

turnitin-skripsi-
naufal_1770294670247.docx
By Turnitin Acc

WORD COUNT

9865

TIME SUBMITTED

05-FEB-2026 07:31AM

PAPER ID

120192717

PROPOSAL SKRIPSI TANPA BAB IV

**SUBSTITUSI LIMBAH ABU PAKAIAN KATUN BEKAS
SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS UNTUK
MENDAPATKAN MUTU BETON YANG BAIK**



Disusun Oleh :

Muhamad Naufal Ridwansyah

NIM: 212220100025

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

**SUBSTITUSI LIMBAH ABU PAKAIAN KATUN BEKAS
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS UNTUK
MENDAPATKAN MUTU BETON YANG BAIK**

Disusun Oleh :

Muhamad Naufal Ridwansyah
212220100025

Sidoarjo, 27 Januari 2026

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik
Sipil

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Atik Wahyuni, ST., MT.
NIDN. 1003107801

Budwi Harsono, ST., MT
NIDN.0729077903

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “SUBSTITUSI LIMBAH ABU PAKAIAN KATUN BEKAS SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS DALAM PEMBUATAN BETON” ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana serta sebagai kontribusi ilmiah dalam bidang teknologi bahan konstruksi yang berorientasi pada keberlanjutan dan pengelolaan lingkungan.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih untuk meluangkan waktu dalam memberikan saran, masukan dan bimbingan sampai proposal tugas akhir ini selesai. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Iswanto, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Dr. Atik Wahyuni, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Budwi Harsono, ST., MT. selaku Pembimbing Utama.
4. Kedua Orangtua dan Istri tercinta Ihza Fauzia yang selalu menemani, membantu dan memberi motivasi.
5. Teman – teman Teknik Sipil angkatan 2021 yang juga memberikan dukungan dan semangat kepada kami.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kurangnya di dalam skripsi ini dikarenakan keterbatasan waktu, kondisi penelitian, serta keterbatasan pengetahuan menjadi faktor yang mungkin memengaruhi hasil penelitian. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan karya ilmiah ini di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan nilai manfaat, baik secara akademis maupun praktis, serta dapat menjadi bagian kecil dari upaya mendorong inovasi material konstruksi yang berkelanjutan.

Sidoarjo, 21 Januari 2026

Muhamad Naufal Ridwansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	14
LEMBAR PENGESAHAN.....	II
KATA PENGANTAR.....	III
DAFTAR ISI	IV
DAFTAR TABEL	V
DAFTAR GAMBAR	VI
ABSTRAK.....	1
BAB I	2
PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II	5
STUDI PUSTAKA.....	5
2.1. Definisi Beton	5
2.2. ²⁰ Tinjauan Pustaka	6
2.2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.3. Pembuatan Beton	9
2.3.1 Bahan Penyusun Struktur Beton	9
2.4. Landasan Teori.....	17
2.4.1 Pengujian Material Agregat Kasar.....	17
2.4.2 ⁹ Rencana Campuran Adukan Beton.....	19
2.4.3 Berat dan Jenis.Beton	25
2.4.4 Kuat Tekan Beton	25
2.4.5 Kuat Tarik Belah.....	³⁰ 27
BAB III	28
METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Umum.....	28
3.2. Tahapan Penelitian	28

9	3.3. Bagan alur penelitian.....	29
	3.4. Bahan Pembuatan Adukan Beton.....	30
	3.5. Alat yang digunakan.....	31
	3.6. Pengujian kelayakan abu pakaian sebagai agregat.....	34
	3.7. Rencana Campuran Beton.....	37
	3.8. Pembuatan Benda Uji	43
6	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Deviasi Standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan.....	19
11	Tabel 2. 2 Nilai Deviasi Standar untuk tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan.....	20
	Tabel 2. 3 Faktor Pengali Deviasi Standar	21
	Tabel 2. 4 Persyaratan fas Maksimum Beton.....	22
2	Tabel 2. 5 Perkiraan Kuat Tekan Beton	22
	Tabel 2. 6 Penetapan nilai slump.....	23
	Tabel 2. 7 Perkiraan kebutuhan air per-m ³ beton	23
	Tabel 2. 8 Batas Gradasi Pasir.....	24
	Tabel 2. 9 Berat jenis beton untuk berbagai jenis agregat. (ASTM C 330)	25
	 Tabel 3. 1 Proporsi Campuran Beton Silinder.....	 42
	Tabel 3. 2 Tabel Mix Desain	42
4	Tabel 3. 3 Jumlah Kebutuhan Benda Uji.....	43
	Tabel 3. 4 Hasil Nilai Slump	6
	Tabel 3. 5 Time Schedule Penelitian.....	47
	 Tabel 4. 1 Nilai Berat Isi Beton Kondisi Lepas	 58
	Tabel 4. 2 Nilai Berat Isi Beton Kondisi Padat.....	59
13	Tabel 4. 3 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 100%	62
	Tabel 4. 4 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 75%	64
13	Tabel 4. 5 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 50%	66
	Tabel 4. 6 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 25%	67
23	Tabel 4. 7 Pengujian Kuat Tarik Beton Usia 28 Hari.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton.....	26
Gambar 2.2 Skema Pengujian Kuat Tarik Beton	27
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	29
Gambar 3.2 Semen Gresik.....	30
Gambar 3.3 Limbah Abu Pakaian	30
Gambar 3.4 Timbangan	31
Gambar 3.5 Shieve Shaker dan Ayakan.....	31
Gambar 3.6 Oven	32
Gambar 3.7 Blender.....	32
Gambar 3.8 Cetakan Silinder.....	33
Gambar 3.9 Mesin Tes Tekan	33
Gambar 3.10 Analisa Saringan.....	34
Gambar 3.11 Pengujian Kadar Lumpur.....	35
Gambar 3.12 Pemeriksaan Berat Volume	36
Gambar 3.13 Nilai FAS Beton Silinder.....	37
Gambar 3.14 Grafik Agregat Halus Untuk Ukuran Butir Max. 20 mm	39
Gambar 3.15 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton	40
Gambar 3.16 Bahan Setelah Ditimbang	44
Gambar 3.17 Pengadukan Benda Uji	44
Gambar 3.18 Slump Test.....	45
Gambar 3.19 Beton Segar	45
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Sampel 1	54
Gambar 4. 2 Grafik Analisa Sampel 2.....	55
Gambar 4. 3 Grafik Rata Rata Analisa Saringan	55
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 100%	63
Gambar 4. 5 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 75%.....	65
Gambar 4. 6 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 50%	67
Gambar 4. 7 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 25%.....	69
Gambar 4. 8 Perbandingan Kuat Tekan Beton Presentase Agregat	70
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Usia 28 Hari.....	72

**SUBSTITUSI ABU PAKAIAN KATUN BEKAS SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS
UNTUK MENDAPATKAN MUTU BETON YANG BAIK**

Nama Mahasiswa : Muhamad Naufal Ridwansyah
NIM : 212220100025
Dosen Pembimbing : Budwi Harsono, ST., MT.

ABSTRAK

Pertumbuhan konsumsi tekstil dan tingginya jumlah pakaian bekas di berbagai daerah menimbulkan peningkatan volume limbah padat yang sulit ditangani. Salah satu metode pengelolaan limbah tersebut adalah pembakaran, yang menghasilkan abu dengan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai campuran alternatif pada konstruksi bangunan. Penelitian ini punya tujuan untuk menganalisis seberapa pengaruh pemanfaatan abu pakaian bekas berbahan dasar katun untuk pengganti agregat pasir untuk pembuatan beton. Metode penelitian meliputi pengujian karakteristik fisik agregat halus dan abu pakaian bekas, pembuatan benda uji beton dengan substitusi abu sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%, serta pengujian kuat tekan beton pada usia beton 7, 14, 21 dan 28 hari. Data hasil uji dianalisis secara empiris untuk dibandingkan dengan standar mutu beton yang berlaku.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu pakaian bekas memiliki karakteristik butiran halus dan kandungan mineral tertentu yang berpotensi memengaruhi proses hidrasi semen. Penggunaan abu pakaian bekas sebagai substitusi agregat halus pada kadar tertentu memberikan perubahan terhadap workability dan berat jenis beton segar. Pada kuat tekan, terjadi penurunan pada substitusi tinggi, tetapi pada kadar rendah masih menunjukkan nilai yang dapat diterima untuk penggunaan beton non-struktural. Secara keseluruhan, abu pakaian bekas memiliki peluang untuk dimanfaatkan dalam campuran beton dengan batas substitusi tertentu, khususnya untuk tujuan ramah lingkungan dan pengurangan limbah tekstil.

Kata kunci: abu pakaian bekas, agregat halus, beton, kuat tekan, limbah tekstil.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur karena mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi, kemudahan dalam pelaksanaan, serta daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Beton tersusun dari semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan lain. Agregat halus, biasanya yaitu pasir alam, memiliki peranan penting untuk menentukan sifat mekanis dan fisik beton, terutama dalam hal kelecakan (workability), kepadatan, dan kuat tekan beton.

Seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan, penggunaan pasir alam sebagai agregat halus mengalami peningkatan yang signifikan. Eksploitasi pasir secara berlebihan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti kerusakan ekosistem sungai, erosi, serta penurunan kualitas lingkungan. Selain itu, ketersediaan pasir alam yang semakin terbatas di beberapa wilayah menyebabkan meningkatnya biaya material konstruksi. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan material alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan sebagai pengganti agregat halus (pasir) dalam campuran beton.

Di lain sisi, limbah tekstil khususnya pakaian katun bekas menjadi permasalahan lingkungan yang terus meningkat. Katun merupakan serat alami berbasis selulosa yang banyak digunakan dalam industri tekstil karena sifatnya yang nyaman dan mudah menyerap keringat. Pakaian katun bekas umumnya dibuang atau dibakar, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan baru. Proses pembakaran pakaian katun menghasilkan abu yang sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan cenderung menjadi limbah residu.

Abu hasil pembakaran pakaian katun bekas memiliki karakteristik fisik berupa partikel halus dan mengandung unsur mineral seperti silika (SiO_2) serta senyawa anorganik lainnya. Karakteristik tersebut menunjukkan potensi abu pakaian katun bekas untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat halus dalam beton. Ukuran partikel abu yang sangat halus dapat berfungsi sebagai material pengisi (filler) yang mampu mengisi rongga antar agregat, sehingga berpotensi meningkatkan kepadatan beton. Namun demikian, penggunaan material limbah dalam beton juga dapat mempengaruhi sifat mekanis beton, terutama kuat tekan,

tergantung pada kadar substitusi yang digunakan.

Beberapa penelitian terkait pemanfaatan limbah berbasis abu dalam campuran beton menunjukkan bahwa penggunaan abu sebagai material substitusi agregat halus atau bahan tambahan dapat memberikan pengaruh yang beragam terhadap sifat beton. Oleh karena itu, diperlukan kajian eksperimental yang lebih spesifik untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu pakaian katun bekas sebagai pengganti agregat halus pasir terhadap karakteristik beton, khususnya kuat tekan beton.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini berawal dari tingginya ketergantungan industri konstruksi terhadap agregat halus alami berupa pasir, sementara ketersediaannya semakin terbatas dan pemanfaatannya menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan. Eksploitasi pasir secara berkelanjutan berpotensi menyebabkan kerusakan ekosistem, khususnya di daerah aliran sungai, serta meningkatkan biaya material konstruksi. Kondisi ini menuntut adanya alternatif material pengganti agregat halus yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Di sisi lain, limbah pakaian katun bekas terus meningkat seiring dengan pertumbuhan konsumsi produk tekstil. Pakaian katun yang sudah tidak terpakai umumnya dibuang atau dimusnahkan melalui proses pembakaran. Proses ini menghasilkan abu pembakaran yang sampai saat ini belum memanfaatkan secara maksimal dan justru berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Abu pakaian katun bekas masih dipandang sebagai limbah tanpa nilai guna, meskipun secara karakteristik fisik memiliki ukuran partikel yang sangat halus.

Ketidakjelasan mengenai karakteristik abu pakaian katun bekas, terutama ketika diaplikasikan sebagai material pengganti agregat halus dalam beton, menjadi permasalahan tersendiri. Penggunaan material limbah dalam campuran beton berpotensi mempengaruhi sifat fisik dan mekanis beton, seperti kelecakan, kepadatan, dan kuat tekan. Namun, sampai saat ini belum terdapat data yang memadai mengenai sejauh mana abu pakaian katun bekas dapat menggantikan agregat halus tanpa menurunkan mutu beton.

Selain itu, belum diketahui kadar penggantian agregat halus yang tepat

menggunakan abu pakaian katun bekas agar beton yang dihasilkan tetap memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan. Perbedaan proporsi material untuk campuran beton dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja beton. Oleh karena itu, diperlukan kajian eksperimental untuk dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pemanfaatan abu pakaian katun bekas sebagai pengganti agregat halus serta pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik abu pakaian katun bekas apabila ⁶⁹ digunakan sebagai pengganti agregat halus pasir dalam beton, bagaimana pengaruh variasi agregat abu pakaian katun bekas terhadap kuat tekan beton, serta berapa kadar substitusi abu pakaian katun bekas yang optimal agar beton tetap memenuhi persyaratan mutu.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium dengan menggunakan material penyusun beton yang memenuhi standar yang berlaku, yaitu semen Portland, agregat kasar, agregat halus, dan air. Variasi kadar abu pakaian katun bekas ditentukan berdasarkan persentase tertentu terhadap berat agregat halus. Perencanaan campuran beton dilakukan dengan metode perancangan campuran yang umum digunakan, sedangkan proses pencampuran, pencetakan benda uji, dan perawatan beton dilakukan dalam kondisi yang terkendali.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk dapat mengetahui karakteristik abu pakaian katun bekas sebagai material pengganti agregat halus pasir dalam campuran beton, menganalisis pengaruh variasi agregat abu pakaian katun bekas terhadap kuat tekan beton, serta menentukan kadar substitusi abu pakaian katun bekas yang optimal agar beton yang dihasilkan tetap memenuhi persyaratan mutu.

4 BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Definisi Beton

Beton ialah material dasar bangunan yang dipakai pada hampir seluruh pekerjaan konstruksi, dengan komposisinya yaitu dari semen, agregat dan air merupakan formula beton normal yang biasa digunakan dalam konstruksi, adapun jika ditambah dengan bahan tambah seperti bahan kimia, bahan pozolan, dan bahan serat akan menghasilkan beton khusus dengan karakteristik tertentu yang melebihi beton normal [1]. Intinya, beton adalah material yang kuat dan tahan lama yang diperoleh dari campuran bahan-bahan alami dan buatan.

Beton merupakan material yang memiliki kemampuan rendah dalam menahan gaya tarik, namun memiliki daya tahan yang tinggi terhadap tekanan. Daya dukung beton terhadap beban tekan per satuan luas dikenal sebagai kekuatan tekan beton. Penentuan tingkat kekuatan suatu struktur dilakukan dengan mengacu pada nilai kuat tekan beton. Semakin besar tingkat kekuatan struktur yang diharapkan, maka kualitas beton yang dapat dihasilkan semakin tinggi pula [2].

Kekuatan tekan beton didapat melalui uji standar dengan memakai spesimen berbentuk silinder yang umum digunakan. Spesimen uji yang digunakan memiliki dimensi berupa tinggi 21 cm serta berdiameter 10,5 cm. Cara ujinya yang sering diterapkan merujuk pada standard ASTM C39 atau pada SNI 1974-2011 [3], yang merupakan standar pengujian untuk dapat menentukan kekuatan tekan dari spesimen beton berbentuk silinder. Nilai kuat tekan setiap spesimen uji ditetapkan berdasarkan nilai kuat tekan maksimum (f'_c) yang dapat dicapai oleh spesimen beton pada usia 28 hari akibat pembebanan selama pengujian [4].

Mutu beton yang baik tergantung pada tujuan penggunaannya, berikut beberapa mutu beton berdasarkan kuat tekan karakteristik (f'_c) dalam MPa:

- Beton Non-Struktur (Ringan) 10-15 MPa, digunakan untuk pekerjaan non-struktural seperti lantai kerja dan pasangan bata ringan.
- Beton Struktural untuk bangunan umum, 20-25 MPa (K-250/K-300) yang cocok untuk rumah tinggal, ruko, dan bangunan kecil. Selanjutnya 30 MPa (K-350) untuk bangunan bertingkat.

- Beton bertulang untuk struktur kuat, 35-40 MPa (K-400) digunakan untuk jembatan, jalan beton, dan gedung bertingkat tinggi. Kemudian mutu beton dengan 50 MPa ke atas digunakan untuk proyek infrastruktur besar seperti bendungan dan bangunan pencakar langit.

Jadi, mutu beton yang baik tergantung pada kebutuhan proyek. Untuk bangunan rumah biasa, 20-25 MPa sudah cukup. Untuk proyek yang lebih besar dan bertingkat, 30 MPa ke atas lebih disarankan.

2.2. Tinjauan Pustaka

2.2.1 Penelitian Terdahulu

A. Viedra (2019) meneliti pemanfaatan kombinasi limbah abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus pada paving block. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik paving block dengan cara memanfaatkan kombinasi bahanyabu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus, serta untuk mengetahui kadar kombinasi abu batu dan abu dasar yang optimal untuk dapat menghasilkan paving block dengan nilai kuat tekan yang maksimal. Penelitian ini menggunakan 5 variasi campuran pada paving block yaitu 0% abu batu 0% abu dasar, 10% abu batu 10% abu dasar, 20% abu batu 20% abu dasar, 30% abu batu 30% abu dasar dan 40% abu batu 40% abu dasar sebagai pengganti sebagianpasir. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 210 mm x 105 mm x 60 mm yang dicetak dengan menggunakan mesin press hidrolik. Pengujian ukuran dan tampak luar, berat jenis, penyerapan air, kadar air, berat isi dan uji jatuh dilakukan pada hari ke 28 setelah pembuatan benda uji. Sedangkan pengujian kuat tekan paving block dilakukan pada hari ke7,14, 21 dan 28 setelah pembuatan benda uji. Hasil pengujian ukuran, tampak luar, penyerapan air dan kuat tekan memenuhi standard. Berdasarkan penyerapan airnya, paving block tergolong mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) dan mutu C (digunakan untuk pejalan kaki), namun menurut

kuat tekannya, paving block tergolong mutu A (digunakan untuk jalan) dan mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) berdasarkan SNI 03-0691-1996. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi optimum campuran abu batu dan abu dasar dicapai pada komposisi 40% abu batu dan 40% abu dasar, yang menghasilkan kuat tekan 46,426 MPa. [5].

- B. Syarah (2022) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan abu batu untuk menjadi substitusi agregat halus dalam pembuatan paving block. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan paving block melalui penggunaan abu batu yang merupakan limbah dari industri pemecah batu. Penelitian dilakukan pada paving block dengan mutu rencana K225 kg/cm², di mana abu batu digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus berupa pasir. Variasi substitusi diterapkan terdiri atas lima kadar, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Benda uji paving block berukuran 20 cm × 10 cm × 6 cm dengan jumlah total sampel sebanyak 75 buah. Pengujian material dan paving block dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton Universitas Bung Hatta, sedangkan proses pembuatan benda uji dilaksanakan di industri paving block Sinar Diamond Padang. Analisis statistik digunakan untuk mengevaluasi kuat tekan karakteristik paving block. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi abu batu sebesar 20% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 22,4 MPa atau setara dengan mutu K228 kg/cm². [6].
- C. Prayogo (2017) melakukan penelitian mengenai analisis kuat tekan paving block dengan penambahan abu batu sebagai bahan tambah. Penelitian ini menggunakan tiga variasi komposisi campuran serta satu campuran kontrol. Tahapan penelitian mencakup perencanaan model dan proporsi benda uji berdasarkan perbandingan campuran, yaitu 1Pc:8Ps dengan penambahan abu batu sebesar 10%, 20%, dan 30%, serta 1Pc:8Ps tanpa penambahan abu batu sebagai campuran kontrol. Analisis data dilakukan dengan mengacu pada standar SNI 03-0691-1996.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai penyerapan air berturut-turut sebesar 29,9%, 28,4%, dan 18,8%, di mana komposisi dengan penyerapan air yang memenuhi persyaratan mutu termasuk dalam kategori mutu D. Sementara itu, nilai kuat tekan rata-rata untuk masing-masing variasi campuran secara berurutan adalah 19,20 kg/cm², 15,56 kg/cm², dan 32,75 kg/cm², yang masing-masing memenuhi kriteria mutu B, dan A. Berdasarkan ketentuan SNI 03-0691-1996, komposisi 1Pc:8Ps dengan penambahan 30% abu batu merupakan campuran terbaik karena memenuhi persyaratan kuat tekan mutu A meskipun nilai penyerapan air berada pada mutu D. didalam syarat mutu B, C dan A. Komposisi 1Pc:8Ps:30%AB adalah komposisi paling baik menurut syarat mutu SNI 03-0691-1996 dengan penyerapan air mutu D, kuat tekannya masuk mutu A [7].

D. Selanjutnya, Nugroho (2020) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan abu batu dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat tekan dan menurunkan penyerapan air melalui penggunaan abu batu sebesar 30% dari berat agregat halus (pasir). Komposisi paving block terdiri atas semen, agregat halus, serta penambahan abu batu sebagai bahan campuran. Jumlah benda uji untuk pengujian kuat tekan sebanyak 32 sampel, yang terdiri atas 16 sampel tanpa penambahan abu batu dengan variasi beban 500 kg dan 600 kg serta jumlah tumbukan masing-masing 5 dan 10 kali, dan 16 sampel lainnya dengan variasi yang sama namun menggunakan abu batu sebesar 30% dari berat pasir. Selain itu, pengujian penyerapan air juga dilakukan terhadap 32 benda uji dengan variasi perlakuan yang sama. Seluruh benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 6 cm × 6 cm × 6 cm dan pengujian dilakukan setelah paving block berumur 28 hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa paving block tanpa penambahan abu batu pada variasi beban 500 kg dengan 5 kali

1 tumbukan memiliki kuat tekan sebesar 8,54 MPa dan penyerapan air sebesar 14,78%. Pada variasi 500 kg dengan 10 tumbukan diperoleh kuat tekan sebesar 9,31 MPa dan penyerapan air sebesar 11,05%. Selanjutnya, pada variasi beban 600 kg dengan 5 tumbukan nilai kuat tekan mencapai 9,03 MPa dengan penyerapan air mencapai 12,00%, sedangkan pada variasi 600 kg dengan 10 tumbukan diperoleh kuat tekan sebesar 10,14 MPa dan penyerapan air sebesar 10,11%.

Sementara itu, paving block dengan penambahan abu batu 30% menunjukkan peningkatan hasil. Pada variasi 500 kg dengan 5 kali tumbukan diperoleh kuat tekan sebesar 9,24 MPa dengan penyerapan air sebesar 15,04%. Untuk variasi 500 kg dengan 10 tumbukan, nilai kuat tekan mencapai 10,28 MPa dengan penyerapan air sebesar 12,41%. Pada variasi 600 kg dengan 5 kali tumbukan diperoleh kuat tekan sebesar 9,72 MPa dan penyerapan air sebesar 13,10%, sedangkan variasi 600 kg dengan 10 tumbukan menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 11,04 MPa dengan penyerapan air sebesar 11,03%. [8].

2.3. Pembuatan Beton

2.3.1 Bahan Penyusun Struktur Beton

A. Semen Portland

Semen Portland ialah tipe semen yang paling umum dipakai di dunia konstruksi. Namanya terinspirasi dari kesamaannya dengan batu bangunan dari Pulau Portland di Inggris.

Ciri-ciri Semen Portland:

- Warna: Abu-abu
- Sifat: Mengeras saat dicampur air
- Kegunaan: Bahan baku dasar beton, mortar, plester, serta adukan lainnya.

Berdasarkan fungsinya, Semen Portland dikategorikan ke dalam 5 jenis [3], yakni :

1. Tipe I: Jenis ini dirancang untuk keperluan umum tanpa tuntutan karakteristik teknis khusus. Jenis ini paling banyak dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas karena fleksibilitasnya dalam berbagai aplikasi konstruksi.
2. Tipe II : Jenis ini mempunyai ketahanan terhadap sulfat serta menghasilkan panas hidrasi pada tingkat sedang. Oleh karenanya, penggunaannya direkomendasikan untuk konstruksi yang memerlukan kolom-kolom dengan proses hidrasi rendah, seperti dermaga, bendungan, serta landasan berat. Tipe semen ini cocok untuk cuaca yang sangat panas dan struktur drainase.
3. Tipe III : Karakteristik utama dari semen Portland tipe ini ialah kemampuannya dalam mencapai kekuatan awal yang tinggi dalam waktu singkat. Oleh karenanya, jenis ini sangat efektif untuk proyek yang memerlukan pengerasan beton

dalam waktu cepat, seperti perbaikan bangunan yang harus segera digunakan atau pelepasan bekisting lebih awal. Semen tipe ini juga ideal untuk digunakan pada daerah bersuhu rendah, misalnya di wilayah yang mengalami musim dingin. Beberapa aplikasi utamanya meliputi pembangunan jalan beton, landasan bandara, gedung bertingkat tinggi, serta struktur air yang tidak membutuhkan ketahanan khusus terhadap sulfat.

Tipe IV : Penggunaan semen tipe ini, membutuhkan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini sangat sesuai untuk konstruksi beton berskala besar, seperti bendungan gravitasi, di mana peningkatan suhu selama proses pengerasan (*curing*) perlu dikontrol secara ketat. Dibandingkan dengan semen Portland tipe I, tipe ini membutuhkan waktu pengerasan yang lebih lambat karena minimnya produksi panas selama proses hidrasi.

4. Tipe V : Tipe ini memiliki tingkat ketahanan yang sangat tinggi terhadap sulfat. Sangat cocok untuk digunakan dalam pembuatan beton di tempat di mana tanah dan air memiliki kadar garam sulfat tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi konstruksi di lingkungan dengan kadar sulfat tinggi pada tanah dan air. Beberapa contoh penggunaannya meliputi pelabuhan, instalasi pengolahan limbah industri, jembatan, struktur bangunan bawah air, pembangkit listrik tenaga nuklir, terowongan, serta berbagai proyek konstruksi lainnya yang berisiko terpapar sulfat dalam jumlah besar.

B. Agregat Halus

Agregat halus ialah butiran mineral berukuran kecil yang biasanya berasal dari batuan yang telah hancur secara alami atau buatan. Jika ukurannya kurang dari 5 mm, atau lebih tepatnya 4,75 mm, lolos melalui saringan nomor 4. Agregat halus ini sering kita lihat, terutama dalam campuran beton.

Fungsi Agregat Halus:

- Pengisi: Mengisi celah ruang kosong antara agregat kasar (batu kerikil) dan semen, sehingga menghasilkan struktur beton yang lebih padat dan kuat.
- Meningkatkan daya ikat: Membantu meningkatkan daya ikat antara semen dan agregat kasar.
- Menurunkan biaya: Karena umumnya lebih murah dibandingkan agregat kasar.

Berdasarkan ketentuan yang ada pada “SK SNI S-04-1989-F”, agregat halus wajib memenuhi sejumlah persyaratan mutu, yakni:

1. Memiliki tekstur butiran yang agak tajam, kuat dan keras.
2. Tidak dapat hancur atau pecah akibat pengaruh cuaca.
3. Uji sifat kekal dengan larutan jenuh garam sulfat menunjukkan tingkat penghancuran maksimum 12% untuk natrium sulfat dan 10% untuk magnesium sulfat.
4. Agar pasir tidak dicuci lebih dari 5%, maka agregat halus harus memenuhi persyaratan kandungan lumpur, yakni tidak melebihi 5% dari total berat yang ditentukan berdasarkan bagian material yang lolos dari ayakan berukuran 0,060 mm.
5. Karena akan mempengaruhi kualitas beton, zat organik tidak boleh digunakan. Selain itu, cairan yang berada di atas endapan harus memiliki tingkat kejernihan yang tidak melebihi kegelapan larutan pembanding setelah direndam dalam larutan 3% NaOH.

6. Harus memiliki rongga yang kecil karena variasi butir yang baik (gradasi). Modulus kehalusan agregat harus berada dalam rentang 1,5 hingga 3,8. Ketika dilakukan pengayakan dengan susunan ayakan standar, distribusi butiran harus sesuai dengan salah satu dari empat zona distribusi butiran (zona 1, 2, 3, atau 4) serta memenuhi ketentuan berikut: sisa material yang tertahan di atas ayakan berukuran 4,8 mm tidak boleh lebih dari 2% dari berat total, Sisa material yang tertahan di atas ayakan berukuran 1,2 mm tidak boleh melebihi 10% dari berat total, dan Sisa material yang tertahan di atas ayakan berukuran 0,30 mm tidak boleh lebih dari 15% dari berat total.
7. Tidak boleh mengandung garam.

C. Batu Pecah

Di samping pasta semen, beton dibuat dari batu pecah. Kualitas agregat akan memengaruhi kualitas beton karena kadar agregat dalam campuran sekitar 70 hingga 75 persen dari volume total beton. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982), agregat kasar yang dipakai pada pembuatan campuran beton, khususnya dalam bentuk batu pecah, wajib memenuhi sejumlah kriteria berikut :

a. Syarat fisik:

- Ukuran agregat dari jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan maksimumnya tidak boleh melebihi $1/5$, $1/3$ dari ketebalan pelat beton, atau $3/4$ dari jarak minimum antara tulangan.
- Pengujian kekerasan terhadap bejana Rudelhof mensyaratkan bahwa material yang diuji tidak boleh mengandung fragmen yang lolos dari ayakan berukuran 2 mm dengan persentase massa melebihi 16 %.
- Hasil pengujian memakai mesin Los Angeles menunjukkan bahwa persentase berat agregat yang hancur tidak boleh melampaui 27%.
- Memiliki kadar lumpur maksimal 1%
- Untuk beton dengan mutu tinggi, proporsi butiran agregat berbentuk pipih dan memanjang maksimum 20 % dari berat.

b. Syarat kimia:

- Kekakalan bagian yang hancur Na_2SO_4 hingga 12% serta MgSO_4 hingga 18%.
- Reaktivitas terhadap zat alkali harus menunjukkan hasil negatif, sehingga tidak menimbulkan bahaya.

D. Air

Air adalah komponen yang memiliki harga paling ekonomis sekaligus berperan krusial dalam proses produksi beton. Keberadaan air dibutuhkan agar dapat bereaksi kimia dengan semen serta berfungsi sebagai media pelumas yang memfasilitasi pergerakan dan pemadatan butiran agregat sehingga memudahkan proses pengerjaan campuran beton. Adapun total air yang diperlukan guna memungkinkan terjadinya reaksi hidrasi dengan semen umumnya berkisar pada 25% dari total berat semen yang dipakai. Kendati demikian, faktor perbandingan air terhadap semen yang diaplikasikan umumnya berada di bawah angka 0,35.

Air yang digunakan melebihi kebutuhan reaksi kimia dimaksudkan guna meningkatkan kemudahan dalam pengerjaan campuran beton, tetapi penambahan air dalam jumlah yang berlebihan perlu dihindari. Hal ini dikarenakan kelebihan air dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton serta meningkatkan tingkat porositas atau kerapuhan material tersebut.

Di samping itu, apabila volume air yang digunakan berlebih, maka sebagian besar air akan bercampur dengan adukan beton yang masih segar dan menempel pada permukaannya. Akibatnya, akan terbentuk busa serta juga lapisan tipis yang disebut "*laitance*" atau "selaput tipis" yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antar lapisan beton, sehingga menghasilkan bidang sambungan yang lemah. Selain itu, jika cetakan mengalami kebocoran, air beserta semen yang terdapat dalam campuran beton dapat keluar, sehingga berpotensi menimbulkan rongga-rongga kecil dalam struktur beton yang terbentuk.

Menurut ² (Departemen Pekerjaan Umum, 1982), kriteria air yang layak digunakan harus memenuhi persyaratan berikut :

- Air yang digunakan wajib dalam kondisi bersih serta terbebas dari kandungan minyak, lumpur yang melebihi 2 gram per liter, maupun partikel terapung lainnya.
- Kandungan zat tersuspensi dalam air tidak boleh melebihi batas maksimum 2 gram/liter.
- Konsentrasi garam yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton tidak diperkenankan melebihi ambang batas 15 gram/liter.
- Kandungan sulfat pada air tidak boleh melampaui 1 gram/liter, sedangkan kadar klorida tidak diperkenankan lebih dari 0,5 gram/liter.

E. Limbah Abu Pakaian Katun

Limbah abu pakaian katun merupakan material residu anorganik yang dihasilkan dari proses pembakaran pakaian bekas berbahan katun murni (100% serat selulosa). Pada proses pembakaran, komponen organik katun terurai secara termal dan teroksidasi, sedangkan unsur mineral yang terkandung di dalam serat tertinggal dalam bentuk abu. Material ini dikategorikan sebagai limbah padat non-B3 apabila tidak terkontaminasi zat kimia berbahaya.

Dampak Limbah Abu Pakaian Katun:

- Pencemaran lingkungan: Limbah abu pakaian katun yang tidak dikelola dengan baik berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Abu berukuran sangat halus mudah terbawa angin sehingga menyebabkan pencemaran udara partikulat di sekitar lokasi pembakaran atau pembuangan. Partikel halus ini dapat mengendap di tanah dan badan air, mengubah karakteristik fisik lingkungan serta berpotensi menurunkan kualitas tanah.
- Dampak terhadap kesehatan: Paparan debu abu pakaian katun dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, terutama jika terhirup dalam jumlah besar. Partikel halus

berpotensi menyebabkan iritasi saluran pernapasan, gangguan mata, dan ketidaknyamanan kulit. Risiko ini meningkat pada pekerja yang terlibat langsung dalam proses pembakaran dan pengolahan abu tanpa alat pelindung diri yang memadai.

- Upaya Pengelolaan Limbah Abu Pakaian:
 - Agregat beton: Limbah abu pakaian bisa dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus (pasir) dalam pembuatan beton non struktural.
 - Bahan baku pembuatan bata: Limbah abu pakaian dapat dicampur dengan tanah liat untuk membuat bata.

Limbah abu pakaian katun memiliki spektrum pemanfaatan yang luas, terutama pada bidang konstruksi non-struktural dan pengembangan material berkelanjutan. Dengan pengolahan dan pengujian yang tepat, limbah ini dapat diolah menjadi produk bernilai guna sekaligus mendukung pengurangan limbah dan konservasi sumber daya alam.

2.4. Landasan Teori

2.4.1 Pengujian Material Agregat Halus

Pengujian material agregat halus dilakukan guna untuk mengetahui apakah material yang digunakan memenuhi syarat dan layak untuk dijadikan sebagai campuran atau pengganti agregat halus pada adukan beton.

Adapun pengujian bahan atau material yang akan dilakukan yakni sebagai berikut :

1. Analisa Saringan, Pemeriksaan ini ditujukan untuk membagi gradasi agregat halus dengan menggunakan saringan. American Society for Testing and Materials. "Standards Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate", No. ASTM C 136-04. *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02 [10].

Perhitungan hasil pengujian analisa saringan dihitung dengan persamaan :

$$FM = \frac{\sum \text{persen kumulatif tertahan saringan No.8 sampai 200}}{100}$$

2. Pengujian Kadar Lumpur pengujian ini bertujuan untuk menentukan presentase kadar lumpur dalam agregat halus, dengan kandungan lumpur harus lebih kecil dari 5%, yang merupakan ketentuan dalam penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

Pengujian ini mengacu dengan **Badan Standardisasi Nasional (BSN)**. (2010). *SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus*. Jakarta: BSN [11].

Berikut adalah rumus penghitungan kadar lumpur :

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur} &= \frac{\text{Volume lumpur}}{\text{Jumlah Sampel}} \\ \text{Volume Pasir} &= \frac{\text{Volume Pasir}}{\text{Jumlah Sampel}} \end{aligned}$$

3. Pengujian berat volume agregat, pengujian ini menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volume. Berdasarkan ASTM C-29 [12], berat volume agregat yang baik untuk material beton mempunyai nilai yang lebih besar dari 1445 kg/m³.

$$\text{Berat Vol. Agregat} = \frac{W_3}{V}$$

Dimana : W_3 = Berat benda uji (Kg)

V = Volume benda uji (liter)

2.4.2 Rencana Campuran Adukan Beton

Tujuan dari perencanaan campuran adukan beton adalah guna menentukan proporsi yang tepat antara semen, pasir, air, dan agregat kasar dengan menerapkan Metode SNI-03-2834-2000 [9]. Selain itu, perencanaan ini juga mempertimbangkan penggunaan bahan pengganti agregat sesuai dengan porsi yang ditentukan. Adapun tahapan yang harus dilakukan adalah:

1. Menentukan kuat tekan beton (f'_c) yang diprasyaratkan pada usia tertentu, dengan ketetapan yang disesuaikan berdasarkan kondisi di lokasi serta persyaratan dalam perencanaan struktur.
2. Menentukan besaran deviasi standar (SD) yang berfungsi sebagai parameter mutu pengendalian terhadap proses pencampuran beton. Nilai ini ditetapkan menurut hasil praktik serta pengalaman dari pelaksanaan sebelumnya. Namun, jika tidak terdapat catatan atau data uji beton yang dapat dijadikan acuan dari pelaksanaan terdahulu, maka margin nilai deviasi standar ditetapkan secara langsung sebesar 12 MPa. Hal ini mengacu pada SNI 2847:2013 tentang "Persyaratan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung".

Tabel 2. 1 Deviasi Standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,6 < S < 8,5
		5,5	6,5	8,5
Sedang	1000 - 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
		4,5	5,5	7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5
		3,5	4,5	6,5

Tabel 2.2 Nilai Deviasi Standar untuk tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

18 Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	SD (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

Karena uji coba yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa merupakan pengalaman pertama, maka standar deviasi tidak tersedia atau bisa ditentukan dengan nilai yang memiliki tingkat pengendalian rendah, yakni 7 MPa.

3. Penetapan nilai tambah *Margin* (M). Karena dalam pengujian ini belum pernah melakukan pengujian, maka nilai (M) dapat langsung ditetapkan yakni 12 MPa. Apabila nilai tambahan dihitung menurut standar deviasi, maka perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$M = K \times SD$$

Dengan : M = Nilai Tambah (MPa), K =

$$1,64 \text{ SD} = 7 \text{ MPa}$$

Sehingga : $M = 1,64 \times 7$

$$= 11,48 \text{ MPa} = 12 \text{ MPa (Pembulatan)}$$

1
Tabel 2. 3 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Data	5 Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	Tidak Boleh
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1

(Sumber : Tdjokrodimuljo, 1996).

4. Kuat tekan beton rerata yang direncanakan didapat dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Dengany: f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (MPa)

f'_c = Kuat tekan rata-rata (MPa)

M = Nilai Tambah (MPa)

5. Pemilihan jenis semen Portland. Tahap ini menentukan apakah akan digunakan semen biasa atau semen dengan sifat pengerasan cepat.
6. Penetapan jenis agregat. Dalam tahap ini, jenis pasir serta batu pecah ditentukan, baik berupa agregat alami tanpa proses pemecahan maupun agregat hasil pemecahan batu.
7. Penetapan faktor air semen
8. Penetapan faktor air semen maksimum, memiliki peran krusial dalam menjaga daya tahan beton terhadap kerusakan. Penetapan nilai maksimum faktor air-semen digunakan untuk memastikan kualitas beton tetap optimal. Apabila nilai maksimum dari faktor air terhadap semen yang telah ditentukan sebelumnya lebih rendah dibanding nilai yang didapat pada tahap ketujuh, maka nilai maksimum tersebut dijadikan acuan pada perhitungan berikutnya.

Tabel 2. 4 Persyaratan fas Maksimum beton

8 Jenis Pembetonan	Semen	FAS
	min.	Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif	325	0,52
8 Beton di luar ruang bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung	325	0,55
b. Terlindung dari hujan dan matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering yang berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh dari sulfat dan alkali dari tanah		

(Sumber : Tdjokrodinuljo, 1996).

Tabel 2. 5 Perkiraan Kuat Tekan Beton

11 Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Usia (Hari)			
		3	7	28	91
	Alami	17	23	33	40
I, II, V	Batu Pecah	19	27	37	45
	Alami	21	28	38	44
III	Batu Pecah	25	33	44	48

(Sumber : Tdjokrodinuljo, 1996).

9. Penentuan nilai slump, yakni dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, termasuk metode pembuatan, teknik penuangan, proses pemadatan, serta jenis struktur yang akan dibangun.

Tabel 2. 6 Penetapan nilai *slump*

Pemakaian Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi tapak bertulang.	12,5	5
Fondasi tapak tidak bertulang	9	2,5
Caisson dan struktur di bawah tanah	15	7,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	7,5	5
Pembetonan massal	7,5	2,5

(Sumber : Tdjokrodinuljo, 1996).

10. Penetapan jumlah air yang dibutuhkan per- m^3 beton.
Penentuan ini didasarkan pada ukuran maksimum agregat, karakteristik agregat yang digunakan, serta tingkat slump yang diharapkan.

Tabel 2. 7 Perkiraan kebutuhan air per- m^3 beton

4 Besarnya ukuran Max. batu pecah (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	Oct-30	30-60	5 60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

(Sumber : Tdjokrodinuljo, 1996).

11. Penentuan jenis agregat halus didasarkan pada analisis gradasi yang didapat melalui pengujian ayakan. Berdasarkan hasil gradasi tersebut, agregat halus yang dipakai bisa dikategorikan ke dalam empat daerah.

Tabel 2. 8 Batas Gradasi Pasir

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

(Sumber : Tdjokrodinuljo, 1996).

12. Penentuan berat jenis beton
13. Perhitungan kebutuhan total agregat dalam campuran beton dilakukan dengan menentukan selisih antara massa total beton per meter kubik dengan jumlah massa air dan semen yang dibutuhkan.
14. Perhitungan proporsi agregat halus diperoleh melalui pengalihan antara total campuran agregat dengan persentase agregat halus.
15. Proporsi agregat kasar dihitung dengan mengurangi jumlah agregat halus dari total campuran agregat.

2.4.3 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton ditentukan oleh proporsi semen, volume air, serta komposisi agregat yang dipakai pada campuran. Selain itu, tingkat porositas serta karakteristik agregat kasar turut memengaruhi massa jenis beton. Semakin tinggi jumlah pori dalam beton, semakin rendah nilai kepadatannya. Berdasarkan rumus berikut, berat jenis beton dapat dihitung :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan : ρ = berat jenis beton (Kg/m³)

m = berat beton (Kg)

V = volume silinder beton (m³)

Tabel 2. 9 Berat jenis beton untuk berbagai jenis agregat (ASTM C 330)

Tipe beton	Berat satuan agregat (Kg/m ³)	Berat jenis beton (Kg/m ³)	Keterangan
Beton insulasi	800 - 1200	1440 - 1840	Agregat ringan
Beton ringan struktural	1200 - 1600	1840 - 2100	Agregat semi-ringan
Beton normal	1600 - 1800	2200 - 2500	Agregat normal
Beton sangat berat	>1800	3000 - 4000+	Agregat berat

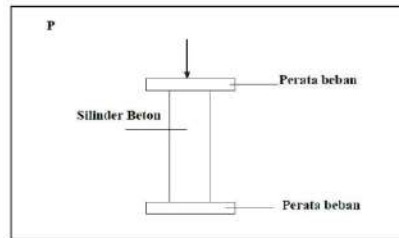
2.4.4 Kuat Tekan Beton

Dilakukan pengujian terhadap kekuatan tekan pada beton yang telah mengalami proses pengerasan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan. Uji kuat tekan standar pada beton berbentuk silinder dikenal sebagai metode pengujian kuat tekan, yang berlandaskan pada “Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete”.

Pengujian kuat tekan beton silinder mengacu pada SNI-1974 : 2011

tentang “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton” [4]. Standar ini menjelaskan prosedur pengujian termasuk persiapan sampel, pengujian dan perhitungan hasil kuat tekan. Proses pengujiannya ialah :

- Benda uji ditimbang untuk memperoleh berat awalnya, kemudian hasil penimbangan tersebut dicatat.
- Benda uji diletakkan pada mesin uji tekan dengan penyesuaian posisi agar berada tepat di tengah-tengah pelat penekan.
- Pembebanan dilakukan secara bertahap dan kesinambungan sistem hidrolik, hingga spesimen mengalami keruntuhan yang ditandai dengan berhentinya angka digital pada mesin.
- Kemudian beban maksimum yang ditunjukkan oleh angka digital pada mesin tes dicatat sebagai data akhir pengujian.



Gambar 2. 1 Skema pengujian kuat tekan beton

- Nilai kuat tekan dihitung dengan memakai rumus:

$$\text{Kuat tekan : } f_c = \frac{P}{A}$$

Dengan : f_c = Kuat tekan beton (MPa)

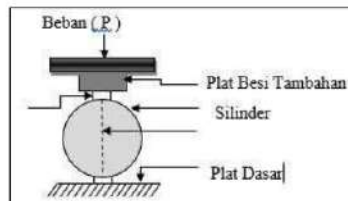
P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

2.4.5 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton silinder atau *splitting tensile strength* ialah ukuran ketahanan beton terhadap gaya tarik, yang diukur secara tidak langsung dengan melakukan uji tarik belah pada benda uji berbentuk silinder. Secara umum, beton sangat kuat terhadap gaya tekan, tetapi lemah terhadap gaya tarik. Karena itu, kuat tarik belah penting untuk memperkirakan bagaimana beton akan berperilaku dalam kondisi retak atau ketika menerima gaya tarik. Berdasarkan SNI 03-4436-1997 dengan mengacu ke ASTM C496 [15], proses pengujiannya ialah :

- Benda uji ditimbang untuk memperoleh berat awalnya, kemudian hasil penimbangan tersebut dicatat.
- Letakan silinder secara horizontal pada mesin uji. Antara silinder dan pelat tekan diberi lapisan tipis kayu atau papan setebal 3 mm untuk menyebarkan beban dengan merata.
- Teruskan pembebanan hingga benda uji retak dan pecah, karena tegangan tarik bukan tekan.



Gambar 2. 2 Skema pengujian kuat tarik belah

Rumus perhitungan kuat tarik belah (f'_{sp}) yaitu dengan mencatat beban maksimum saat benda uji pecah, dan dengan rumus berikut:

$$f'_{sp} = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

Dengan : f'_{sp} = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang silinder (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Studi ini menggunakan beton silinder sebagai objek benda uji guna mengetahui mutu atau kualitas beton yang dicampur memakai abu pakaian sebagai pengganti agregat halus berdasarkan presentase yang ditentukan. Beton tersebut nantinya akan dilakukan pengujian melalui tes kuat tekan dan tes kuat tarik belah pada beton silinder.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan terbagi atas empat tahap:

1. Tahap I :

Uji kelayakan material abu pakaian sebagai agregat halus, apakah material tersebut layak menjadi agregat atau tidak. Dalam pemeriksaan ini, zat organik yang ada dalam agregat diperiksa yakni melalui uji analisa saringan, uji kadar lumpur, dan uji berat jenis

2. Tahap II :

Tahap kedua mencakup perencanaan campuran beton, proses pembuatan spesimen uji, serta pelaksanaan perawatan beton. Komposisi material dalam campuran beton ditentukan berdasarkan perhitungan yang mengacu pada standar Metode SNI-03-2834-2000 [9].

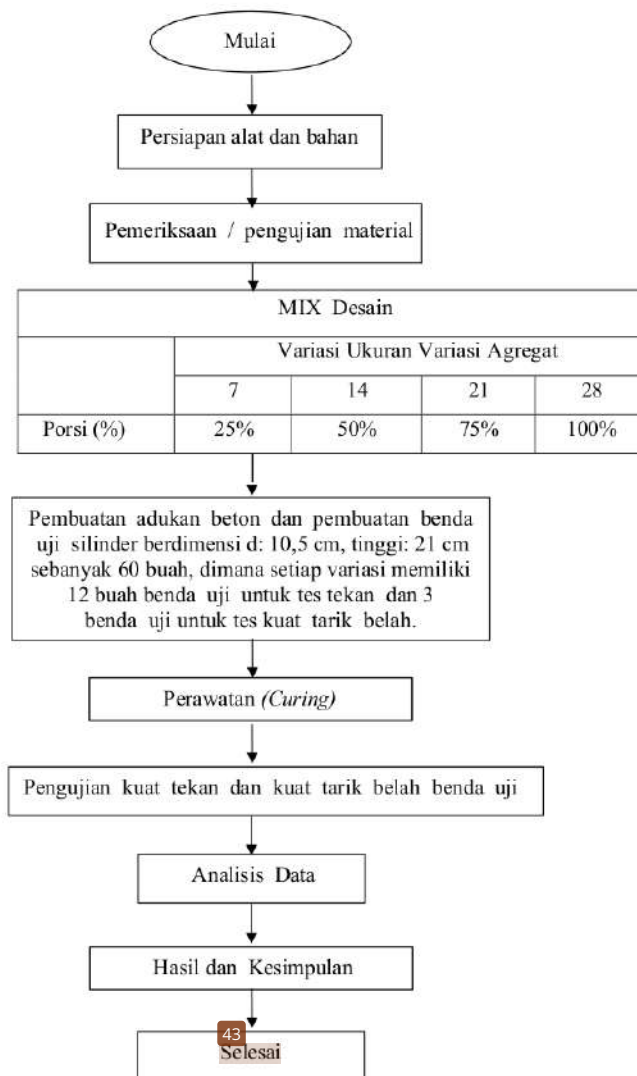
3. Tahap III :

Pada tahap ketiga, dilakukan tes kuat tekan dan kuat tarik belah pada benda uji setelah usia beton mencapai 7, 14, 21, serta 28 hari pada masing-masing variasi benda uji silinder.

4. Tahap IV :

Setelah itu, dilakukan analisis data dari hasil penelitian yang dilakukan. Kemudian, kesimpulan tentang studi ini dibuat.

3.3. Bagan alur penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian

3.4. Bahan Pembuatan Adukan Beton

Dalam studi ini bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) Semen Portland Tipe I, jenis semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I, merek Gresik.



Gambar 3. 2 Semen Gresik

- 2) Limbah abu pakaian ukuran ayakan no.4 sampai dengan no.100



Gambar 3. 3 Limbah Abu pakaian

- 3) Air, dipakai sebagai komponen campuran dalam proses pembuatan beton, baik pada tahap pengolahan material maupun saat pencampuran adukan.
- 4) Agregat kasar, batu koral
- 5) Agregat halus, atau pasir yang digunakan adalah jenis pasir Lumajang.

3.5. Alat yang digunakan

Peralatan dalam pengujian material dan pembuatan benda uji yang digunakan dalam studi ini ialah:

- 1) Timbangan, digunakan dalam berbagai hal penakaran mulai dari menimbang berat material untuk pengujian bahan maupun pada saat pengecoran seperti menakar berat semen, berat air, berat agregat kasar dan pasir yang dibutuhkan.



Gambar 3. 4 Timbangan

- 2) Ayakan dan *Shieve Shaker*, diperlukan pada saat pengujian material untuk menyaring agregat.



Gambar 3. 5 Shieve Shaker dan Ayakan

- 3) Oven, alat ini digunakan untuk mengeringkan material agregat pada proses awal sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 3. 6 Oven

- 4) Wadah stainless, wadah untuk material yang akan di-oven.
5) Blender, untuk mengubah bekas pembakaran menjadi pasir.



Gambar 3. 7 Blender

- 6) Cetakan silinder, cetakan silinder beton yang digunakan berukuran $\varnothing 105 \text{ mm} \times 210 \text{ mm}$ terbuat dari pipa yang diberi alas kayu tripleks.



Gambar 3. 8 Cetakan Silinder

- 7) Mesin tes tekan, adalah mesin yang digunakan untuk pengujian kuat tekan pada benda uji silinder.



Gambar 3. 9 Mesin Tes Tekan

3.6. Pengujian kelayakan abu pakaian sebagai agregat

Pengujian material pada limbah abu pakaian ini bertujuan untuk mengetahui apakah material layak untuk dijadikan sebagai agregat atau tidak. Ada empat bagian pada pengujian material ini, yaitu:

1. Analisa Saringan, Pemeriksaan ini untuk membagi butir gradasi agregat halus dengan menggunakan saringan. Adapun langkah-langkah untuk melakukannya adalah sebagai berikut :
 - Pertama yaitu menyiapkan agregat yang akan diuji, dan diambil sekitar 1000 gram untuk dua kali pengujian sekaligus.
 - Lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 4jam (kondisi kering oven).
 - Setelah suhu menurun hingga sama dengan suhu ruangan atau setara dengan 25°C sampel siap untuk digunakan. Kemudian ambil sekitar 500 gr untuk pengujian kemudian catat sebagai A gr.
 - Kemudian saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran paling besar ditempatkan paling atas. Setelah itu hidupkan alat penggetar (shieve shaker) selama 15 menit.



Gambar 3. 10 Analisa Saringan

- Setelah selesai, kemudian hitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.
2. Pengujian kadar lumpur, Dalam pengujian kali ini lumpur akan mengendap dan naik kepermukaan agregat halus sehingga kadar lumpur dapat diperhitungkan dengan milimeter gelas ukur. Kadar lumpur dalam agregat halus yang diisyaratkan dalam campuran beton harus lebih kecil dari 5%. Adapun langkah pengujiannya sebagai berikut:
- Pertama yaitu menyiapkan gelas ukur ukuran 1000ml
 - Isi gelas ukur dengan abu pakaian 1/3 volume gelas ukur lalu tambahkan dengan air jernih sampai dengan 3/4
 - Tutup gelas ukur dengan penutup lalu tabung dikocok selama 30 menit, ini bertujuan agar pasir dan lumpur dapat terpisahkan dan dapat diketahui berapa presentase kadar lumpur yang terkandung
 - 5 dalam pasir, Diamkan sample pada tempat yang datar selama 24 jam, setelah 24 jam sample akan membentuk tiga lapisan yaitu air, lumpur dan pasir
 - Hitung kadar lumpur dalam persen dengan membandingkan volume lumpur (V1) dan volume pasir + lumpur (V1+V2), Kemudian hitung hasil menggunakan rumus yang ditentukan pada kajian BAB 2.4.1.



Gambar 3. 11 Pengujian Kadar Lumpur

3. Berat Volume Agregat, pada pengujian ini masukkan agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai daftar. Keringkan dengan oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap untuk menggunakan sebagai benda uji. Pengujian ini, dilakukan dengan metode lepas dan padat.

I. Berat isi kondisi lepas :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
- Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dengan ketinggian 5cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2). Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

II. Berat isi agregat dengan cara menusuk :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
- Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2). Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).



Gambar 3. 12 Pemeriksaan Berat Volume

3.7. Rencana Campuran Beton

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) = 30 MPa di umur 28 hari.
2. Karena belum ada pengalaman maka diambil nilai pengendalian yang jelek yaitu senilai 7 MPa. Lihat tabel 2.3. Maka;

Dengan : $M =$

Nilai Tambah (MPa), $K = 1,64$

$SD = 7$ MPa

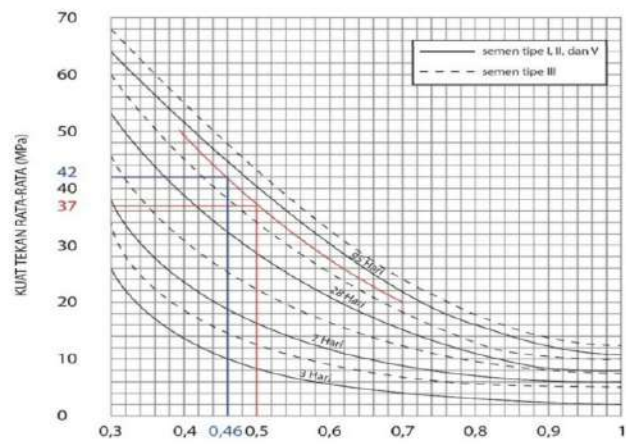
Sehingga : $M = 1,64 \times 7$

$= 11,48$ MPa = 12 MPa

3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan :

$$f'_{cr} = f'_c + M = 30 \text{ MPa} + 12 \text{ MPa} = 42 \text{ MPa}$$

4. Semen Portland Tipe I merek Gresik, yakni jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
5. Agregat halus dan kasar.
6. Nilai fas bebas = 0,46



7. Fas maksimum = 0,60 (Beton di luar terlindung cuaca). Lihat tabel 2.5

8. Nilai *slump* 8-12 cm. (Pada SNI termasuk kategori 60 – 180 mm)

9. Ukuran agregat maksimum 20 mm. (Sudah ditentukan)

10. Nilai kadar air bebas, berdasarkan tabel 2.8 dengan ukuran agregat 20 mm dan nilai *slump* 60 mm – 180 mm, didapatkan jenis batuan alami 195 (Wh) dan batu pecah 225 (Wk). Maka:

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{3}WWh + \frac{1}{3}WWk \\ &= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225 \\ &= 205 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

11. Kebutuhan semen, didapatkan dari kadar air bebas dibagi dengan nilai fas yang digunakan, yaitu:

$$\text{Kadar semen} = \frac{205}{0,46} = 445,6 \text{ kg/m}^3$$

12. Kadar semen minimum = 275 kg/m³. Dan kadar semen yang digunakan adalah kadar semen paling besar, yaitu yang diperoleh dari hasil perhitungan fas dan kadar air bebas yakni 445,6 kg/m³.

13. Penyesuaian fas, ¹¹ hanya dihitung saat ada perubahan kadar semen dari hasil perhitungan menjadi kadar semen minimum atau maksimum, pada mix desain ini kadar semen yang digunakan adalah kadar semen berdasarkan hasil perhitungan, sehingga tidak perlu penyesuaian fas.

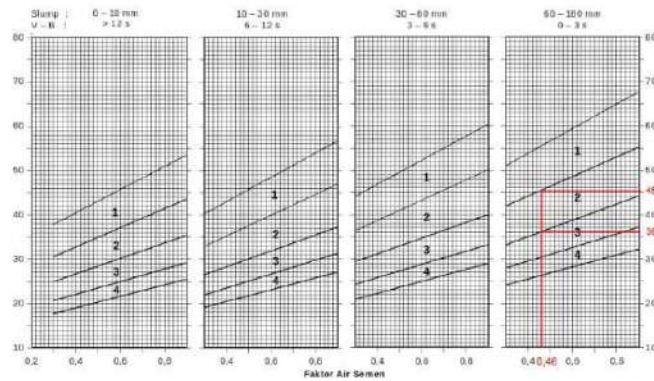
14. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat halus = 2,64

Berat jenis agregat kasar = 2,6

¹ 15. ⁶ Persentase agregat halus, dicari dengan menggunakan grafik dan tergantung pada ukuran agregat maksimum yang digunakan. Pada mix desain ini, agregat maksimum yang digunakan adalah 20 mm, dan nilai

slump yang ditentukan (60-180 mm).



Grafik 4 : Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang diijinkan
Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Gambar 3. 14 Grafik agregat halus untuk ukuran butir max. 20 mm

$$\text{Persentase agregat halus} = \frac{36\% + 45\%}{2} = 40,5\%$$

Maka diperoleh persentase agregat halus yaitu sebesar 40,5%. Sedangkan nilai agregat kasarnya adalah $100\% - 40,5\% = 59,5\%$.

16. Berat jenis agregat gabungan, berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan:

$$Bj. Ag. Gab. = (Persen Ag. Halus \times Bj. Ag. Halus) + (Persen Ag. Kasar \times Bj. Ag. Kasar)$$

Diketahui :

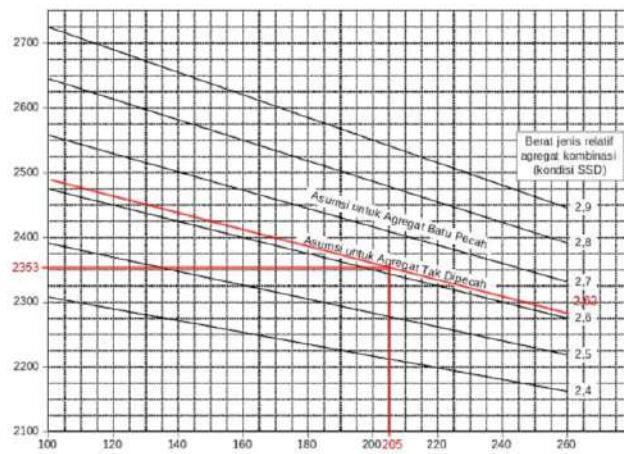
Berat jenis agregat halus = 2,64

Berat jenis agregat kasar = 2,6

Maka :

$$BBB. Ag. Gabungan = \frac{40,5}{100} 2,64 + \frac{59,5}{100} 2,6 = 2,62$$

17. Berat isi beton



Gambar 3. 15 Grafik perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton didapatkan melalui grafik dengan membuat kurva berat jenis agregat gabungan yaitu 2,62 secara proporsional kemudian tarik garis secara vertikal dari kadar air bebas yaitu 205 kg/m³ hingga menyentuh kurva berat jenis agregat gabungan yang telah dibuat, lalu tarik garis secara horizontal ke kiri, sehingga didapat berat isi beton = 2353 kg/m³.

18. **Kadar agregat gabungan, diperoleh dengan persamaan:**

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ag. Gab.} &= \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar air bebas} \\ &= 2353 - 445,6 - 205 \\ &= 1702,4 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

19. Kadar agregat halus, dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ag. Halus} &= \text{Persen Ag. Halus} \times \text{Kadar Ag. Gabungan} \\ &= 40,5\% \times 1702,4 \\ &= 689,47 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

20. Kadar agregat kasar, dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ag. Kasar} &= \text{Kadar Ag. y Gabunga} - \text{Kadar Ag. Halus} \\ &= 1702,4 - 689,47 \\ &= 1012,93 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

21. Proporsi campuran teoritis, dari hasil mix desain diperoleh proporsi campuran teoritis setiap m^3 . Sedangkan untuk pengujian, diperoleh volume campuran uji sebagai berikut :

- Benda uji silinder dengan diameter 105 mm dan tinggi 210 mm.

$$V = \pi r^2 t$$

$$V = 3,14 \times 0,052 \times 0,052 \times 0,21$$

$$V = 0,0018 \text{ m}^3$$

Oleh karena masing-masing presentase agregat abu pakaian nantinya akan dibuatkan 3 benda uji maka volume yang diperoleh adalah:

$$V = 3 \times 0,0018 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0054 \text{ m}^3 \text{ (per-3 buah benda uji)}$$

- Proporsi campuran benda uji silinder.

Selanjutnya adalah kebutuhan campuran beton per-3 benda uji, dengan kata lain tiga kriteria ukuran nanti akan dibuatkan masing-masing 3 buah benda uji pada setiap satu kali pengujian kuat tekan pada selang hari yang ditentukan.

Untuk praktikum ditambahkan proporsi campuran dengan angka penyusutan. Angkapenyusutan campuran sekitar 10%-20%. Diambil 15%, sehingga didapatkan proporsi campuran dengan angka penyusutan sebagai berikut :

Proporsi	Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat	
			Halus (Kg)	Kasar (Kg)
Porsi campuran teoritis	1	0,46	1,55	2,27
Setiap m ³	445,6	205	689,47	1012,93
Setiap campuran uji: 0,0054 m ³	2,4	1,1	3,72	5,46
Porsi campuran angka penyusutan 15%	1	0,46	1,55	2,27
Setiap m ³	512,4	235,75	792,9	1164,87
Setiap campuran uji: 0,0054 m ³	2,7	1,27	4,3	6,3

Tabel 3. 1 Proporsi Campuran Beton Silinder

22. Rekap kebutuhan material atau Mix Design untuk kebutuhan sampel benda uji dari yang sudah ditentukan yaitu:

Variasi Beton	Benda Uji	Semen (Kg)	Air (Kg)	Pasir (Kg)	Koral (Kg)	Abu Pakaian (Kg)
25%	15	13,5	6,35	16,25	31,5	5,25
50%	15	13,5	6,35	11	31,5	10,5
75%	15	13,5	6,35	6,5	31,5	15
100%	15	13,5	6,35	-	31,5	21,5
Total	60	40,5	19,05	33,75	126	52,25

Tabel 3. 2 Tabel Mix Desain

23. Pengujian

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan beton silinder. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas. Pengujian ini dilakukan setelah benda uji berumur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium FST Teknik Sipil UMSIDA dengan menggunakan mesin uji tekan. Adapun tabel benda uji berdasarkan usia dengan silinder 105 x 210 mm.

Variasi	Usia Pengujian				Jumlah
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	
25%	3	3	3	6	60
50%	3	3	3	6	
75%	3	3	3	6	
100%	3	3	3	6	

Tabel 3. 3 Jumlah Kebutuhan Benda Uji

3.8. Pembuatan Benda Uji

A. Pembuatan Benda Uji

Sebelum benda uji dibuat, dipersiapkan dahulu alat-alat yang akan digunakan dalam proses pembuatan benda uji. Cetakan silinder beton harus dioles dengan minyak / oli terlebih dahulu, agar hasil benda uji yang berada di dalam cetakan dapat diambil dengan mudah serta hasilnya akan terlihat lebih baik.

Cetakan silinder yang akan dipakai sebelum diisi campuran adukan beton segar ditimbang terlebih dahulu dan diberi tanda untuk mengingat berat cetakan tersebut. Setelah cetakan silinder diisi dengan adukan beton segar, maka harus dibiarkan terlebih dahulu agar sampel beton tersebut mengeras. Setelah mengeras cetakan dibuka dan sampel diberi tanda yang terdiri dari jenis variasi agregat, nomor sampel dan tanggal pembuatannya, kemudian direndam dalam bak perendaman sesuai dengan usia yang telah direncanakan.

I. Peralatan Pengecoran

- Cetakan silinder Ø 10,5 x 21 cm.
- Tempat adukan beton.
- Tongkat baja/rojokan.
- Peralatan tambahan seperti ember, sekop, dan palu karet.

II. Cara Pembuatan Benda Uji

- Menimbang berat semen, pasir, agregat abu pakaian, dan air yang telah direncanakan.



Gambar 3. 16 Bahan setelah ditimbang

- Kemudian, aduk bahan tersebut secara merata dan agar memudahkan pengerjaan, aduk semen serta pasir terlebih dahulu. Selanjutnya diberi abu pakaian sebagai agregat halus lalu air. Setelah itu aduk bahan tersebut sampai adukan merata.



Gambar 3. 17 Pengadukan Benda Uji

- Setelah adukan cukup rata, lalu melakukan pengujian nilai *slump*.
- Bila nilai slump memenuhi syarat, maka langsung diisi ke cetakan silinder yang sudah disiapkan.



Gambar 3. 18 *Slump Test*

- Pengisian adukan dalam cetakan silinder dilakukan sebanyak 3 kali, dengan masing-masing lapisan $\frac{1}{3}$ volume silinder. Untuk setiap lapisan dirojak dengan tongkat baja sebanyak 25 kali.
- Setelah selesai, cetakan yang sudah berisi adukan didiamkan selama 24 jam sebelum *curing*.



Gambar 3. 19 Beton Segar

B. Pengujian slump.

Pemeriksaan uji slump merupakan pengukuran yang dimaksudkan untuk mengendalikan nilai kekentalan pada adukan beton segar. Pengujian slump merupakan metode empiris yang digunakan untuk menilai tingkat konsistensi atau kekakuan dari beton segar (*fresh concrete*), yang berkaitan langsung dengan kemudahan pengerjaannya (*workability*). Kekakuan ini mencerminkan jumlah air yang terkandung dalam campuran beton. Oleh karena itu, uji slump dapat memberikan indikasi apakah beton tersebut memiliki kadar air yang cukup, berlebihan, atau justru kurang.

Dalam proses pencampuran beton, kadar air menjadi faktor penting karena sangat mempengaruhi tingkat kelecakan campuran. Beton dengan kadar air yang terlalu tinggi akan menghasilkan campuran yang encer, yang berdampak pada rendahnya mutu dan waktu pengeringan yang lebih lama. Sebaliknya, jika kadar air terlalu sedikit, campuran menjadi terlalu kaku, sulit diaduk merata, dan menyulitkan saat pengecoran atau pencetakan.

Adapun peralatan dan cara kerja pengujian slump :

I. Peralatan

- Cetakan berupa kerucut *Abram's* dengan diameter bawah 20 cm, diameter atas 15 cm dan tinggi 30 cm.
- Tongkat rojokan
- Cetok
- Alas baja dengan permukaan rata dan kedap air

II. Cara kerja

- Sebelum digunakan, kerucut *Abram's* dibersihkan dahulu
- Kemudian letakan di atas alas baja
- Lalu injakan kaki pada kerucut *Abram's* kuat-kuat, isikan adukan beton $\frac{1}{3}$ bagian dari volume kerucut, kemudian dirojok/ditusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Pengisian

diselesaikan sampai dua lapis berikutnya, hingga seluruh cetakan terisi penuh, kemudian pada bagian atas diratakan dengan cetok.

- Setelah pengisian dan pemadatan selesai ditunggu sekitar 30 detik, kemudian cetakan diangkat tegak lurus.
- Lalu diukur penurunan pasta semen (nilai *slump*). Lihat gambar 3.21 (*Slump test*).

Pada praktikum pembuatan benda uji silinder, dilakukan pengujian slump dari setiap pembuatan adukan beton untuk benda uji pada masing-masing varian. Adapun tabel hasil nilai slump sebagai berikut :

Variasi Ag. Beton	Nilai Slump (cm)
100%	7,9
75%	8,1
50%	8,8
25%	9

Tabel 3. 4 Hasil Nilai Slump

Dari tabel tersebut, hasil pengujian slump pada beton dengan variasi agregat 100% hanya diangka 7,9 cm. Sedangkan pada variasi lain dengan agregat 75% dan 50% masih di angka 8,1 cm dan 8,8cm. Agregat 25% masih bisa mencapai angka 9cm. Angka slump tersebut masih tergolong baik sebagai indikator pengendalian kualitas kelecakan adukan beton.

C. Schedule Penelitian

Dari studi ini dibuat rencana atau *Schedule* penelitian yang ditujukan agar penelitian lebih terorganisir dengan baik. Jadwal penelitian ini disusun untuk berlangsung selama empat bulan, mulai dari Oktober 2025 hingga Januari 2026, dengan pembagian waktu yang terstruktur agar setiap tahapan dapat berjalan efektif dan efisien. Pada bulan Oktober, kegiatan difokuskan pada persiapan alat dan bahan serta serangkaian pengujian awal terhadap agregat abu pakaian katun. Pengujian tersebut meliputi Analisa saringan, Kadar lumpur serta berat volume, yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan agregat sebelum digunakan dalam campuran beton.

47	Kegiatan	Oktober				November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan alat dan bahan																
2	Analisa saringan																
3	Uji kadar lumpur																
4	Berat volume agregat																
5	Uji berat jenis dan rospan air																
6	Pembuatan sampel silinder agregat 100%																
7	Pembuatan sampel silinder agregat 75%																
8	Pembuatan sampel silinder agregat 50%																
9	Pembuatan sampel silinder agregat 25%																
10	Uji sampel silinder agregat 100%																
11	Uji sampel silinder agregat 75%																
12	Uji sampel silinder agregat 50%																
13	Uji sampel silinder agregat 25%																

Tabel 3. 5 Time Schedule Penelitian

Memasuki bulan April hingga awal Mei, kegiatan dilanjutkan dengan proses pembuatan sampel beton silinder. Sampel dibuat berdasarkan variasi ukuran agregat, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Setiap pembuatan dilakukan secara bertahap agar proses curing berjalan optimal dan sampel memiliki kualitas yang seragam.

Selanjutnya, mulai pertengahan Desember hingga pertengahan Januari, seluruh sampel diuji kuat tekannya sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan beton pada berbagai usia. Secara keseluruhan, jadwal ini dirancang agar setiap proses memiliki waktu yang cukup dan berurutan, sehingga dapat mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian dan menghasilkan data yang akurat serta dapat dianalisis secara menyeluruh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

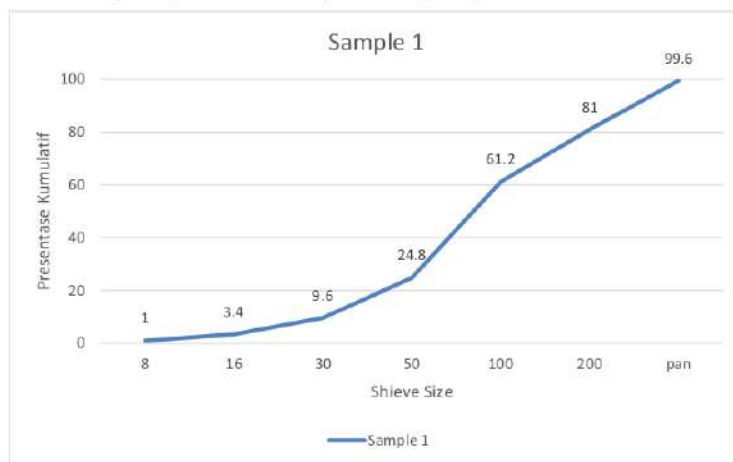
4.1. Hasil Kelayakan Abu Pakaian Sebagai Agregat Halus

Seperti pada tahap yang ditentukan yakni pengujian material pada abu pakaian sebagai bahan yang diuji kelayakannya untuk menjadi pengganti agregat halus pada campuran beton. Pada bagian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu uji analisa saringan, Kadar lumpur dan volume berat jenis. Adapun hasil dari pengujian tersebut sebagai berikut :

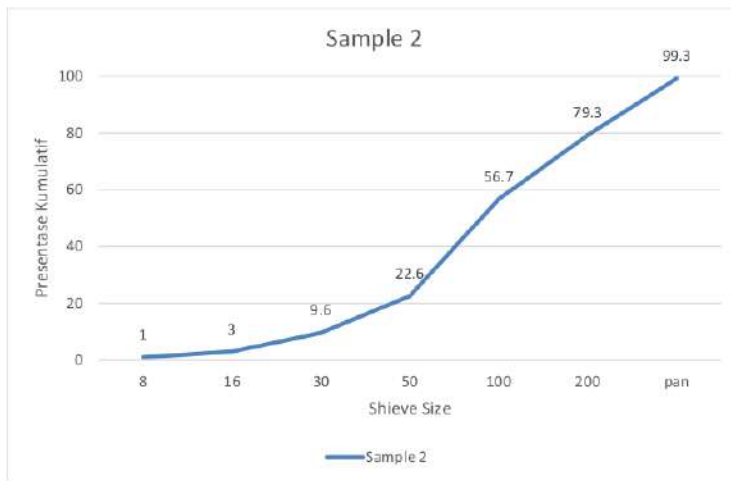
16

4.1.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

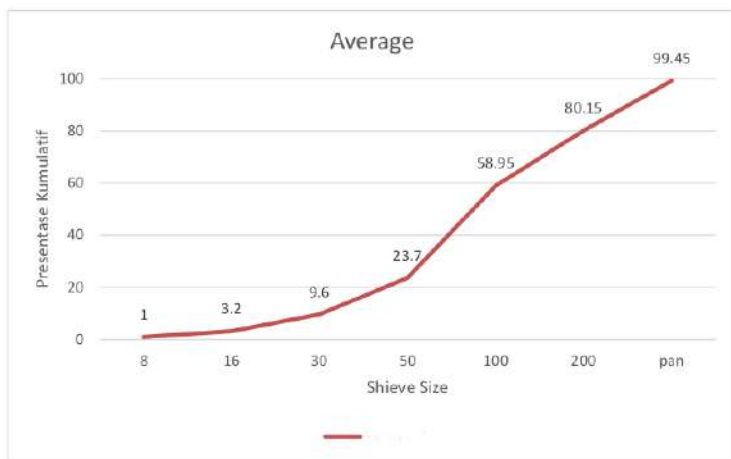
Pada pengujian ini, dibuatkan masing-masing dua sampel dari setiap variasi. Data dari setiap sampel dihitung dan diperoleh nilai persentase dari pengujian tersebut. Dari nilai yang didapatkan, berikut grafik persentase nilai uji dari setiap sampel :



Gambar 4. 1 Grafik Analisa sampel 1



Gambar 4. 2 Grafik Analisa sampel 2



Gambar 4. 3 Grafik rata rata Analisa Saringan

Fineness Modulus :

$$FM = \frac{\sum \text{persen kumulatif tertahan saringan No. 8 sampai 200}}{100}$$

$$FM = \frac{1 + 3.2 + 9.6 + 23.7 + 58.95 + 80.1}{100}$$

$$FM = \frac{176.6}{100} = 1.766$$

3 Dan dari kedua data dapat dicari nilai rata-rata persentase tertahan dan persentase lewat kumulatif. Dan dari persentase kumulatif tersebut didapatkan besar Fineness Modulus sebesar 1.766. Berdasarkan tetapan fineness modulus untuk agregat halus yang ditetapkan oleh ASTM (ASTM C-33), besaran fineness modulus harus berada dalam range $2,30 \leq FM \leq 3,10$. Sedangkan berdasarkan standar SNI S – 04 – 1989 – F range besaran fineness modulus yang diperbolehkan adalah $1,50 \leq FM \leq 3,80$. Dari standar tersebut dapat dikatakan bahwa agregat halus yang diuji tidak lulus berdasarkan standar ASTM tetapi lulus uji jika dibandingkan dengan SNI (1.766).

61

4.1.2. Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Hasil uji **Kadar Lumpur** didapatkan dari menghitung setelah dilakukan pengujian dengan mesin tersebut. Sampel pada pengujian ini sebanyak tiga sampel pada masing-masing variasi agregat

1. Data 1

Volume Lumpur (V1)	10 mm
Volume Pasir (V2)	310 mm
Volume Lumpur + Pasir (V1+V2)	30 +290 = 320 mm

2. Data 2

Volume Lumpur (V1)	8 mm
Volume Pasir (V2)	302 mm
Volume Lumpur + Pasir (V1+V2)	8 + 302 = 310 mm

Rata-rata

$$\text{Volume Lumpur} = \frac{10+8}{2} = 9 \text{ mm}$$

$$\text{Volume Pasir} = \frac{290+310}{2} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Kadar Lumpur} &= \frac{9}{300} \times 100 \% \\ &= 3 \% \end{aligned}$$

36

Dari hasil percobaan yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa persentase kadar lumpur yang diperoleh dari percobaan kali ini adalah 3%. Hasil ini memenuhi ketentuan kadar lumpur dalam agregat halus yang disyaratkan dalam campuran beton harus lebih kecil dari 5%.

4.1.3. Hasil Pengujian Berat Volume Agregat

Dari hasil pengujian berat volume agregat dengan cara lepas dan meniskus pada masing-masing sampel, dibuatkan grafik yang menyajikan hasil pengujian berat volume isi agregat kasar dalam dua kondisi, yaitu berat isi lepas dan berat isi dalam kondisi padat. Data yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa sampel pengujian. Grafik ini bertujuan untuk membandingkan variasi berat isi agregat kasar antara kondisi lepas dan padat guna memahami kepadatan dan tingkat kekompakan material dalam campuran beton.

Berikut tabel hasil uji berat volume kondisi lepas:

No	Berat Wadah + Abu (kg)	Berat Abu (kg)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/L)
1	13,751	2,860	0,00530	0,54
2	13,701	2,810	0,00530	0,53
3	13,726	2,835	0,00530	0,535
Rata-rata				0,535

Tabel 4. 1 Nilai Berat Isi Beton Kondisi Lepas

Berdasarkan nilai-nilai berat volume dalam kondisi lepas di atas, didapatkan nilai rata-rata dari masing-masing sampel, rata-rata hasilnya yaitu 0,535 kg/liter. Pada SNI-03—2461-2002, berat volume agregat halus dalam kondisi lepas yakni berkisar antara 1,2 – 1,8 kg/liter. abu pakaian katun memiliki berat volume yang jauh lebih ringan dan berpori.

Berikut tabel hasil uji berat volume kondisi padat:

No	Berat Wadah + Abu (kg)	Berat Abu (kg)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/L)
1	14,151	3,260	0,00530	0,615
2	14,101	3,210	0,00530	0,605
3	14,126	3,235	0,00530	0,610
Rata-rata				0,610

Tabel 4. 2 Nilai Berat Isi Beton Kondisi Padat

Berdasarkan nilai-nilai berat volume dalam kondisi padat di atas,

didapatkan nilai rata-rata dari masing-masing sampel, rata-rata hasilnya yaitu 0,610 kg/liter.

Berdasarkan SNI-03-2461- 2002, berat volume agregat kasar dalam kondisi padat yakni berkisar antara 1,4 – 2,0 kg/liter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat volume kondisi padat lebih besar dibandingkan kondisi lepas. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya rongga udara antar partikel abu pakaian katun akibat proses pemadatan.

4.1.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

Dari hasil pengujian material abu pakaian katun sebagai agregat, dibuat rekapitan berdasarkan hasil nilai yang ditunjukkan sebagai berikut :

- Hasil dari pengujian analisa saringan tersebut didapatkan besar Fineness Modulus sebesar 1.766. Berdasarkan tetapan fineness modulus untuk agregat halus yang ditetapkan oleh ASTM (ASTM C-33), besaran fineness modulus harus berada dalam range $2,30 \leq FM \leq 3,10$. Sedangkan berdasarkan standar SNI S – 04 – 1989 – F range besaran fineness modulus yang

diperbolehkan adalah $1,50 \leq FM \leq 3,80$. Dari standar tersebut dapat dikatakan bahwa agregat halus yang diuji tidak lulus berdasarkan standar ASTM tetapi lulus uji jika dibandingkan dengan SNI (1.766).

- Dari hasil percobaan uji kadar lumpur yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa persentase kadar lumpur yang diperoleh dari percobaan kali ini adalah 3%. Hasil ini memenuhi ketentuan kadar lumpur dalam agregat halus yang disyaratkan dalam campuran beton harus lebih kecil dari 5%.
- Dari hasil pengujian berat isi beton, rata-rata berat volume pada material dalam kondisi lepas adalah 0,535 kg/liter. Sedangkan dalam kondisi padat adalah 0,610 kg/liter. Dengan ini dikarenakan bahan abu pakaian katun sebagai bahan alternatif jadi tidak ada nilai minimum untuk uji berat volume.

4.2. Hasil Mutu Beton Berdasarkan Variasi agregat

Hasil mutu beton diperoleh dengan dilakukannya pengujian terhadap benda uji silinder melalui dua metode, yaitu dengan cara pengujian kuat tekan dan juga kuat tarik belah. Pengujian tersebut dilakukan ketika beton mencapai usia 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari pada setiap variasi agregat yang sudah ditentukan. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pada setiap usia beton, dibuatkan tiga buah benda uji dari masing-masing varian agregat.

Pada pengujian sampel, benda uji sebelumnya harus melalui proses *curing*, yaitu direndam dengan air selama usia hari yang ditentukan. Setelah tiba dilakukan pengujian, beton silinder diberi *capping* pada permukaan bagian atas beton, hal ini dilakukan supaya ketika uji kuat tekan beton diberi beban secara merata, sedangkan pada uji kuat tarik belah, benda uji diposisikan secara horizontal atau posisi tidur lalu pada bagian atas dan bawah diberi alas seperti bantalan lunak atau kayu tripleks setebal 5 cm agar pembebanan merata dalam posisi tidur.

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan dan tarik belah pada seluruh benda uji yang dibuat, kemudian akan dihitung persamaan untuk mencari hasil kuat tekannya dalam satuan "MPa". Selanjutnya, dilakukan analisa dari seluruh hasil kuat tekan dan kuat tarik belah dari semua benda uji untuk mengetahui mutu beton dengan abu pakaian katun sebagai agregat halus.

Tabel 4. 3 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 100%

No	Usia (Hari)	Jumlah Sampel	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Rata Rata Berat (Kg)	Uk. Benda Uji		Luas Penampakan g (mm ²)	Kuat Tekan	
						Diameter (cm)	Tinggi (cm)		KN	MPa
1	7	3	16-12-25	23-12-25	2,956	10,5	21	8.658,5	14,2	1,64
2	14	3	16-12-25	30-12-25	2,950	10,5	21	8.658,5	18,1	2
3	21	3	16-12-25	06-01-26	2,957	10,5	21	8.658,5	18,1	2
4	28	3	16-12-25	13-01-26	2,952	10,5	21	8.658,5	18,9	2,18

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Desember 2025 – Januari 2026)

Dari hasil pengujian benda uji pada beton silinder dengan variasi agregat 100% abu pakaian, diketahui nilai rata-rata dari setiap pengujian sampel. Adapun grafik yang dibuat berdasarkan angka rata-rata sebagai berikut :



4 Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 100%

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, terlihat bahwa beton yang menggunakan variasi agregat 100% mengalami peningkatan kuat tekan secara bertahap seiring bertambahnya usia pengujian. Pada usia 7 hari, beton menunjukkan kuat tekan sebesar 1,64 MPa. Nilai ini meningkat menjadi 2 MPa pada usia 14 hari, kemudian nilai pada usia 21 hari masih tetap 2 MPa. Pada usia 28 hari, beton mencapai kuat tekan maksimum sebesar 2,18 MPa, yang merupakan nilai tertinggi dalam seluruh periode pengujian.

13
Tabel 4. 4 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 75%

No	Usia (Hari)	Jumlah Sampel	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Data Rata Rata Berat (Kg)	Uk. Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan	
						Diameter (cm)	Tinggi (cm)		kN	MPa
1	7	3	16-12-25	23-12-25	3,037	10,5	21	8.658,5	38	4,38
2	14	3	16-12-25	30-12-25	3,025	10,5	21	8.658,5	39	4,5
3	21	3	16-12-25	06-01-26	3,045	10,5	21	8.658,5	40,3	4,65
4	28	3	16-12-25	13-01-26	3,033	10,5	21	8.658,5	40,2	4,64

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Desember 2025 – Januari 2026)

Berdasarkan hasil pengujian terhadap benda uji beton silinder yang menggunakan variasi agregat 75%, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata dari setiap sampel pada masing-masing umur pengujian. Selanjutnya, grafik disusun berdasarkan nilai-nilai rata-rata tersebut untuk menggambarkan perkembangan kuat tekan beton.



Gambar 4. 5 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 75%

Pada beton yang menggunakan agregat 75%, hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya usia beton. Pada usia 7 hari, kuat tekan awal tercatat sebesar 4,3 MPa. Nilai ini kemudian meningkat menjadi 4,5 MPa saat beton berumur 14 hari, dan mengalami sedikit peningkatan lagi menjadi 4,66 MPa pada usia 21 hari. Pada usia 28 hari justru kuat tekan menurun menjadi 4,64 MPa. Pola perkembangan ini menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan kekuatan relatif lambat pada pertengahan umur pengujian, proses hidrasi semen tetap berlangsung dan menghasilkan peningkatan kekuatan yang cukup optimal menjelang akhir periode pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa presentase agregat 75% masih mampu memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan kuat tekan beton hingga usia 28 hari.

Tabel 4. 5 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 50%

No	Usia (Hari)	Jumlah Sampel	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Data Rata Berat (Kg)	Uk. Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan	
						Diameter (cm)	Tinggi (cm)		kN	MPa
1	7	3	17-12-25	24-12-25	3,145	10,5	21	8.658,5	78,5	9,08
2	14	3	17-12-25	31-12-25	3,136	10,5	21	8.658,5	80,6	9,3
3	21	3	17-12-25	07-01-26	3,166	10,5	21	8.658,5	78,5	9,29
4	28	3	17-12-25	14-01-26	3,133	10,5	21	8.658,5	80,9	9,5

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Desember 2025 – Januari 2026)

Berdasarkan hasil pengujian benda uji beton silinder dengan menggunakan agregat 50%, diperoleh nilai rata-rata kuat tekan pada setiap umur pengujian. Data hasil pengujian tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan grafik untuk menggambarkan perkembangan kuat tekan beton secara bertahap seiring bertambahnya umur beton.



Gambar 4. 6 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 50%

Beton yang menggunakan agregat sebesar 50% menunjukkan peningkatan kuat tekan secara bertahap seiring bertambahnya umur pengujian. Pada usia 7 hari, beton memiliki kuat tekan awal sebesar 9,08 MPa. Nilai ini mengalami peningkatan menjadi 9,3 MPa pada usia 14 hari, kemudian turun sedikit diangka 9,29 MPa saat beton berumur 21 hari. Pada usia 28 hari, kuat tekan mencapai nilai tertinggi sebesar 9,5 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa presentase agregat turut memengaruhi kecepatan dan pencapaian kuat tekan maksimal beton dalam periode pengujian.

13
Tabel 4. 6 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Agregat 25%

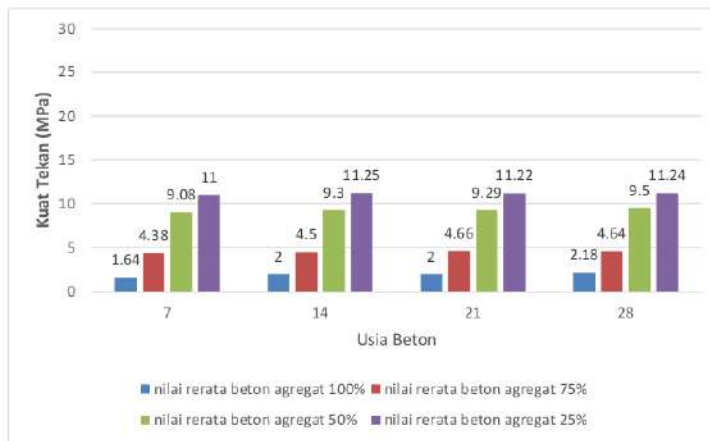
No	Usia (Hari)	Jumlah Sampel	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Rata Rata Berat (Kg)	Uk. Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan	
						Diameter (cm)	Tinggi (cm)		kN	MPa
1	7	3	17-12-25	24-12-25	3,551	10,5	21	8.658,5	95,3	11
2	14	3	17-12-25	31-12-25	3,520	10,5	21	8.658,5	97,4	11,25
3	21	3	17-12-25	07-01-25	3,558	10,5	21	8.658,5	97,2	11,22
4	28	3	17-12-25	14-01-25	3,537	10,5	21	8.658,5	97,4	11,24

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Desember 2025 – Januari 2026)



Gambar 4. 7 Grafik Kuat Tekan Beton Agregat 25%

Beton yang menggunakan agregat 25% menunjukkan peningkatan kuat tekan secara bertahap seiring bertambahnya umur pengujian. Pada usia 7 hari, beton memiliki kuat tekan awal sebesar 11 MPa. Nilai ini mengalami peningkatan sedikit menjadi 11,25 MPa pada usia 14 hari, kemudian turun sedikit menjadi 11,22 MPa pada usia 21 hari. Lalu pada usia 28 hari turun lagi sedikit menjadi 11,24 MPa. Peningkatan ini mencerminkan berlangsungnya proses hidrasi semen yang stabil, meskipun laju pertumbuhan kekuatan beton dengan agregat 25% cenderung lebih lambat. Hal ini mengindikasikan bahwa presentase agregat turut memengaruhi kecepatan dan pencapaian kuat tekan maksimal beton dalam periode pengujian.



Gambar 4. 8 Perbandingan Kuat Tekan Beton Presentase Agregat

Grafik yang di atas memperlihatkan adanya peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton, yang mencerminkan proses hidrasi semen yang berlangsung secara bertahap dan meningkatkan kekuatan material. Pada usia 7 hari, beton dengan agregat 100% menunjukkan nilai yang paling rendah sebesar 1,64 MPa, sedangkan agregat 75%, 50% dan 25% bisa lebih tinggi, masing-masing 4,38 MPa, 9,08 MPa dan 11 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahap awal pengerasan, pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan belum terlalu signifikan, meskipun agregat yang lebih sedikit cenderung menghasilkan kuat tekan yang sedikit lebih tinggi.

Memasuki usia 14 dan 21 hari, perbedaan kuat tekan antar variasi agregat tampak lebih jelas. Beton dengan presentase agregat 25% menunjukkan kinerja paling unggul, yaitu 9,3 MPa pada 14 hari dan 9,29 MPa pada 21 hari.

Pada usia 28 hari, beton dengan presentase agregat 25% kembali mencatat kuat tekan tertinggi yaitu 11,24 MPa, diikuti oleh presentase agregat 50% sebesar 9,5 MPa, setelah itu presentase agregat 75% sebesar 4,64 MPa dan yang terendah tetap pada presentase agregat 100% sebesar 2,18 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ukuran agregat mempengaruhi perkembangan kekuatan beton, di mana agregat berukuran lebih kecil cenderung memberikan hasil kuat tekan yang lebih tinggi, terutama pada usia matang.

6 Tabel 4. 7 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Usia 28 Hari

No	Variasi Agregat	Jumlah Sampel	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Usia (Hari)	Rata Rata Berat (Kg)	Uk. Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan	
							Diameter (cm)	Tinggi (cm)		kN	MPa
1	100%	3	16-12-25	13-01-26	28	2,948	10,5	21	8.658,5	25,6	0,7
2	75%	3	16-12-25	13-01-26	28	2,934	10,5	21	8.658,5	21,2	1,06
3	50%	3	17-12-25	14-01-26	28	2,965	10,5	21	8.658,5	53,4	1,5
4	25%	3	17-12-25	14-01-26	28	3,045	10,5	21	8.658,5	90	2,6

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Desember 2025 – Januari 2026)



6 Gambar 4. 9 Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Usia 28 Hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah pada beton silinder di usia 28hari, diperoleh bahwa beton agregat 25% menunjukkan nilai **6** kuat tarik belah rata-rata tertinggi yaitu sebesar 2,6 MPa. Sementara itu, apabila ditinjau dari variasi ukuran agregat, beton dengan agregat berukuran 50% menghasilkan **58** kuat tarik belah rata-rata tertinggi sebesar 1,5 MPa, diikuti oleh agregat 75% sebesar 1,06 MPa, dan yang terendah pada agregat 100% sebesar 0,7 MPa.

BAB V

6 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan studi yang dilakukan dan hasil pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil pengujian kelayakan material pengganti agregat halus yaitu abu pakaian katun, menunjukkan hasil yang baik. Dalam arti, material ini sudah memenuhi syarat sebagai pengganti agregat halus, karena uji material seperti analisa saringan mendapat nilai fineness modulus 1,766 yang masih masuk dalam standard SNI, untuk berat volumenya ringan namun karena ini termasuk bahan alternatif jadi tidak ada penetapan minimum untuk berat volumenya. Untuk pengujian kadar lumpur dinyatakan lolos karena volume kadar lumpurnya 3% standardnya harus dibawah 5%
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, dapat disimpulkan bahwa, variasi agregat turut memengaruhi perkembangan kekuatan beton, dimana agregat abu pakaian sebanyak 25%, cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan variasi ukuran yang lainnya, terutama pada usia 14 hingga 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa abu pakaian katun dengan presentase terkecil dapat membentuk struktur beton yang lebih padat dan kuat.

Namun, dari hasil pengujian tersebut juga diketahui bahwa seluruh variasi ukuran agregat tidak mampu mencapai mutu rencana sebesar 30 MPa. Hasil tertinggi pada variasi agregat 25% yang memiliki kuat tekan sebesar 11,24 MPa di usia matang 28 hari. Angka tersebut hanya sebesar 37,47 % dari target yang diharapkan. Meskipun tidak mencapai mutu rencana (30 MPa), nilai kuat tekan hingga 11,24 MPa masih tergolong baik untuk aplikasi non-struktural, seperti pekerjaan arsitektural, dinding pembatas, paving block, atau beton pracetak ringan.

3. Untuk kuat tarik belah, beton dengan variasi agregat 25% mencapai kuat tarik belah sebesar 2,6 MPa atau sekitar 8,67 % dari target. Nilai ini berada dalam kisaran umum kuat tarik belah beton, yaitu sekitar 8–12% dari kuat tekan. Sedangkan pada beton variasi agregat 50%, nilai kuat tarik belah tertingginya yaitu sebesar 1,5 Mpa atau sekitar 5% dari target. Nilai ini di bawah standar umum (di bawah 8%), menandakan bahwa penggunaan agregat dengan presentase lebih banyak bisa menurunkan kemampuan beton dalam menahan gaya tarik.

5.2. Saran

Pada penelitian ini adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan penggunaan abu pakaian sebagai pengganti agregat antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan persentase optimum abu pakaian katun sebagai pengganti pasir agar diperoleh kuat tekan dan durabilitas beton yang maksimal.
2. Proses pembakaran pakaian katun sebaiknya dikontrol suhu dan waktunya agar menghasilkan abu dengan kualitas dan konsistensi yang baik.
3. Untuk penerapan lapangan, penggunaan abu pakaian katun disarankan pada beton non-struktural terlebih dahulu sebelum diaplikasikan pada beton struktural.
4. Standarisasi material abu pakaian katun perlu dikembangkan agar dapat digunakan secara aman dan konsisten dalam industri konstruksi.
5. Berdasarkan hasil kuat tekan yang belum memenuhi mutu rencana 30 MPa, beton dengan abu pakaian katun ini lebih direkomendasikan untuk digunakan pada beton non-struktural atau struktural ringan, seperti elemen pembatas, paving block, atau panel dinding ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- B. Harsono dkk, Bahan Bangunan. Padang: CV. HEI PUBLISHING INDONESIA, 2025.
- T. Mulyono, Teknologi Beton. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2005.
- SNI 1974-2011, "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder," Standar Nas. Indones., p. 20, 2011.
- I. Dipohusodo, Struktur Beton Betulang. Jakarta, 1994.
- VEDRA, GHEA GARDITA ZORAYA (2019) "PEMANFAATAN KOMBINASI LIMBAH ABU BATU DAN ABU DASAR SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PAVING BLOCK". SI thesis, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Syarah, May, Afrizal Naumar, dan Eko Prayitno. Pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus untuk pembuatan paving block. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Universitas Bung Hatta, Vol. 1 No. 1 (2022)
- Prayogo, H. D. (2017). Analisa kuat tekan paving blok dengan abu batu sebagai bahan tambah (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto).
- Nugroho, I. D., & Sudjarmiko, A. (2020). Pemanfaatan abu batu dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan (Skripsi sarjana). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- SNI-03-2834-2000, "Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal," Standar Nas. Indones., vol. 3, p. 2834, 2000.
- American Society for Testing and Materials. "Standards Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate", No. ASTM C 136 – 04. Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2010). SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus. Jakarta: BSN.
- ASTM C496, "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens," ASTM Stand. B., pp. 545-545-3, 2008, doi: 10.1520/C0496.

LAMPIRAN

18%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	dspace.uui.ac.id Internet	231 words — 2%
2	repository.usm.ac.id Internet	225 words — 2%
3	vdokumen.com Internet	167 words — 1%
4	repository.ub.ac.id Internet	122 words — 1%
5	123dok.com Internet	94 words — 1%
6	repository.umsu.ac.id Internet	86 words — 1%
7	text-id.123dok.com Internet	77 words — 1%
8	library.binus.ac.id Internet	75 words — 1%
9	eskripsi.usm.ac.id Internet	66 words — 1%
10	repository.ummat.ac.id Internet	64 words — 1%
11	repositori.unsil.ac.id Internet	55 words — < 1%
12	pdfcoffee.com Internet	48 words — < 1%

[repository.unibos.ac.id](#)

13	Internet	42 words — < 1%
14	repositori.uma.ac.id Internet	38 words — < 1%
15	Tri Handayani, Sulardi Sulardi, Asri Wulan, Nazwa Adiesta Kurnia Putri, Sidik Lestiyono. "Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Organik sebagai Material Substitusi Semen", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2025 Crossref	35 words — < 1%
16	core.ac.uk Internet	35 words — < 1%
17	eprints.unimudasorong.ac.id Internet	35 words — < 1%
18	helmyabe.files.wordpress.com Internet	33 words — < 1%
19	www.scribd.com Internet	27 words — < 1%
20	etd.umy.ac.id Internet	25 words — < 1%
21	bbl-praditaaprilia.blogspot.com Internet	24 words — < 1%
22	repository.uma.ac.id Internet	21 words — < 1%
23	repository.unissula.ac.id Internet	20 words — < 1%
24	eprints.polbeng.ac.id Internet	19 words — < 1%
25	docplayer.info Internet	17 words — < 1%
26	repositori.usu.ac.id Internet	17 words — < 1%

27	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 Crossref	16 words — < 1%
28	www.coursehero.com Internet	16 words — < 1%
29	ejurnal.bunghatta.ac.id Internet	15 words — < 1%
30	repository.ubharajaya.ac.id Internet	15 words — < 1%
31	ejurnal.itenas.ac.id Internet	12 words — < 1%
32	ejurnal.poliban.ac.id Internet	12 words — < 1%
33	repository.unwira.ac.id Internet	12 words — < 1%
34	www.slideshare.net Internet	12 words — < 1%
35	I Nyoman Agus Sarmadika, I Wayan Artana, I Wayan Muka. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA DENGAN SERBUK KAYU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON", Widya Teknik, 2022 Crossref	11 words — < 1%
36	fadhilsii03.blogspot.com Internet	11 words — < 1%
37	keselamatanjalan.wordpress.com Internet	10 words — < 1%
38	repository.usd.ac.id Internet	10 words — < 1%
39	bukitmanusiabukit.blogspot.com Internet	9 words — < 1%

40	fr.scribd.com Internet	9 words — < 1 %
41	lib.unnes.ac.id Internet	9 words — < 1 %
42	magnesiumkarbonat.wordpress.com Internet	9 words — < 1 %
43	repository.uhn.ac.id Internet	9 words — < 1 %
44	repository.unhas.ac.id Internet	9 words — < 1 %
45	sice.umsida.ac.id Internet	9 words — < 1 %
46	Amir Kerisna Adi, Ratna Widyawati, Dikpride Despa. "STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON K-350 DENGAN ADITIF SUPERPLASTICIZER SIKA VISCOCRETE-3115 N", Jurnal Rekayasa Lampung, 2025 Crossref	8 words — < 1 %
47	M Agus Afifudin, Bella Lutfiani Al Zakina, Sujiat. "Studi Pemanfaatan Limbah Serat Gergaji Kayu dan Limbah Kertas Sebagai Campuran Beton Ringan", Seminar Nasional Teknik Sipil, 2024 Crossref	8 words — < 1 %
48	Meylinda Vricilia, Ahmad Ridwan, Agata Iwan Candra. "Kuat Tekan Pelat Beton Menggunakan Pasir Wlingi dan Wiremesh Diameter 4 mm", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2020 Crossref	8 words — < 1 %
49	Militia Cristy Londa, Rilya Rumbayan, Seska Nicolaas. "Uji Karakteristik Campuran Roller Compacted Concrete Menggunakan Fly Ash Dan Coconut Fiber", Jurnal Teknik Sipil Terapan, 2022 Crossref	8 words — < 1 %
50	Nirwana 9999. "Pengaruh jumlah semen dan fas terhadap kuat tekan beton dengan agregat yang berasal dari sungai", Open Science Framework, 2022 Publications	8 words — < 1 %

51	Tri Purnomo Adi. "PENGARUH PERAWATAN BETON (CURING) TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL", JITSi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 2023 Crossref	8 words — < 1%
52	adoc.pub Internet	8 words — < 1%
53	digilib.unila.ac.id Internet	8 words — < 1%
54	edoc.pub Internet	8 words — < 1%
55	ejournal.unsrat.ac.id Internet	8 words — < 1%
56	eprints.undip.ac.id Internet	8 words — < 1%
57	eprints.uny.ac.id Internet	8 words — < 1%
58	jcivil-upiypk.org Internet	8 words — < 1%
59	jurnal.poltekba.ac.id Internet	8 words — < 1%
60	kartikaputrikl17.wordpress.com Internet	8 words — < 1%
61	repo.bunghatta.ac.id Internet	8 words — < 1%
62	repository.its.ac.id Internet	8 words — < 1%
63	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet	8 words — < 1%
64	Jusuf Wilson Meynerd Rafael, Alva Yuventus Lukas. "Kajian Laboratorium Kuat Tarik Belah Beton Egg	7 words — < 1%

65 Sudarsono, Ignatius. "Durabilitas Beton Dengan Bahan Substitusi Untuk Konstruksi di Lingkungan Laut", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024

ProQuest

7 words — < 1%

66 jurnal.untan.ac.id

Internet

7 words — < 1%

67 maureza.wordpress.com

Internet

7 words — < 1%

68 Naila Amrillah, Edison Hatoguan Manurung, Dwi Purwanto. "Pemanfaatan Limbah Serat Tembaga terhadap Nilai Kuat Tekan dan Nilai Tarik Belah Beton pada Perkerasan Kaku", NUCLEUS, 2022

Crossref

6 words — < 1%

69 Stenly Roike Ibo, Irianto, Didik S. S. Mabui. "ANALISIS KUAT TEKAN BETON NORMAL MENGGUNAKAN AGREGAT LOKAL KABUPATEN SARMI DENGAN VARIASI AIR PERENDAMAN", Jurnal Teknik AMATA, 2025

Crossref

6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE SOURCES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF