

**ANALISIS KEKUATAN TEKAN BETON TANPA SEMEN
MENGUNAKAN FLY ASH DENGAN AKTIVATOR SODIUM
SILIKAT DAN SODIUM HIDROKSIDA**

SKRIPSI

**OLEH:
MUHAMMAD FAJAR SURYA
208110011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MEDAN AREA
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/25

**ANALISIS KEKUATAN TEKAN BETON TANPA SEMEN
MENGUNAKAN FLY ASH DENGAN AKTIVATOR SODIUM
SILIKAT DAN SODIUM HIDROKSIDA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:
MUHAMMAD FAJAR SURYA
208110011

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MEDAN AREA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Kuat Tekan Beton Tanpa Semen Menggunakan *Fly ash* Dengan aktivator *Sodium Silicate* dan *Sodium Hidroksida*
Nama : Muhammad Fajar Surya
NPM : 208110011
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh: Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno S.T., M.T.
Dekan



H. Fika Annita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 6 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 6 Maret 2025



Muhammad Fajar surya
208110011



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Fajar Surya
NPM : 208110011
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kekuatan Tekan Beton Tanpa Semen Menggunakan Fly Ash Dengan Aktivator Sodium Silikat Dan Sodium Hidroksida. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 6 Maret 2025
Yang menyatakan



(Muhammad Fajar Surya)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Binjai Pada tanggal 7 Maret 2003 dari Ayah Suroto dan Ibu Sriyani. Penulis merupakan anak ke 1 dari 2 bersudara. Tahun 2020 Penulis melanjutkan pendidikan kuliah Strata Satu (S-1) di salah satu Universitas Swasta terbaik no. 1 yang berada di Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) pada proyek pembangunan swalayan irian di jalan letda sujono medan – Sumatera utara.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas berkatkarunia dan rahmat-Nya, laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Skripsi ini berjudul **“Analisis Kekuatan Tekan Beton Tanpa Semen Menggunakan Fly Ash Dengan Aktivator Sodium Silikat Dan Sodium Hidroksida.”**. Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing saya dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada, teman-teman seangkatan saya, Abangda dan kakanda stambuk 2019, PT. Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Sumatera Utara yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Papa, Mama serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 6 Maret 2025
Penulis



Muhammad Fajar surya
208110011

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi dan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan. Faktor lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan bangunan adalah faktor efektivitas dan tingkat efisiensi. Beton mutu tinggi mempunyai beberapa keunggulan antara lain kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap karat dan kerusakan akibat pengaruh lingkungan, serta tahan terhadap unsur-unsur (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap sifat beton segar (*slump*), mekanik yang ditinjau dari kuat tekan beton, dan proporsi penggunaan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium PT Wijaya Karya Beton Tbk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis kuat tekan beton tanpa semen menggunakan *fly ash* dengan aktivator *sodium silicate* dan *sodium hidroksida* hasilnya kuat tekan lebih tinggi K100 atau 8,3 MPa dengan hasil percobaan yang tertinggi mencapai 12,14 MPa. Sampel beton yang menghasilkan kuat tekan beton rata-rata paling rendah ialah sampel beton dengan variasi PI (percobaan 1), yaitu campuran 25% bahan pengikat dan 75% bahan pengisi dengan kuat tekan beton rata-rata sebesar 10,15 Mpa. Dan nilai maksimum persentase yang dapat memenuhi persyaratan ialah campuran 35% bahan pengikat dan 75% bahan pengisi pada variasi PIII yang mendapatkan hasil uji kuat beton tertinggi sebesar 12,14 MPa.

Kata kunci : Beton tanpa semen, Fly ash, Kuat tekan, Nilai slump, Waktu ikat.

ABSTRACT

Concrete was one of the building materials used in construction work and played a very important role in development. Other factors underlying the selection and use of concrete as a building material were its effectiveness and efficiency. High-strength concrete had several advantages, including high compressive strength, resistance to corrosion and damage due to environmental effects, and resistance to elements (heat, cold, sunlight, rain). This research aimed to determine and analyze the effect of fly ash as a cement substitute on the properties of fresh concrete (slump), mechanical properties in terms of compressive strength, and the proportion of fly ash usage as a cement substitute in concrete. This research used an experimental method in the laboratory of PT Wijaya Karya Beton Tbk. The research results showed that the compressive strength analysis of cementless concrete using fly ash with sodium silicate and sodium hydroxide activators resulted in higher compressive strength, reaching K100 or 8.3 MPa, with the highest experimental result reaching 12.14 MPa. The concrete sample with the lowest average compressive strength was the PI variation (experiment 1), which was a mixture of 25% binder and 75% filler, with an average compressive strength of 10.15 MPa. The maximum percentage value that met the requirements was the mixture of 35% binder and 75% filler in the PIII variation, which obtained the highest concrete compressive strength test result of 12.14 MPa.

Keywords: Cementless Concrete, Fly Ash, Compressive Strength, Slump Value, Setting Time.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Beton Normal	8
2.3. Sifat Mekanik Beton	8
2.3.1. Kuat Tekan Beton	8
2.4. Fly Ash	9
2.5. Deskripsi Beton	12
2.6. Keunggulan Dan Kelemahan beton.....	13
2.7. Sifat Beton	14
2.8. Jenis Beton	17
2.9. Bahan Penyusun Beton	18
2.10. Bahan Tambahan.....	24
2.10.1. Aktivator.....	25
2.11. Pengujian Sifat Mekanik Beton.....	28
2.11.1. Pengujian Kuat Tekan Beton	28
2.12. Pengujian Workability (Slump).....	29
2.13. Perawatan Beton.....	30

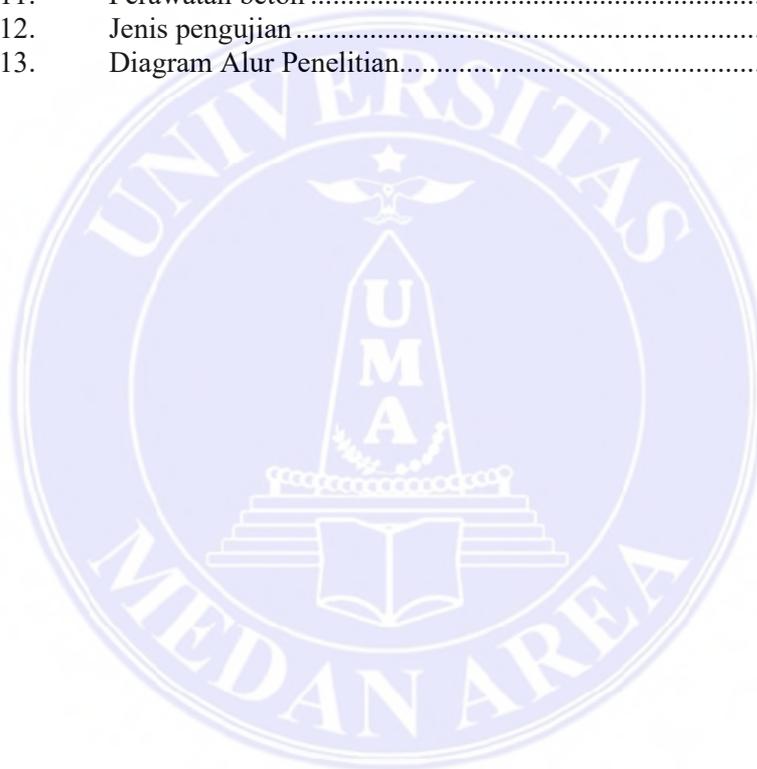
2.14. Konsep Desain Komposisi.....	31
2.14.1. Umum	31
2.14.2. Hal yang perlu diperhatikan dalam desain komposisi geopolimer berbasis fly ash	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1. Lokasi Penelitian.....	34
3.2. Pengumpulan, Pengujian dan Analisa Material Penyusun.....	34
3.3. Desain Komposisi, Pembuatan Benda Uji, Pengujian Dan Analisa	36
3.3.1. Desain Komposisi	36
3.3.2. Pembuatan Benda Uji.....	45
3.3.3. Pengujian dan Analisa.....	51
3.4. Diagram Alur Penelitian	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Hasil Pengujian material Penyusun	55
4.1.1 Fly ash.....	55
4.1.2 Aktivator	56
4.1.3 Agregat.....	57
4.2 Desain Komposisi	63
4.2.1 Komposisi per 1m ³ beton seluruh variabel.....	63
4.3 Pengujian Waktu Ikat Pasta Beton.....	64
4.4 Pengujian Slump	65
4.5 Pengujian Kuat Tekan	66
4.6 Pembahasan	71
BAB V PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	10
Tabel 2.	Beton menurut kuat tekannya.....	15
Tabel 3.	menjelaskan mengenai berat jenis beton yang digunakan untuk kontruksi bangunan	15
Tabel 4.	Susunan unsur semen <i>Portland</i>	19
Tabel 5.	Pengaruh sifat agregat pada sifat beton.....	21
Tabel 6.	Syarat Agregat Kasar Menurut	22
Tabel 7.	Batas gradasi agregat halus	23
Tabel 8.	Rekomendasi rasio molar oksida untuk geopolimer	32
Tabel 9.	Beberapa rekomendasi nilai dari beberapa parameter dalam desain komposisi geopolimer berbasis fly ash	33
Tabel 10.	Tabel Beberapa macam jenis pengujian untuk Agregat yang digunakan dalam penelitian	35
Tabel 11.	Tabel perbandingan presentase bahan pengikat dan bahan pengisi dalam satu beton.....	36
Tabel 12.	Variabel tetap yang akan melengkapi variabel bebas dalam suatu desain komposisi beton geopolimer berbasis fly ash.....	37
Tabel 13.	Detail perhitungan bahan pengikat dan bahan pengisi	38
Tabel 14.	Detail perhitungan fly ash dan larutan aktivator	39
Tabel 15.	Detail perhitungan larutan NaOH dan larutan Na ₂ SiO ₃	39
Tabel 16.	Perbandingan berat NaOH padat dan Air dalam beberapa konsentrasi molar per 1000 gr larutan NaOH.....	40
Tabel 17.	Detail perhitungan larutan NaOH padat dan Air.....	41
Tabel 18.	Hasil pengujian gradasi agregat halus (Ex: Pasir Stabat-SUMUT).....	41
Tabel 19.	Hasil pengujian gradasi agregat kasar (Ex: Batu Pecah Selayang- SUMUT)	42
Tabel 20.	Hasil analisa gradasi agregat gabungan (Ex: Pasir stabat dan Batu Pecah Selayang).....	43
Tabel 21.	Detail perhitungan berat agregat halus dan agregat kasar	44
Tabel 22.	Komposisi masing-masing variabel untuk volume 1m ³	45
Tabel 23.	Jenis dan banyaknya benda uji yang digunakan.....	45
Tabel 24.	Analisa tipe Fly ash berdasarkan ASTM C618-12.....	55
Tabel 25.	Tipikal Karakter NaOH Flake kelas Teknis dengan tingkat kemurnian 98%	56
Tabel 26.	Perbandingan berat NaOH padat dan Air dalam beberapa konsentrasi molar per 1000 gr larutan NaOH.....	56
Tabel 27.	Tipikal Karakter larutan Na ₂ SiO ₃ kelas Teknis	57
Tabel 28.	Hasil pengujian gradasi agregat kasar (Ex: Batu Pecah Selayang- SUMUT)	58
Tabel 29.	Spesifikasi agregat kasar ex. Quarry Selayang.....	59
Tabel 30.	Hasil pengujian gradasi agregat halus (Ex: Pasir Stabat-SUMUT).....	61
Tabel 31.	Spesifikasi agregat halus ex. Quarry Stabat.....	62
Tabel 32.	Hasil Perhitungan desain campuran beton geopolimer untuk masing- masing variabel	63
Tabel 33.	Waktu ikat awal dan akhir pasta beton geopolimer.....	64
Tabel 34.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	66
Tabel 35.	Hasil perhitungan kuat tekan.....	69
Tabel 36.	Hasil perhitungan keseluruhan.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Sketsa pengujian kuat tekan beton.....	28
Gambar 2.	Sketsa kerucut <i>abrams</i>	30
Gambar 3.	Gambar Materian Penyusun Bahan Pengikat.....	35
Gambar 4.	Gambar material penyusun untuk bahan pengisi	35
Gambar 5.	Langkah-langkah pembuatan larutan NaOH.....	46
Gambar 6.	benda uji	47
Gambar 7.	Langkah proses pembuatan adukan pasta beton geopolimer	48
Gambar 8.	Langkah proses pengadukan beton geopolimer	48
Gambar 9.	Slump Test	49
Gambar 10.	Benda uji beton geopolimer berukuran 10 x 20 cm yang telah dibuat dan di beri label.....	49
Gambar 11.	Perawatan beton	50
Gambar 12.	Jenis pengujian	51
Gambar 13.	Diagram Alur Penelitian.....	54



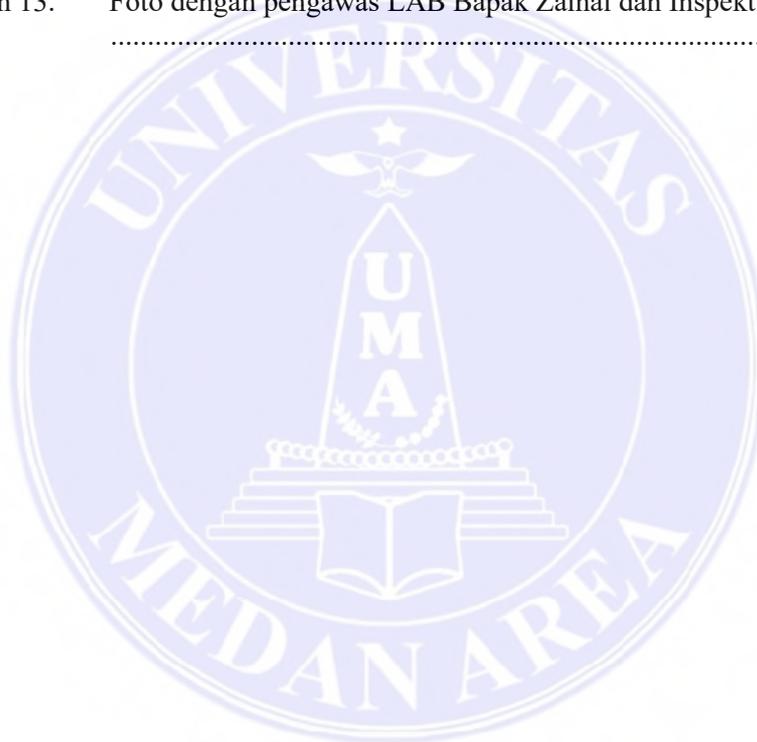
DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.	Analisa gradasi agregat gabungan	44
Grafik 2.	Hasil pemeriksaan ayakan agregat kasar.....	59
Grafik 3.	Hasil pemeriksaan ayakan agregat halus.....	61
Grafik 4.	Grafik hasil pengujian Vicat pasta beton geopolimer	64
Grafik 5.	Hasil perhitungan uji kuat tekan beton keseluruhan	71



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Persiapan pengecoran.....	81
Lampiran 2.	Ayakan pasir dan Split	81
Lampiran 3.	Pencampuran Bahan.....	82
Lampiran 4.	Penambahan <i>Fly ash</i> sebagai campuran beton geopolymer.....	82
Lampiran 5.	Pengujian slump test	83
Lampiran 6.	Memasukan beton kedalan cetakan dan memberi label	83
Lampiran 7.	Pembongkaran cetakan.....	84
Lampiran 8.	Perendaman Benda uji.....	84
Lampiran 9.	Pengangkatan benda uji dari bak rendaman.....	85
Lampiran 10.	Percobaan Vicat pasta geopolimer	85
Lampiran 11.	Pengujian kuat tekan	86
Lampiran 12.	Pemantauan Uji tekan	86
Lampiran 13.	Foto dengan pengawas LAB Bapak Zainal dan Inspektur Bapak Saidi...	87



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur dan kebutuhan akan perumahan mendorong inovasi di bidang teknik sipil khususnya di bidang teknologi bahan bangunan. Inovasi yang diterapkan bertujuan untuk menghasilkan material struktur dengan sifat unggul, ekonomis dan biaya.

Salah satu bahan bangunan yang paling umum digunakan adalah beton. Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi dan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan. Ciri-ciri beton adalah mudah diolah menjadi bentuk yang diinginkan, mempunyai kuat tekan yang tinggi, mudah perawatannya dan tahan lama, serta harganya relatif murah karena menggunakan bahan dasar lokal (Tjokrodinuljo, 1992).

Beton adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) sebagai bahan pengisi serta semen dan air sebagai bahan pengikat.

Faktor lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan bangunan adalah faktor efektivitas dan tingkat efisiensi. Bahan pengisi beton umumnya terbuat dari bahan-bahan yang mudah didapat, mudah diolah (*workability*), serta mempunyai ketahanan dan kekuatan yang diperlukan untuk konstruksi struktur.

Beton mutu tinggi mempunyai beberapa keunggulan antara lain kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap karat dan kerusakan akibat pengaruh lingkungan, serta tahan terhadap unsur-unsur (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Beton juga

mempunyai beberapa kelemahan. Artinya mempunyai kuat tarik yang rendah, memuai dan menyusut jika terjadi perubahan suhu, sulit kedap air seluruhnya, serta rapuh (Tjokrodinuljo, 1996).

Dalam perkembangan teknologi beton saat ini, berbagai upaya dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat beton yang buruk. Menurut Cain (1994: 500-508), salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi produksi beton adalah bahan tambahan mineral (zat aditif). Karena bahan tambahan mineral sekarang lebih umum digunakan untuk meningkatkan kinerja beton, terutama kuat tekan beton, bahan tambahan mineral ini cenderung bersifat semen. Bahan tambahan mineral tersebut antara lain *pozzollan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

Menurut Dipohusodo (1994), salah satu upaya dalam pengembangan beton adalah beton tidak mampu menahan beban tarik secara memadai dan dengan asumsi kuat tarik beton antara 9% sampai 15% adalah untuk memperbaiki sifat mekaniknya sendiri

Fly ash, yang merupakan sisa pembakaran batubara, akan digunakan sebagai bahan pengganti semen sebagai jenis limbah dalam penelitian ini. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Indonesia menghasilkan abu terbang (*Fly Ash*), suatu limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Limbah abu terbang adalah partikel abu yang dibawa oleh gas buang. Produksi limbah abu terbang meningkat setiap tahun sebanding dengan jumlah batubara yang digunakan dalam industri pembangkit listrik tenaga surya (PLTU) di Indonesia. Pada masa lalu, limbah abu diperoleh dari pembakaran batubara dengan corong gas dan menyebar ke atmosfer. Hal ini menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan karena timbunan limbah dari pembakaran batubara.

Fly ash tergolong limbah B3 karena mengandung oksida logam berat yang secara alami dapat larut dan mencemari lingkungan. Bahan Berbahaya (B3) adalah sisa pekerjaan dan bahan yang mengandung bahan beracun dan berbahaya yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusak lingkungan hidup serta membahayakan kesehatan manusia, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Karena abu terbang ini dihasilkan dalam jumlah yang relatif besar, maka harus dikelola agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran udara atau pencemaran air, serta tidak mempengaruhi kualitas ekosistem.

Berdasarkan hal tersebut di atas, efektivitas *fly ash* sebagai pengganti semen pada beton telah diselidiki. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh *fly ash* dan memperbaiki sifat mekanik beton seperti kuat tekannya, serta menurunkan biaya produksi beton dan membuatnya lebih ekonomis. Persentase *fly ash* yang digunakan sebagai pengganti semen pada beton bervariasi komposisinya untuk menjaga kualitas beton. Oleh karena itu, berdasarkan pertimbangan di atas, penulis mempunyai latar belakang untuk melakukan penelitian tentang "Pengembangan dan Analisis Kuat Tekan Beton tanpa Semen Berbasis *Fly Ash* dengan Aktivator *Sodium Silicate Dan Sodium Hidroksida*."

1.2. Rumusan Masalah

Dalam konteks ini, permasalahan penelitian ini adalah

1. Bagaimanakah pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap sifat fisik beton segar (*slump*)?
2. Bagaimana pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen

terhadap sifat mekanik yang ditinjau dari kuat tekan beton?

3. Berapakah proporsi penggunaan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap sifat fisik beton segar (*slump*)?
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap sifat mekanik yang ditinjau dari kuat tekan beton?
3. Untuk mengetahui proporsi penggunaan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton?

1.4. Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini adalah:

1. Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal).
2. Kuat tekan beton rencana ($f'c$) 8,3 Mpa atau setara dengan K100
3. Benda uji yang digunakan yaitu berbentuk silinder dengan diameter 10cm x 20cm. Jumlah benda uji sebanyak 18 sampel, yang terdiri dari 3 sampel untuk setiap persentase.
4. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton. Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari.
5. Bahan campuran yang digunakan:

- a. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton Tbk Sumatera Utara
 - b. Agregat kasar berupa batu pecah
 - c. Agregat halus berupa pasir alam
 - d. *Fly ash* yang digunakan berasal dari hasil pembakaran batu bara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara
 - e. *Sodium silicate* dan *Sodium hidroksida* yang digunakan berasal dari toko kimia cv rudang
6. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton Tbk. Sumatera Utara

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai penggunaan limbah batu bara (*Fly ash*) sebagai pengganti semen terhadap uji kuat tekan beton diharapkan bermanfaat bagi:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah *Fly ash*.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknologi beton dengan *Fly ash* sebagai pengganti semen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertasi atau jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian

1. Adibroto, Suhelmidawati, dan Zade (2018) menyelidiki secara eksperimental beton berkualitas tinggi yang terbuat dari abu terbang sebagai pengganti sebagian semen. Pada penelitian ini digunakan campuran beton mutu tinggi dengan komposisi berbeda dengan penambahan *fly ash* sebesar 0, 10, 12,5, 15, 20, dan 25 persen berat semen. Mutu beton yang direncanakan adalah 40 MPa dan akan diuji setelah 7 dan 28 hari. Pada penelitian ini beton diuji pada benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm), sebanyak 30 benda uji, dan enam variasi. Dari penelitian ini ditentukan kuat tekan optimal sebesar deviasi 10% atau 30.770 MPa. Kuat tekan minimum variasi 25% atau 20,046 MPa. Kuat tekan tertinggi yang diperoleh dari penelitian adalah sebesar 30,770 MPa.
2. Sumajouw, Windah (2015) mempelajari pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tarik belah beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* terhadap kuat tarik belah beton mutu normal pada kondisi beton *fly ash* curah. Jenis *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* Kelas C. Variasi komposisinya antara

lain penambahan *fly ash* sampai dengan 0% (referensi), 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% dari berat semen. Silinder dan balok yang diuji pada hari ke 7, 14, dan 28 setelah lahir digunakan sebagai benda uji. Pada penelitian ini digunakan sampel sebanyak 120 buah, sampel berbentuk silinder (diameter 100 mm, tinggi 200 mm) dan balok (panjang 400 mm, lebar 100 mm, tinggi 100 mm) yang digunakan untuk pengujian beton dan pengujian dilakukan dengan mengganti abu. konsentrasi dalam enam langkah. 7, 14, 28, atau -20 sampel per varian. Dari hasil pengujian, pada penambahan kadar *fly ash* 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% diperoleh nilai kuat tarik belah tertinggi pada kadar *fly ash* 30%. Ini adalah 3,21 MPa untuk beton yang diawetkan selama 28 hari. Dan nilai kuat tarik paling rendah sebesar 0,82 MPa pada beton dengan kadar *fly ash* 70% yaitu curing selama 7 hari.

3. Sumajouw, Windah (2015) mempelajari pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tarik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* terhadap kuat tarik belah beton mutu normal pada kondisi beton *fly ash* curah. Jenis *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* Kelas C. Komposisi bahan tambahan *fly ash* adalah 0% (referensi), 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% dari berat semen. Silinder dan balok yang diuji pada hari ke 7, 14, dan 28 setelah lahir digunakan sebagai benda uji. Pada penelitian ini digunakan sampel sebanyak 120 buah, sampel berbentuk silinder (diameter 100 mm, tinggi 200 mm) dan balok (panjang 400 mm, lebar 100 mm, tinggi 100 mm) yang digunakan untuk pengujian beton dan pengujian dilakukan dengan mengganti abu. konsentrasi dalam enam langkah. 7, 14, 28, atau -20 sampel per varian. Dari

hasil pengujian, pada penambahan kadar *fly ash* 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% diperoleh nilai kuat tarik belah tertinggi pada kadar *fly ash* 30%. Ini adalah 3,21 MPa untuk beton yang diawetkan selama 28 hari. Dan nilai kuat tarik paling rendah sebesar 0,82 MPa pada beton dengan kadar *fly ash* 70% yaitu selama 7 hari.

2.2. Beton Normal

Menurut Buku Teknis Beton Tjokrodimuljo (2007), beton pada dasarnya adalah campuran agregat kasar dan halus, dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, yang ditambahkan bahan tambahan sewaktu-waktu.

Beton normal adalah beton dengan berat jenis 2200 kg/m³ sampai dengan 2500 kg/m³, terbuat dari campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan bahan tambahan berbentuk gumpalan dengan atau tanpa bahan tambahan. Padat, kuat dan stabil (SNI 7656-2012).

Menurut Mulyono (2004), beton ditentukan oleh fungsi penyusunnya, yang terdiri dari semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan.

2.3. Sifat Mekanik Beton

2.3.1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton menunjukkan mutu strukturnya. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dibutuhkan maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan merupakan salah satu sifat utama beton. Kuat tekan mengacu pada kemampuan beton dalam menyerap gaya tekan per satuan luas. Seluruh tegangan tekan diasumsikan diserap oleh beton, sedangkan tegangan tarik yang kecil terjadi

pada beton. Kuat tekan beton dapat diukur setelah umur 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan dan benda uji berbentuk silinder sesuai metode pengujian ASTM C-39 atau menggunakan kubus sesuai metode BS-1881 P. 116.

Kemampuan beton dalam menyerap gaya tekan per satuan luas. Dinyatakan dalam Mpa. Kuat tekan beton (f'_c) ditentukan dengan menguji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Dia berusia 28 hari dan sedang mengalami stres. Silinder beton ini biasanya disimpan di ruangan dengan suhu konstan dan kelembaban 100% selama 28 hari.

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1990/SNI 03-1974-1990), kuat tekan beton dipahami sebagai besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton runtuh bila diberi gaya tekan tertentu. telah. Diproduksi menggunakan mesin uji tekan

2.4. *Fly Ash*

Menurut Mulyono (2005), *fly ash* diartikan sebagai butiran halus yang terbentuk dari sisa pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu *fly ash* biasa yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau bitumen, dan *fly ash* kelas C yang dihasilkan dari batubara *lignit* atau *bitumen*. *Fly ash* kelas C mungkin mengandung lebih dari 10% kapur. Tabel 1 menunjukkan komponen kimia yang dibutuhkan untuk *fly ash*.

Tabel 1. Kandungan Kimia *Fly Ash* (Mulyono, 2005)

Senyawa kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida silika (SiO ₂) + oksida alumina (Al ₂ O ₃) +	70.0	50.0
Oksida besi (Fe ₂ O ₃), minimum %		
Trioksida sulfur (SO ₃), maksimum %	5.0	5.0
Kadar air, maksimum %	3.0	3.0
Kehilangan panas, maksimum %	6.0 ^A	6.0

Penggunaan sampai dengan 12% masih diizinkan jika ada perbaikan kinerja atau hasil test laboratorium menunjukkan demikian. (*Sumber : Mulyono, 2005*)

Menurut Lincoln (2017), abu batubara merupakan produk limbah dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap. Rephrase Abu batubara merupakan bahan pozzolan yang mengandung senyawa silika dan aluminium. Abu batubara pada dasarnya tidak memiliki kekuatan pengikatan yang sama dengan semen, namun karena ukuran partikelnya yang kecil dan adanya uap air, silikon oksida yang terkandung dalam abu batubara dan kalsium hidroksida yang dihasilkan ketika hidrat semen mengalami reaksi kimia kemampuan untuk membesarkan dan mengikat.

Penggunaan batubara industri saat ini semakin meningkat karena harganya yang relatif murah dibandingkan harga minyak tanah industri. Pemanfaatan batu bara sebagai sumber energi pengganti minyak tanah di satu sisi sangat menguntungkan, namun di sisi lain juga dapat menimbulkan permasalahan. Masalah utama dalam penggunaan batu bara adalah abu batu bara, produk sampingan pembakaran batu bara. Sekitar 2-10% abu batu bara dihasilkan dari

sejumlah batu bara tertentu. Saat ini pengelolaan limbah abu batu bara hanya sebatas penyimpanan (pembuangan abu) saja di area pabrik. (Setiawati, 2018).

Abu batubara merupakan bagian sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel amorf halus. Abu merupakan zat anorganik yang dihasilkan dari *transformasi* zat mineral selama proses pembakaran. Ketika batubara dibakar di pembangkit uap (*boiler*), dihasilkan dua jenis abu: *fly ash* dan *bottom ash*. Komposisi abu batubara terdiri dari basa 10–20 % dan abu terbang 80–90%. (Setiawati, 2018).

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh bahan tambahan terhadap peningkatan mutu beton. Damayanti dan Rochman (2006) melakukan penelitian pada jurnal penelitian Setawati (2018) dengan menambahkan mikrosilika dan *fly ash* pada campuran beton. Penelitian ini mengungkapkan bahwa pada perbandingan mikrosilika 10% dengan 0% *fly ash* dan per barel 0,3, kuat tekan beton maksimum setelah umur 28 hari adalah 69,736 MPa. Pujianto (2010) menggunakan penambahan peredam air dan abu terbang menghasilkan kuat tekan beton maksimum sebesar 57,11 MPa pada peredam air 12% dengan kadar abu terbang 2,5% setelah umur 28 hari.

Menurut Sebayang (2006) dalam Jurnal Penelitian Setawati (2018), dengan menggunakan *fly ash* sebagai pengganti semen seri Tipe V, kuat tekan maksimum dicapai pada umur beton 56 hari yaitu sebesar 55,275 MPa. Kadar abu terbang 20%. Selanjutnya, Sebayang (2011) mengulas penggunaan *silica fume* sebagai bahan aditif pada beton terfluidisasi berkualitas tinggi. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan maksimum sebesar 51,35 MPa setelah umur 56 hari pada kadar *silica fume* 9%. Nugraheni (2011) mengungkapkan bahwa beton mutu tinggi

yang mengandung bahan pengisi nano berupa serat baja dan pasir silika mempunyai kuat tekan maksimum sebesar 71,06 MPa setelah umur 28 hari pada kadar bahan pengisi nano 10%. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan beton, dan hasilnya bervariasi dari penelitian ke penelitian.

Danasi dan Lisantono (2015) dalam penelitiannya “Pengaruh penambahan *fly ash* pada beton mutu tinggi menggunakan *silica fume* dan pengisi pasir silika” dalam jurnal penelitian Setawati (2018) menemukan bahwa penggunaan *fly ash* 5% adalah % *silica fume* dan agen aliran 2%. Hasil maksimal diperoleh dengan berat semen pada beton mutu tinggi sebesar 75,06 MPa.

2.5. Deskripsi Beton

Menurut SNI 2847: 2013, beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixtures*). Beton secara bertahap mengeras seiring bertambahnya usia, mencapai target kekuatan (f_c) setelah 28 hari. Beton mempunyai kuat tekan yang baik sehingga banyak digunakan pada berbagai jenis bangunan terutama struktur bangunan, jembatan, dan jalan.

Beton adalah bahan yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus), dan bahan tambahan opsional. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat, dan 16 agregat kasar dan halus berfungsi sebagai pengisi dan penguat. Variasi ukuran agregat dalam campuran harus dinilai dengan benar sesuai dengan standar analisis saringan ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Bahan dipilih yang memenuhi persyaratan yang direncanakan. Pemilihan bahan ini sendiri mempengaruhi kemampuan pengerjaan konstruksi, karena terdapat banyak variasi yang sesuai dalam hal kemudahan pengerjaan,

termasuk mutu, harga dan mutu beton itu sendiri. $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, sisa pasir dan kerikil. Campuran yang diawetkan memiliki sifat yang berbeda-beda tergantung cara pembuatannya. Sifat-sifat beton mempengaruhi perbandingan pencampuran, cara pencampuran, cara pengangkutan, cara pembentukan, cara pemadatan, dan lain-lain. (wuryati, 2001).

Beton ditentukan berdasarkan fungsi komponen-komponennya, yang terdiri atas semen hidrolik (semen *Portland*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*admixture* atau bahan tambahan). Nawy (1985: 8) mengartikan beton sebagai kumpulan interaksi mekanik dan kimia dari bahan-bahan penyusunnya.

2.6. Keunggulan Dan Kelemahan beton

Menurut (Menurut (Tjokrodinuljo, 2007), beton mempunyai beberapa keunggulan:

- a. Menggunakan bahan dasar yang umumnya mudah didapat sehingga harganya relatif murah
- b. Mengandung bahan yang mempunyai daya tahan dan ketahanan aus yang sangat baik. Awet dan tahan panas, tahan terhadap karat dan kebusukan akibat pengaruh lingkungan, sehingga biaya perawatannya rendah
- c. Kuat tekan yang tinggi, sehingga apabila dipadukan dengan baja tulangan diperoleh kuat tarik yang tinggi, sehingga memungkinkan dapat terbentuk tegangan dan tekan satu unit struktural yang tahan. Oleh karena itu, struktur beton bertulang digunakan untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pacu pesawat, waduk, dll. Pelabuhan, bendungan, dan jembatan.

- d. Kemampuan kerja baik karena beton mudah dibentuk sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan. Bekisting beton murah secara ekonomi karena dapat digunakan berkali-kali.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kelemahan. Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), kelemahan beton adalah :

1. Komponen dasar (agregat halus dan agregat kasar) penyusun beton berbeda-beda tergantung tempat pengumpulannya, perencanaan dan cara pembuatannya juga berbeda.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatan, sehingga bagian-bagian bangunan yang akan dibuat harus direncanakan dengan baik, serta perencanaan dan cara pembangunannya berbeda-beda,
3. Karena beton mempunyai kuat tarik yang rendah, maka beton bersifat getas atau getas dan mudah patah. Oleh karena itu perlu adanya suatu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti dengan menggunakan tulangan baja atau serat baja yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.

2.7. Sifat Beton

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tarik yang rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lainnya. Kuat tekan yang lebih tinggi biasanya menghasilkan sifat lain yang lebih baik.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2012), beton memiliki beberapa sifat yang sering dijadikan acuan. yaitu:

1. Kekuatan

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.

Tabel 2. Beton menurut kuat tekannya (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana	Sampai 10 Mpa
Beton normal	15-30 Mpa
Beton prategang	30-40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

2. Berat Jenis

Tabel 3. menjelaskan mengenai berat jenis beton yang digunakan untuk konstruksi bangunan (Tjokrodimuljo, 2007).

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00-2,00	Struktur ringan
Beton normal	2,30-2,40	Struktur
Beton Berat	> 3,00	Perisai sinar X

3. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastinya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007: 77):

$$E_c = (W_c)^{1.5} \times 0,043 \times \sqrt{f'_c} ; \text{ untuk } W_c = 1,5-2,5 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} ; \text{ untuk beton normal } \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- W_c = berat beton (kg/m^3)
- f'_c = kuat tekan beton (Mpa)
- E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)

4. Kerapatan Air

Tergantung pada bangunannya, lapisan kedap air diperlukan untuk mencegah air hujan merembes ke dalam beton, seperti panel atap atau dinding *basement*. *Waterproofing* beton juga diperlukan untuk mencegah baja tulangan berkarat. Beton kedap air merupakan beton yang mempunyai kepadatan yang sangat tinggi sehingga air tidak dapat menembus atau meresap ke dalam pori-pori beton. Pembuatan beton tahan air (spesifikasi beton bertulang tahan air, SNI-03-2941-1992) dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Tambahkan sekitar 400 hingga 520 kg butiran pasir halus (yaitu semen dan pasir kurang dari 0,30 mm) per meter kubik beton,
- b. Tingkatkan jumlah semen menjadi sekitar 280-380 kg per meter kubik beton
- c. Koefisien air semen maksimum 0,45 hingga 0,50 (tergantung pada kedap air tawar atau kedap air payau/air laut),
- d. Menggunakan jenis semen Portland tertentu (untuk air tawar atau air payau/laut tergantung apakah semen tersebut kedap air).

5. Susutan Pengeras

Beton yang mengeras akan sedikit menyusut akibat penguapan air, sehingga volume setelah pengerasan sedikit lebih kecil dibandingkan volume beton segar. Volume agregat tidak berubah, sehingga bagian yang berkontraksi menjadi pasta. Oleh karena itu, semakin besar pasta maka beton akan semakin menyusut. Semakin besar koefisien semen-air maka penyusutannya semakin besar. Semakin besar pasta maka penyusutan beton semakin besar. Semakin besar koefisien air-semen pasta, semakin besar penyusutannya.

2.8. Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai elemen struktur pada bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk membangun pondasi, kolom, balok, dan pelat. Menurut Mulyono (2004). Berbagai jenis beton digunakan dalam konstruksi bangunan:

1. Beton biasa adalah beton yang dibuat dengan agregat biasa.
2. Beton bertulang adalah beton yang dirancang dengan menggunakan batang tulangan dalam jumlah dan luas tertentu tanpa adanya prategang, dan didasarkan pada premis bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama untuk menahan gaya yang diberikan.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya dipasang tanpa atau dengan tulangan pada tempat yang lain dari pada letak akhir elemen tersebut pada struktur.
4. Beton pratekan adalah beton yang diberikan tegangan dalam bentuk kontraksi. Potensi tegangan tarik pada beton akibat beban yang

diterapkan diberikan sebesar

5. Beton ringan merupakan beton yang menggunakan agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan. Berat jenis beton adalah 1850 kg/m³ dikeringkan di udara dan harus memenuhi persyaratan kuat tekan dan tarik beton ringan untuk keperluan struktural.

2.9. Bahan Penyusun Beton

Komponen penyusun beton antara lain air, semen *portland*, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan, yang masing-masing komponen mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat penting beton adalah kuat tekan. Kekuatan tekan yang lebih tinggi umumnya menghasilkan sifat-sifat lain yang lebih baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain mutu bahan baku, nilai koefisien kelembaban semen, kemiringan agregat, ukuran agregat maksimum, cara kerja (pencampuran, pengangkutan, pemadatan, pengawetan), dan umur beton. (Tjokrodinuljo, 1996). Bahan beton berikut digunakan sebagai berikut:

1. Semen *Portland*

Menurut Mulyono, 2004. Semen *portland* adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker dari kalsium silikat hidrolik dan biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama dengan bahan utama. Nama (semen *Portland*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824.

Nama ini diusulkan karena ditemukan dalam bentuk bubuk yang bercampur dengan air, pasir, dan batu di pulau *Portland, Inggris*. Semen *Portland* pertama

kali diproduksi (di pabrik) di Amerika Serikat pada tahun 1875 di kota *Copley* oleh *David Thaler*. (Tjokrodimuljo, 2007). Komposisi dasar semen Portland terdiri dari komponen-komponen antara lain kapur, silika, alumina, dan besi oksida, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Susunan unsur semen *Portland*

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda/Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Sumber: Tjokrodimuljo, 2007

Menurut (SNI 15-2049-2004), Semen *Portland* adalah semen hidrolik yang dibuat dengan cara menggiling terak semen *Portland*, khususnya terdiri dari kalsium silikat hidrolik dan mengandung satu atau lebih bentuk kristal, digiling bersama dengan bahan lain dalam bentuk senyawa kalsium sulfat. Bahan tambahan lainnya juga bisa ditambahkan. Penggunaan semen *Portland* disebabkan oleh kondisi spesifik yang diperlukan selama konstruksi di lokasi. Oleh karena itu, para ahli memproduksi berbagai jenis semen *Portland*, antara lain:

- a. Semen *Portland* Tipe I, Semen *Portland*. Berbeda dengan jenis lainnya, penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus.

b. Semen *Portland* Tipe II. Semen *Portland* yang memerlukan ketahanan sedang terhadap sulfat dan hidrotermia saat digunakan.

c. Semen *Portland* Tipe III, Semen *Portland* yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Biasanya, kekuatan 28 hari dapat dicapai dalam satu minggu.

d. Semen *Portland* Tipe IV. semen *portland*. Membutuhkan panas hidrasi yang rendah untuk digunakan. Digunakan untuk pekerjaan konstruksi seperti bendungan.

e. Semen *portland* tipe V. Semen *portland* memerlukan ketahanan sulfat yang tinggi saat digunakan. Digunakan untuk bangunan yang bersentuhan dengan air laut.

2. Agregat

Agregat adalah bahan berbentuk butiran seperti pasir, kerikil, batu pecah, terak tungku besi, dan lain-lain yang digunakan dengan bahan pengikat untuk membentuk semen atau mortar hidrolis (SK SNI T 15-2002-03). Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang ukurannya secara alami berkurang akibat proses pelapukan dan abrasi dalam jangka panjang. Sebagai alternatif, agregat juga dapat diperoleh dengan menghancurkan batuan sumber yang lebih besar.

Mengingat agregat menyumbang 70-75% dari total volume beton, maka mutu agregat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap mutu beton. Penggunaan agregat unggul memungkinkan pengolahan beton yang kuat, tahan lama, dan ekonomis (Paul Nugara dan Antoni, 2007).

Dampaknya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh sifat agregat pada sifat beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Kelecekan Pengikat dan Pengerusan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

Sumber: Nugraha, P dan Antoni, 2007

Agregat merupakan partikel mineral alami yang berperan sebagai bahan pengisi pada campuran mortar atau beton. Agregat ini membentuk sekitar 70% volume mortar atau beton. Pemilihan agregat sangat penting karena sifat agregat sangat mempengaruhi sifat mortar dan beton (Tjokrodinuljo, 1996). Agregat juga merupakan bahan yang diperoleh dalam bentuk mineral padat atau pecahan ukuran besar dan kecil dari batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain yang berasal dari alam atau buatan.

1) Agregat Kasar

Agregat merupakan partikel alami atau buatan yang digunakan sebagai bahan pengisi beton yang jumlahnya hampir 70% dari volume beton (Yudianto, 2011). Agregat kasar diperoleh dari batu alam yang dihancurkan menjadi bentuk-bentuk seperti itu oleh industri penghancur batu dan ukurannya berkisar antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2834-2000). Menurut *British Standards* (B.S.), kualitas agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik harus berada dalam batas yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Syarat Agregat Kasar Menurut B.S (Mulyono, 2003)

Ukuran saringan (mm)	Persen Butir lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95 - 100	100	100
20	30 - 70	95 - 100	100
12,5	-	-	90 - 100
10	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Besar Ukuran partikel maksimum yang diperbolehkan tergantung pada tujuan penggunaan. Ukuran agregat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Semakin besar jumlah maksimum agregat yang digunakan maka kekuatan beton yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan semakin besar agregat kasar maka semakin besar pula celah antar agregat sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya gelembung udara sehingga dapat menurunkan kuat tekan.

2) Agregat Halus

Agregat dikatakan agregat halus jika ukuran partikelnya kira-kira 4,75 mm (ASTM C33). SNI 03 2834-2000 menyatakan agregat halus adalah pasir alam dan terbentuk dari hasil peluruhan alami batuan atau pasir dengan ukuran butir 5,0 mm.

SK. SNI T-15-1990-03 memuat persyaratan agregat halus yang diadopsi oleh *British Standards* di *Inggris*. Agregat halus dibagi menjadi empat zona (wilayah) sesuai Tabel 7.

Tabel 7. Batas gradasi agregat halus (*British Standard*) (Mulyono, 2003)

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

Keterangan:

Daerah gradasi I : pasir kasar

Daerah gradasi II : pasir agak kasar

Daerah gradasi III Daerah gradasi III : pasir halus

Daerah IV : pasir agak halus

Agregat Agregat halus berfungsi sebagai pengisi pori-pori diantara agregat kasar. Oleh karena itu, sebaiknya kandungan udara pada beton diminimalkan, yang dapat menurunkan kekuatan beton. Mortar berfungsi sebagai pelumas, namun agregat kasar hanya mengisi ruang-ruang di dalam beton, sehingga kepadatan dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kemampuan kerja dibandingkan keseragaman agregat kasar.

3) Air

Air merupakan salah satu bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton, karena dapat menentukan mutu campuran. Tujuan utama penggunaan air adalah untuk memberikan hidrasi. Reaksi kimia antara semen dan air yang mengeraskan campuran ini. Hanya sekitar 25 sampai 30 persen berat semen yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen Portland. (Tjokrodimuljo, 2007).

Dalam beton, air berperan sebagai bahan yang bereaksi secara kimia dengan semen membentuk pasta semen. Air juga digunakan sebagai pelumas pada beton, yang mempengaruhi kemampuan kerja. Terlalu banyak air pada campuran beton juga menyebabkan menurunnya kekuatan beton itu sendiri (Yudianto, 2011).

2.10. Bahan Tambahan

Bahan tambahan adalah bahan selain komponen utama beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan ke dalam beton dengan tujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat beton sebelum, segera setelah, atau selama pencampuran beton ditambahkan ke dalam campuran. Segar atau setelah pengerasan. Fungsi bahan tambahan antara lain mempercepat pengerasan, meningkatkan kemampuan kerja beton segar, meningkatkan kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi kerapuhan beton, dan mengurangi retak pengerasan. Bahan aditif diberikan dalam jumlah yang relatif kecil. Penggunaannya di bawah pengawasan ketat untuk menghindari overdosis yang menyebabkan kerusakan sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Aditif diklasifikasikan menjadi dua kelompok tergantung

pada penggunaannya admixture dan aditif.

Bahan tambahan adalah semua bahan beton, kecuali air, semen hidrolis, dan agregat, yang ditambahkan sebelum, selama, atau selama proses pencampuran mortar untuk mengubah sifat beton pada saat masih segar atau setelah perubahan pengerasan. Pengertian bahan aditif mengacu pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersama selama proses pembuatan semen (Taylor, 1997).

2.10.1. Aktivator

A. Sodium Hidroksida

Sodium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai lye atau caustic soda, adalah senyawa kimia yang berupa zat padat putih dan sangat higroskopis (menarik air). Senyawa ini memiliki sifat basa kuat dan larut dalam air, menghasilkan larutan yang sangat korosif. Dalam konteks beton, sodium hidroksida memiliki beberapa manfaat:

- a. Pengaktifan Pozolan (Bahan Pengikat) dan Fly Ash: Sodium hidroksida digunakan untuk mengaktifkan bahan-bahan pozzolan seperti fly ash, yang digunakan untuk meningkatkan kualitas beton. Penggunaan NaOH membantu dalam meningkatkan reaktivitas fly ash, mempercepat proses hidrasi, dan meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang.
- b. Meningkatkan Kekuatan Beton: Dalam beberapa formulasi, NaOH dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton dengan cara mempercepat reaksi kimia dalam campuran beton. Ini dapat menghasilkan beton yang lebih kuat dan lebih tahan lama.
- c. Beton Geopolimer: Sodium hidroksida sering digunakan dalam pembuatan beton geopolimer, yang merupakan alternatif ramah

lingkungan untuk beton konvensional. Beton geopolimer dibuat dengan menggunakan bahan-bahan alam yang mengandung silika dan alumina yang bereaksi dengan NaOH untuk membentuk senyawa pengikat yang lebih ramah lingkungan dibandingkan semen portland.

Namun, penggunaan NaOH dalam campuran beton harus hati-hati karena sifatnya yang korosif dan berbahaya. Oleh karena itu, kontrol dan perlindungan yang tepat sangat penting saat menggunakannya dalam campuran beton.

B. Sodium Silikat

Sodium silikat, yang juga dikenal dengan nama air kaca, adalah senyawa kimia yang terdiri dari natrium oksida (Na_2O) dan silikon dioksida (SiO_2). Biasanya, sodium silikat berbentuk cair dan memiliki sifat yang sangat reaktif, terutama dengan air.

Dalam konteks beton, sodium silikat digunakan sebagai bahan tambahan atau aditif untuk meningkatkan kualitas beton. Beberapa manfaat utama dari penggunaan sodium silikat dalam campuran beton meliputi:

- a. Meningkatkan Ketahanan Terhadap Air: Sodium silikat membantu meningkatkan ketahanan beton terhadap penetrasi air, karena membentuk lapisan pelindung pada permukaan beton yang mengurangi kemampuan air untuk meresap.

- b. Meningkatkan Kekuatan Beton: Penambahan sodium silikat dapat mempercepat proses hidrasi semen, yang menghasilkan peningkatan kekuatan beton pada awal pengeringannya.
- c. Perlindungan Terhadap Korosi: Sodium silikat dapat membantu melindungi baja tulangan dalam beton dari korosi dengan membentuk lapisan pelindung yang menghalangi penetrasi air dan ion berbahaya.
- d. Meningkatkan Ketahanan Terhadap Bahan Kimia: Sodium silikat dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap bahan kimia agresif, seperti asam atau basa yang dapat merusak struktur beton.
- e. Meningkatkan Daya Tahan Beton: Penggunaan sodium silikat dapat memperpanjang umur beton dengan meningkatkan ketahanannya terhadap berbagai faktor lingkungan, termasuk paparan radiasi UV, suhu ekstrem, dan kelembaban.

Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan sodium silikat harus diperhitungkan dengan hati-hati, karena penggunaan yang berlebihan atau tidak tepat dapat mempengaruhi proses pengerasan dan kestabilan campuran beton.

2.11. Pengujian Sifat Mekanik Beton

2.11.1. Pengujian Kuat Tekan Beton

SNI 03-1974-2011 mendefinisikan kuat tekan beton sebagai besarnya beban per satuan luas dimana suatu contoh beton akan roboh bila mendapat gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh suatu alat pengepres.

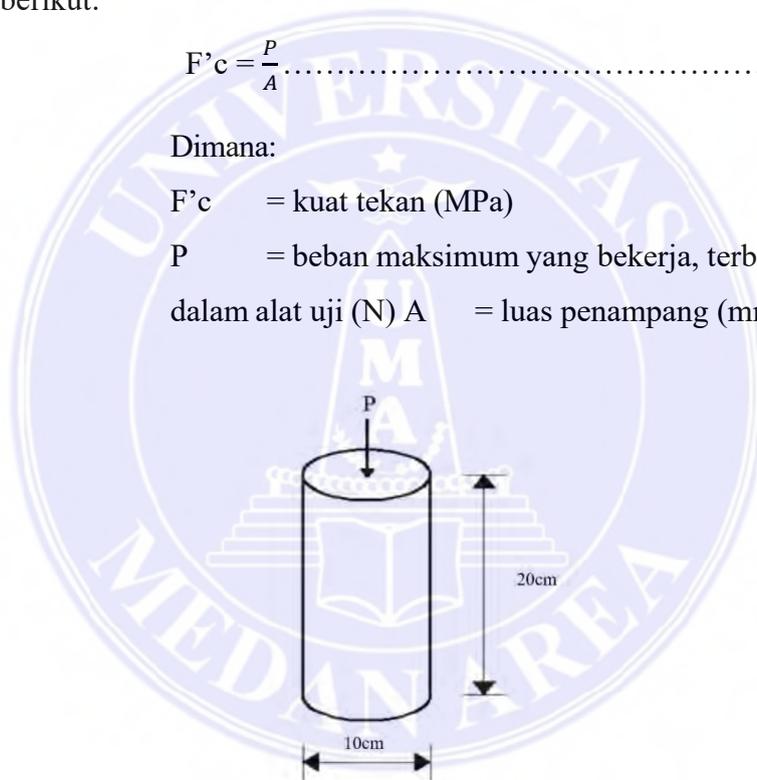
Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kuat tekan beton berbentuk silinder dengan tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Nilai kuat tekan beton dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

f'_c = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum yang bekerja, terbaca dalam alat uji (N) A = luas penampang (mm^2)



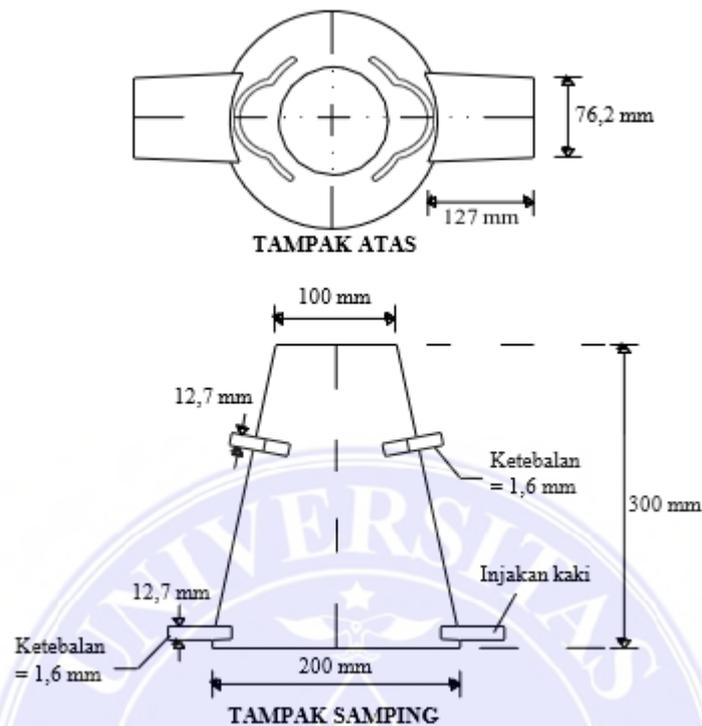
Gambar 1. Sketsa pengujian kuat tekan beton.

2.12. Pengujian *Workability* (*Slump*)

Uji *slump* merupakan suatu pengujian atau metode empiris untuk mengetahui konsistensi atau kekakuan campuran beton segar. Uji kemerosotan memungkinkan Anda memeriksa apakah ada kekurangan, kelebihan, atau cukupnya jumlah air yang digunakan dalam produksi beton.

Nilai *slump* ditentukan oleh derajat penurunan slump campuran beton setelah alat *slump* diangkat. Apabila nilai *slump* yang diperoleh lebih besar dari nilai *slump* desain maka campuran akan semakin encer dan nilai *workability* akan semakin tinggi. Sebaliknya jika nilai *slump* lebih kecil dari nilai *slump* desain maka campuran akan semakin tebal dan nilai *workability* akan semakin tinggi. Ini akan menjadi lebih rendah. *Slump* adalah ukuran kekentalan suatu campuran beton, dinyatakan dalam mm, dan diukur dengan menggunakan alat kerucut *Abrams* (SNI 03-1972-1990 tentang metode uji kemerosotan beton semen *Portland*). Kemampuan kerja mengacu pada sifat fisik campuran beton yang menentukan jumlah kerja mekanis atau sejumlah energi tertentu yang diperlukan untuk menghasilkan beton monolitik padat yang bebas dari segregasi.

Uji *slump* ini mengacu pada SNI 1972-2008. Beton dengan kemerosotan kurang dari 15 mm mungkin tidak mempunyai plastisitas yang cukup, dan beton dengan kemerosotan lebih besar dari 230 mm mungkin tidak mempunyai kohesi yang cukup untuk pengujian ini. Percobaan ini menggunakan corong baja berbentuk kerucut dengan lubang di setiap ujungnya, yang disebut kerucut *Abrams*. Diameter bawah 20cm, diameter atas 10cm, dan tinggi 30cm.



Gambar 2. Sketsa kerucut *abrams*.

2.13. Perawatan Beton

Perawatan beton merupakan tahap akhir dari proses penuangan beton, dimana permukaan beton segar dijaga selalu lembab sejak pemadatan hingga proses hidrasi selesai (kurang lebih 28 hari). Kelembaban pada permukaan beton perlu dijaga agar kelembaban pada beton segar tidak merembes keluar. Hal ini untuk memastikan proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) terjadi dengan lancar. Jika tidak, udara panas akan menguapkan uap air pada permukaan beton segar sehingga menyebabkan air mengalir keluar dari dalam beton segar sehingga mengakibatkan suplai air ke dalam beton segar tidak mencukupi. Hal ini menyebabkan keretakan pada permukaan beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Perawatan beton (pengeringan) dilakukan setelah beton mencapai pengerasan akhir. h. Beton sudah mengeras. Perawatan ini dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak mempengaruhi proses hidrasi selanjutnya. Dalam hal ini, beton akan retak karena hilangnya kelembapan dengan cepat. Perawatan ini berlangsung minimal 7 hari, atau minimal 3 hari untuk beton mutu awal tinggi, dan harus tetap lembab. Perawatan ini bertujuan tidak hanya untuk mencapai kuat tekan beton yang tinggi, tetapi juga untuk meningkatkan kualitasnya seperti ketahanan, ketahanan air, ketahanan abrasi, dan kestabilan dimensi struktur.

Perlakuan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara (Mulyono, 2004):

1. Peletakan beton segar pada ruangan lembab
2. Peletakan beton pada bak berisi air
3. Peletakan beton segar pada air
4. Menutupi permukaan beton dengan air
5. Menutupi permukaan beton dengan penutup kantong basah
6. Siram permukaan beton secara terus menerus dengan .
7. Aplikasikan *Compound* dan lapisi permukaan beton dengan air.

2.14. Konsep Desain Komposisi

2.14.1. Umum

Berbeda dengan beton semen *Portland*, yang memiliki standar nasional dan *internasional* untuk menentukan komposisi beton, geopolimer tidak memiliki standar tetap untuk menghitung desain campuran. Hal ini dikarenakan material seperti *fly ash* dan *GGBFS* merupakan sisa dari proses industri dan rendemen material tersebut terutama kandungan senyawanya tidak tetap dan mencapai standar dari sampel ke sampel.

Oleh karena itu, peneliti selalu melakukan pengujian kandungan kimia, termasuk pengujian *XRF* (*X-ray fluorescence*), untuk mengetahui persentase seluruh senyawa dalam bahan tersebut. Proporsi ini dimasukkan ke dalam perhitungan stoikiometri geopolimer dan kandungan senyawa *oksida geopolimer*. Solusi *aktivator*. Berdasarkan hasil perhitungan *stoikiometri* tersebut, *Davidovits* (1982) merekomendasikan rasio konsentrasi molar oksida sebagai berikut:

Tabel 8. Rekomendasi rasio molar oksida untuk geopolimer (Davidovits, 1982)

<i>Oxide Molar Ratios</i>	<i>Range</i>
SiO_2/Al_2O_3	3.50 – 4.50
Na_2O/Al_2O_3	0.80 – 1.20
H_2O/Na_2O	15.00 – 17.50
Na_2O/SiO_2	0.20 – 0.28

2.14.2. Hal yang perlu diperhatikan dalam desain komposisi geopolimer berbasis fly ash

Untuk mencapai desain komposisi yang menghasilkan kualitas baik, beberapa penelitian mengenai beton *geopolimer* berbasis *fly ash* memberikan kesimpulan data mengenai apa yang harus diperhatikan dalam desain komposisi.

Tabel 9. Beberapa rekomendasi nilai dari beberapa parameter dalam desain komposisi geopolimer berbasis fly ash (Hardjito, 2005; Ekaputri 2007; Anuradha et al, 2011, Abdullah, 2013)

Parameter	Rekomendasi nilai	Keterangan	
1	Fly Ash :Larutan Aktivator	60% : 40% hingga 70% : 30%	Dari range nilai tersebut, disimpulkan bahwa semakin besar: ✓ Kandungan aktivator disbanding Fly Ash
2	Larutan NaOH : Larutan Na ₂ SiO ₃	1 : 1,5 hingga 1 : 2,5	✓ Rasio Na ₂ SiO ₃ terhadap NaOH, dan ✓ Molaritas NaOH dalam suatu larutannya
3	Molaritas NaOH	8 hingga 14 M	maka, mutu beton dari segi: waktu ikat lebih cepat, workabilitas (slump) lebih mudah dikerjakan, kuat tekan lebih tinggi, dan porositas yang kecil. Begitu pula sebaliknya
4	Perawatan	Suhu ruang 30 °C hingga suhu uap 60 °C selama 24 jam	Temperatur yang lebih tinggi dalam perawatan betondengan durasi tidak lebih dari 24 jam, mampu menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tingi dari perawatan suhu ruang
5	Tipe Fly Ash	<i>Low Calsium</i> Hingga <i>High Calcium</i>	Tipe <i>High Calcium</i> menghasilkan nilai waktu ikat yang lebih cepat dan kuat tekan yang lebih tinggi dari tipe <i>Low Calcium</i> .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen di Laboratorium PT Wijaya Karya Beton Tbk. PBB Sumut, pengujian material akan dilakukan di Laboratorium Bahan Struktur Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Benda uji yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah beton normal dengan kadar abu terbang 0%, diberi perlakuan dan direndam selama 28 hari, dan variasi abu terbang adalah 100% dari berat semen dalam campuran beton. Pada rencana awal, mutu beton adalah 8,3MPa. Bentuk benda uji adalah silinder beton dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Untuk sampel uji berbentuk silinder, perlakuan perendaman dilakukan hingga 28 hari setelah pengujian.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian secara eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Struktur PT Wijaya Karya Beton Tbk. PBB Sumatera Utara. Untuk pengujian material dilakukan di Laboratorium Struktur PT Wijaya Karya Beton Tbk. PBB Sumatera Utara. Sedangkan untuk pengujian sifat mekanik beton yaitu kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Medan Area..

3.2. Pengumpulan, Pengujian dan Analisa Material Penyusun

A. Penumpulan Matrial Penyusun

Berikut merupakan rincian material yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:



Fly ash Sod Silikat Sod Hidroksida

Gambar 3. Gambar Materian Penyusun Bahan Pengikat



Split 10/20 Pasir

Gambar 4. Gambar material penyusun untuk bahan pengisi

B. Pengujian Material Agregat

Tabel 10. Tabel Beberapa macam jenis pengujian untuk Agregat yang digunakan dalam penelitian

No.	Parameter	Standar	Agregat Kasar	Agregat Halus
1.	Berat Jenis	ASTM C 127 – 88 ASTM C 128 – 88	✓	✓
2.	Kadar Lumpur (lolos dari ukuran saringan No. 200)	ASTM C 117 - 90	✓	✓
3.	Analisa Gradasi dan Modulus Kehalusan	ASTM C 136 – 84A	✓	✓
4.	Berat Volume	ASTM C 29/C 29 M - 90	✓	✓
5.	Kadar Air	ASTM 1864 - 89	✓	✓
6.	Penyerapan Air	ASTM C 127 – 88 ASTM C 128 – 88	✓	✓

Lokasi Pengujian : Laboratorium Beton PPB Sumatera Utara PT. Wijaya Karya Beton Tbk

3.3. Desain Komposisi, Pembuatan Benda Uji, Pengujian Dan Analisa

3.3.1. Desain Komposisi

A. Variabel Bebas

Terdapat 3 (tiga) Variasi komposisi yang berbeda dari segi perbandingan bahan bahan pengikat dan pengisi yang dibuat dalam penelitian ini, yaitu:

Tabel 11. Tabel perbandingan presentase bahan pengikat dan bahan pengisi dalam satu beton

No	Kode variabel	% Pengikat	%Pengisi
1	Percobaan 1	25%	75%
2	Percobaan 2	30%	70%
3	Percobaan 3	35%	65%

Dalam penentuan variabel bebas tersebut, nilai tengah (variabel P2- Percobaan 2) di atur berdasarkan nilai rekomendasi dari beberapa penelitian beton *geopolimer* berbasis *fly ash* sebelumnya (Lihat Tabel 11).

Kemudian dari nilai tengah (variabel P2- Percobaan 2) tersebut, di buat dua variabel lagi dengan nilai di bawah dan di atasnya, dengan perbedaan kadar yang sama yaitu 5%, sehingga tercipta variabel P1 (Percobaan 1) dan P3 (Percobaan 3).

Dari ketiga nilai variabel tersebut, memang nilai variabel P1 (Percobaan 1) lebih rendah dari nilai minimum pada rekomendasi beberapa penelitian sebelumnya (Lihat Tabel 11) , hal ini bertujuan agar peneliti bisa mengetahui seberapa besar pengaruh nilai tersebut terhadap mutu beton yang dihasilkan, dan juga alasan output berupa harga beton tentu juga menjadi pertimbangan adanya variabel P1 tersebut.

B. Variabel Tetap

Variabel ini bersifat tetap dalam hal nilai yang digunakan, dan di input kan ke dalam masing-masing variabel bebas. Beberapa nilai variabel tetap, berlandaskan atas rekomendasi dari beberapa penelitian sebelumnya tentang beton *geopolimer* berbasis *fly ash* (Lihat Tabel 11), dan beberapa lagi diadopsi dari konsep beton semen *portland* (seperti: berat jenis beton dan pembagian presentase agregat kasar dan halus), dan juga kondisi yang ada di lokasi penelitian (perawatan dan durasi perawatan). Berikut ialah detailnya:

Tabel 12. Variabel tetap yang akan melengkapi variabel bebas dalam suatu desain komposisi beton *geopolimer* berbasis *fly ash*

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Berat jenis	2400	Kg/m ³
2	Fa: Larutan aktivator	60:40	%
3	Sod. hidroksida : silikat	1: 2,5	-
4	Molaritas sod. Hidroksida	14	M
5	Perawatan beton	21-31	°C

C. Langkah-langkah desain komposisi beton

Setelah variabel-variabel tersebut (bebas maupun tetap) terbentuk, maka selanjutnya ialah menghitung kebutuhan masing-masing material dalam suatu beton. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menghitung desain campuran beton *geopolimer* yang coba dibuat oleh penulis:

- a. Langkah 1. Mengumpulkan hasil dan Analisa dari pengujian material penyusun telah di jelaskan pada sub-bab A pada Bab 3.2
- b. Langkah 2. Menyediakan desain variabel (bebas dan tetap) sebagai acuan

telah di jelaskan pada sub-bab 3.3.1 poin A dan B

- c. Langkah 3. Menentukan berat jenis beton yang di gunakan ialah 2400kg/m³ (lihat tabel 12)
- d. Langkah 4. Menentukan kadar atau berat bahan pengikat dan bahan pengisi
 Pada langkah ini, “variabel bebas” berperan, dimana sesuai dengan Tabel 11, maka kadar bahan pengikat dan pengisi masing – masing variabel ialah sebagai berikut:

Tabel 13. Detail perhitungan bahan pengikat dan bahan pengisi

No	Kode Variabel	Bahan pengikat		Nilai	
1.	Percobaan 1	25 %	x	2400 Kg/m ³	600 Kg/m ³
		75 %	x	2400 Kg/m ³	1800 Kg/m ³
2.	Percobaan 2	30 %	x	2400 Kg/m ³	720 Kg/m ³
		70 %	x	2400 Kg/m ³	1680 Kg/m ³
3.	Percobaan 3	35 %	x	2400 Kg/m ³	840 Kg/m ³
		65 %	x	2400 Kg/m ³	1560 Kg/m ³

- e. Langkah 5. Menentukan kadar atau berat *fly ash* dan larutan aktifator Pada langkah ini, “variabel tetap” mulai berperan, dimana sesuai dengan Tabel 12 nilainya akan dikalikan dengan kadar bahan pengikat sesuai Tabel 13 , maka kadar *fly ash* dan larutan aktivator masing – masing variabel ialah sebagai berikut:

Tabel 14. Detail perhitungan fly ash dan larutan aktivator

No	Kode variabel	Fly ash	Nilai
		Larutan activator	
1	Percobaan 1	$60\% \times 600 \text{ Kg/m}^3$	360 Kg/m^3
		$40\% \times 600 \text{ Kg/m}^3$	240 Kg/m^3
2	Percobaan 2	$60\% \times 720 \text{ Kg/m}^3$	432 Kg/m^3
		$40\% \times 720 \text{ Kg/m}^3$	288 Kg/m^3
3	Percobaan 3	$60\% \times 840 \text{ Kg/m}^3$	504 Kg/m^3
		$40\% \times 840 \text{ Kg/m}^3$	336 Kg/m^3

- f. Langkah 6. Menentukan kadar atau berat sodium hidroksida dan sodium silikat Kadar perbandingan yang telah diatur pada Tabel 12, akan dikalikan dengan besarnya kadar bahan pengikat total masing-masing variabel sesuai pada Tabel 14, maka menghasilkan detail perhitungan sebagai berikut:

Tabel 15. Detail perhitungan larutan NaOH dan larutan Na₂SiO₃

No	Kode variabel	Larutan NaOH	Nilai
		Larutan Na ₂ SiO ₃	
1	Percobaan 1	$\frac{1}{(1+2,5)} \times 240 \text{ Kg/m}^3$	$68,4 \text{ Kg/m}^3$
		$\frac{1}{(1+2,5)} \times 240 \text{ Kg/m}^3$	$171,6 \text{ Kg/m}^3$
2	Percobaan 2	$\frac{1}{(1+2,5)} \times 288 \text{ Kg/m}^3$	$82,1 \text{ Kg/m}^3$
		$\frac{1}{(1+2,5)} \times 288 \text{ Kg/m}^3$	$205,9 \text{ Kg/m}^3$
3	Percobaan 3	$\frac{1}{(1+2,5)} \times 336 \text{ Kg/m}^3$	$95,8 \text{ Kg/m}^3$
		$\frac{1}{(1+2,5)} \times 336 \text{ Kg/m}^3$	$240,2 \text{ Kg/m}^3$

- g. Langkah 7. Menentukan kebutuhan sodium hidroksida dalam bentuk padat (flake) dan kebutuhan air untuk melarutkannya dalam konsentrasi molar tertentu pertama, sediakan tabel perbandingan berat sodium hidroksida padat dengan Air dari berbagai konsentrasi molar sodium hidroksida tertentu, seperti berikut:

Tabel 16. Perbandingan berat NaOH padat dan Air dalam beberapa konsentrasi molar per 1000 gr larutan NaOH

Hardjito, 200; Anuradha et al, 2011

Sumber: Hardjito, 200; Anuradha et al, 2011

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	Padatan/Larutan
16 M	444	556	44%
14 M	404	596	40%
12 M	361	639	36%
10 M	314	686	31%
8 M	262	738	26%

Selanjutnya, prosentase padatan terhadap larutan (sesuai Tabel 16) menjadi acuan untuk menghitung atas molaritas yang kita tetapkan atau gunakan sesuai variabel tetap (lihat Tabel 12), kemudian dikalikan dengan kadar larutan sodium hidroksida yang sudah dihitung pada Tabel 15, maka menghasilkan detail perhitungan sebagai berikut:

Tabel 17. Detail perhitungan larutan NaOH padat dan Air

No	Kode variabel	$\frac{\text{NaOH padat}}{\text{Air}}$	Nilai
1	Percobaan 1	60% x 68,4 Kg/m ³	27,4 Kg/m ³
		40% x 68,4 Kg/m ³	41,0 Kg/m ³
2	Percobaan 2	60% x 82,1 Kg/m ³	32,8 Kg/m ³
		40% x 82,1 Kg/m ³	49,3 Kg/m ³
3	Percobaan 3	60% x 95,8 Kg/m ³	38,3 Kg/m ³
		40% x 95,8 Kg/m ³	57,5 Kg/m ³

h. Langkah 8. Menentukan kebutuhan agregat kasar dan halus

pertama, menyediakan tabel hasil analisa gradasi agregat hasil uji material, pada penelitian ini, dihasilkan data sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil pengujian gradasi agregat halus (Ex: Pasir Stabat-SUMUT)

Lubang ayakan (mm)	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Pasir 1000 gram	
			Tertahan Komulatif -E (%)	lolos (%)
4,75	51,00	5,10	5,10	94,90
2,36	136,00	13,60	18,70	81,30
1,18	158,00	15,80	34,50	65,50
0,6	354,00	35,40	69,90	30,10
0,3	203,00	20,30	90,20	9,80
0,15	90,00	9,00	99,20	0,80
0	8,00	0,80	100,00	0,00
Jumlah :	1000,00	100,00	317,600	

Modulus kehalusan
(FM) 3,176

Tabel 19. Hasil pengujian gradasi agregat kasar (Ex: Batu Pecah Selayang-SUMUT)

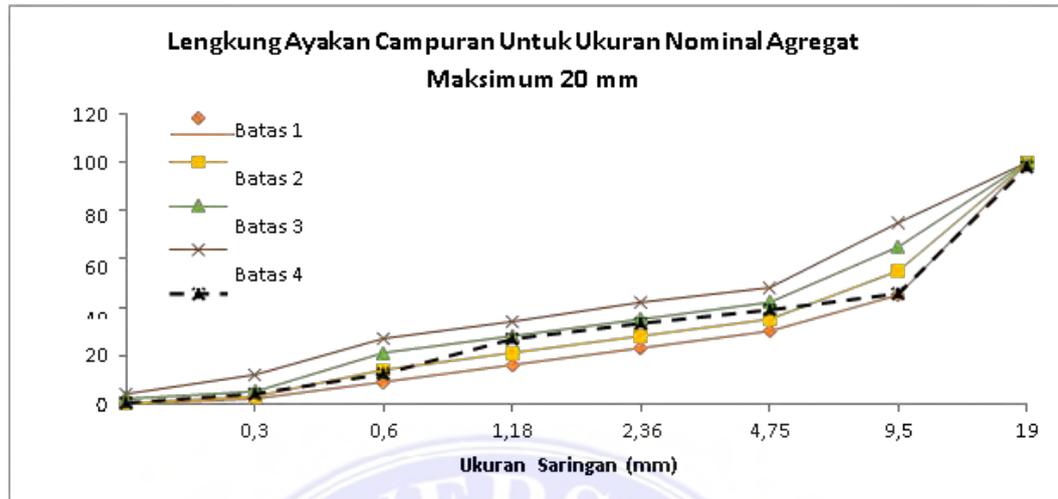
Lubang Ayakan (mm)	Batu Pecah 2000 Gram			
	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif -E (%)	Lolos (%)
0	-	-	-	-
0,15	-	-	100	0
0,3	-	-	100	0
0,6	-	-	100	0
1,18	-	-	100	0
2,36	-	0	100	0
4,75	155	7,75	100	0
9,6	1782	89,1	92,25	7,75
19	63	3,15	3,15	96,85
38,1	0	0	0	100
50,8	0	0	0	100
Jumlah	2000	100	695,4	
Modulus Kehalusan (FM)	6,954			

Kemudian, dari kedua hasil pengujian gradasi tersebut di analisa prosentase kebutuhan masing-masing jenis agregat. Salah satu metode yang biasa digunakan dalam analisa agregat gabungan ialah metode SNI 2834-2000. Berikut hasilnya:

Tabel 20. Hasil analisa gradai agregat gabungan (Ex: Pasir stabil dan Batu Pecah Selayang)

Lubang Ayakan (mm)	Pasir (E%)	Batu Pecah (E%)	Campuran Pasir Batu Pecah		E %
			Pasir (%)	Batu Pecah (%)	
			35	65	
37,5	0	0	0,0	0,0	0,0
19	0	3,15	0,0	2,0	2,0
9,5	0	92,25	0,0	60,0	60,0
4,76	5,1	100	1,8	65,0	66,8
2,38	18,7	100	6,5	65,0	71,5
1,19	34,5	100	12,1	65,0	77,1
0,59	69,9	100	24,5	65,0	89,5
0,297	90,2	100	31,6	65,0	96,6
0,149	99,2	100	34,7	65,0	99,7
0	100	0	35,0	0,0	35,0
Jumlah	317,6	695,4	146,2	452,0	598,2
			Modulus Kehalusan (FM) Campuran =		5,982

Grafik 1. Analisa gradasi agregat gabungan (Ex: Pasir stabil dan Batu Pecah Selayang)



Dari hasil analisa gradasi agregat gabungan, didapatkan prosentase untuk agregat kasar dan agregat halus, masing-masing 65% dan 35%. Kemudian diolah menjadi satuan berat dengan mengkalikan terhadap kadar bahan pengisi masing-masing variabel (Lihat Tabel 21) , berikut perhitungannya:

Tabel 21. Detail perhitungan berat agregat halus dan agregat kasar

No	Kode variabel	Agregat kasar Agregat halus	Nilai
1	Percobaan 1	65% x 1800 Kg/m ³	1170 Kg/m ³
		35% x 1800 Kg/m ³	630 Kg/m ³
2	Percobaan 2	65% x 1680 Kg/m ³	1092 Kg/m ³
		35% x 1680 Kg/m ³	588 Kg/m ³
3	Percobaan 3	65% x 1560 Kg/m ³	1014 Kg/m ³
		35% x 1560 Kg/m ³	546 Kg/m ³

- i. Langkah 9. Merangkum hasil perhitungan desain campuran dari step 3 hingga 8 Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan rangkuman desain komposisi beton per 1 m3 untuk masing – masing variabel sebagai berikut:

Tabel 22. Komposisi masing-masing variabel untuk volume 1m³

No.	Material	Satuan	Komposisi (Kg/m ³)		
			P1	P2	P3
1	Fly Ash	Kg	360,0	432,0	504,0
2	Lar. Sod. Hidroksida (14M)	Kg	68,4	82,1	95,8
	40% Sod. Hidroksida (Flake)	Kg	27,4	32,8	38,3
	60% Air	Kg	41,0	49,3	57,5
3	Lar. Sod. Silikat	Kg	171,6	205,9	240,2
4	Aggregat Kasar	Kg	1170,0	1092,0	1014,0
5	Aggregat Halus	Kg	630,0	588,0	546,0
Berat Jenis		Kg/m ³	2400,0	2400,0	2400,0

3.3.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dan banyaknya benda uji yang digunakan Berikut rincian detail benda uji beserta banyaknya yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 23. Jenis dan banyaknya benda uji yang digunakan

No	Variabel	Jumlah benda uji per umur pengujian (hari)		Benda uji yang digunakan
		7	28	
1	Beton normal	3	3	
2	Percobaan 1	3	3	
3	Percobaan 2	3	3	
4	Percobaan 3	3	3	
Jumlah :		12	12	
Total :		24		

Metode pembuatan atau pengadukan beton Berikut merupakan langkah-

langkah pembuatan beton geopolimer skala benda uji:

- 1) Menyiapkan atau membuat larutan NaOH 14 M (sesuai nilai variabel tetap), maksimal pada saat 24 jam sebelum pengadukan beton dilakukan.



Gambar 5. Langkah-langkah pembuatan larutan NaOH

- a. Step 1: Menimbang sodium hidroksida padat atau flake, untuk larutan 14 M, maka kadar sodium hidroksida padat ialah 40% dari total berat larutan yang akan di buat (Lihat Tabel 14).
- b. Step 2: Menambahkan air kedalam sodium hidroksida padat tersebut dengan kadar 60% dari total berat larutan yang akan di buat (Lihat Tabel 14).
- c. Step 3: Larutan yang telah homogen, di tuang dalam suatu wadah khusus dan disimpan pada suhu ruang. Minimal menunggu waktu 24 jam untuk dapat digunakan dalam suatu campuran beton geopolimer.

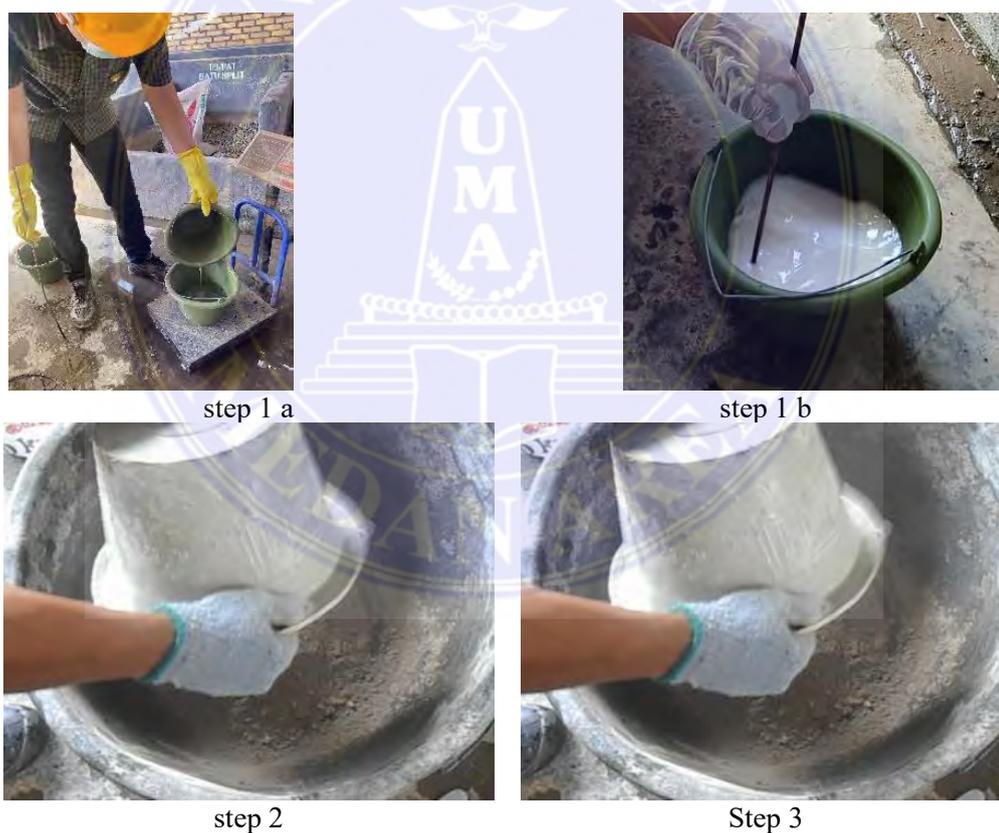
Perlu diperhatikan bahwa, NaOH merupakan bahan kimia reaktif, memiliki potensi bahaya ketika terkena kulit dapat menyebabkan korosif kulit, kemudian jika terhirup dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan, serta jika terkena mata dapat mencebabkan risiko iritasi hingga kebuta'an. Oleh karena itu penggunaan Alat Pengaman Diri (APD) diwajibkan selama proses pembuatan larutan ini. APD tersebut berupa: Kacamata kerja (bening), Masker 2 lapis (dalam kering dan luar basah), serta sarung tangan karet khusus untuk pekerjaan kimia

- 2) Menyiapkan seluruh material penyusun dan peralatan yang digunakan



Gambar 6. benda uji: (a) Material Penyusun, Alat pengaduk dan silinder 10 x 20 cm; (b) Alat Slump Cone Test

- 3) Memulai pencampuran dengan membuat adukan pasta beton geopolymer





step 4

Gambar 7. Langkah proses pembuatan adukan pasta beton geopolimer

Step 1: a. Pencampuran larutan sodium hidroksida 14 M dengan larutan sodium silikat

b. Pengadukan campuran larutan tersebut hingga homogen

Step 2: Menuang Fly ash terlebih dahulu dalam bak adukan

Step 3: Menuang larutan aktivator yang sudah tercampur

Step 4: Mengaduk hingga homogen hingga jadi suatu adukan pasta beton geopolimer

4) Setelah adukan pasta terbentuk homogen, kemudian masukan bahan pengisi atau agregat dan diaduk hingga menjadi adukan beton geopolimer



step 1

step 2

step 3

Gambar 8. Langkah proses pengadukan beton geopolimer

Step 1: Menuang pasir kedalam adukan pasta dan diaduk hingga homogen menjadi suatu adukan mortar

Step 2: Menuang batu pecah atau split kedalam adukan mortar

Step 3: mengaduknya hingga menjadi adukan beton geopolimer segar yang homogen

5) Melakukan pengujian slump



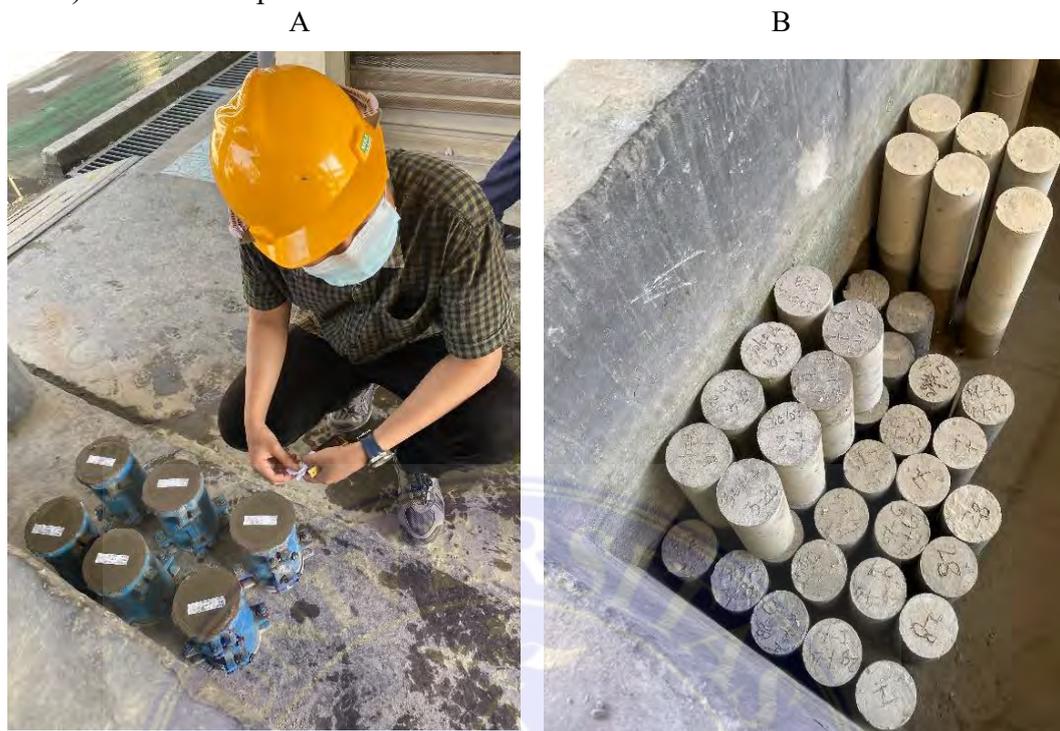
Gambar 9. Slump Test

6) Menuang dalam cetakan dan memberikan label sesuai kode variabel, serta tanggal buat dan tanggal tes



Gambar 10. Benda uji beton geopolimer berukuran 10 x 20 cm yang telah dibuat dan di beri label

7) Melakukan perawatan beton



Gambar 11. Perawatan beton: (a) Suhu ruang; (b) Memasukan silinder ke dalam bak rendaman

3.3.3. Pengujian dan Analisa

Jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, meliputi:



Gambar 12. Jenis pengujian

a. Vicat

Uji vicat adalah uji standart untuk mengukur waktu pengikatan pasta semen dan mortar. Uji ini di dasarkan pad ketahanan pasta semen terhadap penetrasi dinamis oleh batang dengan berat dan bentuk tertentu.

Peralatan vicat digunakan untuk menemukan waktu pengerasan dan konsistensi pasta semen, mortan, dan beton. Peralatan tersebut terdiri dari pendorong, cetakan, dan alat pengukur. Pengujian ini melibatkan penempatan sampel semen di dalam cetakan dan penggunaan pendorong standart untuk membuat lekukan di dalam sampel. Waktu pengerasan ditentukan dengan mengukur kedalaman penetrasi pendorong dari waktu ke waktu. Hal ini membanru para insinyur dan peneliti memahami karakteristik material semen danmemastikan bahwa material tersebut memenuhi standart yang ditentukan untuk proyek konstruksi.

b. Slump

Slump beton atau concrete slump test adalah pengujian yang dilakukan khusus untuk mengukur seberapa kental adukan beton tersebut. Ini penting untuk dilakukan guna mengetahui seberapa mudahnya beton tersebut untuk dikerjakan atau workability. Tujuan lain dari pengujian ini adalah untuk :

- Mengetahui nilai slump dari beton segar yang direncanakan
- Membandingkan ilia slump actual dengan nilai slump rencana

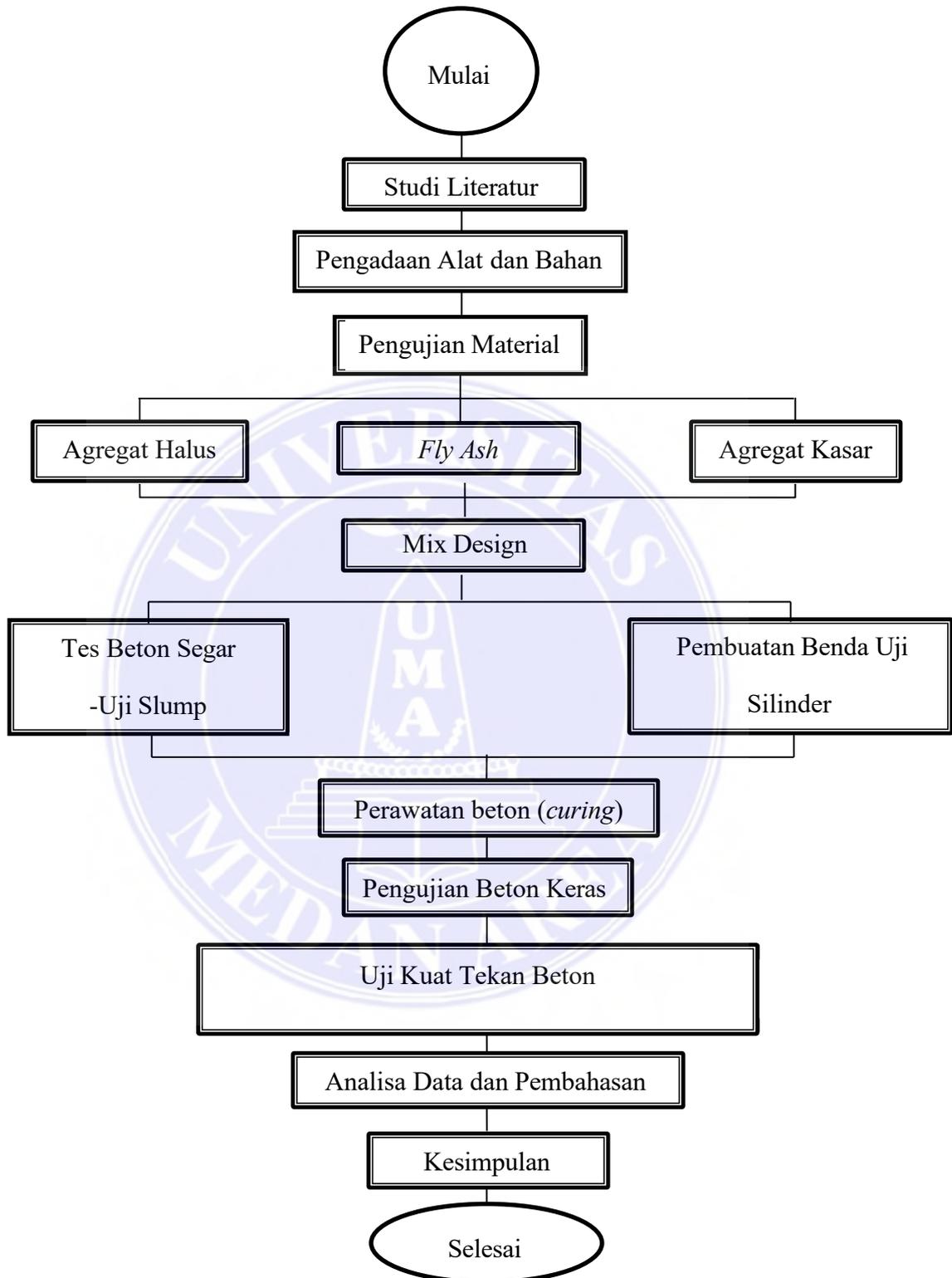
Dengan kata lain uji slump beton ini untuk mengontrol mutu beton dengan cara mengetahui seberapa baik pencampuran adukan beton tersebut sebelum digunakan. Secara istilah, kata slump berarti “kemerostan”. Dengan begitu, uji slump yang dilakukan atas adukan beton memiliki tujuan yaitu untuk menegtahui seberapa banyak kemerostan yang terjadi akibat proses pengadukan beton seaktu di uji denan alat tes khusus bernama kerucut abrams. Hal tersebut ada kaitannya dengan jumlah air yang dicampurkan pada adukan beton tersebut.

Jika penggunaan air terlalu banyak pada pencampuran beton maka berdampak pada kekuatan beton yang akan dihasilkan nantinya. Beton dengan kekentalan yang tinggi biasanya antara slump 16 ± 2 cm hingga 21 ± 2 cm diperlukan untuk pembuatan pondasi bore pile, kolom bangunan, dan lain-lain. Sedangkan untuk beton dengan kekentalan rendah biasanya antara slump 4 ± 2 cm hingga 8 ± 2 cm diperlukan sebagai beton untuk pembangunan jalan raya.

c. Uji kuat tekan

Defenisi kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oeh mesin uji kuat tekan. Kekuatan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat halus dan air. Apabila perbandingan air semen semakin tinggi, maka kekuatan tekannya akan semakin nggi juga. Kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi meurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990). Jenis semen juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dari beberapa percobaan terhadap 5 jenis semen pada adukan beton, ternyata kelima jenis semen tersebut mempunyai kekuatan tekan yang berbeda

3.4. Diagram Alur Penelitian



Gambar 13. Diagram Alur Penelitian (Peneliti, 2024)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan didapatkan hasil pengujian yang diawali dengan pemeriksaan bahan atau material yaitu pengujian agregat halus, pengujian vicat, pengujian slump test dan hingga pengujian kuat tekan beton di laboratorium PT Wijaya Karya Beton Tbk. PBB Sumatera Utara. Sehingga dapat ditarik kesimpulan penelitian sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisa yang saya dapat tentang analisis kuat tekan beton tanpa semen menggunakan *fly ash* dengan aktivator *sodium silicate* dan *sodium hidroksida* hasilnya memenuhi sesuai yang diharapkan yaitu kuat tekan lebih tinggi dari target rencana saya yang hanya K100 atau 8,3 MPa dan hasil percobaan saya yang tertinggi mencapai 12,14 MPa.
- 2) Sampel beton yang menghasilkan kuat tekan beton rata-rata paling rendah ialah sampel beton dengan variasi PI(percobaan 1), yaitu campuran 25% bahan pengikat dan 75% bahan pengisi dengan kuat tekan beton rata-rata sebesar 10,15 Mpa. Namun walaupun mendapatkan hasil kuat tekan paling rendah akan tetapi variasi PI (percobaan 1) tersebut sudah mencapai target saya yang hanya K100 atau 8,3 MPa.
- 3) Nilai maksimum persentase yang dapat memenuhi persyaratan ialah campuran 35% bahan pengikat dan 75% bahan pengisi pada variasi PIII yang mendapatkan hasil uji kuat beton tertinggi sebesar 12,14 MPa.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian dan juga beberapa pengujian, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu diperhatikan bahwa, NaOH merupakan bahan kimia reaktif, memiliki potensi bahaya ketika terkena kulit dapat menyebabkan korosif kulit, kemudian jika terhirup dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan, serta jika terkena mata dapat mencebabkan risiko iritasi hingga kebuta'an. Oleh karena itu penggunaan Alat Pengaman Diri (APD) diwajibkan selama proses melakukan percobaan ini. APD tersebut berupa: Kacamata kerja (bening), Masker 2 lapis (dalam kering dan luar basah), serta sarung tangan karet khusus untuk pekerjaan kimia
2. Perhatikan saat merojok agar benda uji tersebut benar-benar padat dan tidak terdapat rongga yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton.
3. Perlu juga dilakukan standarisasi produk semen geopolimer seperti layaknya semen portland dengan pengujian-pengujian lebih lanjut, seperti: blaine, waktu ikat akhir, pemuai dan penyusutan, kuat tekan mortar 3, 7, dan 28 hari, panas hidrasi, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian Philip Marthinus Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*.
- Mira Setiawati. *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Website : <https://www.jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek>
- Fauna Adibroto, Etri Suhelmidawati, Azri Azhar Musaddiq Zade. (2018). Eksperimen Beton Mutu Tinggi Berbahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *JIRS Volume XV*
- Abdul Karim Yasin, R. B. T. E. S., 2017. Rekaasa Beton *Geopolimer* Berbasis *Fly Ash*. Surabaya: s.n.
- Djiwantoro Hardjito, B. V. R., 2008. *Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, Perth: Curtin University of Technology Press*.
- Mohd Mustafa Al-Bakri Abdullah. Rafiza Abdul Razak, Z. Y. K. H. L. Y. M. H. C. Y. M. I. A., 2013. *Asas Geopolimer (Teori dan Amali)*. Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.
- R Anuradha, V. S. R. V. B. V. R., 2011. *Modifed Guidelines For Geopolymer Concrete Mix Design Using Indian Standard, Perth: Coimbatore*.
- Liew Yun-Ming, H. C.-Y. (2016, Agustus 20). *Structure and Properties of clay-based geopolymer cements: A review. Progress In Materials Science* , pp. 596-610.
- McKinsey Global Institute Analysis. (2013). *Bridging Global Infrastructure gaps*. Retrieved November 25, 2016, from <http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-andinfrastructure/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps>
- R, S. (2013). *Setting time, compressive strength and microstructure of geopolymer paste*. *IJRSET* , 2 (1), 311-316.
- Subakti, A., Picesa, B., & Irawan, M. (2012). *Teknologi Beton dalam Praktik*. Surabaya: ITS Press



**LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

Laman : <https://umaiso17025.uma.ac.id> Email : umaiso17025@uma.ac.id

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Medan 20371

**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011**

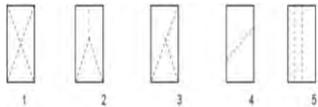
F.PP/1-1/Rev.2

Nomor Laporan : 98 / LP / 0.3 / VIII / 2024
Pemohon Pengujian : Muhammad Fajar Surya
Proyek : Penelitian
Lokasi : Medan
Jenis Benda Uji : Silinder (d=10;t=20)
Mutu Benda Uji : K.100
Jumlah Benda Uji : 6

Lembar 1 Dari 1
 Diuji Oleh : Bahrian S Pohan, ST
 Alat yang Dipa : Machine Compression
 Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton (Mpa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji		(kN)	(Mpa)		
1	I A	20	10		7.85	3.826	29-07-2024	05-08-2024	7	55.00	5.50	7.286	1
2	I B	20	10		7.85	3.766	29-07-2024	05-08-2024	7	50.00	5.00	6.624	2
3	I C	20	10		7.85	3.790	29-07-2024	05-08-2024	7	50.00	5.00	6.624	1
4	II A	20	10		7.85	3.694	29-07-2024	05-08-2024	7	60.00	6.00	7.949	3
5	II B	20	10		7.85	3.782	29-07-2024	05-08-2024	7	65.00	6.50	8.611	1
6	II C	20	10		7.85	3.686	29-07-2024	05-08-2024	7	60.00	6.00	7.949	2

XN



- NB :**
- Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
 - Laboratorium tidak memberikan pernyataan penjelasan spesifikasi (decision rule) terhadap hasil uji

Manajer Teknis

(Samsul A Sidik Hasibuan, ST, MT)

Medan, 07 Agustus 2024
 Manajer Puncak

(Susilawati, M.Kom)

*Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk diumumkan atau dipublikasikan.
 Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium Teknik Sipil UMA*



LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA

Laman : <https://umaiso17025.uma.ac.id> Email : umaiso17025@uma.ac.id

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Medan 20371

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011

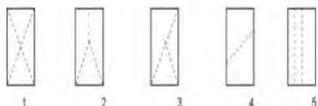
F.PP/1-1/Rev.2

Nomor Laporan : 98 / LP / 0.3 / VIII / 2024
Pemohon Pengujian : Muhammad Fajar Surya
Proyek : Penelitian
Lokasi : Medan
Jenis Benda Uji : Silinder (d=10;t=20)
Mutu Benda Uji : K.100
Jumlah Benda Uji : 6

Lembar 1 Dari 1
Diuji Oleh : Bahrian S Pohan, ST
Alat yang Dipa : Machine Compression
Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton (Mpa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji		(kN)	(Mpa)		
1	III A	20	10		7.85	3.576	30-07-2024	06-08-2024	7	65.00	6.50	8.611	1
2	III B	20	10		7.85	3.568	30-07-2024	06-08-2024	7	65.00	6.50	8.611	2
3	III C	20	10		7.85	3.596	30-07-2024	06-08-2024	7	70.00	7.00	9.274	1
4	BN A	20	10		7.85	3.514	30-07-2024	06-08-2024	7	40.00	4.00	5.299	3
5	BN B	20	10		7.85	3.510	30-07-2024	06-08-2024	7	45.00	4.50	5.961	1
6	BN C	20	10		7.85	3.486	30-07-2024	06-08-2024	7	45.00	4.50	5.961	2

XN



NB :

- Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium
- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penjelasan spesifikasi (decision rule) terhadap hasil uji

Manajer Teknis

(Samsul A Sidik Hasibuan, ST, MT)

Medan, 07 Agustus 2024
Manajer Puncak

(Susilawati, M.Kom)

*Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk diumumkan atau dipublikasikan.
Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium Teknik Sipil UMA*



**LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

Laman : <https://umaiso17025.uma.ac.id> Email : umaiso17025@uma.ac.id

Jalan Kolan No. 1 Medan Estate Medan 20371

**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011**

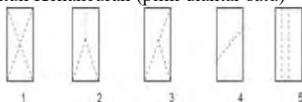
F.PP/1-1/Rev.2

Nomor Laporan : 108 / LP / 0.3 / VIII / 2024
Pemohon Pengujian : Muhammad Fajar Surya
Proyek : Penelitian
Lokasi : Medan
Jenis Benda Uji : Silinder (d=10;t=20)
Mutu Benda Uji : K.100
Jumlah Benda Uji : 12

Lembar : 1 Dari 1
 Diuji Oleh : Bahrian S Pohan, ST
 Alat yang Dipakai : Machine Compression
 Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton (Mpa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji		(kN)	(Mpa)		
1	I A	20	10	2	78.5	3.714	29-07-2024	28-08-2024	28	80.00	8.00	10.59	1
2	I B	20	10	2	78.5	3.670	29-07-2024	28-08-2024	28	75.00	7.50	9.936	2
3	I C	20	10	2	78.5	3.744	29-07-2024	28-08-2024	28	75.00	7.50	9.936	1
4	II A	20	10	2	78.5	3.756	29-07-2024	28-08-2024	28	85.00	8.50	11.26	3
5	II B	20	10	2	78.5	3.712	29-07-2024	28-08-2024	28	90.00	9.00	11.92	1
6	II C	20	10	2	78.5	3.760	29-07-2024	28-08-2024	28	85.00	8.50	11.26	1
7	III A	20	10	2	78.5	3.532	29-07-2024	28-08-2024	28	90.00	9.00	11.92	2
8	III B	20	10	2	78.5	3.646	29-07-2024	28-08-2024	28	90.00	9.00	11.92	1
9	III C	20	10	2	78.5	3.548	29-07-2024	28-08-2024	28	95.00	9.50	12.58	1
10	BN A	20	10	2	78.5	3.560	29-07-2024	28-08-2024	28	60.00	6.00	7.949	3
11	BN B	20	10	2	78.5	3.520	29-07-2024	28-08-2024	28	65.00	6.50	8.611	1
12	BN C	20	10	2	78.5	3.678	29-07-2024	28-08-2024	28	65.00	6.50	8.611	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantar satu)



- NB :**
- Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
 - Laboratorium tidak memberikan pernyataan penjelasan spesifikasi (decision rule) terhadap hasil uji

*Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk diumumkan atau dipublikasikan.
 Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium Teknik Sipil UMA*

Manajer Teknis

(Samsul A Sidik Hasibuan, ST, MT)

Medan, 29 Agustus 2024
 Manajer Puncak

(Susilawati, M.Kom)



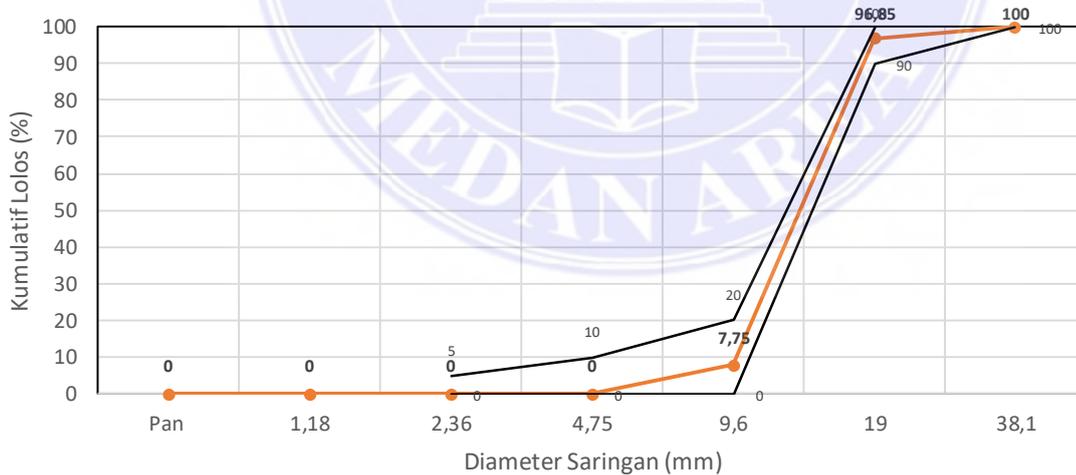
PT Wijaya Karya Beton Tbk.

FORM PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR

Halaman :
Jumlah Lembar :

Kode pengujian : Gradasi Split Mahasiswa Penelitian
 Asal material : Quarry Selayang - Sumatera Utara
 Jenis sampel : Split atau Batu Pecah
 Jumlah sampel : 2150 g
 Diterima tanggal : 24 Agustus 2024
 Diuji tanggal : 26 Agustus 2024

Diameter Saringan mm (inci)	Berat tertahan		Kumulatif tertahan	Kumulatif lolos
	Gram	%	%	%
38,1 mm (1 inci)	0	0	0	0
19,1 mm (¾ inci)	63	3,15	3,15	96,85
9,52 mm (3/8 inci)	1782	89,10	92,25	7,75
4,75 mm (No. 4)	155	7,75	100,00	0
2,36 mm (No. 8)	88	4,09	100,00	0
1,18 mm (No. 16)	0	0,00	100,00	0
0,6 mm (No. 30)	0	0,00	100,00	0
0,3 mm (No. 50)	0	0,00	100,00	0
0,15 mm (No. 100)	0	0,00	100,00	0
0 mm	0	0,00	100,00	0
Pan	62	2,88	102,88	
Jumlah berat	2150		FM 6,95	



Catatan : Gradasi 6.95 masih katagori Ok, standart FM standar gradasi split 5.5 -7.5

Mengetahui,

Diperiksa,

Sarimun
Koord. Lab

Medan, 26 Agustus 2024
Diuji oleh,

Muhammad Fajar surya
Mahasiswa Penelitian



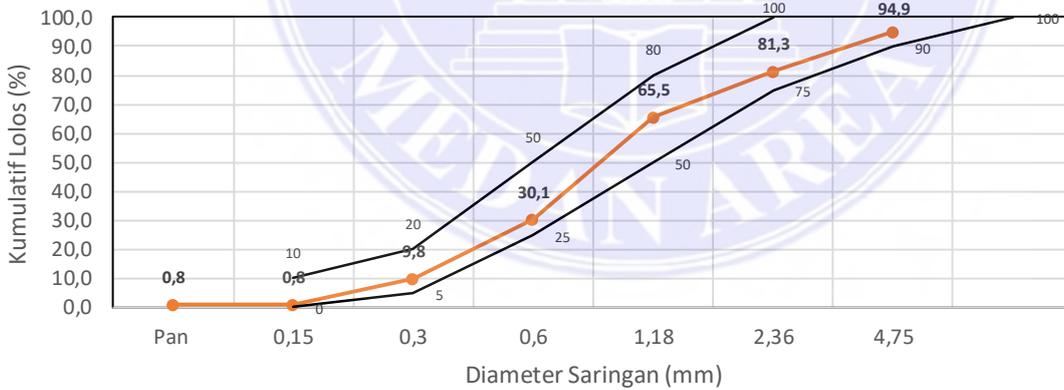
PT Wijaya Karya Beton Tbk.

FORM PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS

Halaman :
Jumlah Lembar :

Kode pengujian : Gradasi Pasir Mahasiswa Penelitian
 Asal material : Quarry Stabat - Sumatera Utara
 Jenis sampel : Pasir
 Jumlah sampel : 1000 g
 Diterima tanggal : 25 Agustus 2024
 Diuji tanggal : 26 Agustus 2024

Diameter Saringan mm (inci)	Berat tertahan		Kumulatif tertahan	Kumulatif lolos
	Gram	%	%	%
4,75 mm (No. 4)	51	5,1	5,1	94,9
2,36 mm (No. 8)	136	13,6	18,7	81,3
1,18 mm (No. 16)	158	15,8	34,5	65,5
0,6 mm (No. 30)	354	35,4	69,9	30,1
0,3 mm (No. 50)	203	20,3	90,2	9,8
0,15 mm (No. 100)	90	9	99,2	0,8
0 mm	8	0,8	100	0
Pan		0	99,2	0,8
Jumlah berat	1000		FM 3,18	



Catatan : Gradasi 3,176 Aman

Mengetahui,

Ir Adhi Yusuf Muttaqin, ST
Mnj Teknik & Mutu

Diperiksa,

Sarimun
Koord. Lab

Medan, 26 Agustus 2024
Diuji oleh,

Muhammad Fajar surya
Mahasiswa Penelitian

LAMPIRAN



Lampiran 1. Persiapan pengecoran



Lampiran 2. Ayakan pasir dan Split



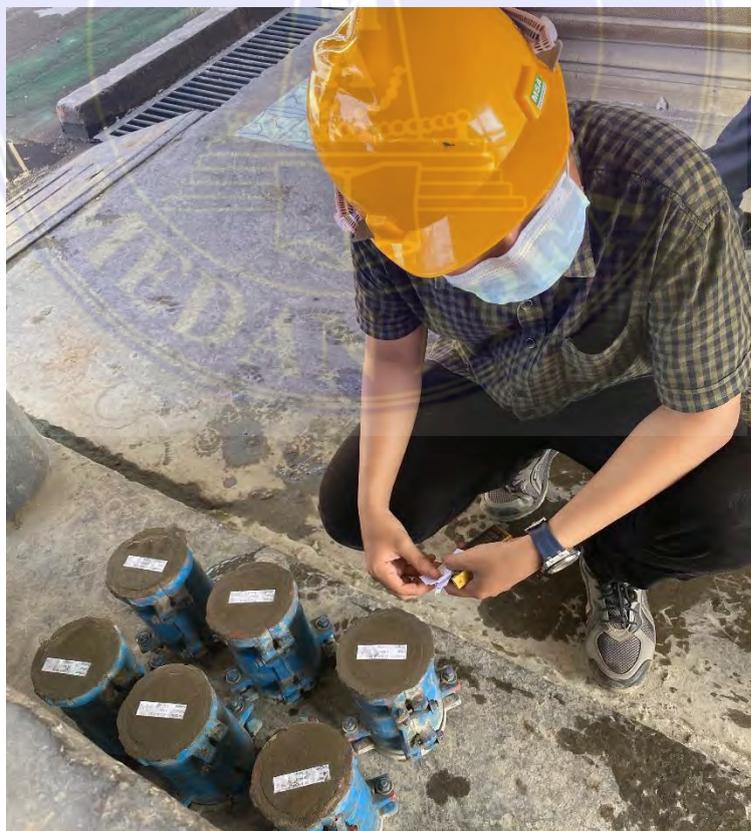
Lampiran 3. Pencampuran Bahan



Lampiran 4. Penambahan Fly ash sebagai campuran beton geopolimer



Lampiran 5. Pengujian slump test



Lampiran 6. Memasukan beton kedalan cetakan dan memberi label



Lampiran 7. Pembongkaran cetakan



Lampiran 8. Perendaman Benda uji



Lampiran 9. Pengangkatan benda uji dari bak rendaman



Lampiran 10. Percobaan Vicat pasta geopolimer



Lampiran 11. Pengujian kuat tekan



Lampiran 12. Pemantauan Uji tekan



Lampiran 13. Foto dengan pengawas LAB Bapak Zainal dan Inspektur Bapak Saidi