

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT DAN FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PENGGANTI SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

*Di ajukan untuk Memenuhi Syarat-syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

DA'I RULLY ARDIANSYAH

2007210042



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Da'i Rully Ardiansyah

NPM : 2007210042

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Substitusi Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Da'i Rully Ardiansyah
NPM : 2007210042
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Subtitusi Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera utara.

Medan, Mei 2025

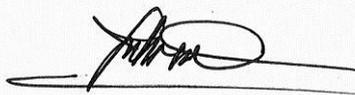
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembanding I



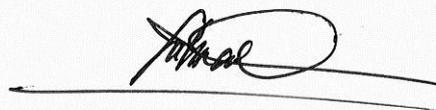
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding II



Dr. Fetra Veny Riza

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Da'i Rully Ardiansyah
Tempat, Tanggal Lahir : Batu Melenggang, 16 Oktober 2002
NPM : 2007210042
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Substitusi Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton “ (Studi Penelitian).”

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik Diprogram Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2025



Da'i Rully Ardiansyah

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT DAN FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PENGGANTI SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON

Da'i Rully Ardiansyah

2007210042

Dr. Josef Hadipramana

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah karbit dan fly ash sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan beton. Fly ash merupakan residu pembakaran batu bara dari PLTU, sedangkan limbah karbit adalah sisa produksi gas asetilena dari reaksi kalsium karbida dengan air. Penggunaan kedua bahan ini sebagai pengganti sebagian semen bertujuan untuk mengurangi konsumsi semen konvensional serta mengatasi masalah limbah yang berpotensi merusak lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi persentase fly ash dan limbah karbit pada campuran beton dengan mutu beton 25 MPa. Benda uji berupa silinder beton diuji pada umur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi fly ash dan limbah karbit dapat meningkatkan kuat tekan beton pada variasi tertentu, khususnya pada penggunaan fly ash 3% dan limbah karbit 5% dengan umur beton 28 hari mendapatkan hasil kuat tekan 16,83 MPa, fly ash 5% dan limbah karbit 5% dengan umur beton 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan 14,59 MPa. Substitusi ini juga membantu mengurangi biaya material dan dampak lingkungan, menjadikannya alternatif yang efisien dan ramah lingkungan untuk konstruksi beton.

Kata kunci: limbah karbit, fly ash, kuat tekan beton, substitusi semen, beton ramah lingkungan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING CARBIDE WASTE AND FLY ASH AS SUBSTITUTION MATERIALS TO REPLACE CEMENT ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH VALUES

Da'i Rully Ardiansyah

2007210042

Dr. Josef Hadipramana

This research aims to analyze the effect of adding carbide waste and fly ash as cement substitutes on concrete compressive strength. Fly ash is a residue of coal combustion from power plants, while carbide waste is a by-product of acetylene gas production. Using these materials as partial cement substitutes in concrete aims to reduce conventional cement consumption and mitigate the environmental impact of waste. This study employs an experimental method with varying percentages of fly ash and carbide waste in a 25 MPa concrete mix. Concrete cylinder specimens were tested at 7 and 28 days. The test results show that the use of a combination of fly ash and carbide waste can increase the compressive strength of concrete in certain variations, especially when using 3% fly ash and 5% carbide waste with a concrete age of 28 days, the result is a compressive strength of 16.83 MPa, fly ash 5% and 5% carbide waste with a concrete age of 28 days obtained a compressive strength value of 14.59 MPa. This substitution also helps reduce material costs and environmental impact, making it an efficient and environmentally friendly alternative to concrete construction.

Keywords: carbide waste, fly ash, concrete compressive strength, cement substitute, eco-friendly concrete.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Substitusi Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku ketua program studi Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan sebagai dosen pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Fetra Veny Riza, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Zakaria, Ibunda Sri Arihta Ginting, abang

/kakak dan adik kandung saya yang dengan tulus memberi doa, kasih sayang, nasehat, serta dukungan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Rekan seperjuangan BPH HMS FT UMSU, dan rekan kelas A1 pagi Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2020. Yang telah memberikan perhatian serta dukungan dalam menjalankan perkuliahan. Terimakasih saya ucapkan sudah menjadi bagian dari sebuah kisah yang takkan terlupakan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar- besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Medan, Mei 2025

Saya yang menyatakan,

Da'i Rully Ardiansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
TINJUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Beton	4
2.2 Bahan Penyusun Campuran Beton	4
2.2.1 Agregat kasar	4
2.2.2 Agregat Halus	5
2.2.3 Semen	5
2.2.4 Air	6
2.3 Bahan Tambah	7
2.3.1 Limbah Karbit	8
2.3.2 Fly Ash	9
2.4 Kuat Tekan Beton	10
2.5 Penelitian Terdahulu	11
BAB III	14
METODE PENELITIAN	14

3.1	Metode Penelitian	14
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.3	Alat Dan Bahan	17
3.3.1	Alat	17
3.3.2	Bahan	17
3.4	Langkah – Langkah Pemeriksaan Agregat	18
3.4.1	Analisa Saringan	18
3.4.2	Berat Jenis dan Penyerapan	18
3.4.2.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	18
3.4.2.2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	19
3.4.3	Kadar Air	19
3.4.4	Kadar Lumpur	19
3.4.5	Berat Isi Agregat	20
3.5	Pengolahan Abu Fly Ash Dan Limbah Karbit	20
3.6	Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 7656:2012	20
3.7	Slump Test	21
3.8	Pembuatan Benda Uji	22
3.9	Perawatan Beton	22
3.10	Pengujian Kuat Tekan Beton	22
BAB IV		24
HASIL DAN PEMBAHASAN		24
4.1	Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat	24
4.2	Pemeriksaan Agregat Halus	24
4.2.1	Analisa Saringan Agregat Halus	24
4.2.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	25
4.2.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	26
4.2.4	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	26
4.2.5	Kadar Air Agregat Halus	27
4.3	Pemeriksaan Agregat Kasar	28
4.3.1	Analisa Saringan Agregat Kasar	28
4.3.2	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	29
4.3.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	30
4.3.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	31
4.3.5	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	31
4.4	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	32
4.4.1	Langkah Perhitungan	33

4.5	Kebutuhan Material	38
4.5	Pengujian Slump	39
4.6	Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton	41
4.6.1	Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	41
4.6.2	Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 8%	42
4.6.3	Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 10 %	43
4.6.4	Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 12 %	44
4.6.5	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Variasi BFLK 8%, 10% dan BFLK 12%	45
4.6.6	Persentasi Kenaikan dan Penurunan Rata rata Kuat Tekan Beton	46
BAB V		49
KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		54
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : Komposisi Utama Semen	6
Tabel 2. 2 : Komposisi limbah karbit	9
Tabel 2. 3 : Kelas Fly Ash	10
Tabel 3. 1 : Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.	20
Tabel 4. 1 : Pengujian analisa saringan agregat halus	24
Tabel 4. 2 : Pengujian analisa saringan agregat halus	25
Tabel 4. 3 : Pengujian analisa saringan agregat halus	26
Tabel 4. 4 : Pengujian berat isi agregat halus	27
Tabel 4. 5 : Kadar air agregat halus	27
Tabel 4. 6 : Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.	28
Tabel 4. 7 : Pengujian kadar air agregat kasar	29
Tabel 4. 8 : Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	30
Tabel 4. 9 : Pengujian kadar lumpur agregat kasar	31
Tabel 4.10: Pengujian Berat jenis Agregat Kasar	31
Tabel 4.11: Data-data hasil tes dasar	32
Tabel 4.12: Data kebutuhan Mix Design	33
Tabel 4.14: Hubungan Antara Rasio Semen Atau Rasio Air bersifat semen dan Kekuatan Beton	34
Tabel 4.15: Volume agregat kasar per satuan volume beton	35
Tabel 4.16: Perkiraan awal beton segar	36
Tabel 4.17: Perbandingan berat bahan	37
Tabel 4.18: Kebutuhan bahan persampel	39
Tabel 4.19: Nilai Slump Test beton campuran BFLK dan beton normal.	40
Tabel 4.20: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	41
Tabel 4.21: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 8 %	42
Tabel 4.22: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 10 %	43
Tabel 4.23 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 12 %	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian Beton Penambahan Fly Ash dan Limbah Karbit	16
Gambar 3.2 : Dimensi Kerucut Abrams	21
Gambar 3.3 : Benda Uji Silinder	22
Gambar 3.4 : Setting up pengujian kuat tekan beton	23
Gambar 4.1 : Grafik nilai slump	40
Gambar 4.2 : Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal	41
Gambar 4.3 : Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 8%	42
Gambar 4.4 : Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 10%	43
Gambar 4.5 : Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal	44
Gambar 4.6 : Grafik Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Variasi	45
Gambar 4.7 : Grafik perbandingan besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari	47

DAFTAR NOTASI

f'_c	= Kuat Tekan Silinder Beton	(MPa)
P	= Beban Tekan Maksimum	(Kg)
A	= Luas Bidang Tekan	(cm ²)
a	= Berat Benda Uji Kering Oven	(gr)
b	= Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan di Udara	(gr)
c	= Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan Dalam Air	(gr)
W_3	= Berat Benda Uji Semula	(gr)
W_5	= Berat Benda Uji Kering	(gr)
M_c	= Berat Wadah Ukur yang diisi Agregat	(Kg)
M_m	= Berat Wadah Ukur	(Kg)
V_m	= Volume Wadah Ukur	(m ³)
B_0	= Berat Agregat Sebelum Pengujian	(gr)
B_1	= Berat Agregat Setelah Pengujian	(gr)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pembangunan dalam bidang teknik sipil mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini terbukti dengan adanya pembangunan yang telah berlangsung di negara ini, misalnya pembangunan gedung, pembangunan jembatan, tower, maupun pembangunan konstruksi lain. Hal ini dikarenakan beton memiliki banyak kelebihan, diantaranya harga yang relatif murah, memiliki kuat tekan yang tinggi, bentuknya yang dapat disesuaikan dengan keinginan, ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Berbagai penelitian tentang beton telah banyak dilakukan sebagai upaya penyempurnaan fungsi dan kekuatan dari struktur beton. Penyempurnaan beton dapat ditinjau dari berat sendiri beton yang merupakan salah satu bagian terbesar yang berpengaruh terhadap beban struktur bangunan itu sendiri (Ngarifin et al., 2015).

Penggunaan beton mutu tinggi ini juga memerlukan perlakuan khusus pada prosesnya serta menggunakan bahan tambah agar hasil yang diinginkan bisa tercapai. Untuk bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah fly ash dan limbah karbit. *Fly ash* merupakan sisa pembakaran batu bara yang dihasilkan dari tungku pembangkit listrik tenaga uap. Produksi *fly ash* yang dihasilkan dari pembangkit listrik di Indonesia semakin meningkat. *Fly ash* dapat berpengaruh pada campuran beton dikarenakan terdapat sifat pozolan di dalamnya. Oleh karena itu, pemanfaatan kembali limbah *fly ash*, bisa meminimalisir timbulnya dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan *fly ash* berperan sebagai filler yang dimana untuk mengisi rongga pada beton agar beton lebih padat (Andi et al., 2022).

Fly ash atau abu terbang merupakan limbah sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran. *Fly ash* berupa serbuk yang sangat ringan dan berwarna keabu-abuan. *Fly ash* merupakan material oksida anorganik yang mengandung silika (SiO_2) sebanyak 58,20%. *Fly Ash* termasuk dalam limbah B3 dengan kode D223 dengan pencemaran utama logam berat (Dewi et al., 2016).

Adapun limbah karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai. Selama ini pemanfaatan limbah karbit belum optimal. Salah satu alternatif yang ditemukan memiliki performa komposisi kimia yang dapat dicampurkan dengan *fly ash* sebagai pengganti semen yaitu limbah karbit. Limbah karbit merupakan sisa dari pembuatan gas asetilena ($C_2 H_2$) yang terbentuk dari reaksi antara kalsium karbida (CaC_2) dengan air ($H_2 O$) (Dewi et al., 2016).

Limbah karbit mengandung kalsium oksida (CaO) yang cukup tinggi. Unsur kalsium (Ca) yang terdapat dalam limbah karbit, dapat bercampur dengan silika (SiO_2) atau alumina ($Al_2 O_3$) yang terkandung dalam *fly ash* dan membentuk reaksi pozzolanic. Reaksi pozzolanic merupakan reaksi antara kalsium (Ca), silika (SiO_2) atau alumina ($Al_2 O_3$) dengan air, sehingga membentuk suatu material menjadi keras dan kaku, yang hampir sama dengan proses hidrasi pada Portland Cement (Perdana et al., 2018).

Campuran bahan yang digunakan pun bermacam-macam dari berbagai limbah yang tidak dimanfaatkan dengan optimal. Pemanfaatan limbah karbit ini dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan dapat mengurangi penggunaan semen portland pada campuran beton (Wilda et al., 2022).

Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan limbah las karbit dan *fly ash* terhadap kuat tekan beton dan kadar persentase yang efektif dengan mutu $f'c$ 25 MPa sehingga akan didapatkan manfaatnya dalam penggunaan limbah karbit dan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton (Taufik et al., 2017).

Penggunaan limbah karbit dan Fly Ash diharapkan dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen sebagai bahan campuran beton yang menghasilkan beton dengan kualitas yang tinggi dan ramah bagi lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah apakah penambahan *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan substitusi sebagian semen memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup yang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium beton Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. *Mix design* menggunakan metode SNI 7656:2012
3. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm
4. Bahan substitusi yang digunakan adalah *Fly ash* dan limbah las karbit.
5. Bahan kimia yang digunakan adalah limbah las karbit.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dituliskan diatas, maka tujuan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apakah penambahan *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan substitusi sebagian semen memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui berapa proporsi optimum dari penggunaan *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan substitusi sebagian semen yang tepat apabila *fly ash* dan limbah karbit dapat mempengaruhi kuat tekan beton yang direncanakan.
3. Untuk mengetahui perbedaan kuat tekan antara beton normal dan beton dengan penambahan limbah las karbit dan *fly ash*.

1.5 Manfaat Penelitian

Suatu penelitian pada dasarnya dapat diharapkan memberikan manfaat, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknologi beton dengan bahan tambahan *fly ash* dan limbah karbit.
2. Bahan masukan pada pelaku usaha pembangunan atau yang bergerak dalam bidang properti untuk menggunakan bahan alternatif.
3. Meningkatkan nilai tambah limbah karbit dan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari campuran semen hidrolis, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air dengan tanpa bahan tambahan atau admixture (SNI 2847:2013). Beton akan semakin mengeras seiring bertambahnya hari dan mencapai kekuatan rencana (f_c) pada umur 28 hari. Kualitas beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu oleh mutu bahan, perbandingan semen dengan air (faktor air semen), metode pengerjaan dan cara perawatannya. Penggunaan material beton memiliki berbagai keunggulan yaitu, memiliki nilai ekonomis dibandingkan material lain (murah), mudah untuk dibentuk sesuai dengan yang direncanakan, tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan murah dan memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan yang besar. Meskipun beton memiliki beberapa keunggulan, beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu, rendahnya dalam menahan tarikan, beton yang sudah dibuat sulit untuk dirubah dan proses pelaksanaannya membutuhkan ketelitian tinggi. Klasifikasi beton berdasarkan mutunya sesuai SNI 03-6468:2000 dibagi menjadi 3 mutu, yaitu beton mutu rendah ($f_c' < 20$ MPa), beton mutu sedang ($20 \text{ MPa} \leq f_c' \leq 41,4$ MPa) dan beton mutu tinggi ($f_c' \geq 41,4$ MPa) (Nana Patria & Haikal, 2022).

2.2 Bahan Penyusun Campuran Beton

Pada dasarnya beton terdiri dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan menambahkan suatu bahan tambahan.

2.2.1 Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm atau yang tertahan saringan no.4 lebih besar atau sama dengan 4,75 mm. Agregat kasar terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir

agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca (“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002,” 2002).

Menurut (Tjokrodinuljo , 1996), sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang. Menurut (SNI 03-2461, 1991) agregat kasar memiliki modulus kehalusan atau finess modulus (FM) yang berada di kisaran antara 6,0 s/d 7,1.

2.2.2 Agregat Halus

Berdasarkan (SNI 03-2847, 2002) agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci. Dalam (SNI 03-2461, 1991) agregat halus memiliki modulus kehalusan atau finess modulus (FM) yang berada di kisaran antara 1,5 s/d 3,8.

2.2.3 Semen

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-20) (Makmur, 2023).

Menurut (SNI 15-3500, 2004) semen *Portland pozolan* atau *Portland Pozzolan Cement* (PPC) adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *Portland* dan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *Portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *Portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen Portland.

Tabel 2. 1: Komposisi Utama Semen

Nama Senyawa	Rumus Kimia	Singkatan	Kadar rata-rata (%)
Trikalium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	37-60
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15-37
Trikalsium Aluminate	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7-15
Tetrakalsium AluminaFerit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10-20

Sumber : Teknologi Beton, Wuryati S dan Candra R, 2001.

2.2.4 Air

Air yang memenuhi syarat sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton (tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Dalam hal terdapat kesulitan air di daerah terpencil misalnya yang tidak terdapat air minum atau air untuk penggunaan umum, dan kualitas air yang ada di khawatirkan, maka perlu dilakukan pengujian kualitas air. Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78 persennya adalah sodium klorida dan 15 persennya adalah magnesium sulfat. Adanya garam-garam dalam air dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%. Air laut tidak boleh digunakan untuk campuran beton pada beton bertulang atau beton prategang karena resiko terhadap korosi tulangan lebih besar (Makmur, 2023).

Air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton menurut SK SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM1 C 109) (Karya, 2023).

2.3 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan yang ditambahkan dalam campuran pembuatan beton dengan tujuan untuk mengubah atau memperbaiki sifat dan karakteristik dari beton atau mortar. Bahan tambah dapat berupa bahan kimia (chemical admixture) dan bahan mineral (additive) (Rajiman, 2015). Pada penelitian ini digunakan bahan tambah berupa abu terbang (fly ash) dan limbah karbit.

Bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah *pozzollan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain memperbaiki kinerja (*workability*), mengurangi panas hidrasi, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika, mempertinggi usia beton, mempertinggi kekuatan tekan beton, mempertinggi keawetan beton, mengurangi penyusutan, mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

Menurut literatur (Stevani et al., 2023) nilai kuat tekan pada sampel beton yang dicampurkan dengan limbah fly ash dan limbah karbit dapat dikaitkan

dengan reaktivitas pozzolanik abu layang yang ada dalam campuran beton tersebut. Reaksi pozzolan merupakan reaksi antara senyawa silika (SiO_2) atau alumina (Al_2O_3) dengan kalsium oksida (CaO) dan air (H_2O) dan menghasilkan produk hidrasi semen yang akan meningkatkan kekuatan beton dan menghasilkan beton yang tahan terhadap serangan kimia.

Reaksi pozzolan yang terjadi antara silika (SiO_2) atau alumina (Al_2O_3) yang berasal dari limbah *fly ash*, dengan kapur yang berasal dari limbah *fly ash* dan limbah karbit, dan air (Kelechi et al., 2022).

2.3.1 Limbah Karbit

Limbah karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai yang merupakan limbah yang diperoleh dari industri pengelasan pada bengkel las karbit. Umumnya limbah karbit sisa pengelasan dibuang begitu saja pada daerah tersebut atau sebagai bahan timbunan. Sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas acetylene (Makmur, 2023).

Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah karbit mulai mengering, berubah menjadi gumpalan-gumpalan yang rapuh dan mudah dihancurkan serta dapat menjadi serbuk (Dewi et al., 2016).

Kandungan kalsium yang cukup tinggi membuat limbah karbit ini memiliki sifat-sifat fisis yang menyerupai kalsium hidroksida dalam hal senyawa kimia terbesar adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$, daya ikat terhadap air cukup tinggi, memiliki tekstur bahan berbutir, mempunyai bau yang khas, dan diameter butiran-butiran relatif lebih besar dibanding butiran lempung (Utomo, 2010).

Senyawa CaO tersebut mampu digunakan sebagai bahan bangunan karena sifatnya yang mudah mengeras. Selain itu dapat diketahui bahwa unsur pembentuk utama dari semen adalah Calsium yang berasal dari batu kapur (Aprida et al., 2018).

Penambahan limbah karbit merupakan upaya untuk meningkatkan unsur kalsium yang diperlukan dalam terjadinya reaksi pozzolanik bila tercampur dengan SiO_2 dalam *fly Ash*. Reaksi *pozzolanik* merupakan reaksi antara kalsium, silika atau aluminat dengan air sehingga membentuk suatu massa yang keras dan

kaku yang hampir sama dengan proses hidrasi pada Portland Cement (Makmur, 2023).

Tabel 2. 2: Komposisi limbah karbit

Komposisi Kimia	Kandungan%
SiO ₂	4.3
Fe ₂ O ₃	0.9
Al ₂ O ₃	0.4
CaO	56.5
MgO	1.7
SO ₃	0.06
Lol	36.1

Sumber : Makaratat, 2010.

2.3.2 Fly Ash

Fly Ash adalah material yang dihasilkan dari batu bara yang dibakar pada pembangkit listrik. Berdasarkan (ACI Committee 226, 1988), *fly ash* memiliki butiran yang halus dan butiran tersebut lolos pada saringan 325 mulai dari 5 hingga 27% dan berat jenis pada *fly ash* bernilai 2,15 sampai 2,7. Kandungan yang terdapat pada *fly ash* berupa kalsium silika (CSH), yang mempunyai peran untuk menaikkan kekuatan pada beton (Leovie Haf, 2013).

Manfaat utama dari penggunaan *fly ash* pada beton meliputi peningkatan kemampuan kerja karena partikel *fly ash* berbentuk bola, pengurangan *bleeding* dan kebutuhan air yang lebih sedikit, peningkatan kekuatan ultimat, penurunan permeabilitas dan penetrasi ion klorida, panas hidrasi yang lebih rendah, ketahanan yang lebih besar terhadap serangan sulfat. , ketahanan yang lebih besar terhadap reaktivitas agregat alkali, dan pengurangan penyusutan pengeringan.

Abu terbang atau *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1 226.3R-3), yaitu :

1. Kelas C Fly ash yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). Senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (17-20%), Fe₂O₃,

MgO, Na₂O dan sedikit K₂O. mempunyai specific gravity 2,31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO. SiO₂. 2H₂O). Kalsium Hidroksida yang mengeras seperti semen.

2. Kelas F Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. Senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO₂ (30- 50%), Al₂O₃ (45-60%), MgO, K₂O dan sedikit Na₂O, mempunyai specific gravity 2,15-2,45. Bersifat seperti pozzolan, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.
3. Kelas N Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu, juga mempunyai sifat pozzolan yang baik (Taufik et al., 2017).

Tabel 2. 3: Kelas Fly Ash

Senyawa kimia	Jenis F	Jenis C
<i>Oksida silika (SiO₂) + oksida alumina (Al₂O₃) + Oksida besi (Fe₂O₃), minimum %</i>	70.0	50.0
<i>Trioksida sulfur (SO₃), maksimum %</i>	5.0	5.0
Kadar air, maksimum %	3.0	3.0
Kehilangan panas, maksimum %	6.0	6.0

(Mulyono , 2005)

2.4 Kuat Tekan Beton

Menurut (SNI-1974, 2011) tentang metode uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila di bebani dengan gaya tekan tertentu, yang di hasilkan oleh mesin tekan. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat compression test machine serta benda uji standard yang dapat digunakan dalam benda uji kuat tekan beton adalah silinder.

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, adalah proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perencanaan, perawatan, dan

keadaan pada saat penecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

Dari faktor-faktor utama tersebut termasuk didalamnya beberapa faktor lain yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, yaitu faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan sifat agregat.

Kuat tekan yang terjadi dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_c' = PA \quad (2.1)$$

Dimana

f_c' = kuat tekan beton (N/mm² atau MPa).

P = beban maksimum (N).

A = luas bidang tekan (mm²).

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dan berkaitan dengan kuat tekan beton, limbah karbit, maupun fly ash sebagai referensi dalam penelitian ini. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi dan data penunjang dalam penelitian ini :

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nindya Rossavina Dewi, Denny Dermawan *, Moch. Luqman Ashari yang berjudul “Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton)” (Dewi et al., 2016).

Kuat tekan beton campuran fly ash 25% dan limbah karbit 2,5% ; 5% ; 10% mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 34,2% ; 18,25% ; dan 13,14% dari beton normal pada umur 28 hari. Beton dengan kandungan fly ash 25% dan limbah karbit 15% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 20,6% dibandingkan beton normal. Pada umur beton 7 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal karena adanya fly ash yang mengalami pengikatan yang relatif lambat.

2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ifian Hendri Umboh Marthin D. J. Sumajouw, Reky S, Windah, yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dari Pltu Ii Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial

Semen Terhadap Kuat Tekan Beton” (Umboh, 2014).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

3. Dari hasil penelitian Aswir Makmur yang berjudul ”Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen” (Makmur, 2023).

Hasil dari uji kuat tekan rata-rata beton setelah dilakukan uji tekan pada variasi limbah karbit 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dengan umur 28 hari adalah 28,177 MPa, 26,56 MPa, 28,22 MPa, 25,453 MPa, dan 21,027 MPa. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata paling tinggi pada beton umur 28 hari adalah pada variasi limbah karbit 10 % dengan 28,22 MPa dan kuat tekan rata-rata paling rendah pada variasi limbah karbit 20% dengan 21,027 MPa.

4. Menurut penelitian yang berjudul “Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi” (Yusra et al., 2018).

Dalam penelitian ini digunakan zat tambah yaitu abu terbang batu bara, dimana jumlah yang ditambahkan adalah 0 %, 5 %, 8 %, 10 % dan 15%, terhadap berat semen juga digunakan superplastizer (Viscocrete N 10) sebanyak 1,5 % dari berat semen. Beton direncanakan dengan faktor air semen (FAS)

sebesar 0,3. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan beton pada umur 28 dan 56 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji 30 buah, setiap variabel menggunakan 3 buah benda uji. Hasil pengujian kuat beton pada umur 28 hari menunjukkan pada penambahan masing-masing fly ash, 0% menghasilkan kuat tekan (56,21 MPa), 5% (56,21 MPa), 8% (51,68 MPa), 10% (56,59 MPa), dan 15% (60,36 MPa). Untuk umur pengujian 56 hari, 0% menghasilkan kuat tekan (64,13 MPa), 5% (63,26 MPa), 8% (56,59 MPa), 10% (63,94MPa), dan 15% (66,96 MPa). Terjadi penambahan kekuatan 10,94% pada umur 56 hari dibandingkan kuat tekan pada umur 28 hari dengan penambahan fly ash batu bara sebesar 15%.

5. Dari hasil penelitian Mahendra, Pandu Risdianto, Yogie yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal” (Mahendra & Risdianto, 2019).

Limbah karbit sebagai material pengganti semen dapat mempertahankan nilai kuat tekan beton sesuai dengan beton normal dengan mutu 25 MPa pada persentase 10 %. Limbah karbit yang digunakan hanya dapat digunakan maksimal persentase 10% dari berat semen pada uji kuat tekan karena pada prosentase 12,5% kuat tekan beton mengalami. Penggunaan limbah karbit yang terlalu banyak dapat mengakibatkan proses pengikatan material penyusun beton kurang maksimal sehingga menurunkan nilai kuat tekan beton tersebut. Selain itu penggunaan limbah karbit terlalu banyak dapat menyebabkan kegagalan homegenitas agregat penyusun beton dan menyebabkan segregasi pada beton uji.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data dan menganalisa data yang telah diperoleh. Tahapan mulai penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Benda uji yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah beton normal yang dirawat dan direndam selama 7 hari dan 28 hari, dan dengan variasi *Fly ash* 3%, 5% dan 7% dan limbah karbit 5% dari berat semen dalam campuran beton. Dalam perencanaan awal, mutu beton yang digunakan adalah 25 MPa. Benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk sampel benda uji berbentuk silinder dirawat dengan perendaman umur pengujian selama 7 hari dan 28 hari.

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-datapendukung. Data pendukung diperoleh dari :

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat.
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- g. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- h. Uji kuat tekan beton

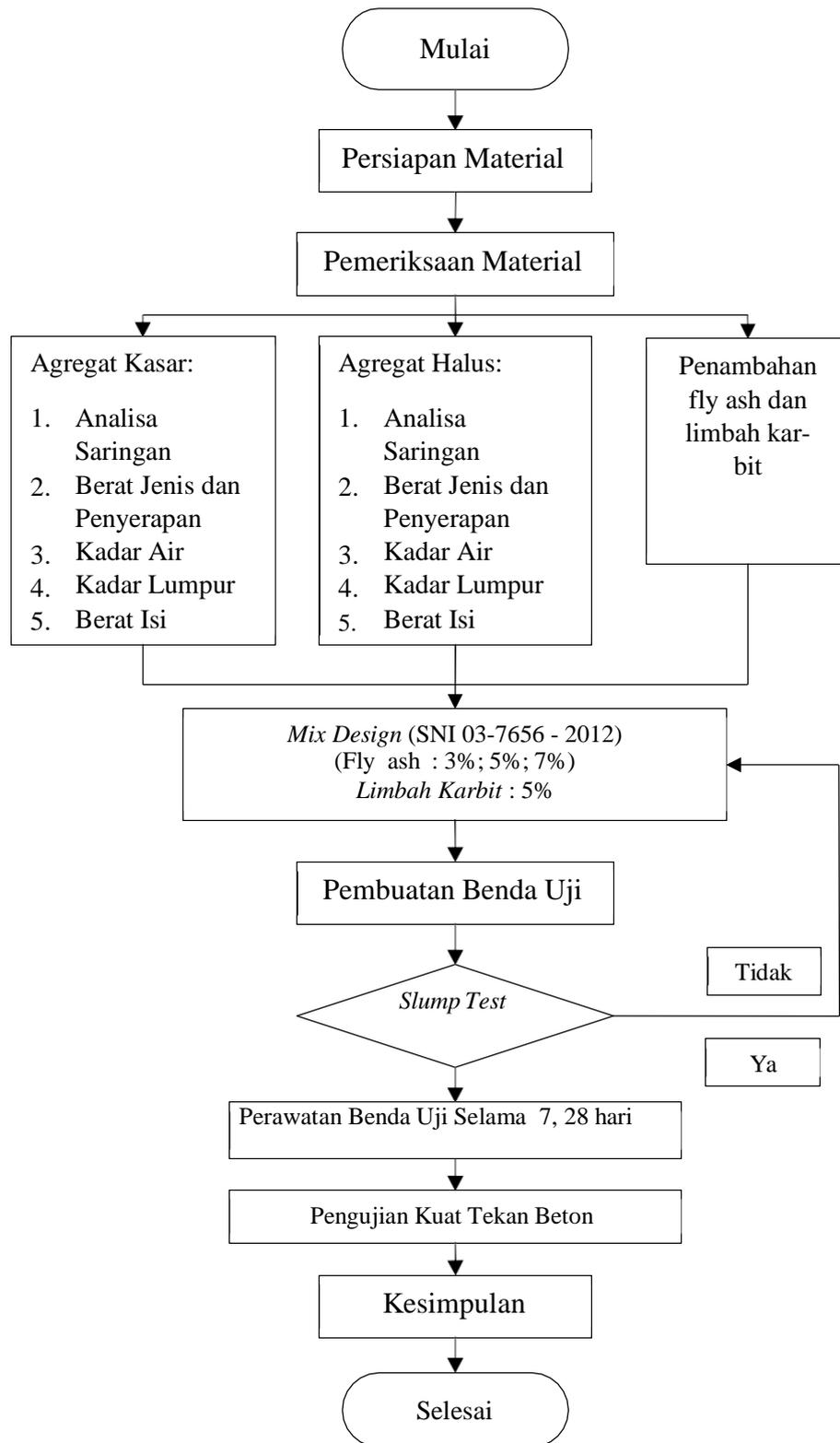
2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku atau jurnal yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), ditambahkan dengan referensi pembuatan beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for*

Testing and Materials), dan konsultasi langsung dengandosen pembimbing. Data teknis yang digunakan yaitu :

- a. Peraturan (SNI ASTM C136:2012) tentang metode uji untuk analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.
- b. Peraturan (SNI 1969:2016) tentang metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan peraturan (SNI 1970:2016) tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
- c. Peraturan (SNI 1973:2008) tentang cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton.
- d. Peraturan (SNI 1971:2011) tentang cara uji kadar air total agregat.
- e. Peraturan (SNI 03-4142:1996) tentang metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200.
- f. Peraturan (SNI 7656:2012) tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal (*Mix design*).
- g. Peraturan (SNI 1972:2008) tentang cara uji slump beton.
- h. Peraturan (SNI 2493:2011) tentang cara pembuatan dan perawatan benda uji di laboratorium.
- i. Peraturan (SNI 1974:2011) tentang metode uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Beton Penambahan Fly ash dan Limbah karbit

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu penelitian dilakukan selama ± 2 bulan.

3.3 Alat Dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Satu set saringan agregat halus, yaitu: No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, pan. Sedangkan saringan agregat kasar menggunakan saringan 3/4", 1/2", 3/8", dan No 4.
2. Timbangan digital.
3. Oven.
4. Timbangan digital.
5. Gelas ukur.
6. Plastik ukuran 10kg.
7. Ember.
8. Pan .
9. Skop.
10. Skrap.
11. Cetakan (bekisting) beton silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
12. Satu set alat *slump* test kerucut abrams, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
13. Mesin pengaduk (*mixer*)
14. Bak perendam
15. Mesin kuat tekan (*Compression Test Machine*)

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Semen
Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen padan dengan tipe 1 PPC (*Portland Pozolan Cement*).
2. Agergat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian adalah agregat yang lolos saringan no. 4. Agregat yang diambil dari daerah Binjai, Sumatera Utara.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batu pecah yang lolos saringan No 1/2". Agregat yang digunakan dari Binjai, Sumatera Utara.

4. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

5. Fly ash

6. Limbah karbit

Pemeriksaan Bahan

Didalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan dilaboratorium mengikuti pedoman dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

3.4 Langkah – Langkah Pemeriksaan Agregat

3.4.1 Analisa Saringan

Alat bahan dan cara kerja sesuai dengan (C136:2012, 2012) standar ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar, adapun tujuannya adalah untuk mengetahui gradasi butiran dari agregat halus dan agregat kasar termasuk agregat campuran.

Pengujian dilakukan dengan cara penyiapan contoh uji, penimbangan, pengeringan, dan penyaringan. Hasil pengujian dinyatakan dalam persentase material yang tertahan pada setiap saringan, persentase total dari material yang lolos setiap saringan, dan persentase total dari material yang tertahan pada setiap saringan, serta indeks modulus kehalusan.

3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan

3.4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (Badan Standarisasi Nasional SNI 1969, 2016) standar metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar ini dimaksudkan untuk memberi tuntunan dan arahan bagi pelaksana di

laboratorium dalam melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Pengujian dilakukan dengan cara contoh agregat direndam dalam air sehingga air masuk ke dalam pori-pori agregat. Setelah itu dikeluarkan agregat dari dalam air, keringkan permukaan lalu timbang. Kemudian timbang kembali agregat dalam keadaan terendam. Terakhir keringkan agregat dalam oven lalu timbanglah untuk ketiga kalinya. Gunakan hasil pengukuran massa dan berat yang diperoleh dan rumus pada metode ini untuk dapat menghitung 3 (tiga) tipe berat jenis dan penyerapan air.

3.4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat bahan dan cara kerja sesuai dengan (C136:2012, 2012), standar ini menetapkan cara uji berat jenis curah kering dan berat jenis semu serta penyerapan air agregat halus.

Pengujian dilakukan dengan cara isi piknometer dengan sebagian air lalu masukan agregat halus, tambahkan kembali air. Putar dan guncangkan piknometer dengan tangan untuk mengilangkan gelembung udara. Keluarkan agregat halus lalu keringkan dan timbang beratnya.

3.4.3 Kadar Air

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1971:2011, 2011) standar ini dimaksudkan sebagai acuan para penanggung jawab dan teknis laboratorium untuk menentukan kadar air total agregat dengan cara seragam dan dengan hasil yang akurat. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan untuk keperluan pengendalian kadar air agregat pada pekerjaan beton semen dan beton aspal.

3.4.4 Kadar Lumpur

Alat, bahan dan cara kerja sesuai, (SNI 1973:2008) metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

Pengujian dilakukan dengan cara benda uji ditimbang kemudian dicuci hingga bersih, setelah dicuci benda uji dikeringka dengan oven dan di timbang kembali.

3.4.5 Berat Isi Agregat

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1973:2008,). Standar ini digunakan untuk menentukan berat isi dari agregat. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan agregat ke dalam wadah, lalu meratakan permukaan atas, setelah diratakan bersihkan semua kelebihan agregat yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu timbang.

3.5 Pengolahan Abu Fly Ash Dan Limbah Karbit

Limbah karbit di dapat kan dari bengkel las, yaitu sisa limbah dari las karbit yang berbentuk abu. Fly Ash adalah material yang dihasilkan dari batu bara yang dibakar pada pembangkit listrik.

3.6 Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 7656:2012

Perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut (SNI 7656:2012). Metode ini memberikan perkiraan awal pemilihan campuran yang diperiksa lebih lanjut dengan percobaan dilaboratorium.

Perencanaan dilakukan dengan cara pemilihan slump kemudian pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum yang akan digunakan dalam campuran beton, perkiraan air pencampur dan kandungan udara, pemilihan rasio air semen atau rasioair, bahan bersifat semen, selanjutnya perhitungan kadar semen, agregat kasar dan agregat halus. Selanjutnya penyesuaian terhadap kelembaban agregat dan yang terakhir pengaturan campuran percobaan. Komposisi bahan campuran dapat dilihatpada Tabel 3.1

Tabel 3. 1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.

No	Kode BendaUji	AgregatKasar	Agregat Halus	Semen	<i>Fly Ash</i>	<i>Limbah Karbit</i>	Jumlah Sample
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BFLK 1	100%	100%	92%	3%	5%	3
3	BFLK 2	100%	100%	90%	5%	5%	3
4	BFLK 3	100%	100%	88%	7%	5%	3

Jumlah	12
--------	----

Keterangan :

BN : Beton Normal.

BFLK 1 : Beton dengan *Fly Ash* 3% dan *Limbah Karbit* 5%.

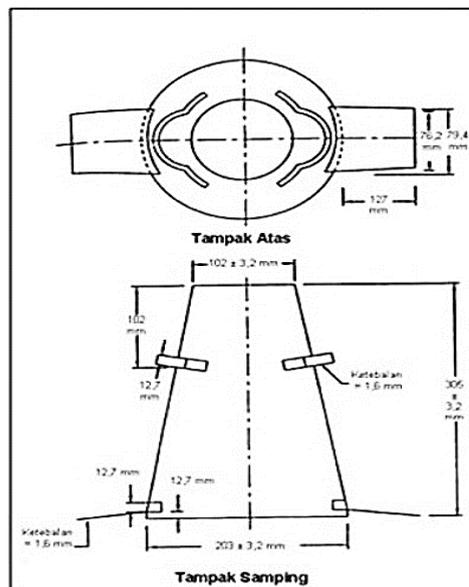
BFLK 2 : Beton dengan *Fly Ash* 5% dan *Limbah Karbit* 5%

BFLK 3 : Beton dengan *Fly Ash* 7% dan *Limbah Karbit* 5%.

3.7 Slump Test

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan (SNI-1972, 2008) yang telah ditetapkan.

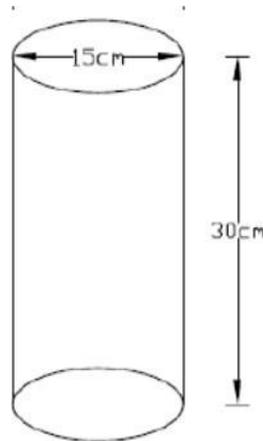
Pengujian dilakukan dengan cara campuran beton segar dimasukkan kedalam kerucut abram dan dipadatkan dengan batang penusuk, kemudian cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai slump beton.



Gambar 3. 2 Dimensi Kerucut Abrams

3.8 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, ilustrasi benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Benda Uji Silinder

3.9 Perawatan Beton

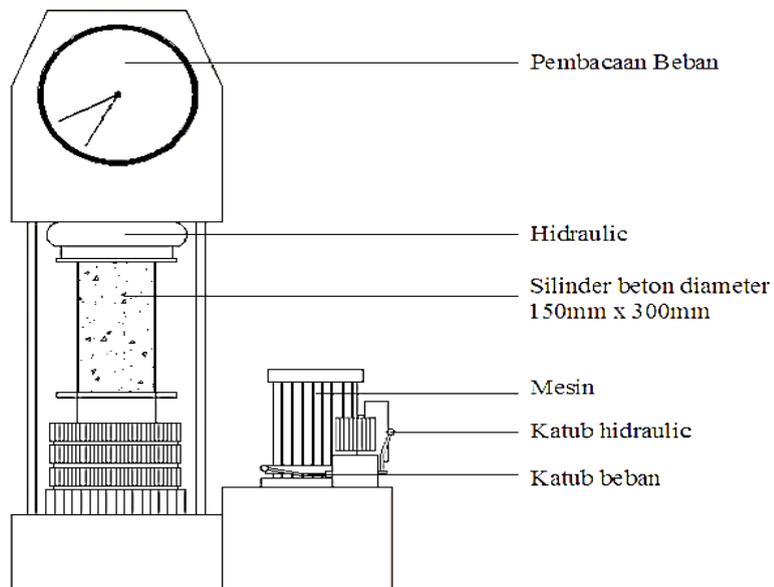
Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan benda uji di dalam laboratorium, dengan cara melakukan tanpa perawatan saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 7 hari dan 28 hari.

3.10 Pengujian Kuat Tekan Beton

Compression Machine Test adalah mesin uji yang digunakan untuk mengukur sample dari material seperti beton ataupun material lainnya, yang mana hasil dari pengujian tersebut menjadi data acuan dari kualitas material yang digunakan untuk pembangunan. Dalam prinsip pengujian *compression testing* sendiri akan dilakukan penilaian pada saat tegangan pada material/object telah mencapai batas ketahanan pada material yang diuji, pada saat material mencapai batas yang dapat ditahannya tentunya material tersebut akan mengalami kerusakan ataupun hancur sehingga beban pada diagram analisa akan mengalami penurunan, dan dari data tersebutlah nantinya pengolahan data kembali untuk dapat mengetahui daya kuat dari material yang diuji, dalam pengujian yang dilakukan haruslah menggunakan mesin khusus dengan standart yang telah ditentukan seperti ASTM ataupun ISO terkait dalam pengujian kompresi berbagai material.

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (*crack*). Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.



Gambar 3. 4 setting up pengujian kuat tekan beton

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Pada saat memeriksa agregat kasar dan agregat halus, peneliti memperoleh data material seperti berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, dan analisis gradasi agregat. Pemeriksaan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sesuai dengan pedoman SNI dan Buku Teknologi Beton.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir alam yang berasal dari Binjai, Sumatera Utara. Pengujian agregat halus meliputi pengujian analisa ayakan, pengujian berat jenis dan serapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur, dan pengujian berat isi.

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4. 1: Pengujian analisa saringan agregat halus

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (Inci)	gr	gr	(d)	(e)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
9.52 mm (3/8 inci)	3	3	0.6	100
4.75 mm (No. 4)	2	5	1.0	99.0
2.36 mm (No. 8)	4	9	1.8	98.2
1.18 mm (No. 16)	411	420	84.0	16.0
0.6 mm (No. 30)	58	478	95.6	4.4
0.3 mm (No. 50)	18	496	99.2	0.8
0.15 mm (No. 100)	2	498	99.6	0.4

Tabel 4.1 : *lanjutan*

0.075 mm (No. 200)	1	499	99.8	0.2
Pan	1	500	100.0	0.0
Modulus Kehalusan			381.2	3.812

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\% \text{ kumulatif}}{100} = \frac{38,12}{100} = 3,8 \quad (4.1)$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 2,40%, Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8 yang berarti nilai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian Analisa saaringan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai gradasi agregat halus.

4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2: Pengujian analisa saringan agregat halus

<i>Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Satuan	Notasi	Benda Uji		Rata - rata
			I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat Contoh SSD kering per- mukaan jenuh)	gr	B	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	E	487	482	484.5
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	D	662	661	661.5
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	C	964	975	969.5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	$\frac{E}{(B + D - C)}$	2.46	2.59	2.53
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	$\frac{B}{(B + D - C)}$	2.53	2.69	2.61
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	$\frac{E}{(E + D - C)}$	2.63	2.87	2.75
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	%	$\frac{B - E}{E}$	2.67	3.73	3.20

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,61 gr/cm³ dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Penyerapan air (*absorption*) dari hasil pengujian yaitu sebesar 3,20%.

4.2.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 03 4142 - 1996 dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3: Pengujian analisa saringan agregat halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Isi	W1		1618	1802	gr
Berat Wadah	W2		504	510	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1565	1750	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	W1 - W2	1114	1292	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	W3 - W2	1061	1240	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	W4 - W5	53	52	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100$	4.76	4.02	%
Rata - Rata			4.39		%

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali percobaan. Untuk percobaan pertama didapat nilai kadar lumpur sebesar 4.76%, sedangkan percobaan kedua diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 4.02%. Maka nilai rata kadar lumpur dari pengujian diatas adalah sebesar 4.39%. Sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F kadar lumpur agregat normal yang diijinkan untuk agregat halus (pasir) maksimal 5% maka pasir yang digunakan sesuai dengan yang disyaratkan.

4.2.4 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4. 4: Pengujian berat isi agregat halus

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)		gr	16982	17890	17908
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)		gr	5300	5300	5300
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	1 - 2	gr	11682	12590	12608
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)		cm ³	10851.84	10851.84	10851.84
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1.076	1.160	1.162
6	Rata - Rata (<i>Average</i>)		gr/cm ³	1.13		

Dari hasil pengujian di atas, maka diperoleh nilai rata berat isi agregat halus dari 3 metode adalah 1,13 gr/cm³. Sedangkan berat isi yang sesuai standar adalah 1,4 gr/cm³ s/d 1,9 gr/cm³. Maka nilai tersebut tidak memenuhi syarat.

4.2.5 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air pada agregat halus mengacu pada SNI 1971 – 2011. Dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4. 5: Kadar air agregat halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	2509	2498
Massa Wadah	b		gr	488	511
Massa Benda Uji	W1	a - b	gr	2021	1987

Tabel 4.5: *lanjutan*

Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		gr	2405	2397
Massa Wadah	d		gr	488	511
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c - d	gr	1917	1886
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	5.43	5.36
Rata - Rata			%	5.39	

Pengujian kadar air pada agregat halus dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Percobaan pertama mendapatkan nilai kadar air sebesar 5.43% dan percobaan kedua mendapat nilai sebesar 5.36%. Sehingga rerata nilai kadar air agregat halus adalah 5.39%.

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan batu kerikil sebagai agregat kasar yang diperoleh dari Medan Tembung. Dilakukan pengujian dasar pada agregat kasar tersebut meliputi pemeriksaan analisa saringan, berat jenis, kadar air, berat isi, rongga udara dan kadar lumpur.

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada pemeriksaan analisa saringan, merujuk kepada SNI ASTM C 136 : 2012 sebagai langkah pelaksanaan dan juga merujuk kepada buku teknologi beton. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6: Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (Inci)	gr	gr	(d)	(e)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
25.4 mm (1 inci)		0		100
19.1 mm (3/4 inci)	1141	1141	22.82	77.18
12.7 mm (1/2 inci)	1431	2572	51.44	48.56
9.52 mm (3/8 inci)	845	3417	68.34	31.66
4.75 mm (No. 4)	1176	4593	91.86	8.14

Tabel 4.6: lanjutan

2.36 mm (No. 8)			100	0
1.18 mm (No. 16)			100	0
0.6 mm (No. 30)			100	0
0.3 mm (No. 50)			100	0
0.15 mm (No. 100)			100	0
0.075 mm (No. 200)			100	0
Pan	407	5000	100	0
Modulus Kehalusan			734.46	7.34

Untuk mendapatkan nilai modulus kehalusan, jumlah % kumulatif tertahan sampai saringan No 100 dibagi dengan nilai 100. Atau dengan persamaan berikut :

Pada umumnya modulus kehalusan butiran agregat kasar mempunyai nilai antara 6.0 s/d 7.0 (Tjokrodimuljo, 2007). Pada penelitian kali ini didapat nilai modulus kehalusan butiran sebesar 7.34 yang berarti belum memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil dari pengujian analisa saringan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai gradasi agregat kasar.

4.3.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar yang mengacu pada SNI 1971-2011, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7: Pengujian kadar air agregat kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	2027	2044
Massa Wadah	b		gr	505	486
Massa Benda Uji	W1	a - b	gr	1522	1558
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		gr	1992	2028
Massa Wadah	d		gr	505	486
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c - d	gr	1487	1542
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	2.35	1.04
Rata - Rata			%	1.70	

Pengujian kadar air pada agregat halus dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Percobaan pertama mendapatkan nilai kadar air sebesar 2.35% dan percobaan kedua mendapatkan nilai kadar air sebesar 1.04%. sehingga rerata nilai kadar air agregat halus adalah 1.70%.

4.3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Rata - rata
				I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	A	-	2002	2010	2006
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	B	-	1964	1972	1968
<i>Wt of Sample in water</i> (Berat contoh dalam air)	gr	C	-	1245	1250	1247.5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	-	$\frac{B}{(A - C)}$	2.59	2.59	2.59
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	-	$\frac{A}{(A - C)}$	2.64	2.64	2.64
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	-	$\frac{B}{(B - C)}$	2.73	2.73	2.73
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	%	-	$\frac{A - B}{B}$	1.93	1.93	1.93

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,64 gr/cm³ dan diklasifikasikan sebagai

agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Sedangkan nilai rerata penyerapan (absorption) agregat kasar dari hasil pengujian adalah 1.93%.

4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu pada SNI 4142:1996 dapat di lihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9: Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Isi	W1		1505	1519	gr
Berat Wadah	W2		505	519	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1484	1501	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	$W1 - W2$	1000	1000	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	$W3 - W2$	979	982	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	$W4 - W5$	21	18	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100$	2.1	1.8	%
Rata - Rata			1.95		%

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 2.1% dan pada sampel 2 sebesar 1.8%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 1.95%. Sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F kadar lumpur agregat normal yang diijinkan untuk agregat kasar (split) maksimal 1% maka agregat kasar yang digunakan belum sesuai dengan yang diisyaratkan.

4.3.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10: Pengujian Berat jenis Agregat Kasar

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
----	------------	-----------	--------	------------	------------	-------------

1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)		gr	22974	24023	23272
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)		gr	5300	5300	5300
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	1 - 2	gr	17674	18723	17972
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)		cm ³	10851.84	10851.84	10851.8
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1.63	1.73	1.66
6	Rata - Rata (<i>Average</i>)		gr/cm ³	1.67		

Hasil dari pengujian berat isi agregat kasar diperoleh rata-rata berat isi agregat kasar dari 3 metode adalah sebesar 1,67 gr/cm³. Sedangkan berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,4 – 1,9 gr/cm³. Maka nilai tersebut memenuhi persyaratan.

4.4 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan bagaimana pengaruhnya fly ash dan limbah karbit terhadap nilai kuat tekan beton. Pengujian ini dilakukan pada saat beton berumur 7 hari dan 28 hari. Dalam hal ini peneliti akan menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data-data dasar hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.11. berikut:

Tabel 4. 11: Data-data hasil tes dasar

Keterangan	Nilai		Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Modulus Kehalusan	3.8	7.34	%
Berat Jenis	2.61	2.64	gr/cm ³
Kadar Air	5.39	1.70	%
Berat Isi	1.13	1.67	gr/cm ³
Kadar Lumpur	4.39	1.95	%

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (mix design) yang diinginkan. Perencanaan campuran beton (mix design) dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI 7656:2012.

Tabel 4. 12: Data kebutuhan Mix Design

Keterangan	Nilai	Satuan
Mutu Beton	25	MPa
Slump	40 - 100	mm
Ukuran Agregat Maksimum	19.1	mm
Berat Kering Oven Agregat Kasar	1514.5	gr
Berat Jenis Semen Tanpa Tambahan Udara	3.15	gr/cm ³
Modulus Kehalusan Agregat Halus	3.812	mm
Berat Jenis Agregat Kasar	2.64	gr/cm ³
Berat Jenis Agregat Halus	2.61	gr/cm ³
Penyerapan Air Agregat Kasar	1.93	%
Penyerapan Air Agregat Halus	3.20	%

4.4.1 Langkah Perhitungan

1. Banyaknya air pencampuran

Tabel 4. 13: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah (SNI 7656 : 2012)

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	90	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
≥175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119

150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan sebagai berikut :								
ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
berat	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Berdasarkan Tabel 4.13 diatas maka didapat nilai banyaknya air adalah 205 kg/m³

2. Rasio Air Semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4. 14: Hubungan antara rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen dan kekuatan beton

Kekuatan beton umur 28 hari, Mpa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Berdasarkan tabel 4.14 diatas, diambil nilai rasio air-semen sebesar 0,61% sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa.

3. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari ketentuan pada Table 4.13 dan dibagi rasio Air- semen (Tabel 4.14).

$$= \frac{\text{Kadar air pencampur}}{\text{rasio Air-semen}} = \frac{205}{0.61} = 336.07 \text{ kg} \quad (4.2)$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Banyaknya agregat kasar diperkirakan dari tabel 4.15, untuk agregat halus dengan modulus kehalusan 2,39 dan agregat kasar dengan ukuran nominal maksimum 19 mm, memberikan angka sebesar 0,66 m³ untuk setiap m³ beton.

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton.

Tabel 4. 15: Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Berdasarkan Tabel 4.15 diatas maka diambil nilai 0,66. Sehingga berat keringnya didapat :

$$= (\text{Volume agregat kasar kering oven} \times \text{Berat kering oven agregat kasar}) \quad (4.3)$$

$$= (0,66 \times 1514.5)$$

$$= 999,57 \text{ kg}$$

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Menurut SNI 7656:2012, Bila berat per satuan volume beton dapat

dianggap atau diperkirakan dari ketetapan, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya.

Tabel 4. 16: Perkiraan awal beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	tanpa tambahan udara	dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan data pada Tabel 4.16, massa 1m³ beton tanpa tambahan udara yang dibuat dengan agregat berukuran nominal maksimum 19 mm diatas, maka didapat nilai perkiraan berat beton adalah 2345 kg. Maka untuk mendapatkan volume agregat halus yang di isyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan- bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Sehingga :

$$\begin{array}{rcl}
 = \text{Air} & : & 205 \quad \text{kg} \\
 = \text{Semen} & : & 336,07 \quad \text{kg} \\
 = \text{Agregat Kasar} & : & 999,57 \quad \text{kg} + \\
 \hline
 \text{Jumlah} & : & 1540,64 \quad \text{kg}
 \end{array}$$

Maka Berat Agregat Halus adalah

$$\begin{aligned}
 &= (\text{satuan volume beton} - \text{jumlah seluruh volume bahan}) && (4.4) \\
 &= (2345 - 1540,64) \\
 &= 804,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Volume Absolute

Agregat halus yang dibutuhkan harus ditentukan berdasarkan volume absolut. Dengan diketahuinya jumlah semen, air udara, dan agregat kasar, kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut : dengan jumlah air, semen dan agregat kasar, maka agregat halus dapat di hitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \frac{205}{100} & (4.5) \\ &= 0.205 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume padat semen} &= \frac{336.07}{(3.15 \times 1000)} & (4.6) \\ &= 0.107 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume absolut agregat kasar} &= \frac{999,57}{(2.64 \times 1000)} & (4.7) \\ &= 0.378 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume udara terperangkap} &= 1 \% \times 1 & (4.8) \\ &= 0.010 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume padat selain agregat halus} &= (0.205 + 0.107 + 0.378 + 0.010) & (4.9) \\ &= 0.7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat halus yang dibutuhkan} &= 1 - 0.666 & (4.10) \\ &= 0.3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat halus yang dibutuhkan} &= 0.3 \times 2.61 \times 1000 & (4.11) \\ &= 783 \text{ Kg} \end{aligned}$$

7. Perbandingan Berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4. 17: Perbandingan berat bahan

Keterangan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	336,07	336,07
Ag. Kasar (kering)	999,57	999,57
Ag. Halus (kering)	804,36	783

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini. Jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat

(massa) penyesuaian dari agregat sebagai berikut.

Kadar air didapat :

Agregat kasar	= 1.70 %
Agregat halus	= 5.39 %
Agregat Kasar (Basah)	= $999,57 \times (1+0.017)$
	= 1016,56 Kg
Agregat Halus (Basah)	= $804,36 \times (1+0.0539)$
	= 847,71 Kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, sehingga :

Air yang diberikan Agregat kasar adalah:

Air yang diberikan agregat kasar	: $(1.70\% - 1.93\%) = 0.23\%$
Air yang diberikan agregat halus	: $(5.39\% - 3.20\%) = 2.19\%$

Dengan demikian kebutuhan air untuk proporsi campuran beton adalah sebagai berikut :

$$205 - (999.57 \times 0.23\%) - (804,36 \times 2.19\%) = 185,08 \text{ Kg}$$

Maka perkiraan 1 m^3 beton memerlukan bahan sebagai berikut

Air (yang ditambahkan)	: 185,08 Kg
Semen	: 336.07 Kg
Agregat kasar	: 1016,56 Kg
Agregat halus	: 847,71 Kg +
<hr/>	
Total	= 2385 Kg

4.5 Kebutuhan Material

Kebutuhan material didapat berdasarkan hasil perhitungan mix design di atas, dengan rincian sebagai berikut :

Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan data sebagai berikut :

N	: 12 buah
Diamter	: 15 cm
Tinggi	: 30 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5238.75 \text{ cm}^3 = 0.0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 18: Kebutuhan bahan persampel

No	kode Benda Uji	Komposisi Bahan						
		volume (m3)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Limbah karbit (kg)	Air
1	BN	0,0053	1,79	-	4,50	5,39		0,98
2	FL 3% + LK 5%	0,0053	1,638	0,053	4,5	5,39	0,089	0,98
3	FL 5% + LK 0,8%	0,0053	1,603	0,089	4,5	5,39	0,089	0,98
4	FL 7% + LK 5%	0,0053	1,567	0,124	4,5	5,39	0,089	0,98

Keterangan :

BN: Beton Normal

FL : Fly ash

LK : Limbah karbit

4.5 Pengujian Slump

Pengujian slump pada penelitian ini dilakukan sesuai SNI 1972:2008 tentang cara uji slump beton. Dengan slump rencana 40 mm - 100 mm. *Slump* merupakan pedoman untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton. Semakin tinggi tingkat kekentalan, maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi).

Tabel 4. 19: Nilai Slump Test beton campuran BFLK dan beton normal.

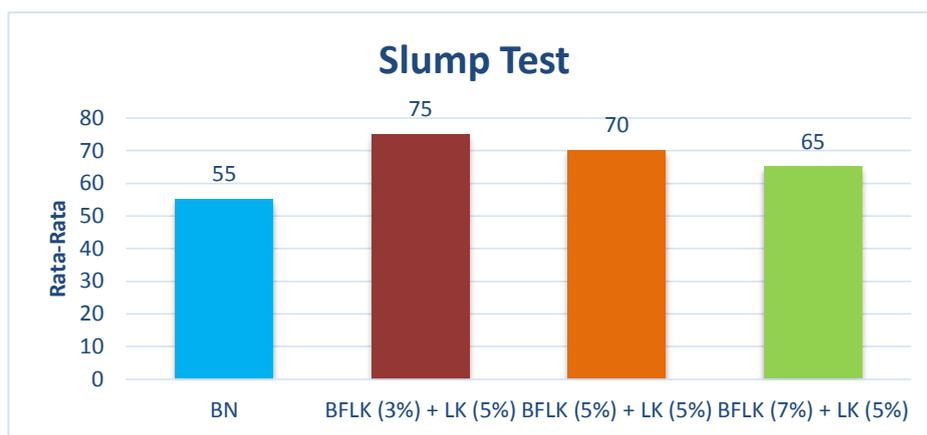
No	Variasi	Rata- Rata <i>Slump tes</i> (mm)
----	---------	----------------------------------

Tabel 4.19: *lanjutan*

		7 hari	28 hari
1	BN	55	55
2	BFLK (3%) + LK (5%)	75	75
3	BFLK (5%) + LK (5%)	70	70
4	BFLK (7%) + LK (5%)	65	65

Menurut SNI.T-28-1991-03, waktu pengadukan minimal untuk campuran beton yang volumenya lebih kecil atau sama dengan 1 m³ adalah 1,5 menit, dan ditambahkan selama 0.5 menit untuk penambahan 1 m³ beton serta pengadukan ditambahkan selama 1,5 menit setelah semua bahan tercampur. Waktu pengadukan ini akan berpengaruh pada mutu beton. Jika terlalu sebentar pencampuran bahan kurang merata, sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang. Sebaliknya, pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan:

- (1) Naiknya suhu beton,
- (2) Keausan pada agregat sehingga agregat pecah,
- (3) Terjadinya kehilangan air sehingga penambahan air diperlukan,
- (4) Bertambahnya nilai *slump* dan
- (5) Menurunnya kekuatan beton



Gambar 4. 1:Grafik nilai slump

Berdasarkan grafik diatas terjadi penurunan nilai *slump* pada variasi beton dengan campuran *fly ash* dan limbah karbit, didapat nilai *slump* variasi beton

campuran fly ash 3% sebesar 7,5 cm, variasi 5% sebesar 7,0 cm, dan variasi 7% sebesar 6,5 cm. Dari hasil pengujian nilai slump menunjukkan bahwa nilai slump menurun seiring bertambahnya *fly ash*.

4.6 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

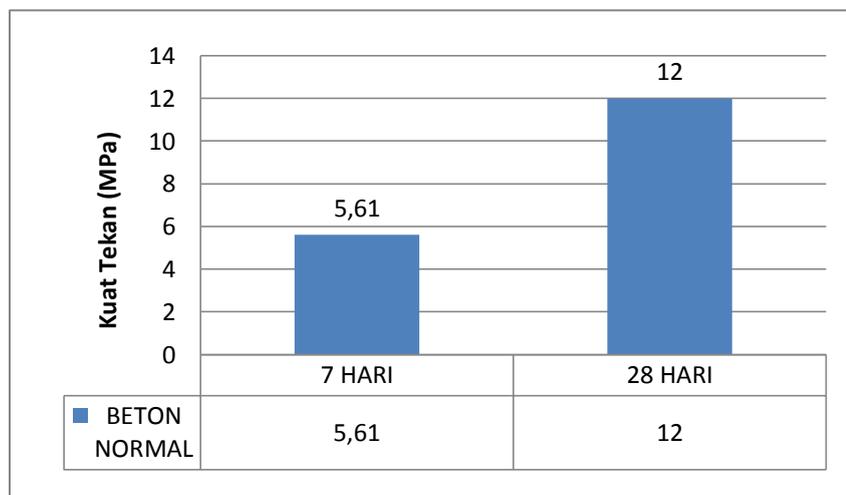
Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 & 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2491-2002. Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strenght test*) dengan 150 ton. Benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.20

4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 hari & 28 hari. Hasil kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.20 maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut.

Tabel 4. 20: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Hari	P = Beban Tekan (kg)	A = 176,625 cm ² $f'_c = (P/A)$ (kg/cm ²)	Fc (MPa)
BETON NORMAL			
7	10109,70	57,23	5,61
28	21735,86	123,06	12



Gambar 4. 2: Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal

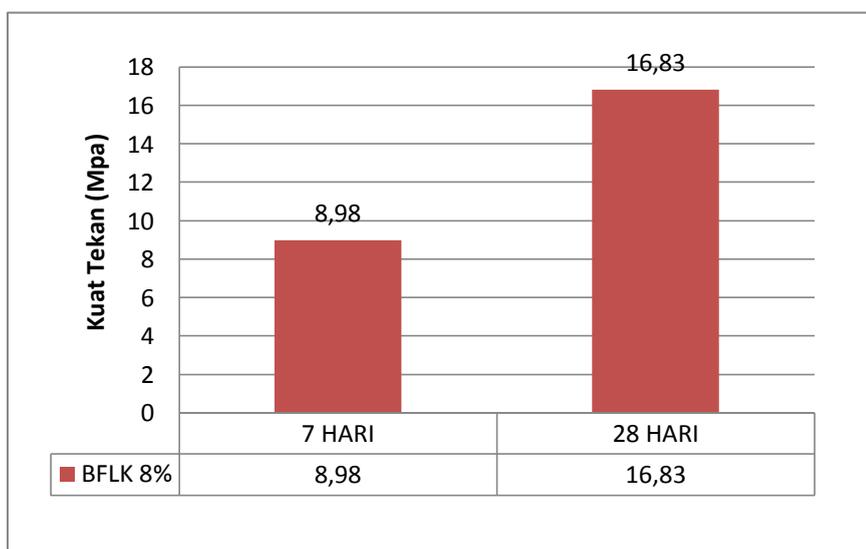
Beton normal mengalami kenaikan yang normal di setiap 7 hari dan 28 hari karena beton normal tersebut tidak memiliki bahan tambah. Reaksi *pozzolan* dan bahan semen mungkin belum sepenuhnya dioptimalkan, yang mengakibatkan peningkatan kekuatan yang kurang optimal dalam campuran beton, yang menyebabkan nilai kuat tekan dibawah target. Kondisi pengeringan yang tidak memadai dapat menghambat perkembangan kekuatan yang lengkap dalam campuran beton.

4.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 8%

Pengujian beton variasi *fly ash* 3% dan limbah karbit 5% dilakukan pada saat beton berumur 7 hari 28 hari. Hasil kuat tekan beton variasi fly ash 3% limbah karbit 5% dapat dilihat pada tabel 4.21, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut.

Tabel 4. 21: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 8 %

Hari	P = Beban Tekan (kg)	A = 176,625 cm ² $f'_c = (P/A)$ (kg/cm ²)	Fc (MPa)
BFLK 8%			
7	16175,52	91,581	8,981
28	30329,10	171,715	16,839



Gambar 4. 3: Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 8%

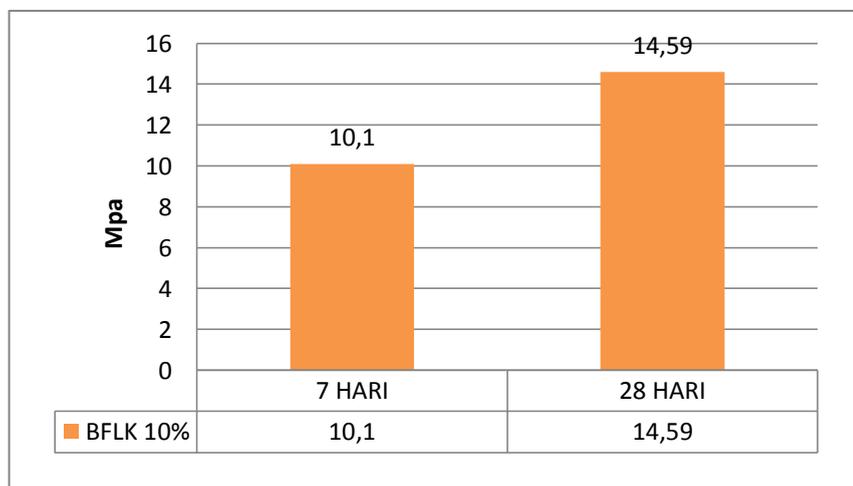
Untuk kombinasi beton variasi *fly ash* 3% dan limbah karbit 5% mengalami kenaikan terhadap beton normal karena beton variasi memiliki bahan tambah yang bersifat silika dan bersifat *pozzolan* sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari terhadap beton normal.

4.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 10 %

Pengujian beton variasi *fly ash* 5% dan limbah karbit 5% dilakukan pada saat beton berumur 7 hari 28 hari. Hasil kuat tekan beton variasi *fly ash* 5% limbah karbit 5% dapat dilihat pada tabel 4.22, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut.

Tabel 4. 22: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 10 %

Hari	P = Beban Tekan (kg)	A = 176,625 cm ² $f'_c = (P/A)$ (kg/cm ²)	Fc (MPa)
BFLK 10%			
7	18197,46	103,029	10,103
28	26285,22	148,819	14,594



Gambar 4. 4: Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 10%

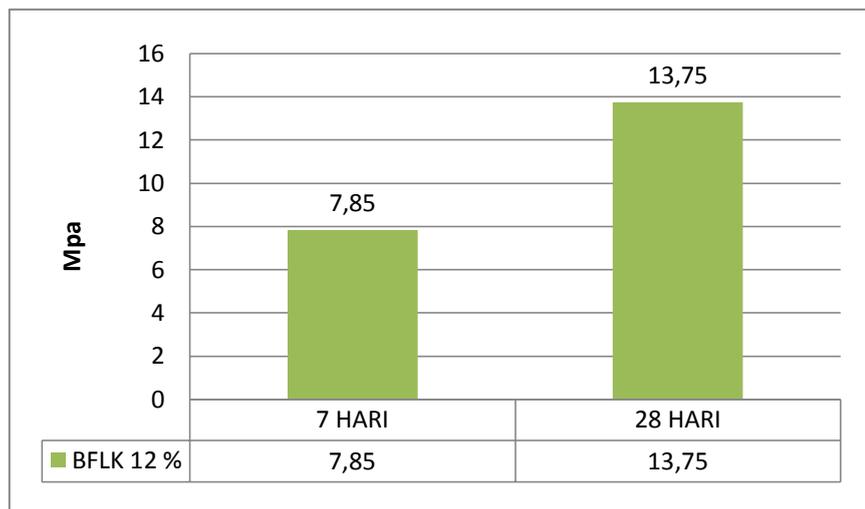
Untuk kombinasi beton variasi *fly ash* 5% dan limbah karbit 5% mengalami kenaikan terhadap beton normal karena beton variasi memiliki bahan tambah yang bersifat silika dan bersifat *pozzolan* sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari terhadap beton normal.

4.6.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BFLK 12 %

Pengujian beton variasi *fly ash* 7% dan limbah karbit 5% dilakukan pada saat beton berumur 7 hari 28 hari. Hasil kuat tekan beton variasi *fly ash* 7% limbah karbit 5% dapat dilihat pada tabel 4.23, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut.

Tabel 4. 23: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton BFLK 12 %

Hari	P = Beban Tekan (kg)	A = 176,625 cm ² $f'_c = (P/A)$ (kg/cm ²)	Fc (MPa)
BFLK 12%			
7	1415,58	80,134	7,858
28	24768,77	140,234	13,752



Gambar 4. 5: Grafik Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal

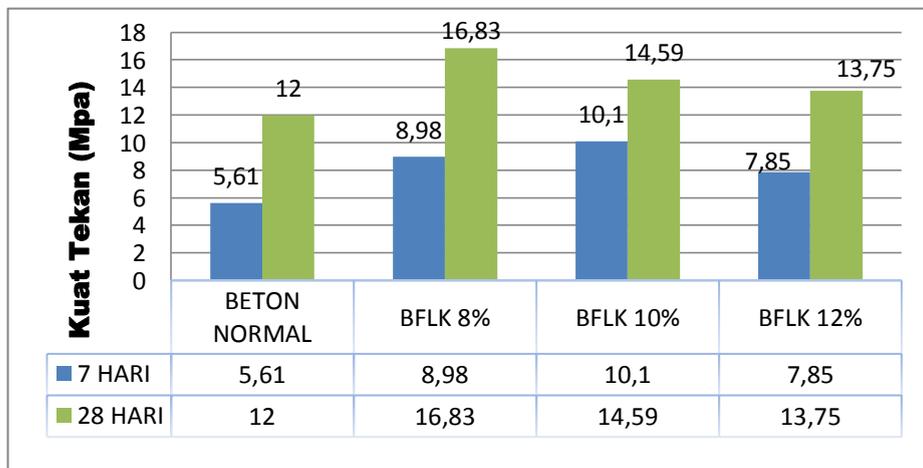
Berdasarkan grafik dia atas untuk kombinasi beton variasi *fly ash* 7 % dan limbah karbit 5% mengalami kenaikan terhadap beton normal karena beton variasi

memiliki bahan tambah yang bersifat silika dan bersifat *pozzolan* sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari terhadap beton normal. Pada umur beton 7 hari mengalami penurunan kuat karena adanya fly ash yang mengalami pengikatan yang relatif lambat.

4.6.5 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Variasi BFLK 8%, 10% dan BFLK 12%

Hasil dari rata-rata pengujian kuat tekan beton normal dan beton variasi memiliki nilai yang berbeda. Untuk beton normal, memiliki nilai kuat tekan yang meningkat yang dimulai dari hari ke 7 sebesar 5,61 Mpa, dan hari ke 28 sebesar 12 Mpa. Untuk beton variasi BFLK 8% mengalami kenaikan yang signifikan dimulai dari hari ke 7 sebesar 8,98 Mpa, dan hari ke 28 sebesar 16,83 Mpa. Untuk beton variasi BFLK 10% mengalami kenaikan yang signifikan dimulai dari hari ke 7

sebesar 10,1 Mpa, dan hari ke 28 sebesar 14,59 Mpa. Dan Untuk beton variasi BFLK 12% mengalami kenaikan yang signifikan dimulai dari hari ke 7 sebesar 7,85 Mpa, dan hari ke 28 sebesar 13,75 MPa. Maka dari penjelasan tadi dapat disimpulkan, pada hari ke 7 nilai kuat tekan beton tertinggi dihasilkan oleh variasi beton BFLK 10% sebesar 10,1 MPa, dan pada hari ke 28 dihasilkan oleh beton variasi BFLK 8% sebesar 16,83 MPa. Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan rata-rata pengujian kuat tekan beton



Gambar 4. 6:Grafik Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Variasi.

Berdasarkan dari grafik diatas, antara beton normal dengan beton variasi memiliki perbedaan nilai kuat tekan yang cukup jauh. Berdasarkan kuat tekan yang direncanakan di awal, kuat tekan rencana yang ditargetkan adalah 25 Mpa pada umur 28 hari. Namun berdasarkan hasil kuat tekan diatas diperoleh nilai tertinggi hanya sampai pada nilai kuat tekan 16.83 Mpa pada umur 28 hari variasi beton BFLK 8%.

Nilai kuat tekan beton dengan variasi penambahan *fly ash* dan limbah karbit sebagai substitusi semen meningkat hanya di variasi beton BFLK 8%, sedangkan variasi beton BFLK 12% kuat tekan menurun akan tetapi masih di atas nilai kuat tekan beton normal. Hal ini dimungkinkan karena ada kesalahan pada saat pencampuran komposisi bahan-bahan pembentuk beton dan kekeliruan dalam pembuatannya dan terlalu sebentar pencampuran bahan kurang merata, sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang

4.6.6 Persentasi Kenaikan dan Penurunan Rata rata Kuat Tekan Beton

Bila dibandingkan, kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan beton dengan campuran *Fly ash* dan Limbah karbit mengalami persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

$$\text{Penambahan } Fly \text{ ash } 3\% + \text{Limbah karbit } 5\% \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= (8,98 - 5,61)/5,61 \times 100\% \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= (16,83 - 12)/12 \times 100\% \\ &= 40 \% \end{aligned}$$

$$\text{Penambahan } Fly \text{ ash } 5\% + \text{Limbah karbit } 5\% \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= (10,1 - 5,61)/5,61 \times 100\% \\ &= 80 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= (14,59 - 12)/12 \times 100\% \\ &= 21 \% \end{aligned}$$

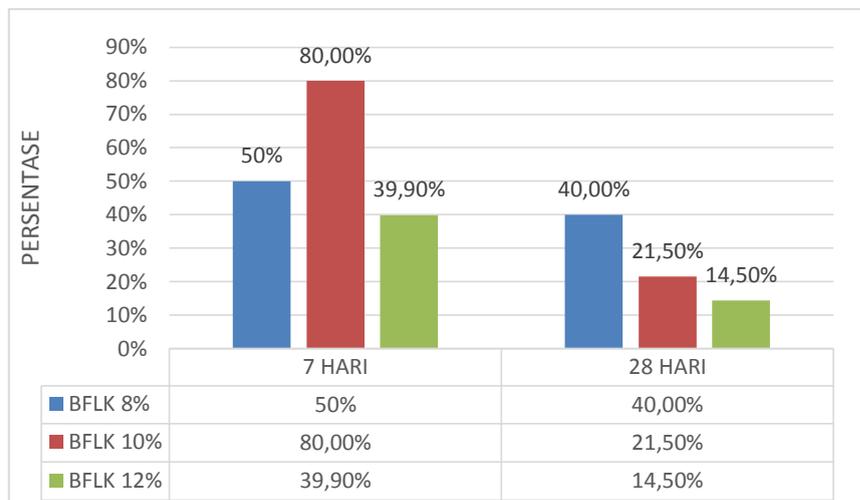
$$\text{Penambahan } Fly \text{ ash } 7\% + \text{Limbah karbit } 5\%$$

(4.14)

$$\begin{aligned} \text{Besarnya kenaikan (umur 7 hari)} &= (7,85 - 5,61)/5,61 \times 100\% \\ &= 39,9\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besarnya kenaikan (umur 28 hari)} &= (13,75 - 12)/12 \times 100\% \\ &= 14,5\% \end{aligned} \tag{4.15}$$

Berikut ini akan disajikan grafik persentase kenaikan dan penurunan rata-rata nilai kuat tekan beton variasi BFLK 8%, 10% dan 12% pada hari ke 7 hari dan 28 hari pada Gambar 4.7



Gambar 4.7: Grafik perbandingan besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa persentase peningkatan kuat tekan beton dengan variasi *Fly ash* 3%, 5% dan 7% dan limbah karbit 5 % terjadi perbedaan kenaikan dan penurunan kuat tekan yang cukup signifikan pada umur 7 hari 28 hari. Namun kenaikan yang paling tinggi terjadi pada variasi beton dengan variasi BFLK 10 % sebesar 80.00 % pada umur 28 hari dan penurunan yang paling tinggi terjadi pada variasi beton dengan variasi BFLK 12% sebesar 14,50 % pada umur 28 hari.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat mengakibatkan cacat atau kurang tepatnya nilai target kuat tekan yang direncanakan. Adapun faktor-faktor yang dapat yang mengakibatkan hal ini terjadi antara lain adalah:

1. Hal ini dapat terjadi karena kesalahan pada saat melakukan pencampuran beton/pembuatan benda uji.
2. Kemungkinan adanya kekeliruan/kurangnya ketelitian dalam pengerjaan.
3. Karena fly ash dan limbah karbit tidak mampu menggantikan secara kurang sempurna peran dari semen

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kuat tekan beton pada hasil penelitian pembuatan beton normal, beton variasi BFLK 8%, BFLK 10% dan BFLK 12% dengan mutu beton $f'c$ 25 MPa yang memakai metode SNI 7656:2012, dapat disimpulkan:

1. Dengan adanya bahan tambahan *fly ash* dan limbah karbit belum memberikan pengaruh sesuai yang direncanakan terhadap kuat tekan beton.
2. Berdasarkan data pengujian kuat tekan beton yang diperoleh, variasi kuat tekan maksimum terjadi pada beton normal di umur 28 hari sebesar 12 MPa dan pada beton variasi BFLK 8% pada hari ke 28 sebesar 16,83 Mpa. Hasil dari pengujian kuat tekan beton diatas tidak memenuhi syarat kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 25 MPa.
3. Berdasarkan penelitian tersebut pada beberapa variasi *fly ash* dan limbah karbit dengan analisis semakin banyak variasi *fly ash* dan limbah karbit yang digunakan, maka kuat tekan pada beton semakin berkurang, tetapi semakin sedikit variasi *fly ash* dan limbah karbit yang digunakan, maka kuat tekan pada beton semakin bertambah. Variasi 8% yang cocok untuk kuat tekan optimum pada penambahan campuran beton.
4. Kuat tekan beton mengalami fluktuasi pada berbagai komposisi bahan. Peningkatan kuat tekan terjadi pada komposisi yang seimbang, di mana reaksi pozzolanic dapat terjadi secara maksimal. Namun, pada komposisi dengan proporsi *fly ash* dan limbah karbit yang lebih tinggi, terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh kelebihan bahan substitusi yang dapat menyebabkan beton menjadi lebih rapuh dan kurang padat.
5. Nilai *slump* yang dihasilkan pada umur 7 hari dan 28 hari secara berurutan:
 - Beton normal senilai : 55(mm)
 - Beton variasi BFLK 8% senilai : 75 (mm)
 - Beton variasi BFLK 10% senilai : 70 (mm)
 - Beton variasi BFLK 12% senilai : 65 (mm)

Semua benda uji memenuhi syarat yang sudah ditentukan pada campuran mix design yaitu 40 - 100 mm. Sehingga nilai kuat tekan yang belum memenuhi syarat yang direncanakan tidak ada pengaruhnya

5.2 Saran

1. Dalam pembuatan beton mutu tinggi persentase campuran beton yang menggunakan *Bioconc* harus benar-benar diperhatikan terutama dalam perencanaan mix design baik untuk beton normal maupun beton campuran.
2. Untuk beton mutu tinggi pada saat pemadatan didalam cetakan uji, sebaiknya menggunakan alat getar (vibrator) sehingga ruang-ruang udara di dalam beton dapat diminimalkan
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi variasi lain dalam penggunaan fly ash dan limbah karbit agar dapat menemukan komposisi yang paling optimal.
4. Penelitian tugas akhir ini bisa dijadikan literatur tambahan atau sebagai bahan evaluasi bagi penelitian tugas akhir selanjutnya, dengan harapan pada hasil evaluasi penelitian tugas akhir tersebut nantinya akan lebih baik dari penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, M., Ferdiansyah, R., & Rochmah, D. N. (2022). Semolowaru No 45, Menur Pumpungan, Kec Sukolilo, Kota Surabaya 2 1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. *Jl. Semolowaru No*, 6(2), 82–89. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir>
- Aprida, L. F., Dermawan, D., & Bayuaji, R. (2018). Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 4(2), 13–16.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 1969. (2016). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20. C136:2012, S. N. I. A. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 34. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.34-43>
- Karya, D. J. C. (2023). *Petunjuk Umum Konstruksi PISEW 2023*. 1–37.
- Kelechi, S. E., Adamu, M., Mohammed, A., Ibrahim, Y. E., & Obianyo, I. I. (2022). Durability Performance of Self-Compacting Concrete Containing Crumb Rubber, Fly Ash and Calcium Carbide Waste. *Materials*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/ma15020488>
- Leovie Haf, B. B. (2013). Pengaruh Penggunaan Fly Ash Pada Beton Mutu Normal Dan Mutu Tinggi Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Absorpsi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 10(1), 2–5. <https://doi.org/10.22219/jmts.v10i1.1206>
- Mahendra, P., & Risdianto, Y. (2019). Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan*, 2 No. 2, 1–7.

- Makmur, A. (2023). View of Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen*, 5(1), 96–106.
- Nana Patria, A. S., & Haikal, F. (2022). Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Admixture High Range Water Reducer. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 12–22. <https://doi.org/10.56444/jts.v15i2.210>
- Ngarifin, N., Habsya, C., & Rahmawati, A. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Dan Daya Hambat Panas Bata Beton Ringan Foam Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton Pada Mahasiswa Semester Iii Ptb Jptk Uns. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v1i1.16904>
- Perdana, N. S., Ashari, M. L., & Bayuaji, R. (2018). Identifikasi Komposisi Limbah Karbit dan Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Uji Waktu Ikat Semen (Uji Setting Time). *Conference Proceeding on ...*, 2623, 7–12. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPWTT/article/view/812%0Ahttp://p3m.ppns.ac.id/wp-content/uploads/2018/12/Conference-Proceeding-on-Waste-Treatment-Technolog.pdf#page=13>
- Rajiman. (2015). Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Material Agregat Alam (Feldspart) Terhadap Sifat Fisik Beton. *Tapak*, 4(2), 118–124.
- SNI-1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI-1974. (2011). Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. *Sni-03-2491-2002*, 20.
- SNI 15-3500. (2004). Semen Portland Campur. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*, 1–11.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standardisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 1973:2008. (2008). Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.

- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standardisasi Nasional*, 52.
- Stevani, I., Zaharah, T. A., & Silalahi, I. H. (2023). Kajian Ketahanan Beton Dengan Tambahan Campuran Fly Ash Dan Limbah Karbit Dalam Media Asam Dan Garam. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 6(2), 87–100.
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. (2002). *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- Taufik, H., Djauhari, Z., Sebayang, M., & Muhandis, M. (2017). Pengaruh Substitusi Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Beton. *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 5, 5–35.
- Umboh, A. H. (2014). *Pengaruh pemanfaatan abu terbang (fly ash) dari pltu ii sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton*. 2(7), 352–358.
- Utomo, 2010. (2010). *Analisis kuat tekan batako dengan limbah karbit sebagai bahan tambah*.
- Wilda, K., Abdullah Nasution, M., Shinta Sitanggang, E. Y., Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, P., & Negeri Medan, P. (2022). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah B3 Las Karbit Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1), 35–43. <https://doi.org/10.51510/agregat.v2i1.563>
- Yusra, A., Aulia, T. B., & Jufriadi, J. (2018). Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 1(1), 9–18. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v1i1.717>

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN
BERLANGSUNG DI LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Gambar L1: Material Bahan Tambah *Fly Ash*



Gambar L2: Proses Pengujian Material Bahan



Gambar L3: Pengujian *Slump*



Gambar L4: Proses Perendaman Beton



Gambar L5: Proses Penimbangan Benda Uji



Gambar L6: Proses Pengujian Kuat Tekan Beton



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Da'i Rully Ardiansyah
Nama Panggilan : Dai
Tempat, Tanggal Lahir : Batu Melenggang, 16 Oktober 2002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Dusun 1 Batu Melenggang
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Zakaria
Ibu : Sri Arihta Ginting
No. HP : 0812 6378 8638
E-mail : dairullyardiansyah1610@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mhasiswa : 2007210042
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No.3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	SD 050717 Cempa	2014
Sekolah Menengah Pertama	MtsN Stabat	2017
Sekolah Menengah Atas	SMAN 1 HINAI	2020

