TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ABU AMPAS KOPI DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DALAM KUAT TEKAN BETON

(Studi Penelitian)

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

FADILA SHOVIATUNISA

2207210091

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Fadila Shoviatunisa
Npm	: 220720091
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pemanfaatan Abu Ampas Kopi dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dalam Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu	: Struktur

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

Medan, 04 September 2026

Dosen Pembimbing

Ir. Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T.,

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Fadila Shoviatunisa
Npm	: 220720091
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pemanfaatan Abu Ampas Kopi dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dalam Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu	: Struktur

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

Medan, 04 September 2026

Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing

Ir. Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T.,

Dosen Pembanding I

Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding II

Assoc. Prof. Fahrizal Zurkanain, S.T.,M.Sc.,Ph.D., IPM

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama	: Fadila Shoviatunisa
Tempat, tanggal lahir	: Medan, 11 Desember 2004
Npm	: 2207210091
Fakultas	: Teknik
Program studi	:Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul ''Pemanfaatan Abu Ampas Kopi dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dalam Kuat Tekan Beton".

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya kaena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukanmerupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat penyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak ada tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 04September 2026

Saya yang menyatakan



Fadlta Shoviatunisa

ABSTRAK

PEMANFAATAN ABU AMPAS KOPI DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DALAM KUAT TEKAN BETON

Fadila Shoviatunisa

2207210091

Ir. Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T.,

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton menggunakan bahan ramah lingkungan, ekonomis, dan mampu meningkatkan kinerja beton sekaligus mengurangi dampak lingkungan, salah satunya limbah organik ampas kopi dari industri kafe dan rumah tangga. Pengujian ini dengan penambahan bahan antara abu ampas kopi dan silika fume menjadi bahan alternatif dari berat semen. Maka dari itu, studi ini dilaksanakan untuk mengevaluasi dampak dari substitusi parsial semen menggunakan abu ampas kopi dan silika fume terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Penelitian ini memberikan efek kombinasi material tersebut yang diaplikasi kan dengan variasi sebesar AAK 2% + SF 4% dan AAK 4% + SF4% dari berat semen masing – masing. Analisis data menunjukan bahwa kinerja kuat tekan paling optimal dicapai oleh beton dengan variasi 1 (AAK 2% + SF4%). Dengan nilai kuat tekan sebesar 21,33 Mpa, variasi ini hanya menunjukan penurunan sebesar 4,2% jika dibandingkan dengan beton normal (22,27 Mpa). Sebaliknya kinerja terendah pada variasi 2 (AAK 4% + SF 4%) yang mengalami penurunan sifat elastis secara signifikan sebesar 12% hingga mencapai nilai 19,44 Mpa. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas paling optimal dicapai pada variasi 1(AAK 2% + SF4%) sebesar 23077,14 Mpa variasi ini hanya menunjukan penurunan sebesar 2,9% jika dibandingkan dengan beton normal (23786,43 Mpa). Lalu kinerja terendah terjadi juga pada variasi 2 (AAK 4% + 4%) menurun sebesar 9% mencapai nilai sebesar 21416,14 Mpa. Temuan ini mengindikasikan bahwa aplikasi gabungan abu ampas kopi dan silika fume berpotensi sebagai material sebtitusi semen selama proporsi penggunaanya terkendali dalam batas persentase yang efektif.

Kata Kunci : *Abu Ampas Kopi, Silika Fume, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas*

ABSTRACT

UTILIZATION OF COFFEE GROUNDS ASH AND SILICA FUME AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR CEMENT IN COMPRESSIVE STRENGTH CONCRETE

Fadila Shoviatunisa

2207210091

Ir. Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T.,

This research was carried out to improve the quality of concrete using environmentally friendly, economical materials, and able to improve concrete performance while reducing environmental impact, one of which is organic waste from coffee grounds from the café and household industries. This test with the addition of materials between coffee grounds ash and silica fume became an alternative material from cement weight. Therefore, this study was carried out to evaluate the impact of partial substitution of cement using coffee grounds ash and silica fume on the compressive strength and modulus of elasticity of concrete. This study provides the effect of the combination of these materials which is applied with variations of AAK 2% + SF 4% and AAK 4% + SF4% of the weight of cement respectively. Data analysis showed that the most optimal compressive strength performance was achieved by concrete with a variation of 1 (AAK 2% + SF4%). With a compressive strength value of 21.33 Mpa, this variation only shows a decrease of 4.2% when compared to normal concrete (22.27 Mpa). On the other hand, the lowest performance was in variation 2 (AAK 4% + SF 4%) which experienced a significant decrease in elastic properties by 12% to reach a value of 19.44 Mpa. As for the optimal modulus of elasticity value, it was achieved at variation 1 (AAK 2% + SF4%) of 23077.14 Mpa, this variation only showed a decrease of 2.9% when compared to normal concrete (23786.43 Mpa). Then the lowest performance also occurred in variation 2 (AAK 4% + 4%) decreased by 9% to reach a value of 21416.14 Mpa. These findings indicate that the combined application of coffee grounds ash and silica fume has the potential to be a cement cement substitute material as long as the proportion of its use is controlled within an effective percentage limit.

Keywords: *Coffee Grounds Ash, Silica Fume, Compressive Strength, Modulus Of Elasticity*

KATA PENGANTAR

Assalamualikum Wr Wb

Bismillahirrahmanirahim

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nyah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul *"Pemanfaatan Abu Ampas Kopi dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dalam Kuat Tekan Beton"* sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil, fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

Shalawat dan salam tak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia. dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
2. Bapak Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang ikut hadir dalam proses pengujian tugas akhir.
3. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen Pembanding I yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
4. Bapak Assoc. Prof. Fahrizal Zurkanain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, selaku Dosen Pembanding II yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
5. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Kahirul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Desan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu Teknik Sipil yang sangat bermanfaat kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teruntuk ayahanda Prayitno *rahimahullah*, seseorang yang merupakan cinta pertama penulis dan tepat tahun ini tanpa pelukan hangatnya beliau. Beliau yang selalu kami rindukan dan selalu menjadi alasan kami untuk kuat dan terus berkembang. Jika beliau sekarang di hadapan saya, Bapak, Alhamdulillah kini anak perempuan kesayangan bapak sudah di tahap ini menyelesaikan karya tulis nya dan semua ini di persembahkan untuk Bapak Tercinta. Terimakasih atas segala yang telah engkau usahakan.
11. Teruntuk pintu surgaku ibunda tercinta Sri Yatminingsing yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan dukungan, kasih sayangnya serta doa – doa yang tiada henti yang tak ternilai kepada penulis.
12. Kepada kakak (Adisti) dan adik (Muhammad Fahrezi) penulis yang telah memberikan dukungan serta doa – doa yang tiada henti untuk penulis.
13. Sahabat – sahabat penulis terutama terutama rekan penelitian penulis Ninda Aulia Azhari, Salsabiella serta rekan-rekan Teknik Sipil, terimakasih atas segala semangat, doa serta dukungan yang luar bisa serta memberikan masukan masukan yang bermanfaat pada proses penyelesaian laporan ini.

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

Medan, 7 September 2025

Penulis

Fadila Shoviatunisa

NPM. 2207210091

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penelitian 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Abu Ampas Kopi 5
2.2 Silica Fume 8
2.3 Slump Test 9
2.4 Kuat Tekan 10
2.4 Modulus Elastisitas 10
BAB 3 METODE PENELITIAN 12
3.1 Bagan Alir Penelitian 12
3.2 Metode Penelitian 13
3.3 Tahapan Penelitian 13
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian 15
3.5 Sumber dan Teknik Pengambilan Data 15
3.5.1 Data Primer 15

3.5.2 Data Sekunder 15
3.6 Alat dan Bahan 16
3.6.1 Alat 16
3.6.2 Bahan 19
3.7 Persiapan Penelitian 22
3.8 Langkah – Langkah Pengujian 22
3.9 Pemeriksaan Agregat Halus 22
3.9.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 23
3.9.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 23
3.9.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus 25
3.9.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 25
3.9.5 Berat Isi Agregat halus 26
3.10 Pemeriksaan Agregat Kasar 27
3.10.1 Analisa Saringan Agregat Kasar 27
3.10.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 27
3.10.3 Kadar Air Agregat kasar 28
3.10.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar 29
3.10.5 Berat Isi Agregat Kasar 29
3.11 Pembuatan Benda Uji 29
3.12 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton (mix design) Standar Menurut (SNI 03-2834-2000) 30
3.13 Pengujian Slump Test 37
3.14 Perwatan Benda Uji 38
3.15 Pengujian Kuat Tekan Menurut (SNI 1974-2011) 38
3.16 Modulus Elastisitas Menurut (SNI 2847:2019) 40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Umum 41
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus 41
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus 41
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 42
4.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus 43
4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 44

4.2.5 Berat Isi Agregat Halus 44
4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar 45
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar 45
4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 46
4.3.3 Kadar Air Agregat kasar 47
4.3.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar 48
4.3.5 Berat Isi Agregat Kasar 48
4.4 Perencanaan Campuran Beton 49
4.5 Pengujian Slump Test 49
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan 51
4.7 Hasil Modulus Elastisitas 53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 56
5.1 Kesimpulan 56
5.2 Saran 57
DAFTAR PUSTAKA 58
LAMPIRAN 62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Abu Ampas Kopi 5
Tabel 3. 1 Persamaan menghitung berat jenis agregat halus 24
Tabel 3. 2 Persamaan Berat Jenis Agregat Kasar 28
Tabel 3. 3 Jumlah Benda Uji Penelitian 29
Tabel 3. 4 Nilai tambah margin 30
Tabel 3. 5 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton dengan Faktor Air Semen & Agregat Kasar digunakan di Indonesia 31
Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimun&Faktor Air Semen Maksimum 32
Tabel 3. 7 Kebutuhan bahan setiap variasi dengan umur 28 hari 36
Tabel 3. 8 Nilai slump (SNI 7656:2016) 37
Tabel 4. 1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregar Halus 41
Tabel 4. 2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 42
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus 43
Tabel 4. 4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus 44
Tabel 4. 5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus 44
Tabel 4. 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar 45
Tabel 4. 7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 46
Tabel 4. 8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar 47
Tabel 4. 9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 48
Tabel 4. 10 Pemeriksaan berat Isi Agregat Kasar 48
Tabel 4. 11 Hasil Pemeriksaan Agregat 49
Tabel 4. 12 Hasil pengujian slump 50
Tabel 4. 13 Hasil Uji Kuat Tekan selama 28 Hari 51
Tabel 4. 14 Berat Jenis Sampel Beton 54
Tabel 4. 15 Modulus Elatisitas Sampel Beton 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik hasil penelitian terdahulu kuat tekan menurut Hartini. 2021 6
Gambar 2. 2 Grafik hasil penelitian terdahulu kuat tekan menurut Ataya Nabila Panjaitan dkk., 2021 7
Gambar 2. 4 Ilustrasi Uji Kuat Tekan 40
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian 12
Gambar 3. 2 Satu Set Saringan Agregat Halus 16
Gambar 3. 3 Satu Set Saringan Agregat Kasar 16
Gambar 3. 4 Timbangan Digital 17
Gambar 3. 5 Oven 17
Gambar 3. 6 Sekop Tangan 17
Gambar 3. 7 Plastik 18
Gambar 3. 8 Cetakan Silinder 18
Gambar 3. 9 Gelas Ukur 18
Gambar 3. 10 Mesin Mixer Beton 19
Gambar 3. 11 Satu ser Slump Test 19
Gambar 3. 12 Mesin Uji Kuat Tekan 19
Gambar 3. 13 Agregat Kasar 20
Gambar 3. 14 Agregat Halus 20
Gambar 3. 15 Semen 21
Gambar 3. 16 Ampas Kopi 21
Gambar 3. 17 Silika Fume 22
Gambar 3. 18 Hubungan Faktor Air Semen Dan Kuat Tekan Beton 32
Gambar 3. 19 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat 34
Gambar 3. 20 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton 35
Gambar 3. 21 Benda Uji Beton Silinder 36
Gambar 3. 22 Ilustrasi Uji Kuat Tekan 40
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus 42
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar 46
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Slump 50

Gambar 4. 4 Pengujian Slump Test Beton Normal dan Beton Variasi 1(AAK 2%+SF4%) dan Variasi 2 (AAK 4%+SF4%) 50
Gambar 4. 5 Grafik Diagram Rata – Rata Kuat Tekan 52
Gambar 4. 6 Pengujian Kuat Tekan 52
Gambar 4. 7 Grafik Diagram Rata -Rata Modulus Elastisitas 54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian 57

Lampiran 2 Dokumentasi 63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas bahan dengan menggunakan bahan – bahan yang tersedia, ramah lingkungan dan ekonomis dengan mengidentifikasi bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan alternatif dalam campuran beton sehingga mampu meningkatkan kinerja beton sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Salah satunya limbah organik yang dihasilkan dari konsumsi kopi yang semakin meningkat, khususnya dari industri kafe dan rumah tangga. Limbah ini sering kali tidak dimanfaatkan dan berpotensi mencemari lingkungan.

Menurut Hartini (2021), limbah ampas kopi yang telah melalui proses pembakaran, ampas kopi menghasilkan abu yang mengandung kadar silika tertentu. Ampas kopi mengandung kalium dan kalsium, seperti yang diketahui unsur – unsur tersebut yang merupakan unsur penyusun semen, sehingga memungkinkannya adanya kaitan reaksi aktif antara abu ampas kopi pada campuran beton. Penggunaan abu ampas kopi dalam jumlah yang kecil dapat memungkinkannya, dikarenakan kuat tekan dari presentase abu ampas kopi dalam jumlah yang kecil meningkat dari beton normal. pH ampas kopi sedikit asam, berkisar 6,2 pada skala pH. Selain itu, ampas kopi mengandung sulfur dan kalsium.

Di sisi lain, *silica fume* merupakan material halus yang kaya akan silika dan merupakan hasil samping dari industri sillicon ferro. *Silica fume* berwarna abu-abu dan mempunyai diameter berukuran antara 0,1 sampai 0,2-micron meter atau sekitar 1/100 ukuran semen. Karena material *silica fume* merupakan hasil samping industri, maka material tersebut relatif mudah untuk didapatkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan *silica fume* dapat mempengaruhi sifat-sifat beton seperti: meningkatkan kuat tekan dan durabilitas beton karena dapat memperkecil volume pori di dalam beton. Hal tersebut disebabkan karena *silica fume* mempunyai efek pozzolan dan inert filler yang dapat mengisi rongga antara pasta semen dan agregat (Sutriono *dkk*, 2018). *Silica fume* sebagian besar terdiri

dari silikon dioksida (SiO_2), dengan kandungan di atas 85 % dan bisa mencapai 99% Selain SiO_2, *silica fume* juga mengandung senyawa lain seperti alumina (Al_2O_3) dalam jumlah kecil.

Abu ampas kopi sebagai bahan subsitusi dalam beton mulai banyak diteliti karena sifat fisik dan kima yang dimilikinya berpotensi memengaruhi kinerja beton, khususnya kuat tekan. Ampas kopi yang telah dibakar atau dikalsinasi biasanya menghasilkan abu dengan kandungan silika (SiO_2) dalam jumlah tertentu, tetapi penggunaanya perlu dibatasi pada kadar yang tepat agar tidak mengurangi mutu beton. Dalam bahan substitusi semen dapat memengaruhi struktur mikro pasta semen, kerapatan pori dan ikatan antarbutir agregat, sehingga berdampak langsung pada kuat tekan. Beberapa studi bahkan menemukan bahwa pada kadar tertentu abu ampas kopi justru memperbaiki karakteristik beton, tetapi pada kadar yang terlalu besar akan mengganggu proses hidrasi dan menurunkan kepadatan beton. Karena itu, kajian tentang abu ampas kopi penting dilakukan untuk mengetahui batas optimum penggunaannya sebagai substitusi sebagian semen. Namun, pengaruh ampas kopi terhadap kuat tekan sangat bergantung pada tingkat kehalusan, komposisi kimia, metode pembakaran, serta persentase substitusi terhadap semen. Dengan demikian, ampas kopi memiliki potensi sebagai bahan tambahan ramah lingkungan dengan tujuan untuk dapat meningkatkan kinerja beton, tetapi efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh proses pemprosesan dan proporsi penggunaannya dalam campuran beton.

Untuk itu perlu dilakukan kajian dalam penggunaan limbah ampas kopi tersebut agar dapat digunakan kembali. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengatahui apakah mutu beton yang direncanakan dapat tercapai bila variasi yang digunakan dalam jumlah kecil serta adanya penambahan *silica fume* yang akan digabungkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat diambil bahwa rumusan masalah yang terjadi sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh nilai kuat tekan beton dengan penambahan unsur abu ampas kopi dan *silica fume* pada umur 28 hari?

2. Berapa persentase optimal penambahan abu ampas kopi dan *silica fume* dalam campuran beton untuk menghasilkan sifat mekanis yang optimal?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dilakukan bertujuan untuk membatasi lingkup masalah yang dibahas dengan tujuan agar penelitian ini terarah sesuai dengan hal – hal yang sudah ditentukan. Adapun pembatasan masalah, yakni antara lain :

1. Mutu beton rencana yang digunakan adalah $f'c$ 20 Mpa.
2. Beton yang akan diteliti merupakan beton campuran.
3. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder yang memiliki tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
4. Ampas kopi berasal dari sisa limbah kafe atau rumah tangga.
5. Bahan tambahan yang digunakan adalah abu ampas kopi dengan variasi 2%, 4% dan *silica fume* 4% dari berat semen.
6. Pengujian kuat tekan beton yang diberikan campuran abu ampas kopi dan *silica fume* adalah 28 hari.
7. Analisa modulus elastisitas beton dilakukan pada umur 28 hari.
8. Kopi yang digunakan tidak membatasi penggunaan merek tertentu.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan tujuan, antara lain :

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan abu ampas kopi dan *silica fume* terhadap nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari.
2. Untuk mengetahui hasil kinerja mekanis yang maksimal dalam persentase optimal dalam penambahan abu ampas kopi dan *silica fume* dalam campuran beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Penelitian ini dapat memberikan alternatif baru dalam penggunaan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan abu ampas kopi dan *silica fume* sebagai bahan tambahan dalam campuran beton.
2. Penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran disetiap kalangan mahasiswa, akademisi, dan praktisi tentang pentingnya penggunaan material ramah lingkungan dalam pembangunan infrastruktur.

1.6 Sistematika Penelitian

Dalam menyususn skripsi ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Dalam bab ini menguraikan dan membahas tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data dan analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran – saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abu Ampas Kopi

Abu ampas kopi merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penyeduhan atau ekstraksi biji kopi. Secara kimiawi, ampas kopi mentah mengandung lignoselulosa tinggi (selulosa 8-15%, hemiselulosa, dan lignin), protein, lemak, serta senyawa bioaktif seperti polifenol dan kafein sisa; namun, setelah dikonversi menjadi abu melalui pembakaran, komposisinya berubah menjadi material pozzolanik yang potensial untuk konstruksi beton karena kandungan silika (SiO_2) dominan mencapai 14,65-50% tergantung metode pembakaran, disertai oksida lain seperti CaO, MgO, K_2O, dan Fe_2O_3 dalam jumlah rendah. Sifat pozzolanik ini muncul dari reaksi silika amorf dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dari hidrasi semen Portland, menghasilkan senyawa calcium silicate hydrate (C-S-H) tambahan yang mengisi pori-pori pasta semen, sehingga meningkatkan densitas, mengurangi porositas, dan memperkuat ikatan matriks beton secara keseluruhan (Veronica *dkk.*, 2025)

Tabel 2. 1 Kandungan Abu Ampas Kopi

Kandungan	Abu Ampas Kopi dari Berat (%)
Silica (SiO_2)	14.65
Kalium Oksida (K_2O)	47.45
Aluminium Oksida (AI_2O_3)	12.07
Kalsium Oksida (CaO)	13.05
Difosfor Pentoksida (P_2O_5)	3.40
Besi (III) Oksida (Fe_2O_3)	4.50
Natrium Oksida Na_2O	0.50

Sumber : Reta Yomiyu and Mahto Shivakumar., (2022)

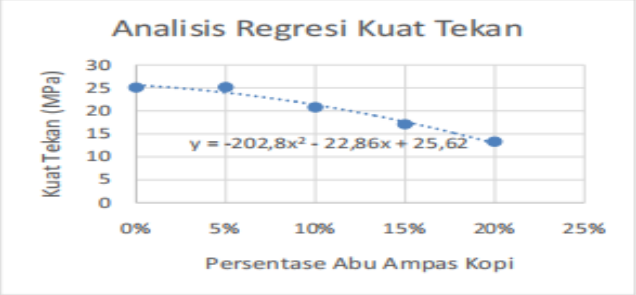
Penelitian ini didasari oleh penilitian-penelitian sebelumnya, yaitu Hartini, 2021 meneliti tentang abu ampas kopi sebagai subtitusi persial semen pada kuat tekan. Pada penelitian digunakan 4 variasi komposisi yaitu beton tanpa substitusi abu ampas kopi dan penambahan abu ampas kopi 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap berat semen. Pengujian ini meliputi uji karakterstik dan kuat tekan beton yang dilakukan pada umur perawatan 3, 7 dan 28 hari, dengan benda uji silinder dimensi 15 cm x 30 cm. Mutu beton rencana yaitu 20 Mpa. Hasil dari nilai uji kuat tekan normal umur 3 hari sebesar 7,98 MPa, umur 7 hari sebesar 12,98 MPa, dan 28 hari sebesar 20,01 MPa, pada persentase 2,5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari sebesar 8,27 MPa, umur 7 hari 13,66 MPa, dan umur 28 hari sebesar 20,97 MPa, pada persentase 5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari 8,17 MPa, umur 7 hari 13,37 MPa, umur 28 hari 20,68 MPa, pada persentase 7,5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari 8,08 MPa, umur 7 hari 13,18 MPa, dan 28 hari sebesar 20,39 MPa². Dari hasil rata-rata uji kuat tekan umur 28 hari diperoleh bahwa persentase 2,5%, 5%, dan 7,5% mengalami peningkatan berkisar 1,54%-5,24% terhadap nilai kuat tekan beton normal. Bahwa semakin kecil persentase substitusi, semakin besar kemungkinan peningkatan kuat tekan yang terjadi. Dengan demikian, bahwa substitusi abu ampas kopi sebesar 2,5% –7,5% (pada 28 hari) akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton normal.



Gambar 2. 1 Grafik hasil penelitian terdahulu kuat tekan menurut Hartini. 2021

Berdasarkan penelitian dari Panjaitan *dkk.,* 2021, meneliti tentang pengaruh abu ampas kopi sebagai pengganti semen. Pada penelitian ini, abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Ampas kopi yang digunakan berupa abu dan diayak dengan saringan No. 100. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 30 cm x 15 cm dengan masing-masing

variasi 5 buah benda uji untuk pengujian yaitu kuat tekan. Kuat tekan rencana beton adalah f'c 25 (beton normal). Pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal yang dihasilkan sebesar 25.10543 MPa. Nilai kuat tekan beton menggunakan abu ampas kopi dengan persentase 5 % sebesar 25.18956 MPa, persentase 10 % sebesar 20.79872 MPa, persentase 15 % sebesar 17.10117 MPa, dan persentase 20 % sebesar 13.28807 MPa. Pada persentase yang lebih besar, bahwa abu ampas kopi tidak mampu menggantikan fungsi semen sebagai bahan pengikat karena kandungan silika reaktifnya rendah, sehingga diprediksi kuat tekan akan menurun. bahwa penggunaan abu ampas kopi hanya akan memberikan efek positif pada kadar rendah (sekitar 5%), sedangkan pada kadar di atasnya akan menyebabkan penurunan kekuatan dan ketahanan beton secara signifikan.



Gambar 2. 2 Grafik hasil penelitian terdahulu kuat tekan menurut Ataya Nabila Panjaitan *dkk*., 2021

Berdasarkan penelitian Rizal *dkk.*, (2020) meneliti tentanng pemanfaatan abu ampas kopi sebagai pengganti sebagian semen dalam beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan modulus elastisitas dengan bahan tambah abu ampas kopi terhadap berat semen. Penggunaan abu ampas kopi pada penelitian ini yakni 0%, 5%, 10%, 15% pada 28 hari. Dengan benda uji kubus dan silinder Perolehan abu ampas kopi yang sudah dibersihkan dan dikeringkan lalu proses pembakaran pada suhu 500^{o}C. Hasil penelitian menunjukkan pada penambahan 0% mengasilkan kuat tekan sebesar 24,3 Mpa, 5% sebesar 23,1 Mpa, lalu pada 10% menghasilkan sebesar 21,8 Mpa, dan pada 15% sebesar 19,6 Mpa. Sedangkan pada penambahan 0% menghasilkan modulus elastisitas sebesar 23,1 Gpa, 5% sebesar 22,4 Gpa, serta pada 10% sebesar 21,2 Gpa, dan pada 15% sebesar 19,5 Gpa. Maka

dalam penggunaan abu ampas kopi mengalami peningkatan optimal (5%), sementara penggantian tinggi (15%) akan mengalami penurunan performa karena kurangnya hidrasi semen aktif.

2.2 *Silica Fume*

Silica fume merupakan hasil sampingan dari proses industri silikon dan ferosilikon, yang terutama terdiri dari silika amorf (SiO_2) dengan ukuran partikel yang sangat kecil. Kandungan SiO_2 di dalam **silica fume** sangat tinggi dan merupakan bahan yang sangat halus, berbentuk butiran kecil, sering disebut mikro silika. *Silica fume* memiliki kandungan SiO_2 lebih dari 85%. Ada beberapa kauntungan saat menggunakan *silica fume* dalam pembuatan beton berkualitas tinggi, diantaranya : meningkatkan workability dalam waktu yang lebih panjang, meningkatkan stabilitas dan serapan campuran beton segar, meningkatkan katahanan beton secara signifikan, mengurangi penyerapan air dalam beton, mengurangi gas yang terdapat di dalam beton, meningkatkan ketahanan terhadap kerbonasi secara signifikan, mengurangi perembesan klorida dalam beton, serta memberikan kekuatan baik pada tahap awal maupun akhir yang tinggi (Technical data sheet Sika Fume, PT Sika Indonesia).

Menurut Choubdar (2012), *silica fume* adalah mineral tambahan yang berfungsi sebagai material pozzolan halus. Fungsi dari *silica fume* ialah sebagai pengisi dan bahan pozzolan yang berinteraksi secara kimia dalam adonan beton. Ukuran partikel *silica fume* sangat kecil, berkisaran antara 0,1 hingga 1 mikron, yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan partikel semen yang berkisaran anatara 5 hingga 50 mikron. Dengan partikel yang sangat kecil, *silica fume* mampu mengisi ruang kosong diantara butiran semen, sehingga memungkinkan campuran beton untuk mengalami proses penjenuhan yang lebih baik, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.

Penelitian ini didasari oleh penilitian-penelitian sebelumnya, yaitu Nugroho and Azman, 2024 meneliti tentang pengaruh penambahan silika fume terhadap kuat tekan beton . Pada penelitian menggunakan Silika fume dengan persentase 0%, 4%, 7%, dan 10% dari berat semen. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang dilakukan dilakukan di laboratorium Dinas PU pada umur 28 hari dari beton normal

diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,03 Mpa, beton dengan tambahan Silika fume 4% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 1,59% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,46 Mpa, beton dengan tambahan Silika fume 7% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 8,38% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 24,76 Mpa, dan beton dengan tambahan Silika fume 10% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 26,89% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 19,76 Mpa.

2.3 Slump Test

Menurut Standar Indonesia SNI (03-1972-2008), Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Fungsi utama slump test adalah untuk mengetahui kelecakan (consistency) beton segar, yang menjadi tolok ukur apakah beton tersebut mudah dikerjakan, dapat dipadatkan dengan baik, dan tidak terlalu encer atau terlalu kaku untuk kondisi pengecoran tertentu. Dengan pemeriksaan slump, pihak pengawas lapangan dapat memutuskan apakah beton layak cor, perlu penyesuaian, atau harus ditolak jika nilai slump berada di luar toleransi yang ditetapkan.

Pengujian slump dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi beton segar dan menggambarkan tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton. Nilai slump yang lebih tinggi pada umumnya menunjukkan campuran yang lebih mudah mengalir dan dikerjakan, sedangkan nilai slump yang lebih rendah menunjukkan campuran yang lebih kaku. Namun, nilai slump tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya parameter untuk menilai seluruh karakteristik beton segar karena hasilnya dipengaruhi oleh komposisi material, kadar air, gradasi agregat, serta penggunaan bahan tambah (Hoang & Pham, 2016).

Hasil slump dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: proporsi campuran (jumlah semen, air, agregat, dan admixture), ukuran dan bentuk agregat, kadar air, penggunaan bahan tambah seperti *silica fume* atau pozzolan, suhu lingkungan, dan waktu antara pencampuran dan pengujian. Penambahan air secara berlebihan di lapangan untuk meningkatkan slump dapat menurunkan kuat tekan beton dan meningkatkan risiko segregasi, sehingga perubahan slump di lapangan sebaiknya

dikendalikan melalui penyesuaian campuran yang terkontrol atau penggunaan admixture yang sesuai, bukan sekadar menambah air (Megacon Beton, 2026).

2.4 Kuat Tekan

Menurut Neville (2011) Kuat tekan beton (fc') didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk menahan beban aksial tekan per satuan luas hingga mengalami keruntuhan. Parameter ini merupakan indikator kualitas utama dalam industri konstruksi karena secara umum, sifat-sifat beton lainnya seperti modulus elastisitas, ketahanan terhadap permeabilitas, dan kuat tarik berkorelasi positif dengan nilai kuat tekannya.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu diantaranya kualitas semen yang digunakan, yang menentukan kekuatan pasta semen sebagai pengikat lalu faktor air semen (FAS), yaitu perbandingan antara berat air dan berat semen, di mana FAS yang lebih rendah umumnya menghasilkan kuat tekan lebih tinggi asalkan workability tetap memadai, berikutnya kualitas dan kekuatan agregat, termasuk nilai abrasi agregat kasar dan luas permukaan agregat yang memengaruhi ikatan dengan pasta semen, lali interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, yang dipengaruhi oleh rasio agregat semen dan kebersihan permukaan agregat, kemudian proporsi bahan penyusun campuran (semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan admixture), lalu metode pencampuran, pengangkutan, dan pemadatan beton, yang memengaruhi homogenitas dan kepadatan beton, dan perawatan (curing) beton, yang menjaga kelembapan dan suhu agar hidrasi semen berlangsung optimal; serta umur beton, karena kuat tekan beton meningkat seiring waktu seiring berlanjutnya proses hidrasi. Faktor lingkungan saat pengecoran, seperti suhu dan kelembapan udara, juga memengaruhi perkembangan kuat tekan beton, terutama pada tahap awal (Amelia *dkk*., 2021).

2.4 Modulus Elastisitas

Menurut Hernández & Gil-Martín (2023) modulus elastisitas merupakan sifat mekanik fundamental yang sangat penting dalam perencanaan struktur beton. Nilai ini secara langsung mempengaruhi perhitungan lendutan (defleksi), lebar retak, dan

distribusi gaya pada elemen struktur. Dalam praktik, modulus elastisitas menjadi acuan utama untuk memastikan struktur memenuhi persyaratan kinerja layanan (serviceability), seperti kenyamanan dan keamanan fungsional bangunan.

Perbandingan antara tegangan tekan dan regangan tekan pada daerah perilaku beton yang masih mendekati linier, sehingga menunjukkan seberapa besar beton akan berdeformasi (memendek) ketika diberi beban tekan tertentu. Dalam konteks beton, modulus elastisitas tidak diukur secara langsung sebagai sifat material dasar seperti pada baja, melainkan ditentukan sebagai turunan (fungsi empiris) dari kuat tekan beton (f'c), karena kuat tekan lebih mudah diuji dan memiliki korelasi yang kuat dengan kekakuan beton (ACI 318, 2019).

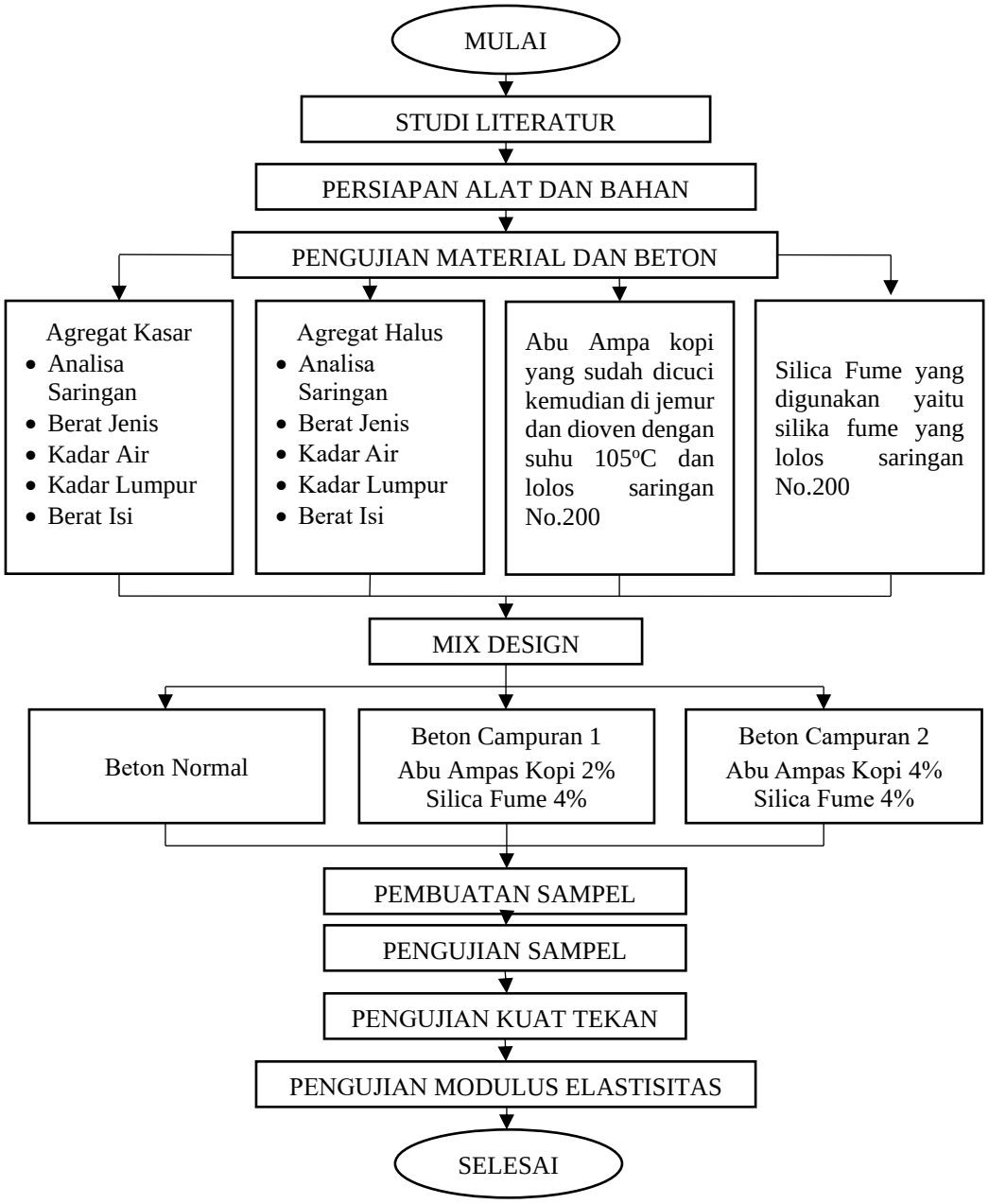
Wok dan Fanourakis (2022) menyatakan bahwa kajian mengenai faktor-faktor yang memengaruhi modulus elastisitas beton. Penelitian tersebut menyatakan bahwa modulus elastisitas tidak hanya dikendalikan oleh kuat tekan beton, tetapi juga dipengaruhi secara signifikan oleh jenis agregat dan densitas beton. Temuan ini sangat relevan dalam penelitian beton substitusi karena perubahan bahan penyusun dapat mengubah berat isi, struktur pori, dan kekakuan beton, walaupun nilai kuat tekan yang diperoleh mendekati sama.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah sebuah bagan alir dari penelitian penggunaan abu ampas kopi dan *silica fume* yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan seperangkat pedoman, produser, dan metode yang diterapkan oleh para peneliti dalam merancang, melaksanakan serta menganalisis penelitian dengan cara yang teratur dan efektif. Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode experiment penggunaan abu ampas kopi dan *silica fume*, dimana dilakukan percobaan – percobaan untuk mendapatkan data atau hasil yang diperlukan.

3.3 Tahapan Penelitian

Proses penelitian terdiri dari serangkaian langkah yang telah dirancang dan akan dilaksanakan dalam proses pembuatan beton dengan berbagai prosedur untuk mencapai hasil penelitian yang optimal sesuai dengan standar yang ada. Beberapa tahapan tersebut adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Studi Literatur

   Sebeleum memulai atau melaksanakan penelitian, sebuah tinjauan literatur dilakukan pada topik penelitian yang dapat dijadikan rujukan untuk studi yang akan dilakukan. Tinjauan ini bertujuan untuk menemukan standar pada setiap ujian yang akan diadakan dalam penelitian ini.
2. Persiapan Alat dan Bahan

   Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk memastikan material dan alat yang akan digunakan. Material harus disiapkan seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta abu ampas kopi dan *silica fume*.
3. Pengujian Meterial

   Pengujian material dilakukan untuk memastikan kondisi material sesuai dengan acuan yang sudah disiapkan sebelumnya. Pengujian yang dilakukan adalah pemeriksaan berat jenis, berat isi, kadar air, kadar lumpur, analisa saringan dan keausan pada material yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
4. Abu Ampas Kopi

   Limbah ampas kopi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah limbah ampas kopi dari penyeduhan kopi di kafe atau rumah tangga. Ampas kopi tersebut lalu dicuci hingga bersih, lalu proses pengeringan dilakukan dengan

cara di jemur dan oven pada suhu $\pm$ 105 $°C$ selama $\pm$ 24 jam untuk menghilang kadar air pada ampas kopi, lalu ayak abu ampas kopi menggunakan saringan No. 200.

5. *Silica Fume*

   silica fume berperan sebagai pengisi dan bahan pozzolan yang berinteraksi secara kimia dalam adonan beton.

6. Mix Design

   Perencanaan campuran (mix design) dilaksnakan untuk menetapkan perbandingan bahan dalam adukan beton supaya memperoleh karakteristik dan performa yang diinginkan. Proses ini mengikuti pedoman standarisasi SNI 2834-2000. Hasil dari perhitungan ini diperoleh melalui perbandingan rasio antara agregat kasar, agregat halus, air dan semen.

7. Pembuatan Sampel

   Setelah perhitungan mix design selesai, pembuatan sampel dilakukan dengan menggunakan rasio yang sudah diperoleh sebelumnya dengan menggabungkan semua bahan, yaitu : agregat kasar, agregat halus, air, semen serta bahan tambahan seperti abu ampas kopi dan *silica fume.*

8. Pengujian Slump

   Pengujian slump bertujuan untuk mengevaluasi kekentalan atau konsistensi dari campuran beton segar. Kegiatan ini dilaksanakan untuk menilai workability dari beton segar yang dicampur.

9. Pengujian Kuat Tekan

   Uji kuat tekan dilakukan ketika beton telah berusia 28 hari, yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana beton mampu menahan beban tekan hingga mencapai batas maksimalnya.

10. Analisis Modulus Elastisitas

    Analisis modulus elastisitas dilakukan setelah dilakukan uji kuat tekan. Modulus elastisitas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana beton dapat mengalami deformasi ketika diberi beban.

11. Pembahasan Dan Kesimpulan

    Setelah memperoleh nilai modulus elastisitas, maka semua tahap dalam pembuatan beton selesai. Hal terakhir yang dilakukan adalah mencatat, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan mei 2026.

3.5 Sumber dan Teknik Pengambilan Data

3.5.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, yaitu :

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968-1990)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1970-2016)
3. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998)
4. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011)
5. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI S-04-1998-F,1989)
6. Perencanaan campuran beton (*mix design*) (SNI 03-2834-2000)
7. Slump Test (SNI 1972-2008)
8. Pembuatan dan perwatan benda uji (SNI 2493:2011)
9. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011)
10. Analisa modulus elastisitas (SNI 2847:2019)

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi pada buku dan jurnal ataupun penelitian terdahulu yang mempunyai hubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Data sekunder didapat dari bimbingan lansung melalui dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6 Alat dan Bahan

Berikut ini adalah beberapa alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang optimal. Seluruh peralatan ini tersedia pada Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6.1 Alat

Berikut ini adalah alat – alat yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

   Agregat halus : No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, 200 Pan



Gambar 3. 2 Satu Set Saringan Agregat Halus

   Agregat kasaar : 1 ^{1} /$_{2}$”, 1, ¾’, 1 /2”, 3 /8”, No.4.



Gambar 3. 3 Satu Set Saringan Agregat Kasar

2. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang material dan bahan yang akan sipakai pada penelitian.



Gambar 3. 4 Timbangan Digital

3. Oven, digunakan untuk mrmanaskan dan mengeringkan material yang digunakan dengan suhu 105 $°C$.



Gambar 3. 5 Oven

4. Skop tangan, digunakan untuk mrngambilbahan material dan meratakan material.



Gambar 3. 6 Sekop Tangan

5. Plastik 5 kg, digunakan untuk memisahkan material yang sudah dilakukan pengujian dan wadah sementara.



Gambar 3. 7 Plastik

6. Stopwatch dipakai untuk mengukur waktu pada beberapa percobanna.
7. Wadah, untuk menampung material yang nantinya akan dipakai.
8. Cetakan silinder digunakan sebagai bekisting untuk mencetak sampel beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 3. 8 Cetakan Silinder

9. Gelas ukur, dipakai untuk mengukur takaran air yang diperlukan.



Gambar 3. 9 Gelas Ukur

10. Mixer beton, alat ysang dipakai untuk membuat campuran beton dengan cara mencampurkan semua material yang diperlukan.



Gambar 3. 10 Mesin Mixer Beton

11. Pan, sebagai alas atau tempat campuran beton yang sudah dikeluarkan dari mixer dan tempat mengaduk beton segar.
12. Satu set alat slump tes yang terdiri dari kerucut abrams, penggaris, Plat baja, dan tongkat pemadat.



Gambar 3. 11 Satu ser Slump Test

13. Mesin uji cetak kuat tekan, untuk menguji nilai kuat tekan sampel beton.



Gambar 3. 12 Mesin Uji Kuat Tekan

3.6.2 Bahan

Berikut ini adalah bahan atau meterial yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar

   Agregat kasar yang akan digunakan adalah kerikil yang terdapat di Laboraturium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3. 13 Agregat Kasar

2. Agregat halus

   Agregat halus yang akan digunakan adalah pasir alam yang terdapat dilaoratorium teknik Sipil Universitas Muhammadiyah sumatera utara.



Gambar 3. 14 Agregat Halus

3. Air

   Air yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah air yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang merupakan air yang berasal pdam.

4. Semen

   Semen yang akan digunakan pada penelitian ini adalan jenis semen portland tipe I.



Gambar 3. 15 Semen

5. Abu ampas kopi

   Ampas kopi yang diperoleh dari limbah cafe atau rumah tangga. Ampas kopi tersebut lalu dicuci hingga bersih, lalu proses pengeringan dilakukan dengan cara di jemur dan oven pada suhu $\pm$ 105 $°C$ selama $\pm$ 24 jam untuk menghilang kadar air pada ampas kopi, lalu ayak abu ampas kopi menggunakan saringan No. 200.



Gambar 3. 16 Ampas Kopi

6. *Silica fume*

   Silica fume yang digunakan untuk peneitian ini berasal dari toko bahan bangunan. Silika fume berasal dari proses industri peleburan logam, khususnya, Produksi paduan ferrosilikon. Silika yang digunakan yaitu lolos ayakan No. 200.



Gambar 3. 17 Silika Fume

3.7 Persiapan Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian material, maka dilakukan persiapan penelitian material, dimulai dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan seperti abu ampas kopi dan *silica fume*. Ampas kopi harus dikeringkan terlebih dahulu kemudian dioven dan dibakar. Untuk mempermudah tahap – tahapan penelitian, material yang sudah disiapkan dan dipisahkan terlebih dahulu agar tidak tercampur oleh material lainnya. Material juga harus dalam kondisi bersih agar tidak menganggu proses pengujian serta dlam kondisi kering permukaan agar menjaga mutu material tersebut.

3.8 Langkah – Langkah Pengujian

Setelah semua peralatan dan bahan yang diperlukan telah dusiapkan, langkah berikutnya adalah melaksanakan prosedur pengujian material serta melakukan uji kekuatan pada sampel beton yang sudah selesai dibuat.

3.9 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus merupakan elemen beton lain yang perlu dianalisis untuk mengetahui kelayakan penggunaanya. Dengan melakukan pengujian, dengan mengidentifikasi apakah bahan yang dimiliki dapat digunakan untuk membuat contoh beton. Dalam penelitian ini, agregat halus yang dicoba adalah pasir yang berasal dari binjai. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan SNI sebagai

panduannya. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya:

1. Analisa saringan.
2. Berat jenis dan penyerapannya.
3. Kadar air.
4. Kadar lumpur.
5. Berat isi.

3.9.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

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

Dari penelitian analisa saringan akan di dapat data-data batas gradasi agregat halus sehingga diketahui modulus kehalusannya. Alat yang digunakan pada uji ini adalah satu set alat saringan dengan ukuran No.4, No.8, No.16, N0.30, No.50, No.100, No. 200 dan Pan. Langkah kerja pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyusun set saringan untuk agregat halus,
2. Menimbang benda uji sehingga mencapai berat yang diinginkan.
3. Letakkan material pada saringan paling atas dan di ayak sehingga butir butir material jatuh sesuai dengan ukurannya dan terpisah secara merata
4. Timbang berat tiap material yang tertahan pada tiap saringan lalu di catat.

Sesudah pengujian dilakukan, akan didapatkan modulus kehalusan dengan memakai persamaan berikut :

Persen berat tertahan (%) $= \frac{Berat\ Tertahan}{Berat\ Total}\ x\ 100\ \%$ (3.1)

FM (Modulus kehalusan) $= \frac{\sum Berat\ Tertahan\ Kumulatif}{100}$ (3.2)

3.9.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai berat jenis dan penyerapan pada masing-masing agregat dalam kondisi *SSD (Saturated Surface Dry) atau*

jenuh permukaan kering. Yaitu sebagai berikut adalah langkah langkah pengujian pada tahap ini:

a. Agregat halus

1. Material yang sudah dalam kondisi *SSD* ditimbang sesuai berat sampel yang direncanakan.
2. Timbang dan catat berat piknometer.
3. Kemudian masukkan air kedalam piknometer dan timbang kembali.
4. Setelah itu masukkan material kedalam piknometer berisi air dan panaskan selama 15 menit sambil menggoyangkannya setiap 5 menit agar gelembung udara keluar.

Untuk menghitung berat jenis pada agregat halus persamaan di dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Persamaan menghitung berat jenis agregat halus

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B+S-C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{(B+S-C)}$
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(B+A-C)}$
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{S-A}{A}\right] X\ 100\%$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer penuh berisi air (gr)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

3.9.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air adalah suatu metode pengujian untuk menentukan persentase kadar air pada material dengan membandingkan agregat dalam basah dan dalam keadaan kering. Adapu langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Menimbang agregat dengan yang direncanakan.
2. Memasukkan agregat pada wadah.
3. Setelah itu menimbang berat agregat dengan wadah.
4. Kemudian wadah tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu (110±5) °C selama 24 jam.
5. Keluarkan wadah tersebut dan dibiarkan sampai dingin.
6. Timbang Kembali agregat dan wadah tersebut.

Setelah didapatkan berat masing masing, maka kadar air dapat dihitung dengan persamaaan sebagai berikut:

Berat contoh SSD dan berat wadah = W_1

Berat contoh kering oven dan berat wadah = W_2

Berat wadah = W_3

Berat air = W_1 - W_2 (3.3)

Berat contoh kering = W_2 - W_3 (3.4)

Kadar air = $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3}\right) x\ 100\%$ (3.5)

Dimana :

W_1 = Massa benda uji

W_2 = Massa benda uji kering oven

W_3 = Berat contoh

3.9.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur merupakan perbandingan antara berat agreat yang mengandung kadar lumpur dengan agregat sebelum melakukan pencucian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat tersebut. Berdasarkan (SK SNI S – 04 – 1989 – F) syarat mutu kadar lumpur pada agregat ialah:

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur dari 1%.

Adapun langkah langkah kerja pada pengujian kadar lumpur agregat ialah:

1. Siapkan agregat dengan berat yang direncanakan
2. Timbang berat wadah
3. Masukkan agregat kedalam wadah yang sudah ditimbang.
4. Cuci agregat sampai air bersih dan tidak keruh lagi.
5. Masukkan agregat kedalam wadah dan timbang kembali.
6. Masukkan kedalam oven dengan suhu (110±5)°C selama 24 jam.
7. Kemudian dikeluarkan dan timbang kembali agregat tersebut.

3.9.5 Berat Isi Agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kepadatan agregat dalam campuran beton. Berat isi merupakan proses pengukuran massa persatuan volume agregat. Langkah langkah kerja pada berat isi sebagai berikut:

1. Siapkan material yang akan diuji.
2. Mengukur volume wadah
3. Kemudian masukkan material dalam kondisi kering oven kedalam wadah baja sebanyak 1/3, lalu ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
4. Lakukan hal yang sama pada 2/3 dan 3/3 (penuh).
5. Ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar ketika wadah baja sudah penuh.
6. Timbang benda uji dan wadah
7. Kemudian mencatat hasilnya.

Setelah melakukan langkah kerja diatas, maka dapat dihitung analisa menggunakan rumus sebagai berikut:

Berat contoh SSD dan berat wadah = W_1

Berat wadah = W_2

Volume wadah = V

Berat agregat (W3) = W_1 - W_2 (3.6)

Berat isi = $\frac{W_3}{V}$ (3.7)

Dimana :

W_3 = Berat Contoh

V = Volume Wadah

3.10 Pemeriksaan Agregat Kasar

Sebagai salah satu material utama penyusun beton, agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yang berasal dari Binjai telah melalui serangkaian pemeriksaan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memverifikasi kesesuaiannya dengan persyaratan melalui pengujian analisa saringan, berat jenis, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya:

1. Analisa saringan.
2. Berat jenis dan penyerapannya.
3. Kadar air.
4. Kadar lumpur.
5. Berat isi.

3.10.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Penelitian ini mencakup pengujian analisis saringan yang bertempat di Laboratorium Rekayasa dan Bahan Beton, Universitas Sumatera Utara. Metodologi yang diterapkan mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1968-1990. Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan material agregat kasar menurut distribusi ukuran partikelnya. Dari analisis ini, akan diperoleh data mengenai batas gradasi serta nilai modulus kehalusan agregat. Instrumen utama yang digunakan adalah satu set ayakan standar dengan ukuran 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", dan 3/8".

3.10.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan pada masing-masing agregat dalam kondisi SSD. Berikut adalah langkah langkah pengujian pada tahap ini:

1. Material yang sudah dalam kondisi SSD ditimbang sesuai berat sampel yang direncanakan.

2. Timbang dan catat berat piknometer.
3. Kemudian masukkan air kedalam piknometer dan timbang kembali.
4. Setelah itu masukkan material kedalam piknometer berisi air dan panaskan selama 15 menit sambil menggoyangkannya setiap 5 menit agar gelembung udara keluar.

Untuk menghitung berat jenis pada agregat halus persamaan di dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Persamaan Berat Jenis Agregat Kasar

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B+S-C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{(B+S-C)}$
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(B+A-C)}$
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{S-A}{A}\right] X\ 100\%$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer penuh berisi air (gr)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

3.10.3 Kadar Air Agregat kasar

Pengujian kadar air ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air dalam agregat. Kadar air dalam agregat akan mengubah ataupun mempengaruhi Faktor Air Semen (FAS) pada campuran beton. Semakin besar rasio air-semen, semakin rendah kuat tekan bahan yang dihasilkan (Prasetio et al., 2020). Selain itu, pada tahun 1885 Prof. Duft Abraham merumuskan bahwa kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh kadar air semen (Kasus et al., 2017).

3.10.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Penentuan kadar lumpur dalam agregat merupakan prosedur pengujian yang esensial untuk memastikan kualitas campuran beton. Kehadiran lumpur dalam jumlah berlebih berpotensi melemahkan daya lekat antara pasta semen dan permukaan agregat. Sesuai dengan standar SK SNI S-04-1989-F, batas maksimum kadar lumpur yang diizinkan untuk agregat kasar adalah 1%..

3.10.5 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi, yang merupakan perbandingan antara berat material dan volumenya, dimulai dengan menyiapkan material uji dan sebuah wadah. Pertama, timbang berat wadah kosong, kemudian ukur dimensi seperti tinggi dan diameternya untuk menghitung volume wadah. Selanjutnya, masukkan material dalam kondisi kering oven ke dalam wadah secara bertahap dalam tiga lapisan. Setiap lapisan—saat wadah terisi sepertiga, dua pertiga, dan penuh—dipadatkan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali menggunakan tongkat pemadat. Setelah wadah terisi penuh, ratakan permukaannya menggunakan mistar. Langkah terakhir adalah menimbang berat total wadah yang telah terisi penuh dengan benda uji dan mencatat hasilnya.

3.11 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat dalam cetakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah itu sampel akan diuji kuat tekannya dengan uji comression test. Sampel yang direncanakan yaitu sebanyak 9 buah dengan 2 variasi campuran dan 1 beton normal, dimana setiap variasi memiliki 3 sampel.

Tabel 3. 3 Jumlah Benda Uji Penelitian

No.	Variasi	Kuat Tekan	Keterangan
1.	Beton Normal	3	Perawatan beton hingga 28 hari
2.	Beton Campuran 1 • Abu Ampas Kopi 2% • *Silica Fume* 4%	3	
3.	Beton Campuran 2 • Abu Ampas Kopi 4% • *Silica Fume* 4%	3	
Total		9	

3.12 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton (mix design) Standar Menurut (SNI 03-2834-2000)

Perancangan mix design beton ini didasarkan pada SNI 03-2834-2000. Untuk mendapatkan rancangan campuran beton yang direncanakan, dilakukan langkah-langkah perencanaan sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2834-2000. Namun setelah dilakukan pengujian pada tiap agregat, maka data data tersebut akan digunakan dalam perencanaan campuran beton. Perencanaan campuran beton disebut juga dengan proses *mix design.* Perencanaan ini nantinya akan menghasilkan persentase pada tiap komponen bahan pembentuk beton. Perencanaan *mix design* ini dilakukan sesuai ketentuan SNI 2834-2000 dan dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Persentase komponen material beton juga akan berbeda sesuai dengan mutu beton rencana yang akan dibuat. Setelah dilakukan perencanaan *mix design,* maka setiap material akan dicampurkan dengan alat *mixer,* lalu dicetak pada cetakan silinder dengan diamater 15 cm dan tinggi 30 cm. Adapun langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana (f'c) adalah 20 Mpa dengan umur rencana 28 hari.
2. Mengacu pada SNI 03-2847-2002, untuk perancangan beton tanpa riwayat data pengujian dan dengan kuat tekan rencana di bawah 21 MPa, maka digunakan standar deviasi atau nilai tambah sebesar 7 Mpa yang **t**erdapat pada Tabel 3.4

Tabel 3. 4 Nilai tambah margin

Tingkat Mutu Pekerjaan	M (Mpa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

3. Kuat tekan beton rata-rata direncanakan (f'cr) adalah

   F'cr = f'c + M (3.8)

   = 20 + 7

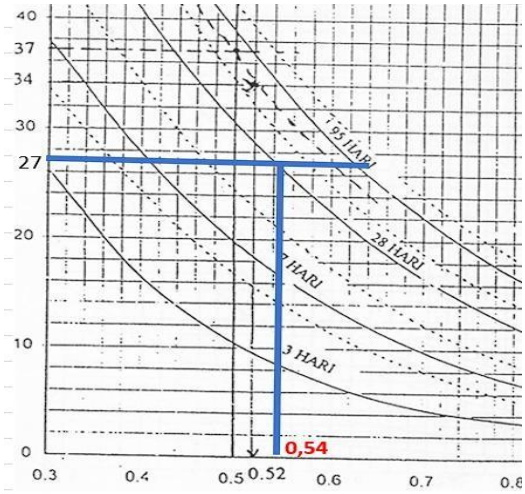
   = 27 Mpa

4. Semen yang digunakan adalah portland tipe I.

Tabel 3. 5 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton dengan Faktor Air Semen & Agregat Kasar digunakan di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekeuatan Tekan (Mpa) Pada umur (hari)				Bentuk Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu Tak Pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II dan V	Batu Tak Pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Porland Tipe III	Batu Tak Pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak Pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

5. Agregat halus yang digunakan adalah pasir alami.
6. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil/batu pecah yang dengan ukuran maksimum 19 mm.
7. Faktor air semen (FAS) yang digunakan untuk rencana umur beton 28 hari dan *f'*cr 27 Mpa adalah 0,54 mengacu pada grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15x30 cm pada SNI 03-2834-2000 yang terdapat pada gambar 3.2



Gambar 3. 18 Hubungan Faktor Air Semen Dan Kuat Tekan Beton

8. FAS maksimum untuk kondisi direncanakan beton yang terlindung dari hujan dan terik matahar langsung adalah 0,6 dengan berat semen minimum 275 kg/m³ sesuai dengan persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen pada SNI 03-2834-2000 terdapat pada tabel 3.6

Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimun &Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen minimun per m^3 beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang : a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh konensasi atau uap korosif	275 325	0,62 0,52
Beton di luar ruangan bangunan : a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam : a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapatkan pengaruh sulfat dana alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan : a. Ait tawar b. Air laut	325	0,55

9. Nilai *slump* yang direncanakan untuk perencanaan beton ini adalah 75-150 mm.
10. Diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh) adalah 195 sedangkan untuk agregat kasar (Wk) adalah 225 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut :

    Kadar Air Bebas $= \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk$ (3.9)

    $= \frac{2}{3} 195 + \frac{1}{3} 225$

    $= 204{,}9 \text{ kg/m}^3$
11. Jumlah semen yang digunakan adalah :

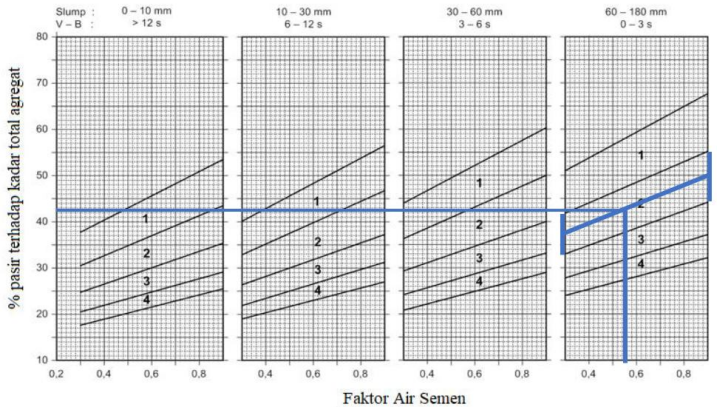
    W semen = W air / FAS (3.10)

    = 204,9 / 0,54

    = 379,44 kg/m^3
12. Jumlah semen minimum

    Min. semen = 275 kg/m^3 pada Tabel 3.6
13. Menentukan presentase agregat halus dan kasar

    Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3. 19 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat

% Agregat halus = 42,5%

% Agregat kasar = 100% - 42,5%

= 57,5%

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 42,5% dan agregat kasar (%AK) sebesar 57,5%.

14. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan.

    Berat jenis SSD agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar. Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus (BJAH) yaitu sebesar 2,48 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) yaitu sebesar 2,51. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat tersebut, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung yaitu sebagai berikut :

    a. Berat jenis agregat
        1) Berat jenis agregat halus (SSD) = 2,48
        2) Berat jenis agregat kasar (SSD) = 2,51
    b. Berat jenis campuran agregat

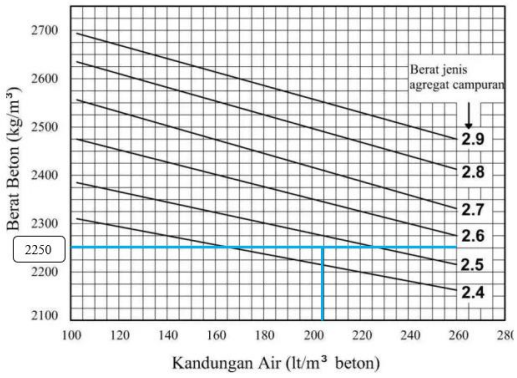
        Bj campuran = %Ah x Bj Ah + %Ak x Bj Ak (3.11)
        = 42,5% x 2,48 + 57,5% x 2,51
        = 2,49

        Dengan :

        Bj campuran = Berat jenis agregat campuran
        Bj Ah = Berat jenis agregat halus
        Bj Ak = Berat jenis agregat kasar
        Ah = Agregat halus
        Ak = Agregat kasar

15. Berat jenis beton basah

    Bj beton basah = 2250 kg/m^3 pada Gambar 3.4



Gambar 3. 20 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton

16. Kadar agregat campuran :

Ag camp = Bj beton – W semen – W air (3.12)

= 2250 – 379,44 – 204,9

= 1665,66 kg/m³.

17. Kadar agregat kasar dan agregat halus :

Ag Kasar = % ag kasar x Ag camp (3.13)

= 57,5 % x 1665,66

= 957,75 kg/m³.

Ag Halus = % ag halus x Ag camp (3.14)

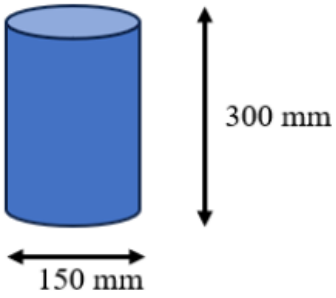
= 42,5 % x 1665,66

= 707,90 kg/m³.

18. Perbandingan kadar semen, agregat halus, agregat kasar dan air pada rencana campuran beton untuk 1m³.

Air	= 204,9 kg/m^3
Semen	= 379,44 kg/m^3
Agregat Halus	= 707,90 kg/m^3
Agregat Kasar	= 957,75 kg/m^3

Dari perencanaan campuran beton atau mix design tersebut, kita dapat menghitung jumlah material yang dibutuhkan untuk satu buah benda uji silinder dengan cara berikut :



Gambar 3. 21 Benda Uji Beton Silinder

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran sebagai berikut :

Tingggi silinder = 30cm = 0,30 m

Diameter silinder = 15cm = 0,15 m

Maka, volume silinder yaitu = $\frac{1}{4}\pi d^2 t$

$= \frac{1}{4}. \pi. 0{,}15^2. 0{,}3$

$= 0{,}0053\ m^3$

Maka kebutuhan material untuk setiap 1 benda uji adalah :

Air = 204,9 kg/m^3 x 0,0053 m^3 = 1,19 kg

Semen = 379,44 kg/m^3 x 0,0053 m^3 = 2,21 kg

Agregat Halus = 707,90 kg/m^3 x 0,0053 m^3 = 4,12 kg

Agregat Kasar = 957,75 kg/m^3 x 0,0053 m^3 = 5,58 kg

Tabel 3. 7 Kebutuhan bahan setiap variasi dengan umur 28 hari

No.	Kode Benda Uji	Abu Ampas Kopi	Silika Fume	Semen (kg)	Agregat Halus 100% (kg)	Agregat Kasar 100% (kg)	Air 100% (kg)
1	BN			6,64 (100%)	12,39 (100%)	16,76 (100%)	3,57 (100%)
2	BAAK 2% + SF 4%	0,13 (2%)	0,266 (4%)	6,24 (94%)	12,39 (100%)	16,76 (100%)	3,57 (100%)
3	BAAK 4% + SF 4%	0,27 (4%)	0,266 (4%)	6,11 (92%)	12,39 (100%)	16,76 (100%)	3,57 (100%)

3.13 Pengujian Slump Test

Pengujian *slump* test dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi beton segar ataupun tingkat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) suatu beton segar. Kelemahan uji *slump* test adalah tidak dapat mengukurkelecakan campuran beton yang kaku (Humaidi & Hafizh, 2011). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat kerucut Abrams. Adapun langkah dalam pengujian *slump* adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan kerucut abrams dari tanah ataupun agregat yang menempel dan memastikan kerucut abrams dalam kondisi kering agar tidak menambah kadar air beton segar.
2. Masukkan beton segar kedalam kerucut abrams secara bertahap dimulai dari 1/3, 2/3 hingga penuh.
3. Sama halnya dengan cetakan, beton pada kerucut abrams juga harus dirojok untuk mengeluarkan gelembung udara didalamnya.
4. Setelah kerucut abrams terisi penuh dan sudah dirojok, angkat kerucut abram hingga beton segar menyebar jatuh ke pan.
5. Letakkan kerucut abrams pada posisi terbalik
6. Letakkan tongkat rojokan di atas kerucut abram, tongkat rojokan ini adalah titik 0 perhitungan slump.
7. Ukur dan catat jarak antara bagian datar dari kerucut abrams sampai titik jatuh sebaran beton segar.

Berikut adalah nilai *slump* yang dianjurkan untuk konstruksi berdasarkan tipe konstruksi nya sesuai kriteria SNI :

Tabel 3. 8 Nilai slump (SNI 7656:2016)

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

3.14 Perwatan Benda Uji

Perawatan benda uji bertujuan untuk menjaga atau memastikan beton dapat mencapai kekuatan dan kualitas optimal dari beton tersebut. Serta untuk menjaga kelembaban dan suhu optimal agar reaksi hidrasi semen berjalan sempurna, memungkinkan beton mencapai kekuatan kompresi maksimal dan mencegah masalah seperti retak atau penyusutan yang dapat mengurangi durabilitas jangka panjang. Perawatan dilakukan sesuai dengan cara merendamkan benda uji di suatu bak sampai saat pengujian dilakukan pada rencana umur beton yakni 28 hari.

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011), setelah beton dicetak dan dipadatkan dalam cetakan silinder, benda uji biasanya dibiarkan terlebih dahulu hingga cukup mengeras, kemudian cetakan dibuka sekitar 24 jam setelah pencetakan. Benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan dibersihkan dan diberi identitas, seperti kode campuran, tanggal pencetakan, serta umur rencana pengujian. Selanjutnya, benda uji dimasukkan ke dalam bak perawatan yang berisi air hingga seluruh permukaannya terendam. Proses pemindahan harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi retak atau kerusakan pada beton yang masih berada pada tahap awal pengerasan. Selain itu, SNI 2493:2011 mensyaratkan bahwa penyimpanan selama 48 jam pertama dilakukan pada lingkungan yang bebas dari getaran.

3.15 Pengujian Kuat Tekan Menurut (SNI 1974-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui atau mengukur kemampuan beton dalam menahan beban tekan hingga batas kemampuan struktural beton tersebut. Berdasarkan SNI 1974-2011, Pengujian kuat tekan merupakan pemberian beban monoton secara terus menerus dengan laju yang konstan pada benda uji di antara dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tekan. Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine.* Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel pada alat uji kuat tekan lalu sampel akan diberikan gaya tehan secara perlahan hingga beton mengalami keruntuhan. Dari mesin kuat tekan tersebut akan diketahui nilai gaya yang mampu ditahan oleh beton tersebut

Ketika uji sudah selesai, hasil uji dibandingkan dengan kekuatan beton rencana *(f'c)*. Jika hasil uji terbukti lebih rendah dari *f'c* rencana, maka perlu dilakukan evaluasi atau perbaikan baik pada campuran maupun metode pelaksanaannya. Nilai yang didapat adalah hasil dari beban yang bekerja dan terdistribusi pada penampang secara merata secara dan terus menerus pada titik berat dengan rumus :

$$f = \frac{p}{A} \quad (3.15)$$

Dimana:

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm^2)

A = Luas penampang (cm^2)

P = Beban tekan (kg)

Nilai kuat tekan beton yang disyaratkan, f'c diperoleh dari benda uji silinder standar yang dirawat dan telah berumur 28 hari. Nilai kuat tekan inilah yang dicantumkan dalam gambar kerja proyek dan digunakan dalam perhitungan (Agus Setiawan, 2016). Untuk mencapai nilai kuat tekan yang disyaratkan, f'c, maka nilai kuat tekan rata rata, f'cr dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk f'c Kurang atau sama dengan 35 Mpa, diambil nilai terbesar dari
   a. f'cr = f'c + 1,34 s (3.16)
   b. f'cr = f'c + 2,33 s – 3,5 (3.17)
2. Untuk f'c lebih dari 35 Mpa, diambil nilai terbesar dari
   a. f'cr = f'c + 1,34 s (3.18)
   b. f'cr = 0,90f'c + 2,33 s (3.19)

Dengan s adalah nilai deviasi standard.



Gambar 3. 22 Ilustrasi Uji Kuat Tekan

3.16 Modulus Elastisitas Menurut (SNI 2847:2019)

Modulus elastisitas beton merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan beton dalam menahan deformasi elastis (sementara) ketika terkena suatu beban. Modulus elastisitas beton berkaitan dengan sifat-sifat beton lainnya, terutama kuat tekan beton itu sendiri. Beton yang menerima beban akan menimbulkan tegangan sehingga menyebabkan beton tersebut mengalami regangan sehingga perlu untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan regangan atau modulus elastisitas (Agus, Bambang & Diah, 2021). Pengujian ini memungkinkan kita mengetahui seberapa besar beban yang dapat ditahan oleh beton tanpa merusak dirinya sendiri (yang masih dalam keadaan plastis).

Modulus elastisitas beton adalah ukuran kemampuan suatu beton untuk mengembalikan bentuknya setelah terjadinya deformasi. Analisa modulus elastisitas penelitian ini dilakukan dengan umur 28 hari. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui nilai modulus elastisitas suatu beton. Standar yang dipakai pada pengujian ini adalah SNI 2847:2019 dengan menggunakan persamaan.

$Ec = 4700 \sqrt{f'c}$ (Beton Normal) (3.20)

$Ec = Wc\ 1{,}5\ 0{,}043 \sqrt{f'c}$ (Untuk nilai wc di antara 1400 dan 2560 kg/m^3) (3.21)

Berikut adalah keterangan untuk persamaan di atas:

E = Modulus elastisitas beton

f'c = Kuat tekan beton

Wc = Berat Jenis Beton

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam rangka penelitian agregat, sejumlah uji coba telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, khusunya terkait agregat kasar dan halus untuk mendapatkan informasi data mengenai karakteristik material, yang meliputi analisis saringan, berat jenis dan absorpsi, berat isi serta kadar air dan kadar lumpur.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus

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

Tabel 4. 1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregar Halus

SIEVE SIZE	*Retained Fraction*				*Cumulative*		Batas Zona 2	
	Sampel 1	Sampel 2	*Total Weight*	*Retained* (%Berat Tertahan)	*Cum Retained* (%Kum Berat Tertahan)	*Passing* (%Berat yang Lolos)		
inchi	gr	gr	gr	%	%	%	Min	Max
3/8''	0	0	0	0	0	100	100	100
No.4	5	4	9	0,37	0,37	99,63	90	100
No.8	180	180	360	14,88	15,25	84,75	75	100
No.16	330	300	630	26,03	41,28	58,72	55	90
No.30	270	280	550	22,73	64,01	35,99	35	59
No.50	264	260	524	21,65	85,66	14,34	8	30
No.100	120	122	242	10,00	95,66	4,34	0	10
No.200	46	50	96	3,96	99,63	0,37		
PAN	5	4	9	0,37	100	0		
Total	1220	1200	2420	100	302,231			
FM (Modulus Kehalusan) :				3,02				
Wt.Of Oven Dry Sampel :				2420				

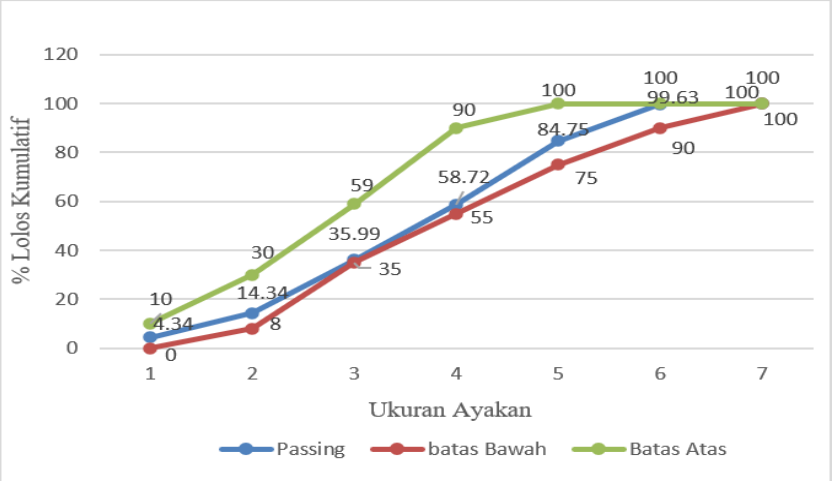
Berdasarkan Tabel maka diperoleh nilai Modulus halus Butir sebagai berikut:

FM (Modulus Halus Butir) $= \frac{\sum Berat\ Tertahan\ Kumulatif}{100}$ (4.1)

$= \frac{302,231}{100}$

= 3,02

Berdasarkan pengujian, diperoleh dua kesimpulan. Pertama, nilai FM sebesar 3,02 memenuhi standar SNI 03-1968 (1990) yang menyebutkan bahwa nilai modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,5-3,8 %.



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis agregat halus berpedoman pada (SNI-1970, 2016). Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4(Lolos Saringan No.4)	01	02	*AVE* (Rata-Rata)	Satuan
Wt of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500	gr
Wt of Flask + Water (Berat Piknometer penuh air) (D)	650	650	650	gr
Wt. of Flaks + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)	950	955	953	gr

Tabel 4.2 *Lanjutan*

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4(Lolos Saringan No.4)	01	02	*AVE* (Rata-Rata)	Satuan
Wt of Flask + Water + Sample (Berat contoh kering oven ($110°C$) sampai konstan) (E)	488	490	489	gr
Bulk SP. Gravity-SSD (Berat jenis contoh kering) B/(B+D-C)	2,44	2,51	2,48	gr/cm^3
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) E/(B+D-C)	2,50	2,56	2,53	gr/cm^3
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) E/(E+D-C)	2,60	2,65	2,62	gr/cm^3
Absorption	2,46	2,04	2,25	%
(A – Bk) / BK X 100%				

Berdasarkan tabel Agregat halus yang diuji memiliki berat jenis 2,46% pada benda uji 1 dan 2,04% pada benda uji 2 yang menghasilkan rata-rata 2,25% dalam kondisi SSD, sesuai dengan SNI 03-1970 (2008) di mana rentang berat jenis untuk agregat halus sebesar 2,3 – 2,6 %.

4.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air agregat halus berpedoman pada (SNI 1971-2011). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat wadah + sampel Awal	W_1		1002	1005	gr
Berat wadah + sampel Awal	W_2		990	985	gr
Berat wadah	W_3		502	505	gr
Berat sampel awal	A	(W_1 - W_2)	500	500	gr
Berat sampel akhir	B	(W_2 - W_3)	488	480	gr
Kadar Air Agregat	C	((A-B)/B) x 100	2,46	4,17	%
Rata-rata			3,31		%

Nilai rata -rata untuk kadar air yang diperoleh dari hasil analisis adalah 3,31%. Angka rata-rata ini didapatkan dari dua kali percobaan, yang pertama 2,46% dan

yang kedua menghasilkan 4,17%. Maka sesuai standar SNI 03- 1971-2011, nilai kadar air untuk agregat halus adalah 2-8%.

4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur agregat halus mengacu pada (SNI-03-4142-1996). Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat wadah	W_1		500	500	gr
Berat wadah + sampel Awal	W_2		1500	1500	gr
Berat wadah + sampel Akhir	W_3		1462	1468	gr
Berat sampel awal	A	$(W_2 - W_1)$	1000	1000	gr
Berat sampel akhir	B	$(W_3 - W_1)$	962	968	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	(A-B)	38	32	%
Persentase Kotoran		(C/A) x 100	3,8	3,2	%
Rata-rata			3,5		%

Standar SNI 03-4141 1996 mensyaratkan kadar lumpur maksimal pada agregat halus sebesar 5%. Dengan hasil pengujian yang menunjukkan nilai sampel 1 sebesar 3,8% dan sampel 2 sebesar 3,2% dengan rata rata persentase 3,5%, maka agregat yang digunakan dapat dinyatakan layak.

4.2.5 Berat Isi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat halus berpedoman pada (SNI 03-4804, 1998). Hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat sampel + Wadah	W_1		gr	24365	25020	25035
Berat Wadah	W_2		gr	6460	6460	6460
Berat Sampel	W_3	W_1 - W_3	gr	17905	18560	18575
Volume Wadah	V_1		cm^3	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		W_3 / V_1	gr/cm^3	1,65	1,71	1,71
Rata-rata				1,69		

Berdasarkan Tabel 3.7, didapatkan berat isi dengan 3 cara yaitu cara lepas, cara tusuk dan cara goyang dengan nilai rata-rata berat isi 1,69 gr/cm³, sesuai standar SNI 03-1973-2008, nilai minimum berat isi untuk agregat halus adalah 0,4-1,90 gr/cm^3.

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Berdasarkan acuan pengujian yaitu (SNI 03-1968-1990) tentang pengujian Analisa saringan agregat kasar, berikut merupakan hasil pengujian Analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

SIEVE SIZE	*Retained Fraction*				*Cumulative*		Batas Zona 2	
	Sampel 1	Sampel 2	*Total Weight*	*Retained* (%Berat Tertahan)	*Cum Retained* (%Kum Berat Tertahan)	*Passing* (%Berat yang Lolos)		
inchi	gr	gr	gr	%	%	%	Min	Max
1''	0	0	0	0	0	100	100	100
3/4''	25	16	41	1,67	1,67	98,33	95	100
1/2''	670	680	1350	54,99	56,66	43,34	20	50
3/8''	425	430	855	34,83	91,49	8,51	0	15
N0.4	115	94	209	8,51	100	0	0	5
No.8	0	0	0	0	100	0		
No.30	0	0	0	0	100	0		
No.50	0	0	0	0	100	0		
No.100	0	0	0	0	100	0		
No.200	0	0	0	0	100	0		
PAN	0	0	0	0	100	0		
Total	1235	1220	2455		749,817			
FM (Modulus Kehalusan) :				7,50				
Wt.Of Oven Dry Sampel :				2455				

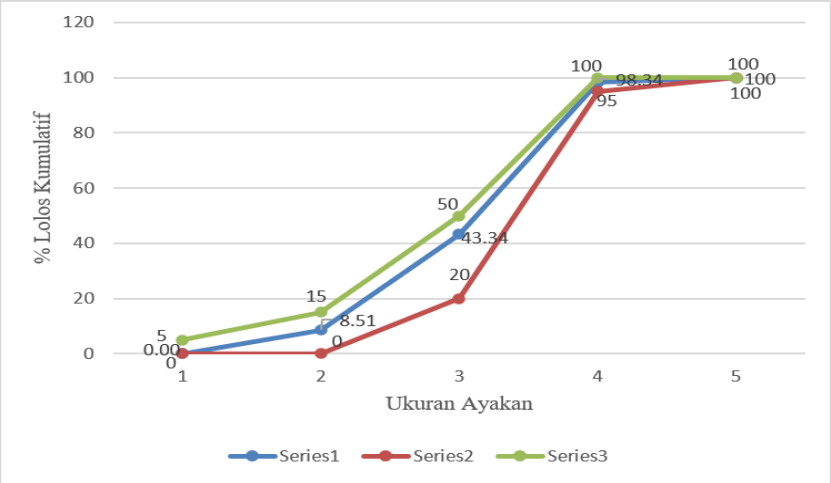
Berdasarkan tabel maka diperoleh nilai Modulus halus Butir sebagai berikut:

$$FM = \frac{\sum Berat\ Tertahan\ Kumulatif}{100} \quad (4.2)$$

$$= \frac{749{,}817}{100}$$

$$= 7{,}50$$

Hasil pemeriksaan menunjukkan Modulus Halus Butir (FM) agregat kasar adalah 7,50. Nilai ini masih memenuhi persyaratan karena berada dalam rentang standar SNI 03-1968-1990, standar berat volume agregat adalah 5-8 %, sehingga nilai yang didapatkan dari hasil pengujian masih memenuhi persyaratan karena berada dalam rentang standar. Grafik agregat kasar dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang dilakukan mengacu pada (SNI-1970, 2016). Dari hasil pengujian maka didapat nilai nilai seperti pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Nama Contoh		01	02	Rata-rata	Satuan
Wt of SSD sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	A	2405	2430	2418	gr
Wt of SSD sample in Water (Berat contoh (SSD) di dalam air) (B)	B	1440	1472	1456	gr
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven($110°C$) sampai konstan (C)	C	2399	2425	2412	gr

Tabel 4.7 *Lanjutan*

Nama Contoh		01	02	Rata-rata	Satuan
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A-B}$	2,49	2,54	2,51	gr/cm^3
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering)	$\frac{C}{A-B}$	2,49	2,53	2,51	gr/cm^3
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C-B}$	2,50	2,54	2,52	gr/cm^3
Penyerapan Air (%)	$\frac{A-C}{C} x\ 100$	0,25	0,21	0,23	%

Agregat kasar yang diuji memiliki berat jenis rata-rata, 2,51 dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry), yang sesuai dengan standar SNI-1971-2011, standar berat jenis adalah 2,5-2,7 gr/cm3. Selain itu, hasil pemeriksaan juga menunjukkan kemampuan penyerapan air yang didapat adalah 0,23%.

4.3.3 Kadar Air Agregat kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air agregat kasar berpedoman pada (SNI 1971-2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat wadah + sampel Awal	W_1		1502	1505	gr
Berat wadah + sampel Awal	W_2		1491	1496	gr
Berat wadah	W_3		502	505	gr
Berat sampel awal	A	(W_1 - W_2)	1000	1000	gr
Berat sampel akhir	B	(W_2 - W_3)	989	991	gr
Kadar Air Agregat	C	((A-B)/B) x 100	1,11	0,91	%
Rata-rata			1,01		%

Dari hasil pengujian kadar air agregat yang sudah dilakukan didapat nilai rata-rata kadar air dari kedua sampel adalah sebesar 1,01%. maka sesuai standar berdasarkan SNI-1971-2011, standar kadar air adalah 0-10 %.

4.3.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang telah dilakukan dan mengacu kepada (SNI-03-4142-1996) Maka dari itu didapat nilai kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat wadah	W_1		500	500	gr
Berat wadah + sampel Awal	W_2		1500	1500	gr
Berat wadah + sampel Akhir	W_3		1493	1495	gr
Berat sampel awal	A	$(W_2 - W_1)$	1000	1000	gr
Berat sampel akhir	B	$(W_3 - W_1)$	993	995	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	(A-B)	7	5	%
Persentase Kotoran		(C/A) x 100	0,7	0,5	%
Rata-rata			0,6		%

Dari dua sampel yang diuji, diperoleh persentase kadar lumpur masing-masing sebesar 0,7% untuk sampel 1 dan sampel 2 0,5%. Dengan demikian, rata-rata kadar lumpur dari kedua sampel tersebut adalah 0,6%. Maka Standar SNI 03-2461-2002 mensyaratkan kadar lumpur maksimal pada agregat halus sebesar 1%.

4.3.5 Berat Isi Agregat Kasar

Dari pengujian berat isi yang telah dilakukan pada agregat kasar (SNI 03-4804-1998), hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4. 10 Pemeriksaan berat Isi Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat sampel + Wadah	W_1		gr	26565	25795	26865
Berat Wadah	W_2		gr	6460	6460	6460
Berat Sampel	W_3	W_1 - W_3	gr	20105	19335	20405
Volume Wadah	V_1		cm^3	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		W_3 / V_1	gr/cm^3	1,85	1,78	1,88
Rata-rata				1,84		

Rata-rata berat isi agregat kasar yang diperoleh adalah 1,84 gr/cm^3. Maka standar SNI-03-4804-1998, standar berat volume agregat adalah 1,4-1,9 gr/cm^3. Oleh karna itu, dapat disimpulkan bahwa material tersebut telah memenuhi persyaratan.

4.4 Perencanaan Campuran Beton

Dalam rangka pemenuhan standar mutu beton bahan penyusun beton, telah dilakukan analisis properti material. Analisis ini mencakup pengujian yang bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, kemampuan penyerapan, dan hasil dari analisa saringan. Ringkasan nilai – nilai dari setiap pemeriksaan tersebut terdapat pada table 4.11

Tabel 4. 11 Hasil Pemeriksaan Agregat

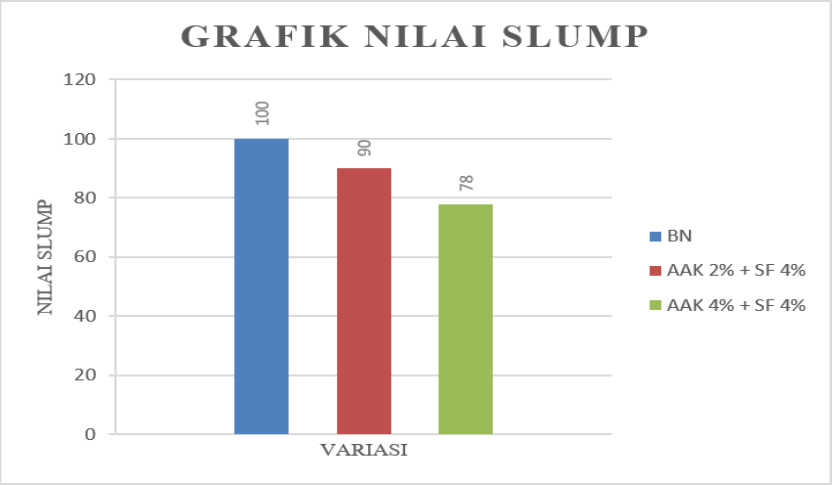
No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Analisa Saringan Agregat Kasar	Daerah gradsi agregat Kasar maksimum 20 mm
2	Analisa Saringan Agregat Halus	Daerah gradasi zona 2 Pasir agak kasar
3	Modulus Kehalusan Agregat Kasar	7,50
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus	3,02
5	Berat Jenis Agregat Kasar	2,45 gr/cm^3
6	Berat Jenis Agregat Halus	2,62 gr/cm^3
7	Penyerapan Agregat Kasar	0,51%
8	Penyerapan Agregat Halus	2,25%
9	Kadar Lumput Agregar Kasar	0,6%
10	Kadar Lumput Agregar Halus	3,5%
11	Nilai *Slump* Rencana	75-100 mm

4.5 Pengujian Slump Test

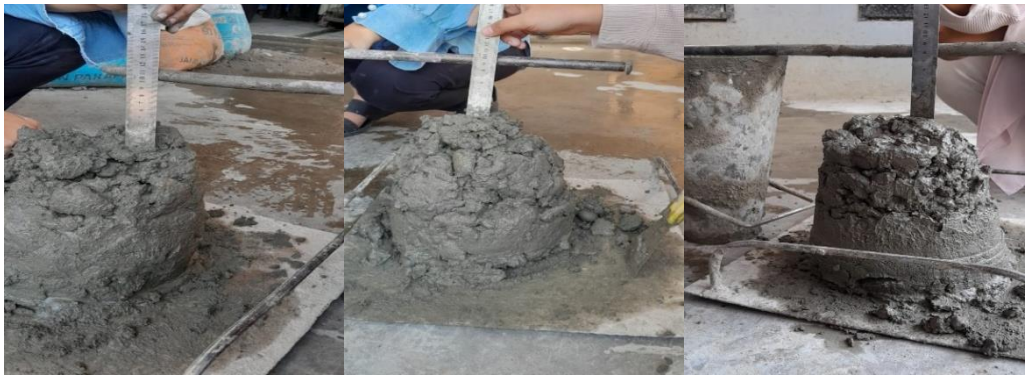
Hasil dari pengujian slump test yang telah dilakukan pada penelitian beton di laboratorium yang akan di jelaskan pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Hasil pengujian slump

No.	Variasi	Nilai Slump (mm)_
1	BN	100
2	BAAK 2% + SF 4%	90
3	BAAK 4% + SF 4%	78



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Slump



Gambar 4. 4 Pengujian Slump Test Beton Normal dan Beton Variasi 1(AAK 2%+SF4%) dan Variasi 2 (AAK 4%+SF4%)

Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai slump beton terus menurun pada variasi kedua. Penurunan slump ini seiring dengan bertambahnya presentase abu ampas kopi dan silika fume, semakin tajam pada variasi kedua yang memiliki komposisi abu ampas kopi sebesar 4% dan silika fume 4%.

Penurunan nilai slump pada pengunnaan abu ampas kopi terjadi karena partikel abu cenderung berpori dan menyerap sebagian air pencampur. Berkurangnya air bebas menyebabkan pelumasan antarpartikel pasta semen dan agregat menjadi lebih rendah, sehingga campuran beton menjadi lebih kaku (Beza *dkk*., 2026).

Penggunaan *silica fume* juga menyebabkan penurunan workability karena ukuran partikelnya yang sangat halus serta luas permukaan spesifik yang tinggi meningkatkan kebutuhan air campuran. Pada faktor air bebas berkurang sehingga nilai slump menurun (Ng *dkk*., 2025).

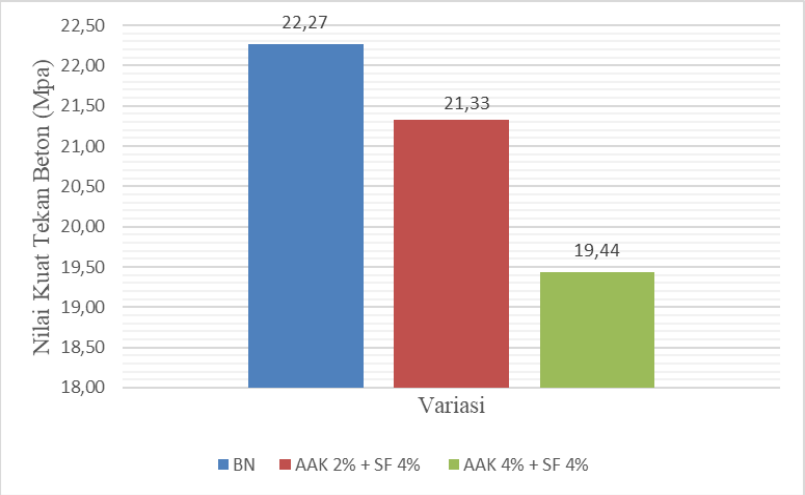
Pada campuran yang menggunakan abu ampas kopi dan *silica fume* secara bersamaan, penurunan slump diperkirakan terjadi akibat efek gabungan antara penyerapan air oleh abu ampas kopi dan tingginya kebutuhan air *silica fume*. Oleh karena itu, penggunaan kedua bahan perlu diimbangi dengan optimasi rasio air, pengikat atau penambahan zat adiktif agar workability beton tetap memenuhi kebutuhan pelaksanaan.

4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan kapasitas maksimum suatu sampel beton dalam menahan beban tekan. Pelaksanaan pengujian dalam penelitian ini berpedoman pada SNI 1974-2011, dan dilakukan ketika beton telah mencapai umur 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi standar, yaitu diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut adalah hasil kuat tekan yang diperoleh dari pengujian tersebut.

Tabel 4. 13 Hasil Uji Kuat Tekan selama 28 Hari

Variasi	Benda Uji	Luas (mm^2)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
BN	1	17662.5	390	22.08	22.27
	2	17662.5	400	22.65	
	3	17662.5	390	22.08	
1	1	17662.5	360	20.38	21.33
	2	17662.5	390	22.08	
	3	17662.5	380	21.51	
2	1	17662.5	310	17.55	19.44
	2	17662.5	370	20.95	
	3	17662.5	350	19.82	



Gambar 4. 5 Grafik Diagram Rata – Rata Kuat Tekan

Keterangan :

1. BN : Beton Normal (Abu Ampas Kopi 0%, Silika Fume 0%)
2. Variasi 1 : Sampel beton dengan 2% subtitusi abu ampas kopi dan 4% subtitusi silika fume pada berat semen.
3. Variasi 2 : Sampel beton dengan 4% subtitusi abu ampas kopi dan 4% subtitusi silika fume pada berat semen.



Gambar 4. 6 Pengujian Kuat Tekan

Hasil di atas menunjukkan dampak yang kontras terhadap material substitusi. Di satu sisi, abu ampas kopi dengan 2% dan silika fume 4% berperan positif dalam meningkatkan kuat tekan. Dan di sisi lain, dengan variasi abu ampas kopi yang lebih besar sebanyak 4% dengan tambahan silika fume 4% memberikan efek negatif, yaitu menurunkan kuat tekan seiring dengan bertambahnya presentase subtitusi.

Penggunaan abu ampas kopi disebabkan oleh meningkatnya daya serap air abu yang bertekstur porous (banyaknya rongga/pori). Air pencampur yang terserap oleh partikel abu mengurangi jumlah air bebas untuk proses hidrasi semen, sehingga pembentukan gel kalsium silikat hidrat atau C-S-H menjadi tidak optimal. Selain itu, peningkatan kadar abu menyebabkan penurunan workability dan menyulitkan proses pemadatan, sehingga rongga udara dan porositas beton meningkat. Kondisi tersebut diperkuat oleh berkurangnya jumlah semen aktif akibat efek penggantian atau dilution effect. Oleh karena itu, meskipun kandungan SiO_2, AL_2O_3, dan Fe_2O_3 ada abu ampas kopi dapat memberikan sifat pozzolanik, manfaat tersebut hanya efektif pada kadar tertentu dan sangat bergantung pada temperatur pembakaran, kehalusan abu, kandungan karbon tidak terbakar, serta pengendalian air pencampur (Gedefaw *dkk*., 2022 & Gaashahum., 2017)

Di sisi lain, *silica fume* yang kaya akan silika amorf mampu memperbaiki kepadatan mikrostruktur melalui efek filler dan reaksi pozzolanik, tetapi kadar *silica fume* yang melebihi optimum dapat mengalami pengurangan volume semen aktif lebih besar daripada kontribusi reaksi pozzolanik, efek pengisian rongga, kenaikan kebutuhan air, serta workability yang rendah sehingga pemadatan tidak optimal (Duval *dkk*., 1998).

Oleh karena itu, apabila jumlah semen yang digantikan oleh abu ampas kopi dan *silica fume* terlalu besar, pembentukan C–S–H sekunder tidak mampu mengimbangi hilangnya produk hidrasi sehingga porositas meningkat dan efek kumulatif berupa berkurangnya kandungan semen serta meningkatnya kebutuhan air.

4.7 Hasil Modulus Elastisitas

Berikut adalah pengujian modulus elastisitas mengikuti aturan SNI 2847:2019, sebelum melakukan perhitungan, harus menentukan berapa berat jenis tiap sampel uji beton.

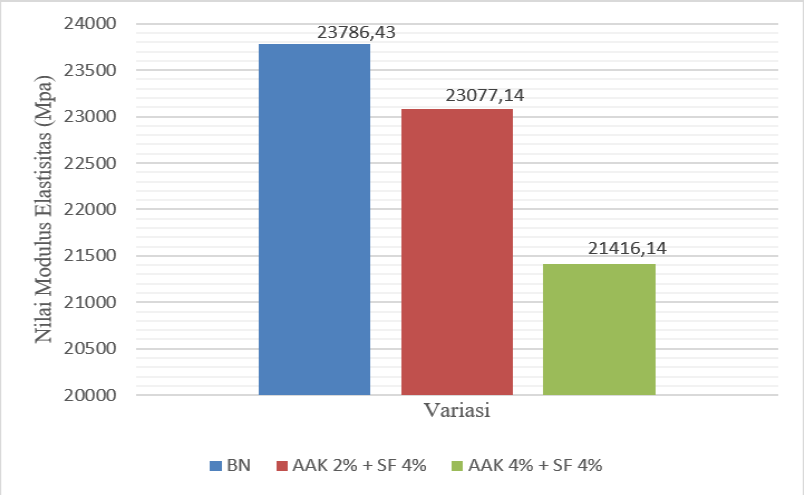
Maka berat jenis setiap benda uji dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 14 Berat Jenis Sampel Beton

Variasi	Sampel	Berat (kg)	Berat jenis (kg/m^3)
BN	1	12,785	2412,264151
	2	12,545	2366,981132
	3	12,755	2406,603774
AAK 2% + SF 4%	1	12,695	2395,283019
	2	12,635	2383,962264
	3	12,540	2366,037736
AAK 4% +SF 4%	1	12,365	2333,018868
	2	12,415	2342,45283
	3	12,390	2337,735849

Tabel 4. 15 Modulus Elatisitas Sampel Beton

Variasi	Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	Berat Jenis (kg/m3)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Modulus Elastisitas Rata - Rata (Mpa)
BN	1	22,08	2412,264151	23939,33	23786,43
	2	22,65	2366,981132	23564,84	
	3	22,08	2406,603774	23855,12	
AAK 2% SF 4%	1	20,38	2395,283019	22757,73	23077,14
	2	22,08	2383,962264	23519,26	
	3	21,51	2366,037736	22954,44	
AAK 4% SF 4%	1	17,55	2333,018868	20300,21	21416,14
	2	20,95	2342,45283	22312,57	
	3	19,82	2337,735849	21635,63	



Gambar 4. 7 Grafik Diagram Rata -Rata Modulus Elastisitas

Dari grafik tersebut, terlihat tren yang menyerupai hasil uji kuat tekan beton, dimana adanya penurunan modulus elastisitas pada penambahan abu ampas kopi dan silika fume. modulus eelastisitas beton akan semakin menurun apabila abu ampas kopi dan silika fume yang digunakan semakin banyak. Hal ini sesuai dengan hasil uji kuat tekan beton dimana hasil uji kuat tekan akan berbanding lurus dengan hasil modulus elastisitas beton.

Pada penggunaan abu ampas kopi disebabkan oleh sifatnya yang berpori dan mudah menyerap air, sehingga air untuk hidrasi semen berkurang dan pembentukan C-S-H tidak optimal. Peningkatan kadar abu juga menurunkan workability, menyulitkan pemadatan, serta meningkatkan porositas beton. Selain itu, berkurangnya jumlah semen aktif akibat dilution effect (berkurangnya proporsi semen aktif) turut menurunkan. Meskipun mengandung senyawa pozzolanik, efektivitas abu ampas kopi bergantung pada kadar penggunaan, suhu pembakaran, kehalusan abu, kandungan karbon, dan pengendalian air (Gedefaw *dkk*., 2022 & Gaashahum., 2017)

Di sisi lain *Silica fume* yang mengandung silika amorf tinggi dapat meningkatkan kerapatan mikrostruktur beton melalui efek pengisian rongga (filler effect) dan reaksi pozzolanik. Namun, penggunaan *silica fume* yang melampaui kadar optimum dapat mengurangi jumlah semen aktif secara lebih besar dibandingkan manfaat yang dihasilkan dari reaksi pozzolanik maupun pengisian pori (Duval *dkk*., 1998).

Dengan demikian, apabila proporsi penggantian semen oleh abu ampas kopi dan *silica fume* terlalu tinggi, pembentukan C–S–H sekunder tidak mampu menggantikan produk hidrasi yang hilang dan efek kumulatif berupa berkurangnya kandungan semen serta meningkatnya kebutuhan air.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton normal pada umur 28 hari menhasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 22,27 Mpa. Pada variasi beton dengan subtitusi abu ampas kopi sebanyak 2% dan silika fume 4% yang menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 21,33 Mpa, yang menunjukkan penurunan sebesar 4,2% dibandingkan dengan beton normal. Sementara itu pada subtitusi abu ampas kopi 4% dan *silica fume* 4% mengalami penuruanan sebesar 19,44 Mpa, turun sebesar 12% dari beton normal. Hal ini menunjukan bahwa subtitusi abu ampas kopi pada kadar yang tinggi 4% memberikan pengaruh negatif yang lebih bersat dibandingkan dengan variasi 2%.
2. Penelitian menunjukkan bahwa modulus elastisitas pada beton normal memiliki nilai tertinggi sebesar 23786,43 Mpa. Pada variasi beton dengan subtitusi abu ampas kopi sebanyak 2% dan silika fume 4% yang menghasilkan modulus elastisitas sebesar 23077,14 Mpa, yang mengalami penurunan sebesar 2,9% dari beton normal. Adapun pada variasi beton dengan subtitusi abu ampas kopi sebanyak 4% dan *silika fume* 4% mengalami penurunan sebesar 21416,14 Mpa, atau turun 9% dari beton normal.

Penelitian ini menunjukan bahwa beton normal memberikan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dengan nilai paling tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan subtitusi abu ampas kopi 2% dan 4% dengan *silica fume* 4% yang belum mampu meningkatkan kekukatan pada beton tersebut. Penurunanan ini diduga akibat dari sifat mekanis abu ampas kopi yang menyerap air dan bertekstur porous (berpori/berongga) serta berkurangnya jumlah semen yang aktif. Kondisi tersebut menyebabkan proses hidrasi dan pemadatan beton kurang optimal,

sehingga porositas meningkat dan ikatan antara pasta semen dengan agregat melemah. Serta belum optimalnya proses pembakaran, reaksi pozzolanik, pemadatan betton dan hidrasi pada beton.

5.2 Saran

1 Untuk penelitian selanjutnya, dapat menggunakan abu ampas kopi dengan penambahan variasi bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai pendamping abu ampas kopi antara lain fly ash dan superplastizer. Hal ini direkomendasikan untuk meningkatkan workability, *silica fume* dan untuk meningkatkan kuat tekan, serta dapat digunakan untuk memperkuat aspek keberlanjutan dan durabilitas beton. Serta mempertahankan faktor air-semen atau faktor air-bahan pengikat secara konsisten pada seluruh variasi,

2 Lakukan eksplorasi variasi persentase abu ampas kopi yang lebih rendah, misalnya 0,5%, 1%, dan 1,5%, untuk mengidentifikasi batas optimal yang justru dapat meningkatkan kuat tekan beton serta menguji umur beton lebih lama pada 56 atau 90 hari yang bisa mengalami peningkatan kekuatan.

3 Melakukan variasi substitusi abu ampas kopi terhadap agregat halus berdasarkan volume, bukan hanya berdasarkan berat. Pendekatan volume lebih tepat karena berat jenis abu ampas kopi umumnya lebih rendah dan karakter porinya berbeda dari pasir.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute

Adhi, P. T., Beton, P., & Margorejo, P. (2023). Ikraith-Teknologi Vol 7 No 3 November 2023 121. 7(3), 121–139.

Alkhaly, Y. R., & Syahfitri, M. (2016). Sebagai Material Pengganti Parsial Semen. 6(2), 101–110.

Agus, Bambang & Diah, (2021) 'elastisitas pada beton normal dan high volume fly ash self compacting concrete (hvfa-scc) dengan kadar fly ash 50 %', 9(3), pp. 156–162.

Amelia, R., Suhendra, & Amalia, K. R. (2021). Hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Jurnal Talenta Sipil, 4(2), 225–235. https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i2.79

Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990: Metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI 1970:2016: Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 1998. SNI 03-4804-1998: Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1971:2011: Metode pengujian kadar air total agregat dengan pengeringan oven. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 1989. SK SNI S-04-1998-F: Persyaratan kadar lumpur agregat. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (mix design). BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 2493:2011: Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1972:2008: Cara uji slump beton BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2008). SNI 2826:2008 - Cara Uji Modulus Elastisitas Beton di Laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Beza, D., Dada, O. R., Zerihun, A., & Ikotun, B. D. (2026). Utilisation of coffee husk ash in sustainable concrete: Insights into microstructure and mechanical properties. European Journal of Environmental and Civil Engineering, 30(1), Article 2662487. https://doi.org/10.1080/19648189.2026.2662487

Choubdar, F. (2012). Silica fume as pozzolanic material in high-performance concrete: Particle size effects on compressive strength. Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 3(5), 112-120

Duval, R., & Kadri, E. H. (1998). Influence of silica fume on the workability and the compressive strength of high-performance concretes. Cement and Concrete Research, 28(4), 533–547. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00010-6

Gashahun, A. D. (2017). Partial replacement of cement by coffee husk ash for C-25 concrete production [Master's thesis, Jimma Institute of Technology, Jimma University]. Jimma University Repository. https://repository.ju.edu.et/bitstream/handle/123456789/1645/Abebe%20Demissew%20final%20%20thesis%202017.pdf

Gedefaw, A., Begashaw, W. Y., Asrat, E. S., Tilahun, H. B., & Damtie, Y. M. (2022). Experimental Investigation on the Effects of Coffee Husk Ash as Partial Replacement of Cement on Concrete Properties. Advances in Materials Science and Engineering, 2022, Article 4175460. https://doi.org/10.1155/2022/4175460.

Ghutke, V. S., & Bhandari, P. S. (2014). *Influence of silica fume on concrete*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)**,** 44–47. International Conference on Advances in Engineering & Technology (ICAET-2014)

Hartini. (2021) '*Uji kuat tekan beton dengan pemanfaatan abu ampas kopi sebagai substitusi parsial semen*', *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan No. X, Vol. 2, Oktober 2021, 58–66.*

Hernández, L., & Gil-Martín, L. M. (2023). A comparison of the most important properties of structural concrete: European standards versus American standards. European Journal of Environmental and Civil Engineering, 27(13), 3867–3880

Hoang, N.-D., & Pham, A.-D. (2016). Estimating concrete workability based on slump test with least squares support vector regression. Journal of Construction Engineering, 2016, 1–8. https://doi.org/10.1155/2016/5089683

Hossain, M. A., Safiuddin, M., Awal, M. A., & Islam, M. S. (2018). Utilization of coffee grounds ash in concrete production. Journal of Building Engineering, 18, 1-10

Humaidi & Hafizh, (2011) 'Pengaruh nilai slump terhadap kuat tekan Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil , Politeknik Negeri Banjarmasin', (1).

Ilmiah, J., & Sipil, T. (2021). Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan ,. 1, 1–5.

Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2011b). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Kasus, S., Jl, P., Agung, S., Pramita, G., Lestari, F., Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., & Indonesia, U. T. (2017). Analisis Kinerja Persimpangan Bersinyal di Kota Bandar Lampung pada Masa Pandemi Covid -19. 19

Maya, Y., Sartika, S. N. R., & Denie, N. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc ' 25 Effect Of Silica Fume Addition On Concrete Compressive Strength Fc ' 25. 1, 1–6.

Neville, A. M. (2011). Properties of concrete (5th ed.). Pearson Education Limited. Harlow, England. ISBN 978-0-273-75580-7

Ng, C. K., Zaine, Z. G., & Ting, S. N. (2025). Basic properties of concrete with silica fume as supplementary cementitious material: Effects of replacement level and particle size. Journal of Applied Science & Process Engineering, 12(2), 151–160. https://doi.org/10.33736/jaspe.10641.2025

Nugroho, F. and Azman, H.F. (2024) 'PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON', 2(1), pp. 9–16.

Panjaitan, A. N., Ramadhani, R. S., & Sitanggang, E. S. Y. (2021)**.** Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat, 1(1), 1–5.*

Prasetio, A., Pangestu, A., Defrindo, Y., & Lestari, F. (2020). RENCANA PEMBANGUNAN SANITASI BERBASIS LINGKUNGAN DI DESA DADISARI KABUPATEN TANGGAMUS. Jurnal Teknik Sipil, 1(1), 26–32.

Pribadi, A. and Widiastuti, M.A. (2025) 'Uji Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Limbah Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen', X(2), pp. 12932–12938.

PT Sika Indonesia. (n.d.). Technical data sheet Sika Fume. Sika Indonesia.

Reta Yomiyu and Mahto Shivakumar, “Experimental Investigation on the Effects of Coffee Husk Ash as Partial Replacement of Cement on Concrete Properties,” *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2022, no. 6, pp. 152–158, 2022, doi: 10.1155/2022/4175460.

Rizal, M., Fauzan, A., Hardiyanti, S., & Pratiwi, D. (2020). Utilization of Spent Coffee Grounds as a Partial Replacement of Cement in Concrete: An Experimental Study. *Journal of Building Engineering*, *32*, 101776

SNI 05-2049-2002 SEMEN PORTLAND.pdf. (n.d.).

Sutriono, B. , Trimurtiningrum, R., & Rizkiardi, A. (2018). Pengaruh Silica Fume sebagai Subtitusi Semen terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar. *Reka Racana: Jurnal Teknik Sipil No. 4, Vol. 4, Desember 2018, 12-21*.

Teori, K., & Beton, A. (n.d.). BAB II. https://eprints.uny.ac.id/66406/5/04.%20BAB%20II.pdf

Veronica, C., & Sandjaya, A. (2025). Dampak Penggunaan Ampas Kopi terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Paving Block. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil***,** 8(3), 825–834.

Wok, S. R., & Fanourakis, G. C. (2022). An assessment of factors affecting the elastic modulus of concrete. Structural Concrete, 23(1), 593–603. https://doi.org/10.1002/suco.202000553

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian

L.1 perhitungan Kuat Tekan

a) Perhitungan Kuat Tekan Beton Normal

- Benda Uji 1 (A1)

- Beban (P) = 390 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{390}{17662,5}$ = 22,08 Mpa

- Benda Uji 2 (A2)

- Beban (P) = 400 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{400}{17662,5}$ = 22,65 Mpa

- Benda Uji 3 (A3)

- Beban (P) = 390 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{390}{17662,5}$ = 22,08 Mpa

- Hasil Kuat tekan Beton Rata-Rata

  Kuat Tekan Beton Rata-Rata $= \frac{22,08 + 22,65 + 22,08}{3}$

  = 22,27 Mpa

b) Beton Abu Ampas Kopi 2% dan Silika Fume 4%

- Benda Uji 1 (B1)

- Beban (P) = 360 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2

- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{360}{17662,5}$ = 20,38 Mpa

➢ Benda Uji 2 (B2)

- Beban (P) = 390 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{390}{17662,5}$ = 22,08 Mpa

➢ Benda Uji 3 (B3)

- Beban (P) = 380 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{380}{17662,5}$ = 21,51 Mpa

➢ Hasil Kuat tekan Beton Rata-Rata

Kuat Tekan Beton Rata-Rata $= \frac{20,38 + 22,08 + 21,51}{3}$

= 21,33 Mpa

c) Beton Abu Ampas Kopi 4% dan Silika Fume 4%

➢ Benda Uji 1 (C1)

- Beban (P) = 310 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{310}{17662,5}$ = 17,55 Mpa

➢ Benda Uji 2 (C2)

- Beban (P) = 370 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton $= \frac{P}{A}$

  $= \frac{370}{17662,5}$ = 20,95 Mpa

➢ Benda Uji 3 (C3)

- Beban (P) = 350 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 m^2
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

  = $\frac{350}{17662,5}$ = 19,82 Mpa

➢ Hasil Kuat tekan Beton Rata-Rata

Kuat Tekan Beton Rata-Rata = $\frac{17,55 + 20,95 + 19,82}{3}$

= 19,44 Mpa

L.2 Perhitungan Modulus Elastisitas

a) Beton Normal (A1)

➢ Benda Uji 1

- Berat Benda uji (W) = 12,785 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,785}{0,0053}$ = 2412,26415 kg/m^3

➢ Benda Uji 2 (A2)

- Berat Benda uji (W) = 12,545 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,545}{0,0053}$ = 2366,98113 kg/m^3

➢ Benda Uji 3 (A3)

- Berat Benda uji (W) = 12,755 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,755}{0,0053}$ = 2406,60377 kg/m^3

b) Beton Abu Ampas Kopi 2% dan Silika Fume 4%

➢ Benda Uji 1 (B1)

- Berat Benda uji (W) = 12,695 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,695}{0,0053}$ = 2395,28302 kg/m^3

➢ Benda Uji 2 (B2)

- Berat Benda uji (W) = 12,635 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,635}{0,0053}$ = 2383,96226 kg/m^3

➢ Benda Uji 3 (B3)

- Berat Benda uji (W) = 12,540 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,540}{0,0053}$ = 2366,03774 kg/m^3

c) Beton Abu Ampas Kopi 4% dan Silika Fume 4%

➢ Benda Uji 1 (C1)

- Berat Benda uji (W) = 12,365 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,365}{0,0053}$ = 2333,01887 kg/m^3

➢ Benda Uji 2 (C2)

- Berat Benda uji (W) = 12,415 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,415}{0,0053}$ = 2342,45283 kg/m^3

➢ Benda Uji 3 (C3)

- Berat Benda uji (W) = 12,390 kg
- Volume silinder = 0,0053 m^3
- Berat Jenis (W_c) = $\frac{12,390}{0,0053}$ = 2337,73585 kg/m^3

Hasil perhitungan modulus elastisitas

a) Beton Normal

➢ Benda Uji 1 (A1)

- f'c = 22,08 Mpa
- W_c = 2412,26415 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2412,26415^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{22,08}$
  = 23939,33 Mpa

➢ Benda Uji 2 (A2)

- f'c = 22,65 Mpa
- W_c = 2366,98113 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2366{,}98113^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{22{,}65}$
  = 23564,84 Mpa

➢ Benda Uji 3 (A3)

- f'c = 22,08 Mpa
- W_c = 2406,60377 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2406{,}60377^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{22{,}08}$
  = 23855,12 Mpa

➢ Hasil Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

$$= \frac{23939{,}32859 + 23564{,}84339 + 23855{,}11759}{3}$$

= 23786,43 Mpa

b) Beton Abu Ampas Kopi 2% dan Silika Fume 4%

➢ Benda Uji 1 (B1)

- f'c = 20,38 Mpa
- W_c = 2395,28302 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2395{,}28302^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{20{,}38}$
  = 22757,73 Mpa

➢ Benda Uji 2 (B2)

- f'c = 22,08 Mpa
- W_c = 2383,96226 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2383{,}96226^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{22{,}08}$
  = 23519,26 Mpa

➢ Benda Uji 3 (B3)

- f'c = 21,51 Mpa
- W_c = 2366,03774 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = $2366{,}03774^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{21{,}51}$
  = 22954,44 Mpa

➢ Hasil Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

$= \frac{22757{,}7264 + 23519{,}26452 + 22954{,}43813}{3}$

= 23077,14 Mpa

c) Beton Abu Ampas Kopi 4% dan Silika Fume 4%

- Benda Uji 1 (C1)

- f'c = 17,55 Mpa
- W_c = 2333,01887 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = 2333,01887 ^{1,5} x 0,043 x $\sqrt{17{,}55}$

  = 20300,21 Mpa

- Benda Uji 2 (C2)

- f'c = 20,95 Mpa
- W_c = 2342,45283 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = 2342,45283^{1,5} x 0,043 x $\sqrt{20{,}95}$

  = 22312,57 Mpa

- Benda Uji 3 (C3)

- f'c = 19,82 Mpa
- W_c = 2337,73585 kg/m^3
- Ec = $W_c^{1,5}$ x 0,043 x $\sqrt{f'c}$ = 2337,73585^{1,5} x 0,043 x $\sqrt{19{,}82}$

  = 21635,63 Mpa

- Hasil Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

  Modulus Elastisitas Beton Rata-Rata

  $= \frac{20300{,}21286 + 22312{,}56567 + 21635{,}62999}{3}$

  = 21416,14 Mpa

Lampiran 2 Dokumentasi



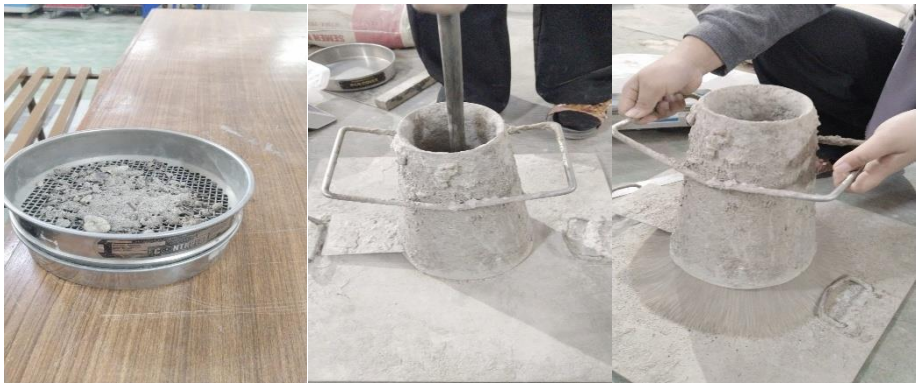
Gambar L.2.1 Penimbangan benda uji



Gambar L.2.2 Proses Pengujian Material Analisa saringan agregat kasar



Gambar L.2.3 Proses Pengujian Matrial Analisa saringan agregat halus



Gambar L.2.2 Proses Pengujian Material berat jenis



Gambar L.2.3 Proses Pengujian Material kadar air agregat kasar



Gambar L.2.4 Proses Pengujian Material kadar air agregat halus



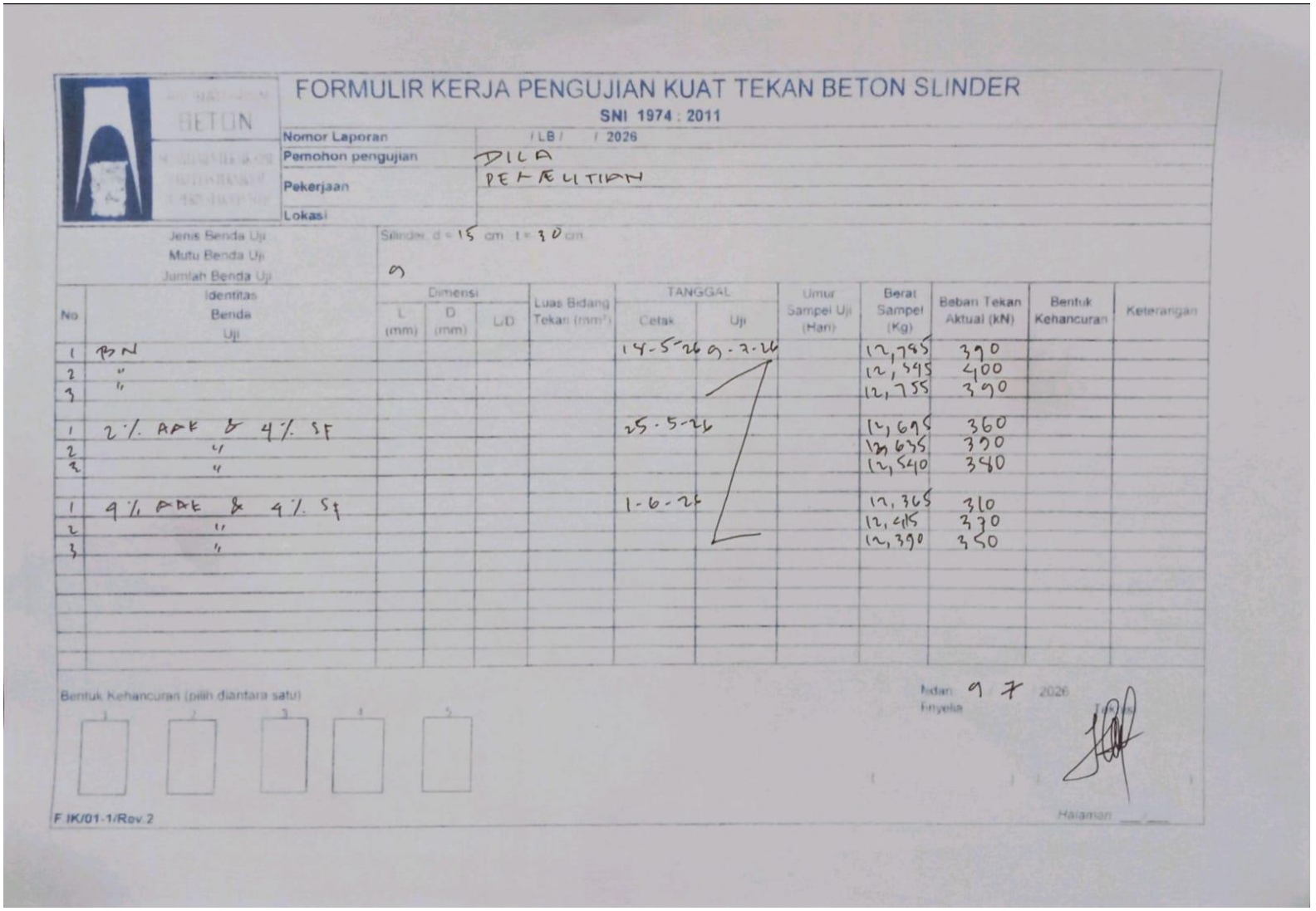
Gambar L.2.5 Proses Pengujian Material kadar lumpur agregat kasar



Gambar L.2.6 Proses Pengujian Material kadar lumpur agregat halus



Gambar L.2.7 Proses Pengujian Material berat isi agregat kasar



FORMULIR KERJA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SLINDER

SNI 1974 : 2011

Nomor Laporan : / LB / / 2026

Pemohon pengujian : DILA

Pekerjaan : PENELITIAN

Lokasi :

Jenis Benda Uji :

Mutu Benda Uji :

Jumlah Benda Uji : 9

Silinder d = 15 cm t = 30 cm

No	Identitas Benda Uji	Dimensi L (mm)	Dimensi D (mm)	L/D	Luas Bidang Tekan (mm²)	TANGGAL Cetak	TANGGAL Uji	Umur Sampel Uji (Hari)	Berat Sampel (Kg)	Beban Tekan Aktual (kN)	Bentuk Kehancuran	Keterangan
1	PCN					14-5-26	9-7-26		12,785	390		
2	"								12,595	400		
3	"								12,755	390		
1	2% APF & 4% SF					25-5-26			12,695	360		
2	"								12,635	390		
3	"								12,540	340		
1	4% APF & 4% SF					1-6-26			12,365	310		
2	"								12,615	370		
3	"								12,390	350		

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)

1 2 3 4 5

Indari 9 7 2026

Finyelia

F IK/01-1/Rev.2

Halaman

Gambar L.2.11 Hasil Laboratorium Pengujian Kuat Tekat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI	
Nama Lengkap	: Fadila Shoviatunisa
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 11 Desember 2004
Jenis Kelamin	: Perempuan
Agama	: Islam
Alamat	: kapten Sumarsono Karya III Gg. Malvinas No.103
Nomor Hp	: +62 821 6834 7917
Nama Ayah	: Prayitno *rahimahullah*
Nama Ibu	: Sri Yatminingsih
E-mail	: fadillashoviatunnisa@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN	
NIM	: 2207210091
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL		
Sekolah Dasar	: SDN 064981 Helvetia Medan	2013-2016
Sekolah Menengah Pertama	: MTS Negeri 3 Medan	2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: SMA Swasta Ar – Rahman Medan	2019-2022