran yang memenuhi kuat tekan rencana adalah campuran batu kapur presentase 30% dengan nilai sebesar 25,39 Mpa dan pada campuran batu kapur presentase 45% dengan nilai sebesar 26,70 Mpa pada umur beton 28 hari. Sedangkan untuk kuat tekan maksimum didapatkan pada presentase batu kapur 45% dengan nilai sebesar 26,70 Mpa. Nilai kuat tekan optimum di dapatkan pada beton presentase 45% yang nilai resapan dan kuat tekanya paling memenuhi yaitu nilai kuat tekan sebesar 26,70 Mpa dan nilai resapan sebesar 6,84%.

Hasil standar deviasi yang di konversikan ke umur 28 hari seperti pada gambar 4.32, kuat tekan terus mengalami kenaikan walaupun ada sedikit

perbedaan, tapi ini menunjukkan bahwa variasi data meningkat dari waktu ke waktu. Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan mengalami kenaikan, tetapi kuat tekan yang memenuhi rencana hanya pada beberapa presentase hal ini disebabkan oleh beberapa kesalahan, yang pertama (1), kualitas bahan yang kurang baik, ini disebabkan pada penyimpanan bahan di luar ruangan yang menyebabkan bahan terpapar kelembapan dan kontaminasi sehingga kualitas menurun. Dua (2), pemadatan beton, pada saat pengecoran pemadatan beton yang kurang optimal sehingga terbentuk rongga udara yang menyebabkan menurunnya kuat tekan. Tiga (3), Ketidaktepatan pada saat pelaksanaan dalam pembuatan benda uji, ketidakseragaman variasi standar deviasi dan juga, pada saat meratakan permukaan beton yang menyebabkan permukaan tidak rata hal ini mengakibatkan distribusi beban tidak merata pada saat uji tekan sehingga mempengaruhi kuat tekan beton. Empat (4) jarak pengujian bahan dan pengecoran lama, pengecoran beton umur 28 hari dilakukan minggu ke 3 setelah pengujian bahan kemudian untuk umur 7 dan 14 hari di lanjutkan 6 minggu kemudian dari pengecoran beton umur 28 hari, ini membuat perubahan pada sifat fisik bahan, sehingga nilai pengujian bahan yang sebelumnya menjadi acuan pada *mix design* mengalami perubahan, hal ini berpengaruh pada campuran beton yang menyebabkan mutu beton tidak sesuai.

4.11 Perhitungan Standar Deviasi

Standar deviasi pada beton digunakan untuk mengukur variasi atau penyimpangan hasil uji kuat tekan beton dari nilai rata-ratanya. Rumus standar deviasi (S_d) secara umum adalah :

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}}$$

Di mana :

X_i = Nilai kuat tekan beton dari setiap benda uji

$\bar{X}$ = Rata-rata nilai kuat tekan beton pada semua benda uji

n = Jumlah benda uji

Berikut di bawah ini merupakan perhitungan standart deviasi serbuk batu kapur

- Perhitungan standar deviasi persentase serbuk batu kapur 0%
Tabel 4.49 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 0%

No	Umur (Hari)	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	(X-Xi) ²
1	7 hari	7,62	0,65	11,72	15,16
2	7 hari	7,05	0,65	10,85	22,68
3	7 hari	5,92	0,65	9,11	42,22
4	14 Hari	8,74	0,88	9,94	32,20
5	14 Hari	9,87	0,88	11,22	19,29
6	14 Hari	5,64	0,88	6,41	84,64
7	28 hari	8,46	1	8,46	51,10
8	28 hari	9,87	1	9,87	32,93
9	28 hari	11,00	1	11,00	21,25
Jumlah				88,58	321,48
Xi =	9,842				
Sd =	6,339				

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Tabel 4.50 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 0%

Overall Variation					
Class of Operation	Standart Deviation For Different Control Standart (Mpa)				
	Excellent	Very Good	Good	Fair	Poor
General Construction Testing	Below 2.8	2.8 to 3.4	3.4 to 4.1	4.1 to 4.8	Above 4.8
Laboratory Trial Batches	Below 1.4	1.4 to 1.7	1.7 to 2.1	2.1 to 2.4	Above 2.4

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan standar deviasi no 1 pada presentase 0%

Perhitungan :

$$\text{Rata - rata } (X_1) = \frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}} = \frac{88,58}{9} = 9,842$$

$$\text{Perhitungan } (X - X_1)^2 = (X - X_i)^2 = (11,72 - 9,842)^2 = 15,16 \text{ Mpa}$$

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{321,48}{8}} = 6,339 \text{ Mpa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai standar deviasi sebesar 6,33 dimana nilai ini masuk kedalam kategori *poor(above 4.8)* pada kelas *general construction control*, serta masuk kedalam kategori *poor (above 2.4)* pada kelas *laboratory trial batch*.

- Perhitungan standar deviasi persentase serbuk batu kapur 10%

Tabel 4.51 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 10%

No	Umur (Hari)	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	(X-Xi) ²
1	7 hari	8,74	0,65	13,45	4,66
2	7 hari	8,74	0,65	13,45	4,66
3	7 hari	9,03	0,65	13,89	2,97
4	14 Hari	8,74	0,88	9,94	32,20
5	14 Hari	9,59	0,88	10,90	22,21
6	14 Hari	10,72	0,88	12,18	11,77
7	28 hari	11,56	1	11,56	16,37
8	28 hari	8,46	1	8,46	51,10
9	28 hari	11,85	1	11,85	14,17
Jumlah				105,68	160,11
Xi =	11,742				
Sd =	4,474				

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan standar deviasi no 1 pada presentase 10%

Perhitungan :

$$\text{Rata - rata } (X_1) = \frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}} = \frac{105,68}{9} = 11,742$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } (X - X_1)^2 &= (X - X_i)^2 = (13,45 - 11,742)^2 \\ &= 4,66 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{160,11}{8}} = 4,474 \text{ Mpa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai standar deviasi sebesar 4,4 dimana nilai ini masuk kedalam kategori *poor(above 4.8)* pada kelas *general construction control*, serta masuk kedalam kategori *poor (above 2.4)* pada kelas *laboratory trial batch*.

- Perhitungan standar deviasi persentase serbuk batu kapur 20%

Tabel 4.52 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 20%

No	Umur (Hari)	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'cKonversi (Mpa)	(X-Xi) ²
1	7 hari	14,67	0,65	22,57	48,37
2	7 hari	9,59	0,65	14,75	0,73
3	7 hari	8,46	0,65	13,02	6,72
4	14 Hari	11,28	0,88	12,82	7,78
5	14 Hari	10,44	0,88	11,86	14,07
6	14 Hari	12,69	0,88	14,42	1,41
7	28 hari	21,72	1	21,72	37,31
8	28 hari	17,21	1	17,21	2,55
9	28 hari	12,13	1	12,13	12,12
Jumlah				140,50	131,06
Xi =	15,611				
Sd =	4,048				

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan standar deviasi no 1 pada presentase 20%

Perhitungan :

$$\text{Rata - rata } (X_1) = \frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}} = \frac{140,50}{9} = 15,611$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } (X - X_1)^2 &= (X - X_i)^2 = (22,57 - 15,611)^2 \\ &= 48,37 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi } (S_d) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{131,06}{8}} \\ &= 4,048 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai standar deviasi sebesar 4,048 dimana nilai ini masuk kedalam kategori *Fair* (4.1 to 4.8) pada kelas *general construction control*, serta masuk kedalam kategori *poor* (above 2.4) pada kelas *laboratory trial batch*.

- Perhitungan standar deviasi persentase serbuk batu kapur 30%

Tabel 4.53 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 30%

No	Umur	F'c	Faktor Konversi	F'c Konversi	(X-Xi) ²
	(Hari)	(Mpa)		(Mpa)	
1	7 hari	11,85	0,65	18,23	6,84
2	7 hari	10,72	0,65	16,49	0,77
3	7 hari	11,85	0,65	18,23	6,84
4	14 Hari	12,13	0,88	13,78	3,34
5	14 Hari	15,23	0,88	17,31	2,88
6	14 Hari	15,51	0,88	17,63	4,07
7	28 hari	26,80	1	26,80	125,12
8	28 hari	22,85	1	22,85	52,37
9	28 hari	26,51	1	26,51	118,89
Jumlah				177,82	321,12
Xi =	19,758				
Sd =	6,336				

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan standar deviasi no 1 pada presentase 30%

Perhitungan :

$$\text{Rata - rata } (X_1) = \frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}} = \frac{177,82}{9} = 19,758$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } (X - X_1)^2 &= (X - X_i)^2 = (18,23 - 19,758)^2 \\ &= 6,84 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi } (S_d) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{321,12}{8}} \\ &= 6,336 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai standar deviasi sebesar 6,33 dimana nilai ini masuk kedalam kategori *poor (above 4.8)* pada kelas *general construction control*, serta masuk kedalam kategori *poor (above 2.4)* pada kelas *laboratory trial batch*.

- Perhitungan standar deviasi persentase serbuk batu kapur 45%

Tabel 4.54 Standar Deviasi Presentase Serbuk Batu Kapur 45%

1 No	Umur	F'c	Faktor Konversi	F'c Konversi	(X-Xi) ²
	(Hari)	(Mpa)		(Mpa)	
1	7 hari	12,69	0,65	19,53	15,34
2	7 hari	15,80	0,65	24,30	75,52
3	7 hari	14,39	0,65	22,13	42,52
4	14 Hari	14,39	0,88	16,35	0,54
5	14 Hari	15,23	0,88	17,31	2,88
6	14 Hari	14,67	0,88	16,67	1,12
7	28 hari	28,21	1	28,21	158,66
8	28 hari	25,39	1	25,39	95,56
9	28 hari	26,51	1	26,51	118,89
Jumlah				196,39	511,03
Xi =	21,821				
Sd =	7,992				

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Contoh perhitungan standar deviasi no 1 pada presentase 45%

Perhitungan :

$$\text{Rata - rata } (X_1) = \frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}} = \frac{196,39}{9} = 21,821$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } (X - X_1)^2 &= (X - X_i)^2 = (19,53 - 21,821)^2 \\ &= 15,34 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi } (S_d) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{511,03}{8}} \\ &= 7,992 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai standar deviasi sebesar 7,9 dimana nilai ini masuk kedalam kategori *poor(above 4.8)* pada kelas *general construction control*, serta masuk kedalam kategori *poor (above 2.4)* pada kelas *laboratory trial batch*.

- Rekapitulasi perhitungan standar deviasi (Sd) persentase serbuk batu kapur
Tabel 4.55 Rekapitulasi Standar Deviasi

Persentase FA	Nilai Standard Deviasi (Sd)	Kelas Standard Deviasi	
		General Construction Testing	Laboratory Trial Batches
0%	6,339	Poor	Poor
10%	4,474	Poor	Poor
20%	4,048	Fair	Poor
30%	6,336	Poor	Poor
45%	7,992	Poor	Poor

(Sumber : Hasil penelitian penulis, 2025)

Dari tabel perhitungan standar deviasi (Sd) diatas, untuk kelas *laboratory trial batches* menunjukan seluruh presentase masuk kedalam kategori standar deviasi (Sd) *poor* yang berarti buruk. Untuk kelas *general construction testing* menunjukan presentase 0%, 10%, 30% dan 45% masuk masuk kedalam kategori standar deviasi (Sd) *poor* yang berarti buruk, sedangkan untuk presentase 20% masuk dalam kategori standar deviasi (Sd) *Fair* yang berarti kualitas sedang.

Berdasarkan hasil rekapitulalasi, umumnya peningkatan atau variasi penambahan serbuk batu kapur tidak memberikan hasil konsisten dalam pengujian. Pada presentase FA 20% merupakan satu-satunya yang memberikan hasil relatif lebih baik (*Fair*) pada pengujian general constructi¹⁵ testing. Harus di lakukan analisis lebih lanjut terhadap mutu beton untuk hasil yang lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

14

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian test slump menunjukkan bahwa nilai slump terus mengalami penurunan. Nilai slump yang tertinggi ada pada beton tanpa campuran serbuk batu kapur dengan presentase batu kapur 0% sebesar 14,8cm dan nilai slump terendah ada pada beton dengan campuran batu kapur sebesar 45% sebesar 12,8cm.
2. Hasil penelitian dengan penambahan serbuk batu kapur menyebabkan berat isi beton basah mengalami kenaikan dan penurunan. Mengalami kenaikan pada presentase 0% kemudian pada presentase 10% mengalami penurunan dan mengalami kenaikan kembali pada presentase 20% setelah itu pada presentase 30% dan 45% terus mengalami penurunan. Berat isi beton kering terus mengalami kenaikan dari presentase 0% hingga presentase 20% kemudian menurun pada presentase 30% kemudian mengalami peningkatan lagi pada presentase 45%.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk batu kapur dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada umur beton 7 hari kuat tekan tertinggi ada pada presentase 45% sebesar 14,29 Mpa dan kuat tekan terendah ada pada beton dengan presentase 0% sebesar 6,86 Mpa. Pada umur beton 14 hari kuat tekan beton tertinggi ada pada beton dengan presentase 45% sebesar 14,76 Mpa dan kuat tekan terendah ada pada beton dengan presentase 0% sebesar 8,09 Mpa. Pada umur beton 28 hari kuat tekan beton tertinggi ada pada beton dengan presentase 45% sebesar 26,70 Mpa dan kuat tekan terendah ada pada beton dengan presentase 0% sebesar 9,78 Mpa. Penambahan serbuk batu kapur terus mengalami kenaikan kuat tekan tetapi kuat tekan ya³ memenuhi rencana hanya pada beton dengan presentase 30% dan 45% pada umur beton 28 hari.
4. Hasil uji resapan air menunjukkan bahwa nilai resapan tertinggi ada pada beton dengan penambahan batu kapur 20% sebesar 7,69 dan nilai resapan terendah ada pada beton dengan presentase batu kapur 45% sebesar 6,84.
5. Dari penelitian yang telah dilakukan, proporsi batu kapur sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton agar menghasilkan kuat tekan yang optimal ada pada beton dengan presentase campuran batu kapur 30% dan 45% dengan nilai rata-rata sebesar 25,39 Mpa dan 26,70 Mpa.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, untuk mendapatkan hasil uji yang lebih baik maka terdapat beberapa saran yang dapat diberikan, diantaranya:

1. Menyimpan material di lokasi yang terlindung dan teratur untuk memastikan kualitas material yang akan dipakai tetap terjaga.
2. Saat melakukan pengujian bahan dipastikan alat dan bahan yang digunakan tidak tercampur atau terkena dengan campuran yang dapat mempengaruhi hasil uji bahan.
3. Memperhitungkan waktu dari pengujian bahan dan pengecoran sebaiknya tidak terlalu lama agar tidak terjadi perubahan pada material yang akan digunakan.
4. Pada saat pengecoran perlu di perhatikan proses pemadatan agar dilakukan dengan benar sehingga tidak terdapat rongga didalam beton.
5. Proses curing agar di perhatikan air yang digunakan tidak terkontaminasi dengan bahan bahan lain yang dapat mempengaruhi mutu beton.
6. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan kepada calon peneliti untuk tidak hanya melakukan pengujian pada kuat tekan saja tetapi melakukan pengujian kuat tarik juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Afif, H. A. B. (2018). Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Anwar, K. (2022). Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Bukit Jaddih Bangkalan Madura sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Aspal Beton HRSWC. <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/5419>
- ASTM C29-78. (1997). Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. *In Department of Distance*.
- ASTM C-33. (1986). Standard Specification for Concrete Aggregates. *United States : American Standard Testing and Material*.
- ASTM C117-76. (1995). Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. *In Department of Distance*.
- ASTM C128-73. (2001a). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. *In Department of Distance*.
- ASTM 136-06. (2012). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. *In Department of Distance*.
- ASTM C566-71. (1997). Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate. *In Department of Distance*.
- Bayu Zamzam nurjana, Roastaman, E. (2021). *Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus*.
- Budiman, & WTP, J. (2022). Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 40–43. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.418>
- Elfina, S., & Renedi, W. (2019). Pembuatan Dan Analisis Precipitate Calcium Carbonate Dari Batu Kapur Dengan Metode Karbonasi. *Majalah Ilmiah Teknologi Industri (SAINTI)*, 16(1), 7–12
- Fahrul, D., Jamlaay, O., & Abdin, M. (2023). *Journal aggregate vol. 2, no. 1, maret 2023*. 2(1), 1–11.
- Haris, A., Sambodj, R. S., Aditya, F., Studi, P., & Sipil, T. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-350. *Seminar*

Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V, 100, 105–108.

- Hariyadi, Suparjo, N. A. (2024). *Pengaruh Proporsi Penggunaan Serbuk Batu Sebagai Pengganti Pasir Pada Mortar*.
- Hartini. (2019). 2 (6.7. *Pemanfaatan Kapur Alam Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Bata Beton*, 8, 102.
- Ibrahim, M. M., & Saelan, P. (2019). Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus. (Hal. 108-117). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(3), 108. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.108>
- Kestiyono, H. (2017). Pengaruh Penambahan Material Serbuk Kapur Gamping Terhadap Kuat Tekan Beton.
- Lisa, D., Djonnta, D., Rusmiati, F., Agumsari, D., & G, P. G. S. (2023). Implementasi Pemanfaatan Material Lokal Pada Bangunan Di Way Lima Kabupaten Pesawaran. *Nemui Nyimah*, 3(2). <https://doi.org/10.23960/nm.v3i2.97>
- Lumenta, H., Bintoro, S. T., Widiyanto, D., & Suseno, W. (2021). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Abu Batu Dan Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton. *G-Smart*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.24167/g.s.v3i1.1765>
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi
- Mulyono, T. (1993). Bahan Tambah Untuk Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil*, 55–65
- Noviyanti, N., Jasrulddin, J., & Suljiono, El. H. (2015). Karakterisasi Kalsium Karbonat (Ca(CO₃)) Dari Batul Kapur Kellulrahan Tellul Limpoel Kelcamatan Sulppa . *Reltrielveld from* <https://ojs.ulnm.ac.id/JSdPF/article/view/1484>
- Raditya Pradhipta. (2022). *Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Karakteristik Beton Pada Mutu 30 Mpa (Influence of Stone Dust As a Substitution Partial of Fine Aggregate on the 30 Mpa Concrete)*. 1–227.
- SNI 03-2834. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI (2004a). SNI 15-0129-2004 Semen portland putih. *In Badan Standardisasi Nasional*.

- SNI (2004b). SNI 15-0302-2004 Semen portland pozolan. *In Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- SNI (2004c). SNI 15-2049-2004 Semen portland. *In Badan Standardisasi Nasional* (Vol. 10, Issue 1).
- SNI (2004d). SNI 15-7064-2004 Semen portland komposit. *In Badan Standardisasi Nasional* (Vol. 32, Issue 5)
- SNI (2008a). SNI 1972:2008 Cara Uji Slump Beton. *In Badan Standardisasi Nasional Indonesia*
- Solikin, M., & Nabiilah, M. (2016). Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi Fly Ash Terhadap Karakteristik Beton Dengan Penambahan Kapur Tohor. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 116–123.
- Supriadi, E. (2020). Optimalisasi Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Dalam Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 19(1). <https://doi.org/10.54564/jtsa.v19i1.35>
- Syaifulloh, A. K. (2021). Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Penambangan Pasir Merapi di Klaten. *Jurnal Penegakan Hukum Dan Keadilan*, 2(2), 147–161. <https://doi.org/10.18196/jphk.v2i2.9990>
- Tjokrodinuljo. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wantutrianus, Z., I. W. (2014). Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta. *Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, 41–52.
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2017). Serbuk Kapur Sebagai Cementitious Pada Mortar. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, 2(1), 27–31.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Tri Sari, lahir di Desa Dete, pada tanggal 04 juli 2003. Penulis merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara dari pasangan La Mase dan Wa Ariba. Alamat lengkap penulis berada di Desa Dete, Kecamatan Tomia Timur, Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tnggara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Tomia dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 3 Tomia dan lulus pada tahun 2019. Pendidikan menengah atas diselesaikan di SMA Negeri 2 Tomia dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Bidang minat yang di ambil penulis adalah Struktur Beton terutama mengenai *unitilization of local material*. Selama kuliah mahasiswa aktif dalam kegiatan non-akademik sebagai anggota HMTS (Himpunan Mahasiswa Tomia Surabaya). Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

LAMPIRAN

PERSIAPAN BAHAN MATERIAL	
Gambar	Keterangan
	Pengambilan agregat halus (serbuk batu kapur) di Madura
	Pengambilan material agregat kasar
	Pengambilan material ¹⁹ agregat halus (pasir)

PENGUJIAN BAHAN AGREGAT KASAR	
Gambar	Keterangan
	Analisa saringan - Persiapkan agregat kasar - Masukan agregat yang telah di timbang ke dalam saringan - Goyang atau guncang saringan menggunakan mesin atau secara manual - Timbang material yang tertahan
	Analisa kelembaban - Persiapkan agregat kasar asli yang telah di timbang sesuai kebutuhan - Masukan kerikil ke dalam oven selama 24 jam kemudian keluarkan - Lalu timbang Kembali - Hitung kadar kelembaban
	Analisa berat jenis - Persiapkan agregat kasar kondisi SSD - Timbang kerikil kondisi SSD lalu oven selama 24 jam - Timbang berat kerikil saat terendam air menggunakan timbangan khusus - Hitung berat jenis kerikil dengan rumus

	Analisa resapan • Persiapkan agregat kasar kondisi SSD • Timbang berat kerikil kondisi SSD, kemudian masukan kerikil ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan dari oven kemudian timbang berat kerikil • Hitung kadar air resapan dengan rumus
	Analisa kebersihan terhadap lumpur • Persiapkan agregat kasar kondisi kering • Cuci kering menggunakan air dengan mengaduk dan membilas berulang kali, lalu tiriskan • Agregat kemudian di masukan ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan kemudian timbang kembali, lalu hitung kadar lumpur menggunakan rumus
	Analisa keausan • Persiapkan agregat kasar dengan berat dan gradasi sesuai standar • Timbang berat awal, kemudian masukan kerikil dan bola baja ke dalam mesin los angeles • Putar selama 500kali • Keluarkan sample, ayak menggunakan saringan no.12 • Timbang berat kerikil yang tertahan di saringan, lalu hitung keausan kerikil

	Analisa berat volume • Timbang wadah dan catat berat • Isi wadah dengan kerikil kemudian rojok sampai padat sampai wadah penuh • Timbang wadah beserta kerikilnya lalu catat beratnya • Hitung menggunakan rumus
	Contoh gambar benda uji pengujian agregat kasar

PENGUJIAN BAHAN AGREGAT HALUS (PASIR)	
Gambar	Keterangan
	Analisa saringan • Persiapkan pasir • Masukkan agregat yang telah di timbang ke dalam saringan • Goyang atau guncang saringan menggunakan mesin atau secara manual • Timbang material yang tertahan

	Analisa kelembaban • Persiapkan pasir asli yang telah di timbang sesuai kebutuhan • Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam kemudian keluarkan • Lalu timbang Kembali • Hitung kadar kelembaban pasir
	Analisa berat jenis • Persiapkan pasir dalam kondisi SSD dan telah timbang sesuai kebutuhan • Isi labu ukur dengan air sampai batas tertentu • Masukkan pasir SSD ke dalam labu ukur yang berisi air catat berat total • Hitung berat jenis pasir menggunakan rumus
	Analisa resapan • Timbang pasir dalam kondisi SSD • Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan pasir, dinginkan, kemudian timbang kembali pasir kering • Hitung kadar resapan pasir dengan rumus

	Analisa kebersihan terhadap lumpur secara basah • Timbang pasir kering lalu masukan kedalam tabung bening • Tambahkan air ke dalam tabung sampai batas tertentu lalu tutup kemudian kocok hingga pasir tercampur, lalu diamkan selama 24 jam agar lumpur mengendap • Ukur tinggi endapan lumpur dan tinggi total pasir dalam botol • Hitung menggunakan rumus
	Analisa kebersihan terhadap lumpur secara kering • Timbang pasir kering sesuai kebutuhan • Cuci pasir, diremas- remas berulang kali, sampai air terlihat bersih lalu di saring • Pindahkan pasir yang telah di cuci bersih ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan pasir dan timbang lalu hitung menggunakan rumus
	Analisa berat volume dengan rojokan • Timbang wadah dan catat berat • Isi wadah dengan pasir sebanyak 1/3 kemudian rojok 25 kali, ulangi sampai wadah penuh • Timbang wadah beserta pasirnya lalu catat beratnya • Hitung menggunakan rumus

	Analisa berat volume tanpa rojokan • Timbang wadah dan catat berat • Isi wadah dengan pasir sampai wadah penuh • Timbang wadah beserta pasirnya lalu catat beratnya • Hitung menggunakan rumus
	Analisa pengembangan volume • Masukkan pasir ke dalam gelas ukur • Kemudian keluarkan pasir yang telah di ukur, lalu masukan air sesuai batas yang ditentukan • Pasir dimasukan kembali ke dalam gelas ukur yang telah di isi air, lalu adu aduk sampai tercampur diamkan selama 24 jam • Ukur volume pasir di dalam air, kemudian hitung menggunakan rumus.
	Contoh gambar hasil pengujian pasir

PENGUJIAN BAHAN AGREGAT HALUS (BATU KAPUR)	
Gambar	Keterangan
	Analisa saringan • Persiapkan serbuk kapur • Masukkan serbuk kapur yang telah di timbang ke dalam saringan • Goyang atau guncang saringan menggunakan mesin atau secara manual • Timbang material yang tertahan
	Analisa kelembaban • Persiapkan serbuk kapur asli yang telah di timbang sesuai kebutuhan • Masukkan serbuk kapur ke dalam oven selama 24 jam kemudian keluarkan • Lalu timbang Kembali • Hitung kadar kelembaban serbuk kapur
	Analisa berat jenis • Persiapkan serbuk kapur dalam kondisi SSD dan telah timbang sesuai kebutuhan • Isi labu ukur dengan air sampai batas tertentu • Masukkan serbuk kapur SSD ke dalam labu ukur yang berisi air catat berat total • Hitung berat jenis serbuk kapur menggunakan rumus

	Analisa resapan • Timbang serbuk kapur dalam kondisi SSD • Masukkan serbuk kapur ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan serbuk kapur, dinginkan, kemudian timbang kembali serbuk kapur kering • Hitung kadar resapan serbuk kapur dengan rumus
	Analisa pengembangan volume batu kapur • Masukkan serbuk kapur ke dalam gelas ukur • Kemudian keluarkan serbuk kapur yang telah di ukur, lalu masukan air sesuai batas yang ditentukan • Serbuk kapur dimasukan kembali ke dalam gelas ukur yang telah di isi air, lalu aduk--aduk sampai tercampur diamkan selama 24 jam • Ukur volume serbuk kapur di dalam air, kemudian hitung menggunakan rumus.
	Analisa kebersihan terhadap lumpur secara kering • Timbang serbuk kapur kering sesuai kebutuhan • Cuci serbuk kapur, diremas-remas berulang kali, sampai air terlihat bersih lalu di saring • Pindahkan serbuk kapur ²³ang telah di cuci bersih ke dalam oven selama 24 jam • Keluarkan serbuk kapur dan timbang lalu hitung menggunakan rumus

	Analisa berat volume dengan rojokan • Timbang wadah dan catat berat • Isi wadah dengan serbuk kapur sebanyak 1/3 kemudian rojok 25 kali, ulangi sampai wadah penuh • Timbang wadah beserta serbuk kapurnya lalu catat beratnya • Hitung menggunakan rumus
	Analisa berat volume tanpa rojokan • Timbang wadah dan catat berat • Isi wadah dengan serbuk kapur sampai wadah penuh • Timbang wadah beserta serbuk kapurnya lalu catat beratnya • Hitung menggunakan rumus
	SSD serbuk batu kapur
	pengujian batu kapur

LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN BENDA UJI



1. Menimbang bahan (kerikil, pasir, batu kapur, dan air)



2. Masukkan semua bahan yang telah ditimbang ke dalam mesin molen



3. Keluarkan bahan yang telah tercampur



4. Melakukan pengujian slump beton



5. Beton segar siap dimasukan ke dalam cetakan



6. Beton dimasukan ke cetakan kemudian dirojok



7. Menimbang berat basah beton



8. Diamkan beton sampai kering

 9. Melepaskan beton dari cetakan	 10. Beton telah siap
 11. Masukkan betonn kedalam air untuk di lakukan perawatan	 12. Angkat beton yang telah cukup umur perawatan, diamkan selama 24 jam
 13. Menimmbang berat kering beton	 14. Lakukan uji kuat tekan beton

PENGUJIAN RESAPAN BETON

 1. Setelah mengeluarkan benda uji dari bak lalu di lap sampai kondisi SSD kemudia di timbang	 2. Masukkan benda uji lalu diamkan selama 24 jam dengan suhu 100°-110°
---	---



3. Setelah di keluarkan dari oven selaa 24 jam maka di lakukan penimbangan untuk mengetahui berat setelah di oven.



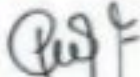
Contoh benda uji resapan beton umur 28 hari

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR BIMBINGAN & PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING Periode Semester Genap 2024/2025

Nama Mahasiswa	:	Tri Sari	
NIM	:	1432100062	
Alamat Rumah / Kost	:	Jl. Nginden VI no 11 Surabaya	
Nomor Telp/Hp/Whatsapp	:	085342802696	
Dosen Pembimbing 1	:	Ir. Nurul Rochmah,ST., MT., M.Sc.	
Dosen Pembimbing 2	:	Mochammad Firmansyah, ST., MT.	
Tanggal Kepesertaan Pembekalan Tugas Akhir	:	Selasa, 11 Februari 2025	
Nama dan Tanggal Publish Jurnal	:	Nama Jurnal/seminar : Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)	Paraf koordinator jurnal 
	:	Link Jurnal : https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jtsip	
	:	Tanggal Publish Jurnal/Seminar : 15 Juni 2025	

Judul Tugas Akhir:

PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Dosen Pembimbing 1

(Ir. Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc.)

Dosen Pembimbing 2

(Mochammad Firmansyah, ST., MT.)

Persetujuan Koordinator TA

(Ir. Laily Endah Fatmawati, ST., MT.)

Keterangan :

1. Bimbingan **WAJIB** dilakukan minimal 2 minggu sekali
2. Mahasiswa **WAJIB** sudah melakukan publikasi jurnal / seminar nasional / internasional yang terakreditasi
3. Segala bentuk pelanggaran dapat dikenakan sanksi dari Program Studi Teknik Sipil Untag Surabaya

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Sipil

(Ir. Faridillah Saves, ST., MT.)



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Minggu	No	Tanggal	Uraian Perbaikan / Konsultasi	Paraf Dosen Pembimbing
Ke - 1 dan 2 Perkuliahan		6 Maret 2025	- Tiap pengujian bahan beri syarat sesuai peraturan yang ada. - Angka pada grafik perbaiki yang menumpuk. - Perbaiki nama tabel - PAN tidak masuk hitungan retensi (A). - Perbaiki rumus dan typo - Hitung gradasi campuran - Penulisan batu kapur ganti menjadi agregat halus batu kapur. - Grafik perkiraan berat jenis beton perbaiki	
Ke - 3 dan 4 Perkuliahan		13/03/2025	- Beri tujuan agregat halus kapur pd tabel - perbaiki typo, hasil grafik kurung - jelas perbaiki	
		29/04/2025	- untuk material harus di cek memenuhi atau tidak - Tiap rumusan masalah beri penjelasan jurnal / teori yang mendukung hasil trend.	
		14/05/2025	- Cek syarat peraturan pengujian material - Beri alasan dari tiap pengujian ber-	
Ke - 5 dan 6 Perkuliahan			dasarkan jurnal dll. - Perbaiki kesalahan penulisan pd slump test.	
			- Perbaiki penjelasan Berat Isi	
			- Berat Isi beri referensi	
			- Bisa di tambahkan grafik gabungan 7, 14 dan 28 hari. - pd kuat tekan beri penjelasan tpp naik dan - typo perbaiki, resapan yang teliti	
Ke - 7 dan 8 Perkuliahan			- Beri lagi alasan kenapa tidak mencapai kuat tekan rencana	
			- Daftar pustaka tidak boleh huruf besar semua.	
	2.	8/05/2025	- Sebelum tabel pada sub bab di buat deskripsi - Foto di buat seragam ukurannya.	
			- Perbaiki jarak judul BAB - Perbaiki typo.	

2



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Minggu	No	Tanggal	Uraian Perbaikan / Konsultasi	Paraf Dosen Pembimbing
Ke - 9 dan 10 Perkuliahan	2.	14/04/2025	- Perbaiki typo - Beri referensi lagi } Jurnal	
	1.	14/04/2025	- sirip-sirip beton apa saja - Perbaiki diagram alir } Jurnal.	
		19/04/2025	- perbaiki gambar di halaman yg sama - Pasihkan tabelnya alasan.	
			- Berat jenis ubah jadi berat ri - Berat ri beri alasan lebih detail	
Ke - 11 dan 12 Perkuliahan			- tambahkan hasil konversi 7 dan 14 hari ke 28 hari	
			- tambahkan jurnal lagi pada bab karena mengalami kenaikan.	
			- Perbaiki lagi alasan pada resep.	
			- buat tabel kontrolnya jauh di beri alasan lagi.	
Ke - 13 dan 14 Perkuliahan	1.	21/05/2025	- Pasihkan kandungan dalam batu kapur - Perbaiki lagi alasan dan resep	
			- Ditambahkan berupa lembar jawabnya - lengkapi dappes	
	2.	21/05/2025	- Perbaiki lagi penulisan - Pasihkan.	
		22/5/2025	- perbaiki resep - grafik di pindah keatas (komu) - lampiran lengkap	
Ke - 15 Perkuliahan		27/5/2025	- Acc Seminar Hasil	
		27/5/2025	ACC. !	
		19/05/2025	Bimbingan jurnal dan submit jurnal	

PENGARUH BATU KAPUUR KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TEERHADAAP KUAT TEKAN BETON

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.untag-sby.ac.id

Internet Source

4%

2

Submitted to Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya

Student Paper

2%

3

dspace.uui.ac.id

Internet Source

2%

4

repository.umsu.ac.id

Internet Source

1%

5

www.scribd.com

Internet Source

1%

6

Submitted to Universitas Bung Hatta

Student Paper

1%

7

repo.unr.ac.id

Internet Source

1%

8

jurnal.untag-sby.ac.id

Internet Source

1%

9

repository.ub.ac.id

Internet Source

<1%

10	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
11	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	<1 %
12	123dok.com Internet Source	<1 %
13	repository.unibos.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
15	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
16	es.scribd.com Internet Source	<1 %
17	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
18	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
19	docplayer.info Internet Source	<1 %
20	repositori.uma.ac.id Internet Source	<1 %
21	ejournal.unidayan.ac.id Internet Source	<1 %

eprints.unisla.ac.id

22	Internet Source	<1 %
23	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.um-surabaya.ac.id Internet Source	<1 %
25	id.scribd.com Internet Source	<1 %
26	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
27	ejurnal.sttdumai.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
29	ojs.unik-kediri.ac.id Internet Source	<1 %
30	Submitted to Addis Ababa Science and Technology University Student Paper	<1 %
31	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
32	repository.maranatha.edu Internet Source	<1 %
33	journal.isas.or.id Internet Source	<1 %
34	journal.um-surabaya.ac.id Internet Source	

<1 %

35

zdocs.tips

Internet Source

<1 %

36

eprints.polsri.ac.id

Internet Source

<1 %

37

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 %

38

repository.unsil.ac.id

Internet Source

<1 %

39

repository.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

40

Submitted to unimal

Student Paper

<1 %

41

Muhammad Ryan Iskandar, Indra
Suharyanto, Nurokhman Nurokhman,
Singgih Cahyono. "ANALISIS PENGGUNAAN
PASIR PANTAI JATIMALANG SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF AGREGAT HALUS TERHADAP
KUAT TEKAN MORTAR", CivETech, 2025

Publication

<1 %

42

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

<1 %

43	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
44	eprints.unmer.ac.id Internet Source	<1 %
45	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
46	Submitted to Deptford Township High School Student Paper	<1 %
47	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
48	Mochamad Solikin, Ayu Ariska. "Pengaruh Penggunaan Silica fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA)", JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi), 2023 Publication	<1 %
49	cdn.thuvienphapluat.vn Internet Source	<1 %
50	docobook.com Internet Source	<1 %
51	eprints.umsb.ac.id Internet Source	<1 %
52	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
53	H. Listiawaty, S.A. Namira, M. Aryasin, M. Muhajir, S.W. Martani. "Studi Pengaruh	<1 %

Penambahan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Pada Beton Mutu K-250",
REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil
Engineering Journal on Research and
Development, 2025

Publication

54

journal.umy.ac.id

Internet Source

<1 %

55

repository.unhas.ac.id

Internet Source

<1 %

56

repository.unika.ac.id

Internet Source

<1 %

57

Anita Saraswati, Wibowo Wibowo, Endah Safitri. "Kajian Maturitas Beton untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan dengan Variasi Kadar Superplasticizer", Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal, 2024

Publication

<1 %

58

Budiman Budiman. "Assessment of Stone Ash as a Fine Aggregate Material to Meet the Value of Normal Concrete Compressive Strength", Materials Science Forum, 2023

Publication

<1 %

59

Submitted to Submitted on 1689051332353

Student Paper

<1 %

60

Submitted to Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Student Paper

<1 %

61	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1 %
62	core.ac.uk Internet Source	<1 %
63	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
64	Submitted to polytechnic-astra Student Paper	<1 %
65	Submitted to Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
66	ejournal.gunadarma.ac.id Internet Source	<1 %
67	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
68	nemuinyimah.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
69	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
70	Submitted to Universitas Islam Lamongan Student Paper	<1 %
71	Submitted to Universiti Malaysia Sabah Student Paper	<1 %
72	conference.itats.ac.id Internet Source	<1 %
73	Submitted to itera Student Paper	<1 %

74	snp2m.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
75	teras.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
76	Agil Dwi Krisna, Sigit Winarto, Ahmad Ridwan. "PENELITIAN UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH AMPAS TEBU DAN ZAT ADDITIF SIKACIM BONDING ADHESIVE", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2019 Publication	<1 %
77	Bobby Aziyasa, Risnandar Nurdianto. "ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PECAHAN LIMBAH GENTENG TANAH LIAT PENGGANTI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON", JITSi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 2023 Publication	<1 %
78	Rahmat Rahmat, Irna Hendriyani, Risma Sa ² diyah. "Analisis Batako Dengan Campuran Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Pasir", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
79	conference.loupiasconference.org Internet Source	<1 %
80	contrataciondelestado.es Internet Source	<1 %
81	repo.undiksha.ac.id Internet Source	

<1 %

82

repository.mercubuana.ac.id

Internet Source

<1 %

83

repository.podomorouniversity.ac.id

Internet Source

<1 %

84

www.rctiplus.com

Internet Source

<1 %

85

Adnan Adnan, Wahyuni Aris. "Investigation of Compressive Strength of Concrete River Sand Together with sea sand as a constituent material for concrete", Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research, 2024

Publication

<1 %

86

Mohammad Ghazi, Anik Budiati, Haitsam Yamil Aziz. "Perilaku Beton Porous Dengan Penambahan Zat Aditif Superplastizer (Sika Viscocrete)", INTER TECH, 2024

Publication

<1 %

87

Olyndia Febrianita, Ahmad Ridwan, Yosef Cahyo Setianto Poernomo. "Penelitian Beton dengan Penambahan Abu Sekam Padi dan Limbah Keramik sebagai Substitusi Semen", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2020

Publication

<1 %

88

box.plotcad.it

Internet Source

<1 %

89	civil.uii.ac.id Internet Source	<1 %
90	edoc.pub Internet Source	<1 %
91	Brian Agustin Fau, Agustinus Agus Setiawan. "Studi Eksperimental Kombinasi Gelas dan Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton", Dinamika Rekayasa, 2019 Publication	<1 %
92	Rahayu, Umi. "Analisis Sedimentasi Pada Kolam Retensi Rolak 70 Di Jombang Menggunakan Alat Korinofaction 3.0", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023 Publication	<1 %
93	adiyana038.wordpress.com Internet Source	<1 %
94	edunesia.org Internet Source	<1 %
95	eprints.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
96	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
97	journal.ukrim.ac.id Internet Source	<1 %
98	jurnal-unsultra.ac.id Internet Source	<1 %

<1 %

99 pnu.edu.ru
Internet Source

<1 %

100 rama.unimal.ac.id
Internet Source

<1 %

101 repository.upbatam.ac.id
Internet Source

<1 %

102 Amir Lutfi Awwalu S, M. Agus Salim Al Fathoni, Besty Afriandini. "ANALISA PENGARUH KADAR LUMPUR PADA PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON (PASIR SEMAYA DAN PASIR SIKASUR)", CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2022
Publication

<1 %

103 Kartisyah Wulandari, Dwi Kartikasari. "STUDI PENCAMPURAN SERAT ECENG GONDOK PADA CAMPURAN BETON DENGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR DARI KECAMATAN MANTUP", UKaRsT, 2019
Publication

<1 %

104 Romadhon, Eri Setia. "Model Perilaku Mekanik Beton Geopolimer Rendah Aktivator Alkali.", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024
Publication

<1 %

105 adoc.pub
Internet Source

<1 %

106	ejournal.uniramalang.ac.id Internet Source	<1 %
107	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
108	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
109	idm.or.id Internet Source	<1 %
110	journal.ubb.ac.id Internet Source	<1 %
111	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
112	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
113	publishing-widyagama.ac.id Internet Source	<1 %
114	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
115	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
116	teknik.wiraraja.ac.id Internet Source	<1 %
117	www.prame.be Internet Source	<1 %
118	Alan Rugman. "New Theories of the Multinational Enterprise (RLE International	<1 %

-
- 119 Nanda Puspita Rini, Toni Budi Santoso, Zainuddin. "Studi Penggunaan Limbah Kardus Sebagai Substitusi Agregat Halus Dengan Menggunakan Zat Additive Superplasticizer Pada Material Lightweight Concrete", Jurnal Teknik Sipil, 2024

Publication

-
- 120 journal.uta45jakarta.ac.id

Internet Source

-
- 121 jurnal.poliupg.ac.id

Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On