

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SUBSTITUSI PLASTIK PET DAN ABU SEKAM PADI
DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER
TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON**

(STUDI PENELITIAN)

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi
Syarat Mencapai Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

NIKO FEBRIANSYAH ISWAN

1707210170



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Niko Febriansyah Iswan
NPM : 1707210170
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Substitusi Plastik PET Dan Abu Sekam Padi
Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat
Tekan Pada Beton.
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan 05 September 2024

Dosen Pembimbing



Sri Prafanti ST., MT.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Niko Febriansyah Iswan
NPM : 1707210170
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis substitusi Plastik PET dan Abu Sekam Padi
Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap
Kuat Tekan Pada Beton.
BidangIlmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 05 September 2024

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen pembimbing/penguji



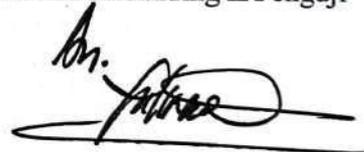
Sri Prafanti S.T.,M.T

Dosen pembeding I/penguji



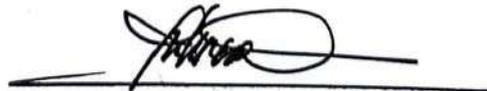
Assoc. Pfor. Dr. Fahrizal
Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembeding II/Penguji



Rizki Efrida, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Sipil



Assoc. Pfor. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Niko Febriansyah Iswan
Tempat/Tanggal Lahir : Batang Kuis, 09 Februari 1999
NPM : 1707210170
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil

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

" Analisis Perbandingan Efektifitas Pekerjaan Struktur Menggunakan Metode Konvensional Dan Bim Terhadap *Quantity takeoff* (Studi Kasus Proyek Resort Kota Sibolga)"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya sendiri, ataupun merupakan suatu materi secara keseluruhan maupun sebagian yang pada hakikatnya merupakan karya Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataannya saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, guna memenuhi integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 September 2024

Yang menyatakan,



Niko Febriansyah Iswan

ABSTRAK

ANALISIS SUBSTITUSI PLASTIK PET DAN ABU SEKAM PADI DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON(STUDI PENELITIAN)

Niko Febriansyah
Iswan1707210170
Sri Prafanti ST., MT.,

Perkembangan infrastruktur telah mengalami kemajuan dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya, terutama dalam pembangunan gedung dan infrastruktur. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ yang menggunakan agregat alam yang pecah atau tanpa di pecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SNI 03-2847-2002). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan PET (Polyethylene Terephthalate) dan abu sekam padi yang dikombinasikan dengan superplasticizer terhadap kuat tekan beton. Material PET digunakan sebagai substitusi sebagian agregat kasar, sedangkan abu sekam padi digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Superplasticizer ditambahkan untuk meningkatkan workabilitas campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan PET dan abu sekam padi dengan dosis tertentu mampu meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanis beton karena sifat pozzolaniknya, sementara PET membantu dalam mengurangi densitas beton dan meningkatkan sifat daktail. Superplasticizer berperan penting dalam memastikan homogenitas campuran serta meningkatkan workabilitas yang berdampak pada performa akhir beton. Dengan variasi penambahan plastik PET (Polyethylene Terephthalate) BN, 0,5%, 1%, 1,5%, dari agregat kasar lolos saringan $\frac{3}{4}$ tertahan saringan $\frac{3}{8}$ dan abu sekam padi sebesar 3% dari berat agregat halus dan penambahan sikament NN sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 21 benda uji. Pengujian dilakukan dengan menguji tentang pengaruh penambahan plastik PET (Polyethylene Terephthalate) dan abu sekam padi dengan bahan tambah sikament NN terhadap nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari. Nilai rata-rata kuat tekan beton yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah BN (24,9 Mpa), 0,5% (24,5 Mpa), 1% (24

MPa), 1,5% (23,6 MPa), dan BPASP + SP 0,5% (25,8 MPa), BPASP + SP 1% (25,6 MPa), BPASP + SP 1,5 % (25,5 MPa). Nilai rata-rata kuat tekan beton optimum diperoleh pada variasi plastik PET (Polyethylene Terephthalate) 0,5% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8% sebesar (25,8 MPa).

Kata Kunci : Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), abu sekam padi + sikament NN, Kuat Tekan Beton.

ABSTRACT

ANALYSIS OF PET PLASTIC AND RICE HUSK ASH SUBSTITUTION WITH SUPERPLASTICIZER ADDITIVE ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (RESEARCH STUDY)

Niko Febriansyah
Iswan1707210170
Sri Prafanti ST., MT.,

The development of infrastructure has progressed at an unprecedented speed, especially in the construction of buildings and infrastructure. Normal concrete is defined as concrete with a density of 2200-2500 kg/m³, which uses natural aggregate, either crushed or uncrushed, without the use of additives (SNI 03-2847-2002). This study aims to assess the impact of using PET (Polyethylene Terephthalate) and rice husk ash, combined with superplasticizer, on the compressive strength of concrete. PET material is used as a partial substitution for coarse aggregate, while rice husk ash is used as a partial replacement for cement. Superplasticizer is added to improve the workability of the concrete mixture. The results of the research show that the addition of PET and rice husk ash in certain doses can significantly enhance the compressive strength of concrete. The use of rice husk ash as a cement replacement material contributes positively to the mechanical properties of concrete due to its pozzolanic properties, while PET helps reduce the density of the concrete and improves its ductile properties. The superplasticizer plays a crucial role in ensuring the homogeneity of the mixture and improving workability, which affects the final performance of the concrete. The variations in the addition of PET (Polyethylene Terephthalate) include 0.5%, 1%, 1.5% from the coarse aggregate passing through a ¾ sieve and retained on a 3/8 sieve, and rice husk ash is used at 3% of the fine aggregate weight, while sikament NN is added at 0.8% of the cement weight. The test samples used are cylinders with dimensions of 15 x 30 cm, with a total of 21 test specimens. Testing was conducted by examining the effect of adding PET (Polyethylene Terephthalate) and rice husk ash.

Keywords: PET Plastic (Polyethylene Terephthalate), rice husk ash + sikament NN, Concrete Compressive Strength.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Atas segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Analisis Substitusi Plastik PET Dan Abu Sekam Padi Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton” .

Ucapan terima kasih tidak lupa penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan proposal ini baik dukungan secara moral, materi maupun jasa dalam menyelesaikan proposal ini.

Proposal ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan bagi penulis, untuk itu penulis menyadari ada banyak kekurangan dalam proposal ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menyempurnakan proposal ini. Penulis mengharapkan proposal ini dapat bermanfaat bagi pembaca atau bagi dunia Konstruksi Teknik Sipil.

1. Ibu Sri Prafanti ST., MT., Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain, Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.

7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Benni Iswanto dan Ibunda tercinta Herlina yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama M Alif Miraza Karo-karo, Ridwan Syaputra, Rustam Nduru, Yudha Pratama dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 05 Agustus 2024

Niko Febriansyah Iswan
NPM.1707210170

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Semen	6
2.3 Agregat	7
2.3.1 Agregat Halus	8
2.4 Air	8
2.5 Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)	9
2.6 Abu Sekam Padi	11
2.7 Superplasticizer	11
2.8 Kuat Tekan Beton	12
2.9 Penelitian Terdahulu	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Metodologi Penelitian	14
3.2 Kuat Tekan Beton	14
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.4 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	17
3.4.1 Data Primer	17
3.4.2 Data Sekunder	17
3.5 Alat dan Bahan	18
3.5.1 Alat	18
3.5.2 Bahan	19
3.6 Desain Benda Uji	22
3.7 Langkah-Langkah Pemeriksaan Agregat	23
3.7.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	23

3.7.2 Analisa Gradasi Agregat	24
3.7.3 Kadar Lumpur Agregat	25
3.7.4 Berat Isi Agregat	25
3.7.5 Kadar Air Agregat	26
3.8. Pembuatan Cacahan Plastik PET	26
3.9. Perencanaan Mix Design	27
3.10. Pembuatan Benda Uji	36
3.11. Pemeriksaan Slump Test	37
3.12. Perawatan (curing) Pada Benda Uji	38
3.13. Uji Absorpsi Beton	38
3.14. Pengujian Kuat Tekan Beton	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Tinjauan Umum	40
4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	40
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Plastik PET	45
4.5 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	46
4.6 Perencanaan Campuran Beton	51
4.6.1 Untuk benda uji	59
4.6.2 Penggunaan Plastik PET sebagai Substitusi Agregat Kasar	63
4.6.3 Penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) sebagai Substitusi Agregat Halus	65
4.6 Slump Test	66
4.7 Kekuatan Tekan Beton	67
4.7.1 Kekuatan Tekan Beton Normal (pada saat pengujian)	68
4.7.2 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 0,5% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)	68
4.7.3 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)	69
4.7.4 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1,5% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)	70
4.7.5 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 0,5% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)	70
4.7.6 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)	71
4.7.7 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1,5% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)	71
4.8 Diskusi	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75

5.2 Saran

76

DAFTAR PUSTAKA

77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Penelitian Terdahulu Menggunakan Plastik PET pada Beton	10
Tabel 2.2	Penelitian terdahulu	13
Tabel 3.1	Peralatan Pembuatan Benda Uji	18
Tabel 3.2	Komposisi Campuran pada Benda Uji	22
Tabel 3.1	Jumlah benda uji untuk setiap variasi beton dengan campuran Plastik PET.	23
Tabel 3.4	Faktor Pengali untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji yang Tersedia	28
Tabel 3.5	Nilai Tambah Margin	28
Tabel 3.6	Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia.	29
Tabel 3.8	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembedonan dalam Lingkungan Khusus	31
Tabel 3.9	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembedonan dalam lingkungan khusus.	32
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus.	41
Tabel 4.2	Daerah Gradasi Agregat Halus.	41
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.	43
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.	44
Tabel 4.6	Pengujian kadar lumpur	45
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Plastik PET.	45
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar.	46
Tabel 4.9	Batas Gradasi Agregat Kasar.	47
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.	48
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.	49
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.	50
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.	50
Tabel 4.14	Data-data hasil tes dasar.	51
Tabel 4.15	Propersi campuran.	56
Tabel 4.16	Koreksi propersi campuran.	57

Tabel 4.17 Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	57
Tabel 4.19 Perbandingan Campuran Akhir untuk 1 Benda Uji (m ³).	58
Tabel 4.20 Perbandingan Kebutuhan Material untuk 1 Benda Uji dalam Satuan kg.	59
Tabel 4.21 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	60
Tabel 4.22 Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	60
Tabel 4.23 Perbandingan bahan untuk 21 benda uji dalam satuan kg.	62
Tabel 4.24 Jumlah plastik PET yang dibutuhkan untuk 6 benda uji silinder.	63
Tabel 4.25 Jumlah abu sekam padi yang diperlukan untuk 18 benda uji silinder.	64
Tabel 4.26 Hasil pengujian nilai slump test.	65
Tabel 4.27 Hasil pengujian kekuatan tekan beton normal.	67
Tabel 4.28 Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3%.	67
Tabel 4.29 Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3%.	68
Tabel 4.30 Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3%.	68
Tabel 4.31 Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8%.	69
Tabel 4.32 Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8%.	70
Tabel 4.33 Kekuatan Tekan Beton pada Umur 28 Hari	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan alur Penelitian	16
Gambar 3.1	Semen Portland	19
Gambar 3.2	Agregat Halus	20
Gambar 3.3	Agregat Kasar	20
Gambar 3.4	Air	20
Gambar 3.5	Superplasticizer Polycarboxylate	21
Gambar 3.6	Plastik PET	21
Gambar 3.7	Abu Sekam Padi	22
Gambar 3.8	Cecahan Plastik PET yang menjadi agregat kasar	27
Gambar 3.9	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder 15 x 30 cm).	30
Gambar 3.10	Grafik Gradasi Agregat Sedang (Gradasi No. 2-SNI-03-2834-2000)	33
Gambar 3.11	Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimal 20 mm (SNI-03-2834-2000)	33
Gambar 3.12	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang telah dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.	34
Gambar 3.13	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	35
Gambar 4.1	Grafik Analisis Agregat Halus	42
Gambar 4.2	Grafik Analisa Agregat Kasar.	47
Gambar 4.3	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).	52
Gambar 4.4	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	54
Gambar 4.5	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	55
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai slump test.	65
Gambar 4.7	Pengujian tekan pada benda uji silinder.	67
Gambar 4.8	Grafik kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari.	71
Gambar 4.9	Grafik persentase kekuatan tekan beton terhadap slump test pada umur 28 hari.	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membawa pengaruh yang sangat besar terhadap semua aspek kehidupan manusia, termasuk diantaranya bidang konstruksi. Seperti yang kita ketahui sekarang ini perkembangan di bidang konstruksi khususnya teknik sipil mengalami peningkatan yang cukup pesat terutama dalam pembangunan gedung dan infrastruktur. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan sebagainya (Lubis, 2021).

Pada umumnya beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan tambahan zat lainya apabila dibutuhkan. Namun seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, bahan penyusun beton juga dapat berubah atau dikombinasikan dengan bahan organik atau anorganik seperti bahan limbah plastik dan lainnya

Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik yaitu plastik polyester termoplastik yang diproduksi secara masal secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama telah menyebabkan peningkatan sampah plastik secara 2 drastis di seluruh dunia. Sampah plastik merupakan sampah yang sangat susah untuk terurai di karenakan bukan berasal dari senyawa biologis, bahkan dibutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun agar sampah plastik terurai dengan sempurna. Sampah merupakan masalah yang sangat kompleks di daerah perkotaan. Kebutuhan plastik sebagai wadah yang cukup simpel diminati. Data BPS tahun 1999 menunjukkan bahwa volume perdagangan plastik impor Indonesia, terutama polypropylene (PP) pada tahun 1995 sebesar 136.122,7 ton sedangkan pada tahun 1999 sebesar 182.523,6 ton, sehingga dalam kurun waktu tersebut terjadi peningkatan sebesar 34,15%. Jumlah tersebut diperkirakan akan terus meningkat, peningkatan limbah plastik pun tidak terelakkan(Suwarno &

Sudarmono, 2015).

Dikarenakan hal tersebut maka pendayagunaan sampah menjadi material yang berguna menjadi penting dan urgen untuk dilakukan, termasuk menggunakan limbah plastik rumah tangga sebagai agregat beton karena bahan tersebut mudah diperoleh dan selama ini belum termanfaatkan secara optimal.

Penelitian ini akan menggunakan agregat ringan buatan berasal dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET). Secara umum limbah botol PET yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer.

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah Superplasticizer jenis Sikament NN. Superplasticizer atau SP merupakan bahan yang digunakan untuk mengurangi air pada campuran beton agar dapat faktor w/c yang kecil tetapi workabilitas tetap normal.

Dengan pemanfaatan limbah plastik jenis PET sebagai agregat kasar diharapkan mampu menghasilkan produksi beton dengan kuat tekan dan modulus elastisitas yang baik. Maka dari itu peneliti mengambil judul “Analisis Substitusi Plastik PET Dan Abu Sekam Padi Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton”. Sebagai studi penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian yang telah disampaikan maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan pada beton
2. Bagaimana pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar dan abu sekam padi sebagai agregat halus terhadap kuat tekan pada beton
3. Bagaimana pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar dan abu sekam padi sebagai agregat halus dengan penambahan superplasticizer terhadap kuat tekan pada beton.
4. Bagaimana hasil perbandingan persentase kuat tekan antara beton normal terhadap beton dengan penambahan superplasticizer bersamaan limbah

plastik

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah Tujuan Penelitian pada Tugas Akhir ini:

1. Mengetahui pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan pada beton.
2. Mengetahui pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar dan abu sekam padi sebagai agregat halus terhadap kuat tekan pada beton.
3. Mengetahui pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar dan abu sekam padi sebagai agregat halus dengan penambahan superplastisizer terhadap kuat tekan pada beton.
4. Mengetahui hasil perbandingan persentase kuat tekan antara beton normal dengan beton yang menggunakan superplastisizer, limbah plastik jenis PET, dan abu sekam padi.

1.4 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberi ruang lingkup antara lain :

1. Jenis beton yang akan diteliti adalah jenis beton normal.
2. Karakteristik beton normal yang akan diuji adalah kuat tekan dari hasil eksperimen.
3. Benda uji yang digunakan berupa silinder ber-diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah campuran plastik *Polyethylene terephthalate* (PET) akan dimanfaatkan dalam penelitian ini.
5. Variasi campuran plastik PET pada beton normal ialah 0,5%, 1%, 1,5%. Untuk abu sekam padi digunakan sebanyak 3% pada setiap benda uji.
6. *Superplasticizer* yang akan digunakan yaitu jenis *Polycarboxylate*.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton, khususnya terkait pengaruh penambahan abu sekam padi dan superplastisizer, serta penggantian agregat kasar dengan limbah plastik jenis PET (*polyethylene terephthalate*).
2. Memanfaatkan bahan limbah plastik PET untuk meminimalisir pencemaran lingkungan.
3. Apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu dalam pelaksanaan di lapangan maupun untuk penelitian lebih lanjut di masa depan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis akan membagi materi yang disampaikan ke dalam beberapa bab, yaitu:

1. BAB 1 Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir serta metode-metode perhitungan yang akan digunakan.

3. BAB 3 Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data,

teknik pengumpulan data, serta metode analisis data.

4. BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini memaparkan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

5. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton merupakan batu buatan yang memiliki kuat tekan tinggi, dibuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan air. Kualitas serta sifat beton dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, di antaranya dengan mengganti atau menambah material pokok seperti semen dan agregat. Hal ini menghasilkan beton dengan sifat yang spesifik, seperti beton ringan, beton berat, dan beton tahan terhadap bahan kimia tertentu (Pembuatan et al., 2020). Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan semen portland atau semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan (jika ada), yang membentuk massa yang padat.

2.2 Semen

Semen adalah bahan campuran yang secara kimiawi menjadi aktif setelah bercampur dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butiran-butiran agregat hingga membentuk massa padat serta mengisi rongga-rongga udara di antara butiran-butiran agregat. Walaupun semen hanya menyumbang sekitar 10% dari komposisi beton, perannya sangat penting karena fungsinya sebagai pengikat (Armidion & Rahayu, 2018). Semen pertama kali diproduksi pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin dengan memanaskan campuran tanah liat dan batu kapur hingga suhu tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Proses produksi semen dilakukan melalui metode kering dan basah, seperti yang diuraikan pada gambar berikut. Jenis-jenis semen portland antara lain:

1. Semen *Portland Type I*

Semen untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.

2. Semen *Portland Type II*

Semen yang digunakan untuk keperluan dengan ketahanan terhadap sulfat dan hidrasi kalor sedang.

3. Semen *Portland Type III*

Semen yang digunakan untuk keperluan dengan kekuatan tinggi setelah pengikatan awal.

4. Semen *Portland Type V*

Semen yang digunakan untuk keperluan dengan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat dengan butiran lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, sedangkan agregat dengan butiran lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Sifat penting dari agregat meliputi kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap pembekuan dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, tidak mengandung zat-zat yang dapat bereaksi secara kimia, dan bebas dari tanah liat atau lumpur, dengan distribusi ukuran agregat yang baik.

Secara umum, agregat dibedakan berdasarkan ukuran, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat kasar dan halus bervariasi tergantung disiplin ilmu, tetapi umumnya agregat halus memiliki ukuran jauh lebih kecil dari 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (standard ASTM).

2.3.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang seluruh butirannya lolos ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan, atau gabungan keduanya. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu akibat berbagai faktor dan dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau tepi laut. Berdasarkan asalnya, pasir dapat digolongkan menjadi tiga jenis:

1. Pasir Galian

Diperoleh dari permukaan tanah dengan atau tanpa penggalian terlebih dahulu. Pasir ini tajam bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam.

2. Pasir Sungai

Diperoleh dari dasar sungai dengan butiran halus dan bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir sedikit berkurang karena butirannya bulat. Pasir ini cocok untuk memplaster tembok pada bangunan.

3. Pasir Laut

Diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat. Pasir ini memiliki kualitas paling buruk karena mengandung banyak garam yang menyerap air dan udara, menyebabkan pasir selalu basah dan dapat mengembang saat digunakan sebagai material bangunan.

2.4 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah membuat semen bereaksi dan bertindak sebagai pelumas antara agregat kasar dan halus. Hanya dibutuhkan air sekitar 25% - 30% dari berat semen untuk membuat semen bekerja. Tanpa air, semen tidak bisa menjadi pasta. Air selalu ada dalam beton cair, tidak hanya untuk hidrasi semen tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga beton dapat diaplikasikan.

Air yang digunakan untuk campuran beton dan pemeliharaan beton yang telah mengeras harus memenuhi persyaratan air tawar yang bersih, dan tidak mengandung bahan organik, minyak, lumpur, gula, klorida, asam, dan bahan lainnya yang dapat merusak beton. Air dapat berasal dari berbagai sumber, seperti sumur, danau, atau sungai. Air laut juga bisa digunakan, tetapi hanya untuk beton tanpa tulangan karena air laut dapat menyebabkan korosi pada besi tulangan. Menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971), syarat air untuk beton adalah:

- a. Air tidak boleh mengandung asam, minyak, garam, bahan organik, atau bahan lainnya yang dapat merusak beton bertulang.
- b. Jika ada keraguan tentang kualitas air, disarankan membawa contoh air tersebut ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan untuk diuji.
- c. Jika pengujian di lembaga tersebut tidak dapat dilakukan, air dapat digunakan asal campuran semen dengan air tersebut memiliki kekuatan tekan paling sedikit 90% dari kekuatan campuran semen dengan air suling pada umur 7 hingga 28 hari.

2.5 Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Limbah plastik merupakan ancaman lingkungan karena tidak dapat terurai ketika ditimbun di tanah. Selain mencemari lingkungan, plastik juga dapat menyebabkan banjir jika dibuang ke sungai. Karena plastik bukan senyawa biologis, ia sulit terdegradasi (non-biodegradable) dan membutuhkan 100 hingga 500 tahun untuk terurai sempurna. Sebagian besar penduduk dunia menggunakan plastik dalam aktivitas sehari-hari.

Berdasarkan data *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat pada tahun 2001, penduduk Amerika menggunakan setidaknya 25 juta ton plastik setiap tahunnya. Di negara-negara lain, angkanya hampir sama, sehingga tidak mengherankan jika plastik banyak digunakan. Beberapa orang mendaur ulang plastik bekas menjadi bijih plastik dan produk lainnya. Ada juga yang mengubahnya menjadi mainan anak-anak atau produk kreatif bernilai komersial.

Gagasan lain termasuk penggunaan plastik dalam pembangunan (Supratikno, 2019).

Pengembangan plastik bermula dari penggunaan material alami hingga modifikasi kimia dan akhirnya penciptaan molekul buatan manusia. Salah satu jenis plastik yang sering digunakan adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*), sebuah polimer dengan tingkat kepadatan cukup tinggi, fleksibel, tahan benturan, dan tahan terhadap suhu rendah. Penggunaan plastik PET sebagai agregat buatan merupakan alternatif pengganti agregat kasar karena berat jenisnya yang lebih ringan (Supratikno, 2019).

PET adalah jenis plastik yang umum digunakan dalam botol air mineral dan botol minuman lainnya. Terkadang disebut Polythene ketika digunakan untuk wadah makanan. Dengan rasio kekuatan terhadap kerapatan yang tinggi, PET digunakan untuk plastik botol, wadah makanan tahan korosi, geomembran, dan kayu plastik.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa agregat plastik PET memiliki karakteristik yang hampir menyerupai agregat kasar pada umumnya. Pembentukan agregat buatan dari bahan plastik melalui proses pemanasan dan pendinginan meningkatkan kekuatan abrasi agregat. Selain itu, permukaan yang licin dan tidak porous menambah ketahanan agregat tersebut terhadap benturan antar agregat maupun beban.

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang menggunakan bahan plastik PET sebagai agregat kasar, yang dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.1: Tabel Hasil Penelitian Terdahulu Menggunakan Plastik PET pada Beton

Variasi	No.	Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)
0% + 1,2%	1	35,09	34,14
	2	33,39	
	3	33,95	
6% + 0,95%	1	24,33	25,09
	2	25,47	
	3	25,47	
9% + 0,99%	1	26,26	25,65
	2	24,22	
	3	26,48	
12% + 1,15%	1	24,48	25,50

	2	24,45	
	3	26,48	

2.6 Abu Sekam Padi

Padi merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban untuk bahan pangan, terutama di bagian negara Asia. Abu sekam padi merupakan hasil dari pembakaran tanaman padi yang menjadi arang. Proses pembakaran sekam padi menghasilkan unsur pozzolan dan mengandung silika yang memiliki sifat meningkatkan kekuatan pada beton. Bila silika dan pozzolan dicampur dengan semen, akan meningkatkan kuat tekan pada beton. Sekam padi dapat diubah menjadi abu dengan kadar silika yang tinggi berbentuk amorf untuk keperluan industri melalui proses pembakaran yang terkontrol (Hendrawat Aski Safitri, 2018).

Proses reaksi silika pada abu sekam dengan CaO dalam kandungan semen dapat mempengaruhi peningkatan beton. Kuat tekan beton dapat meningkat dengan adanya penambahan abu sekam padi melalui pemanfaatan variasi abu sekam terhadap berat pasir pada pembuatan beton yang dihasilkan.

2.7 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah pencampur beton (*admixture*) yang ditambahkan saat pengadukan atau pelaksanaan pengecoran (*placing*) untuk memperbaiki kinerja kekuatannya. *Superplasticizer* termasuk bahan tambahan tipe F “Water Reducing, High Range Admixtures”. Prinsip mekanisme kerja dari superplasticizer secara umum adalah partikel semen dalam air cenderung untuk berkoehesi satu sama lainnya dan menggumpal (flokulasi). Penambahan superplasticizer mengakibatkan partikel semen ini saling melepaskan diri dan terdispersi (menolak). Fenomena dispersi partikel semen dengan penambahan superplasticizer dapat menurunkan viskositas pasta semen, sehingga pasta semen lebih fluid/alir. Hal ini akan meningkatkan keenceran adukan dan meningkatkan workabilitas. Dengan kata lain, superplasticizer mempunyai dua fungsi yaitu mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel dan mencegah kohesi antar semen.

Superplasticizer yang $f = \frac{P}{A}$ Polycarboxylate sangat cocok untuk produksi beton yang membutuhkan kekuatan awal yang tinggi dengan kemampuan kerja yang diperpanjang. Selain itu, superplasticizer ini memberikan pengurangan air yang sangat tinggi dan karakteristik aliran yang sangat baik, dengan kombinasi waktu kerja yang luar biasa dan pengembangan kekuatan awal. *Superplasticizer Polycarboxylate* digunakan untuk:

1. Beragam aplikasi yang memerlukan kemampuan kerja yang sangat baik dan pengembangan kekuatan awal yang baik.
2. Beton dengan reduksi air sangat tinggi (hingga 30%), berbasis teknologi canggih yang memberikan keuntungan sebagai berikut:
 - a. Kemampuan kerja yang diperpanjang dalam hubungannya dengan pengembangan kekuatan cepat berikutnya.
 - b. Efek plastisisasi yang sangat baik, menghasilkan karakteristik aliran, penempatan, dan pemadatan yang lebih baik.

2.8 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dan perbandingan air, semen, agregat, dan berbagai campuran beton. Faktor utama yang menjadi penentu kuat tekan beton adalah perbandingan air terhadap semen. Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Nilai kuat tekan beton didapat melalui SNI-1974-2011 tentang cara uji kuat tekan dengan benda uji silinder.

Kuat tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang dapat menyebabkan beton hancur. Rumus kuat tekan beton adalah:

Keterangan:

- f = Kuat tekan beton (Kg/cm²)
- P = Gaya tekan (Kg)
- A = Luas penampang (cm²)

2.9 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini, penulis ingin memberikan beberapa informasi penelitian terdahulu sebagai referensi untuk memudahkan penulis dalam membuat penelitian secara keseluruhan, serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan dengan penelitian lain yang ada sebelumnya. Ini bertujuan untuk memperkuat dan mendukung kekuatan penelitian penulis dengan adanya referensi ilmiah dari penelitian terdahulu. Dalam hal ini, penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu tentang *Analisis Substitusi Plastik PET dan Abu Sekam Padi dengan Bahan Tambah Superplasticizer terhadap Kuat Tekan pada Beton*.

Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu

No.	Judul Penelitian	Penulis	Kesimpulan
1	Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (PET)	Reski Apriliya, Syamsul Bahri Bahar (2021)	Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan cacahan botol plastik air mineral jenis PET pada campuran beton dapat menurunkan kuat tekan pada beton dan mengurangi berat beton. Pada sampel beton campuran dengan FAS 0,5, kuat tekan pada umur 3 hari sebesar 37,2 Kg/Cm ² , umur 7 hari sebesar 70,5 Kg/Cm ² , dan umur 28 hari sebesar 105,1 Kg/Cm ² . Persentase penambahan yang diteliti yaitu 1,5%, di mana beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton tanpa penambahan.
2	Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton	Dian Fathur Rahman (2017)	Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai material pengganti semen pada beton SCC dapat meningkatkan workability dan flowability, dengan variasi 9% abu sekam padi menghasilkan kuat tekan sebesar 25,65 MPa dan porositas sebesar 0,18%. Penggunaan abu sekam padi sebesar 9% dengan penambahan superplasticizer 0,99% menurunkan kuat tekan sebesar 25,65 MPa, lebih rendah dibandingkan beton konvensional sebesar 34,14 MPa.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah botol plastik berjenis PET adalah metode eksperimen. Metode ini dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data.

3.2 Kuat Tekan Beton

1. Persiapan

Persiapan peralatan dilakukan untuk pengujian material utama pembuatan benda uji beton (agregat kasar, agregat halus, semen *Portland*, dan air) yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan susun apakah telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan atau belum, jika digunakan dalam pencampuran beton (*Mix Design*).

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*Mix Design*) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan ini dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan bahan-bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, termasuk semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Hasil campuran ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
- c. Pengecoran ke cetakan silinder.
- d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.

5. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton dalam bak penyimpanan selama 28 hari.

6. Pengujian Beton

Pada tahapan ini dilakukan pengujian absorpsi, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton.

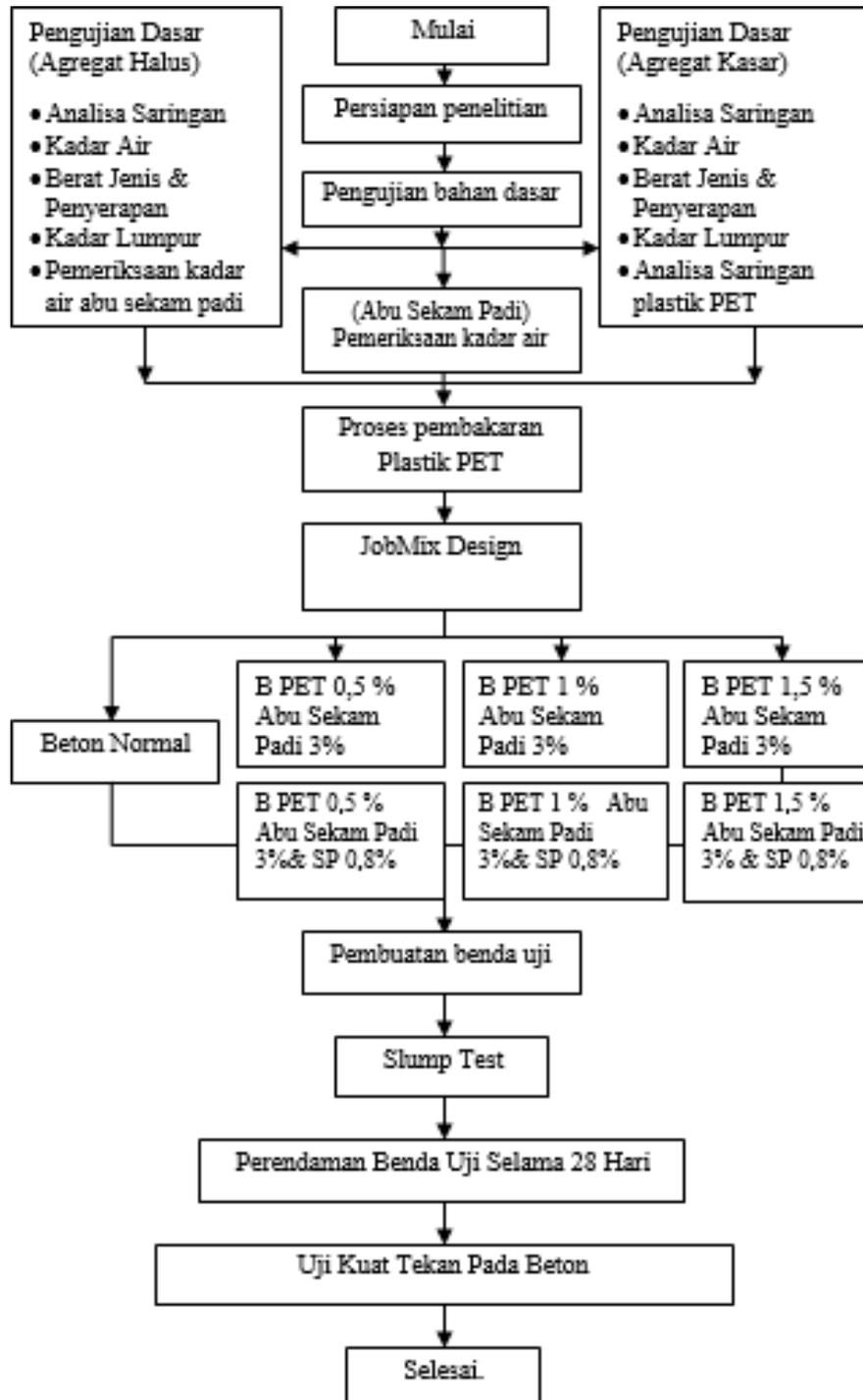
7. Analisis Data dan Pembahasan

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel. Selanjutnya, dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

8. Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahap akhir dari penelitian. Dalam tahapan ini, data yang telah dianalisis digunakan untuk membuat kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, serta menyusun saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan, tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Bagan alur Penelitian

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Kegiatan yang dilakukan meliputi pembuatan sampel beton, perendaman, uji absorpsi, dan uji kuat tekan beton. Uji modulus beton dengan variasi akan dilakukan di Laboratorium Terpadu. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama kurang lebih 3 bulan.

3.4 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, meliputi:

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 03-2834-2000).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
9. Uji absorpsi (SNI 03-6433-2000).
10. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011).
11. Uji modulus elastisitas beton (ASTM C-469 02).

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari buku dan jurnal yang berhubungan dengan teknik beton, referensi pembuatan beton seperti buku SNI dan ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Selain itu, konsultasi dengan dosen pembimbing dan tim pengawas Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara juga dilakukan untuk memperkuat penelitian.

3.5 Alat dan Bahan

Untuk mencapai hasil penelitian yang maksimal, diperlukan peralatan dan bahan material berkualitas yang memenuhi persyaratan yang berlaku. Berikut adalah alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini:

3.5.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat tersebut meliputi:

Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Untuk menguji kuat tekan beton
2	Modulus Elastisitas Mesin	Untuk menguji modulus elastisitas beton
3	Cetakan Silinder	Untuk mencetak benda uji beton
4	Saringan Agregat Kasar	Memisahkan agregat kasar sesuai dengan ukuran
5	Saringan Agregat Halus	Memisahkan agregat halus sesuai dengan ukuran
6	Oven	Berfungsi sebagai alat untuk mengeringkan agregat kasar dan halus
7	Kerucut Abrams	Alat uji slump test
8	Mixer Beton	Alat untuk membuat campuran beton
9	Timbangan	Alat untuk menimbang berat benda uji
10	Tongkat Penumbuk	Alat untuk memadatkan benda uji
11	Triplek Ukuran 1 x 2 m	Alas untuk menguji slump test
12	Bak Rendam	Untuk merendam benda uji
13	Pan	Wadah pada saat penyaringan agregat
14	Ember	Alat tambahan untuk kebutuhan lain
15	Plastik	Sebagai wadah agregat yang telah disaring
16	Sendok Semen	Alat untuk meratakan campuran beton pada saat diletakkan pada cetakan
17	Skrap	Alat untuk meratakan campuran beton
18	Sekop Tangan	Alat pengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan
19	Masker	Untuk melindungi pernapasan dari debu dan

		semen
20	Sarung Tangan	Untuk melindungi tangan
21	Penggaris	Mengukur slump flow
22	Pisau / Parang	Alat pemotong serat pada bambu

3.5.2 Bahan

Pada penelitian ini, digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen *Portland* tipe I. Pengamatan dilakukan terhadap semen berupa kondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen. Semen yang digunakan berwarna abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.



Gambar 3.14: *Semen Portland*

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan nomor 4. Agregat yang akan digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3.15: Agregat Halus

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos pada saringan nomor 1,5. Agregat ini berasal dari daerah Binjai, Sumatera Utara, sama seperti agregat halus.



Gambar 3.16: Agregat Kasar

4. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air ini digunakan untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen, sehingga dapat mengikat agregat dan untuk perawatan beton setelah dicor.



Gambar 3.17: Air

5. *Superplasticizer Polycarboxylate*

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah Superplasticizer jenis Polycarboxylate, yang dapat diperoleh dari toko online maupun toko offline di Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.18: Superplasticizer Polycarboxylate

6. Plastik PET

Plastik PET digunakan sebagai sebagian pengganti agregat kasar dalam campuran beton ini.



Gambar 3.19: Plastik PET

7. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari warung di daerah kota Medan.



Gambar 3. 20: Abu Sekam Padi

3.6 Desain Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Terdapat 12 buah benda uji beton dengan 4 jenis variasi, masing-masing variasi terdiri dari 3 sampel. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2: Komposisi Campuran pada Benda Uji

No.	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Plastik PET	Abu Sekam Padi	SP Polycarbo xylate	Jumlah Sampel
1	Beton Normal	100%	100%	0	0%	0%	3
2	B.PET 0,5% & ASP 3%	99,5%	97%	0,5%	3%	0%	3
3	B.PET 0,1% & ASP 3%	99%	97%	1%	3%	0%	3
4	B.PET 1,5% & ASP 3%	98,5%	97%	1,5%	3%	0%	3
5	B.PET 0,5%, ASP 3% & SP 0,8%	99,5%	97%	0,5%	3%	0,8%	3
6	B.PET 1%, ASP 3% & SP 0,8%	99%	97%	1%	3%	0,8%	3
7	B.PET 1,5%, ASP 3% & SP 0,8%	98,5%	97%	1,5%	3%	0,8%	3
Jumlah Sampel							21

Keterangan:

- B.PET 0,5% dan ASP 3%

Beton dengan campuran 0,5% plastik PET dari berat agregat kasar dan

3% abu sekam padi dari agregat halus, dengan tambahan *Superplasticizer Polycarboxylate*.

- B.PET 1% dan ASP 3%

Beton dengan campuran 1% plastik PET dari berat agregat kasar dan 3% abu sekam padi dari agregat halus, dengan tambahan *Superplasticizer Polycarboxylate*.

- B.PET 1,5% dan ASP 3%

Beton dengan campuran 1,5% plastik PET dari berat agregat kasar dan 3% abu sekam padi dari agregat halus, dengan tambahan *Superplasticizer Polycarboxylate*.

Tabel 3.2: Jumlah benda uji untuk setiap variasi beton dengan campuran Plastik PET.

Benda Uji Silinder	Perendaman Beton 28 Hari
	Jumlah
Beton Normal	3
0,5% PET dan 3% ASP	3
1% PET dan 3% ASP	3
1,5 PET dan 3% ASP	3
0,5% PET, 3% ASP dan SP 0,8%	3
1% PET, 3% ASP dan SP 0,8%	3
1,5% PET, 3% ASP dan SP 0,8%	3
Jumlah Sampel	21

3.7 Langkah-Langkah Pemeriksaan Agregat

3.7.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis dapat dinyatakan sebagai berat jenis kering, berat jenis curah kering pada kondisi jenuh kering permukaan, atau berat jenis semu. Berat jenis curah dan penyerapan air didasarkan pada kondisi setelah 24 ± 4 jam direndam di

air.

Prosedur Pengujian:

1. Bersihkan benda uji dengan cara dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan lain yang menempel pada permukaannya.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu sekitar 105°C hingga berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven dan dinginkan pada suhu kamar selama 1–3 jam.
4. Timbang benda uji dengan ketelitian 0,5 gram. Selanjutnya, rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, keluarkan benda uji dari air, lalu lap dengan kain penyerap hingga selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar, pengeringan harus dilakukan satu per satu.
6. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ SSD).
7. Tempatkan benda uji dalam keranjang, kemudian guncangkan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dan tentukan beratnya dalam air (Ba). Suhu air diukur terlebih dahulu untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar 25°C .

3.7.2 Analisa Gradasi Agregat

Analisa gradasi agregat digunakan sebagai pedoman dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian pada butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Prosedur Pengujian:

1. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan, susun saringan dengan menempatkan saringan paling besar di bagian atas. Tempatkan pan di bagian bawah. Masukkan agregat dari bagian atas dan tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan. Lakukan pengayakan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.

3. Timbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

3.7.3 Kadar Lumpur Agregat

Pengujian gumpalan lempung dan butiran mudah pecah dalam agregat bertujuan untuk menentukan gumpalan lempung dan butirannya yang mudah pecah di dalam agregat.

Prosedur Pengujian:

1. Masukkan benda uji dengan berat 500 gram, kemudian timbang (W1).
2. Masukkan benda uji ke dalam wadah, tambahkan air, dan cuci secukupnya hingga benda uji terendam dengan baik.
3. Guncang wadah hingga kotoran pada benda uji hilang, dan ulangi proses tersebut hingga air cucian menjadi bersih.
4. Kembalikan semua bahan ke dalam wadah, lalu masukkan bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Keringkan benda uji dalam oven hingga berat tetap.
6. Setelah kering, timbang dan catat beratnya (W3).
7. Hitung berat bahan keringnya ($W4 = W3 - W2$).

3.7.4 Berat Isi Agregat

Penentuan berat isi dari campuran beton dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

Prosedur Percobaan:

1. Berat Isi Lepas
 - a. Pertama, timbang silinder kosong dan catat beratnya (W1).
 - b. Masukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam silinder hingga penuh, tanpa menyebabkan pemisahan butiran, dari ketinggian maksimal 5 cm di atas silinder, menggunakan sekop.
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Timbang silinder beserta isinya dan catat beratnya (W2).
 - e. Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

3.7.5 Kadar Air Agregat

Pengujian kadar air total agregat dengan pengeringan ini bertujuan untuk menentukan persentase air yang dapat menguap dari dalam agregat melalui proses pengeringan.

Prosedur Percobaan:

1. Timbang talam kosong dan catat beratnya (W1).
2. Masukkan benda uji ke dalam talam, timbang, dan catat beratnya (W2).
3. Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
4. Keringkan benda uji beserta talam dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C hingga berat tetap.
5. Setelah kering, timbang benda uji beserta talam dan catat beratnya (W4).
6. Hitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).

3.8. Pembuatan Cacahan Plastik PET

Langkah-langkah dalam pembuatan cacahan plastik PET adalah sebagai berikut:

1. Kumpulkan plastik PET dari pengepul plastik bekas di daerah Medan.
2. Cuci plastik PET yang telah dikumpulkan hingga bersih dari kotoran yang menempel.
3. Gunting plastik PET yang telah dicuci menjadi bagian-bagian kecil untuk mempermudah proses pembakaran.
4. Masukkan plastik PET ke dalam wadah pembakaran dan panaskan dengan suhu kurang dari 100°C hingga meleleh.
5. Cetak plastik yang telah meleleh dalam cetakan berbentuk persegi empat.
6. Dinginkan hasil cetakan selama kurang dari 1 jam.
7. Hancurkan hasil cetakan yang telah dingin menggunakan palu hingga menyerupai agregat kasar dan saring hingga mendapatkan ukuran 1 hingga 1,5 cm.



Gambar 3. 21 : Cecahan Plastik PET yang menjadi agregat kasar

3.9. Perencanaan Mix Design

Pada penelitian ini, digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Tujuan dari perencanaan campuran beton ini adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan di Indonesia. Tingkat kekentalan dan kemudahan pengerjaan beton dapat dilihat melalui pengujian slump. Prosedur perencanaan campuran adukan beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Kuat Tekan Beton yang Diisyaratkan (f_c') pada Umur Tertentu.
2. Menghitung Deviasi Standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dengan:

- S = Deviasi Standar
- x_i = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji
- \bar{x} = Kuat tekan beton rata-rata dengan rumus

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Di mana n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 benda uji). Dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung deviasi standar harus memenuhi kriteria berikut:

- a. Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' yang nilainya dalam batas

7 MPa dari nilai f_{cr} yang telah ditentukan.

- c. Paling sedikit terdiri dari 30 hasil yang berurutan atau 2 kelompok hasil uji yang diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- d. Jika suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Pengali untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji yang Tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$f'c+12$ MPa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Menghitung Nilai Tambah

Tabel 3.5: Nilai Tambah Margin

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

M adalah nilai tambah, di mana 5,7 adalah tingkat mutu pekerjaan baik.

4. Menghitung Kuat Tekan Beton Rata-Rata (f_{cr})

$$f_{cr} = f'c + M$$

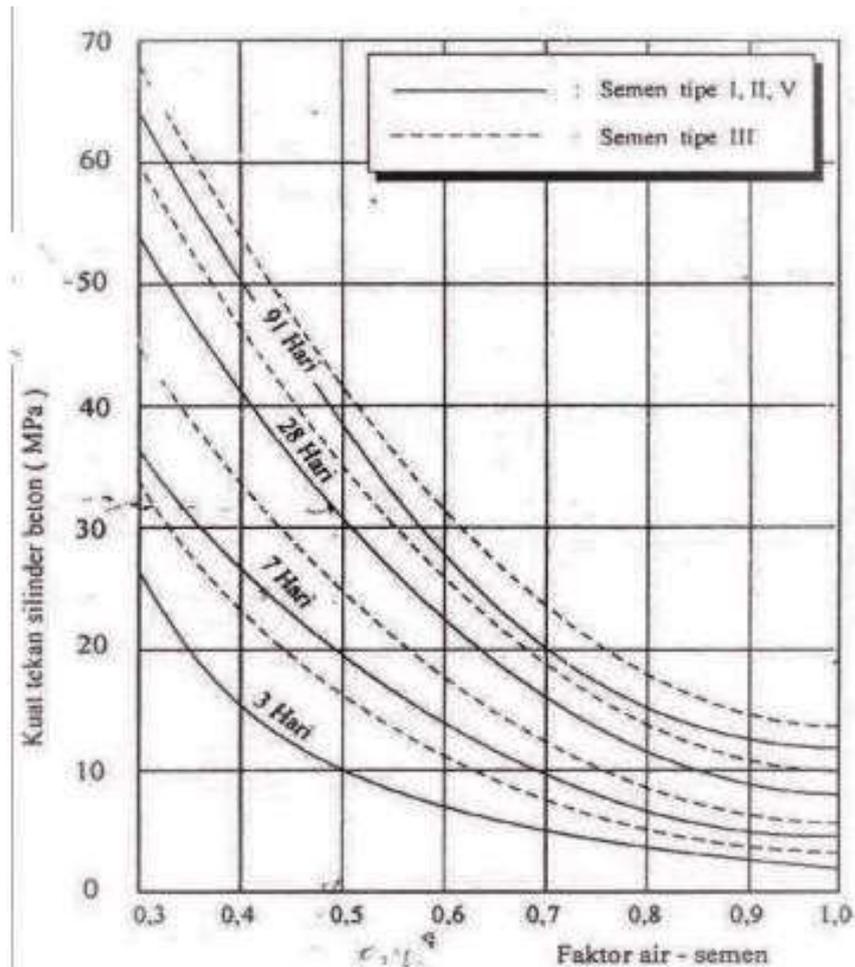
- 5. Menetapkan Jenis Semen.
- 6. Menentukan Jenis Agregat Kasar dan Agregat Halus Agregat dapat berupa tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
- 7. Menentukan Faktor Air Semen Menghubungkan kuat tekan dengan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan

dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Jika tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman, gunakan Tabel 3.6. Ikuti langkah berikut:

- a. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.6, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- b. Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 hingga memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub-butir di atas.
- c. Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan hingga memotong kurva baru yang ditentukan pada sub-butir di atas.
- d. Menarik garis tegak lurus ke bawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang akan diperlukan.

Tabel 3.6 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland tipe I	Batu tak pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak pecah	20	28	40	48	Kubus
Semen tahan sulfat tipe I,II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	
	Batu pecah	30	40	53	60	Kubus



Gambar 3. 22. : Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder 15 x 30 cm).

8. Menentukan Faktor Air Semen Maksimum. Faktor air semen maksimum dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai adalah nilai yang terendah.
9. Menentukan Slump yang ditetapkan harus sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan untuk memperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan, dan diratakan.
10. Menentukan Ukuran Agregat Maksimum. Jika ukuran agregat maksimum tidak ditetapkan, maka harus memenuhi ketentuan berikut:
 - a. Tidak boleh lebih dari seperlima jarak terkecil di antara bidang samping dari cetakan.
 - b. Tidak boleh lebih dari sepertiga tebal plat.
 - c. Tidak boleh lebih dari tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang.

11. Menentukan Nilai Kadar Air Bebas Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk agregat tak dipecah dan agregat yang dipecah, gunakan nilai-nilai pada Tabel 3.5.
- b. Untuk agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), hitung menggunakan rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Dengan:

- W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.
- W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.6.

Tabel 3.7: Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan pada Beton

Catatan: Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C ; setiap kenaikan 5°C memerlukan tambahan air sebesar 5 liter per m^3 adukan beton.

12. Menghitung Jumlah Semen Minimum Jumlah semen minimum dihitung dengan membagi kadar air bebas dengan faktor semen.
13. Jumlah Semen Maksimum Jika tidak ditetapkan, jumlah semen maksimum dapat diabaikan.
14. Menentukan Jumlah Semen Semimum Mungkin Jika tidak, lihat pada Tabel 3.7. Jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.8: Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

Slum (mm)		0-10	10-30	30-60	60-80
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat				
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu diatas 25 setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

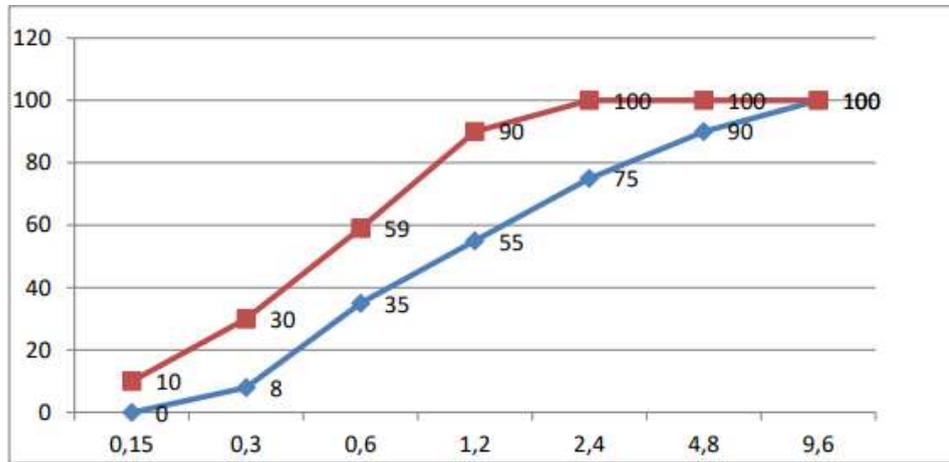
1. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi dengan faktor semen.
2. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
3. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat pada Tabel 3.7 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.9: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,62 0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik dari matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering bergantian.	325	
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.		
Beton yang berkelanjutan berhubungan :		
a. Air tawar		
b. Air laut		

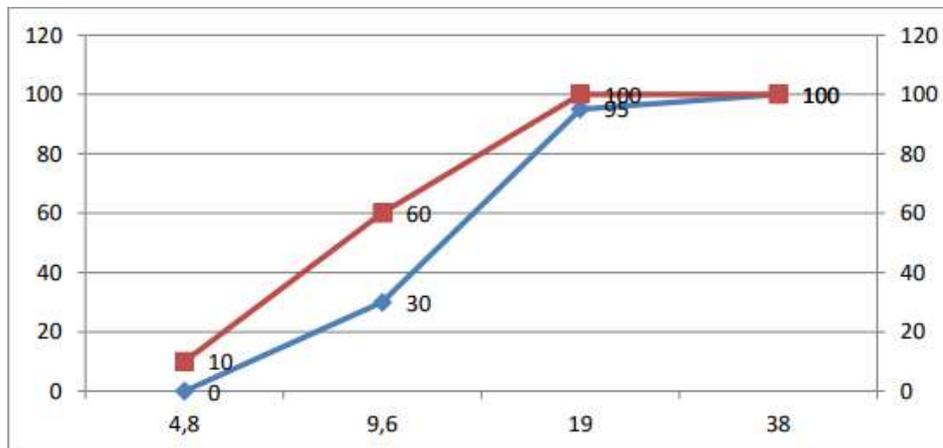
15. Menentukan Faktor Air Semen yang Disesuaikan Bila jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang telah ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen juga harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan Susunan Butir Agregat Halus Jika agregat halus sudah dikenal dan telah dilakukan analisis penyaringan menurut standar yang

ditentukan, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva yang tertera dalam Gambar 3.10 (ukuran mata ayakan (mm)).



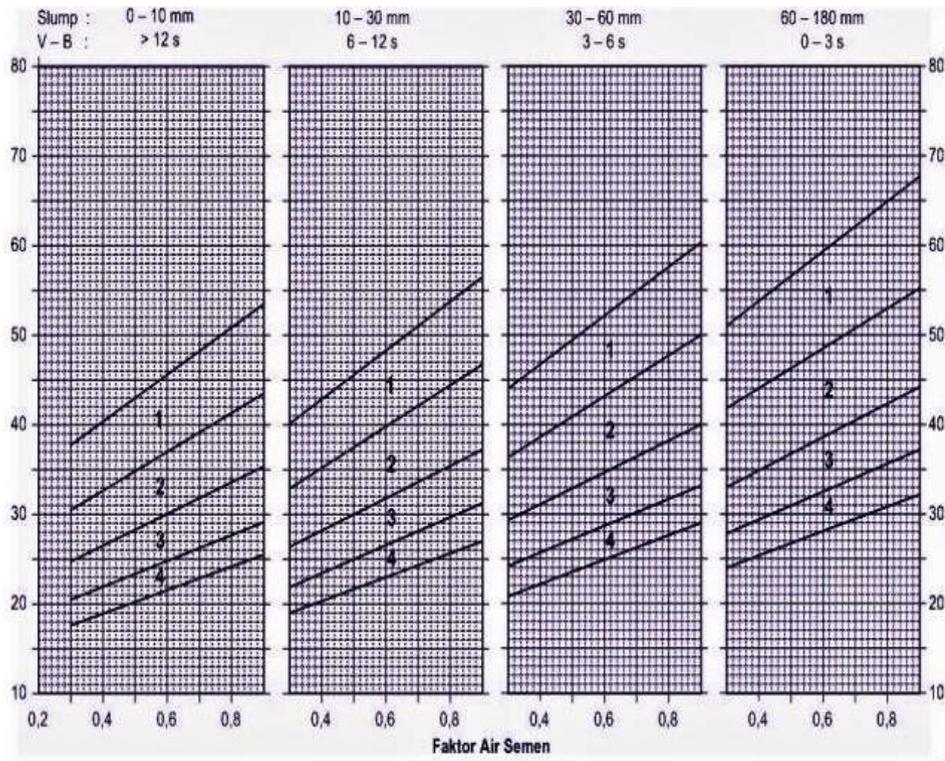
Gambar 3. 23: Grafik Gradasi Agregat Sedang (Gradasi No. 2-SNI-03-2834-2000)

Menentukan susunan pada agregat kasar menurut gambar.



Gambar 3. 24: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimal 20 mm (SNI-03-2834-2000)

17. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butiran agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang dibutuhkan dapat di baca pada grafik.



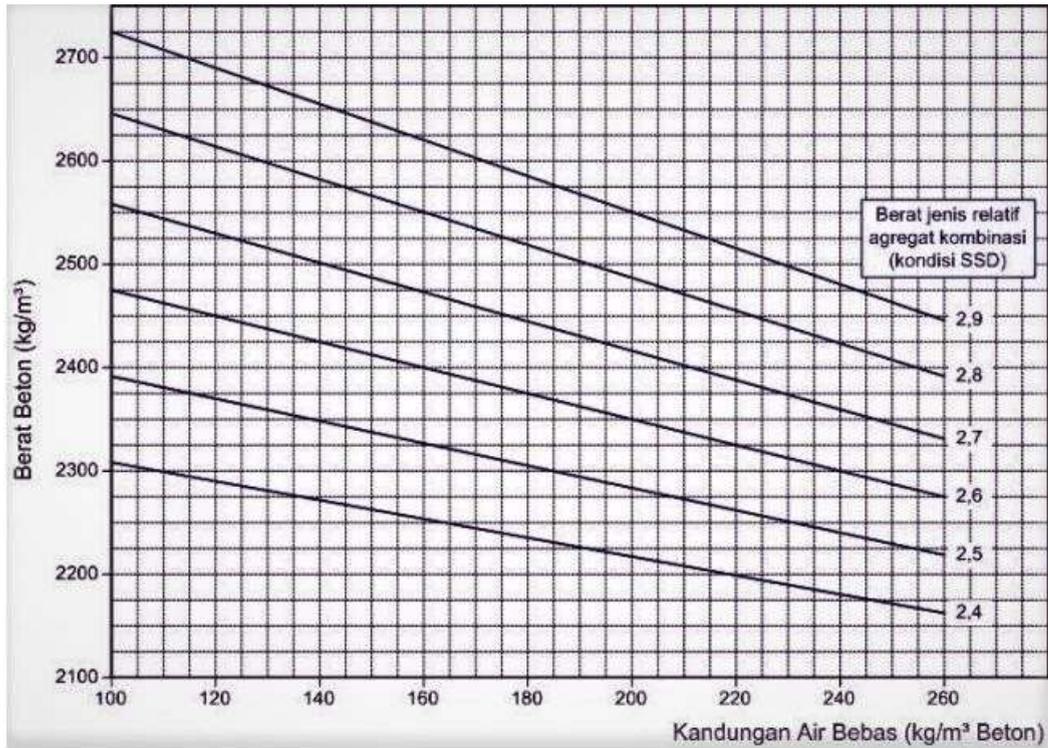
Gambar 3. 25: Persenan pasir terhadap kadar total agregat yang telah dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.

18. Menghitung berat jenis relative agregat. Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut :

- a. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai yang ada dibawah ini :
 - Agregat tak dipecah : 2,5
 - Agregat dipecah : 2,6 atau 2,7
- b. Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut ini :

Berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar.

19. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.12 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.7 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3. 26: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

20. Mengitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
21. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
22. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22 dari langkah tersebut diatas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan untuk 1 m³ beton.
23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering dipermukaan.
24. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.
25. Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikitnya satu kali dalam sehari dan dihitung.

3.10. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 x 30 cm yang berjumlah 20 buah. Proses pembuatan benda uji tersebut ditunjukkan dengan gambar pada lampiran dengan menggunakan Plastik PET dan campuran agregat lainnya. Benda uji yang dibuat adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Pembuatan benda uji akan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu beton normal dan beton dengan campuran serat bambu.

1. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut ini :
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil dari mix design.
 - b. Menyiapkan molen atau alat pengaduk semen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan dengan air.
 - c. Kemudian pertama-tama tuangkan terlebih dahulu agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata dengan molen.
 - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump test untuk mengukur tingkat workability adukan.
 - f. Apabila nilai slump test telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - g. Diamkan selama 24 jam.
 - h. Setelah 24 jam, cetakan kemudian dibuka dan lakukan perawatan beton.
2. Langkah-langkah pembuatan beton campuran Plastik PET dan Abu Sekam Padi adalah sebagai berikut ini :
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil mix design.

- b. Menyiapkan mesin pencampur atau molen yang bagian dalamnya sudah di lembabkan dengan air.
- c. Kemudian tuangkan agregat kasar kedalam molen lalu masukkanlah campuran Plastik PET yang telah lolos saringan No.3/4 dengan variasi yang ditentukan.
- d. Kemudian masukkan agregat halus dan abu sekam padi.
- e. Kemudian masukkan semen kedalam mesin mould atau molen.
- f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Kemudian masukkan Superplasticizer sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
- h. Setelah tercampur rata, dilakukanlah uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan.
- i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat
- j. Diamkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.11. Pemeriksaan Slump Test

Langkah-langkah pengujian slump test :

1. Basahi kerucut Abrams dan pelat sebesar 1 m x 1 m.
2. Letakkan pelat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah pelat.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan semen menggunakan alat stowatch.
4. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 500 mm dan hentikan stopwatch saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
5. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton dengan menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.

6. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.12. Perawatan (*curing*) Pada Benda Uji

Proses perawatan (*curing*) yang dilakukan untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan SNI 2493:2011. Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur 28 hari. Langkah-langkah yang dilakukan kedalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut :

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut.

3.13. Uji Absorpsi Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pada air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler melalui permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Biasanya penelitian absorpsi diukur dengan menghitung persentase antara perbedaan massa dari kondisi kering dengan kondisi SSD (*saturated surface dry*). Prosedur dalam pengujian ini yaitu :

1. Benda uji ditimbang terlebih dahulu.
2. Kemudian benda uji direndam selama 28 hari.
3. Setelah perendaman 28 hari benda uji kemudian di timbang kembali.

3.14. Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sample beton. Sample beton di uji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban terdahulu. 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 dengan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaannya yang ditekan rata, usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimal yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Data hasil penelitian perlu dianalisis dan dibahas untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pada bab ini, akan dipaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Proses ini mencakup pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Dalam pemeriksaan bahan pembentuk beton, peneliti mengumpulkan data mengenai material, termasuk berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, penyerapan, dan analisis saringan. Bahan-bahan yang digunakan dalam pencampuran beton harus memenuhi sejumlah persyaratan, sehingga pemeriksaan bahan-bahan tersebut sangat penting dilakukan.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Dalam penelitian ini, agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Untuk agregat halus tersebut, dilakukan beberapa pemeriksaan meliputi analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, kadar air, berat isi, dan kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisis saringan dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 dan pedoman praktikum beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 : Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
4.75 (No. 4)	65	70	135	6,77	6,77	93,23
2.36 (No. 8)	82	80	162	8,12	14,89	85,11
1.18 (No.16)	137	184	321	16,09	30,98	69,02
0.60 (No. 30)	169	136	305	15,29	46,27	53,73
0.30 (No. 50)	464	436	900	45,11	91,38	8,62
0.15 (No. 100)	11	14	25	1,25	92,63	7,37
Pan	69	78	147	7,37	100	0
Total	997	998	1995	100,00	282,92	

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{282,92}{100} \\ &= 2,83 \end{aligned}$$

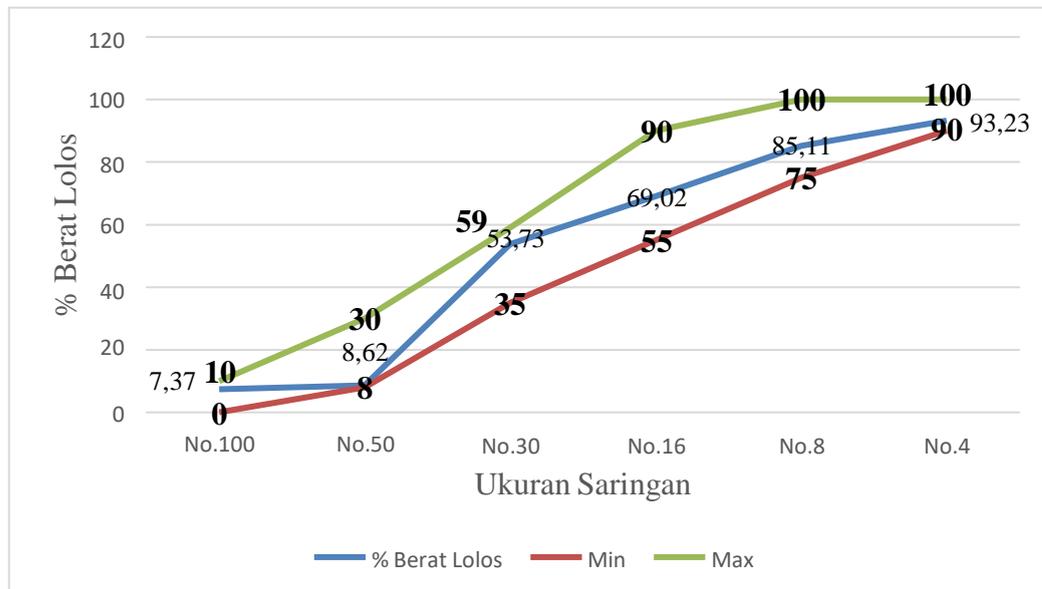
Menurut Tjokrodimuljo (2007), modulus halus butir agregat halus umumnya berkisar antara 1,5 hingga 3,8. Dalam pengujian ini, nilai yang diperoleh adalah 2,83, yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Selain menentukan nilai modulus halus butir, hasil pengujian analisis saringan juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Informasi mengenai gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Daerah Gradasi Agregat Halus.

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen bahan butiran yang lolos saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100

8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan Tabel 4.2, agregat halus yang digunakan memenuhi kriteria gradasi daerah II, dengan jenis pasir yang sedikit kasar. Grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase lolos kumulatif dan persen bahan butiran yang lolos penyaringan untuk gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik Analisis Agregat Halus

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan sesuai dengan SNI 1970:2008 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata
			(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan) (E)	492	491	491,5
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (<i>Berat Piknometer penuh air</i>) (D)	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (<i>Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air</i>) (C)	994	989	991.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	1.63	1.83	1.73

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh nilai berat jenis jenuh kering rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Menurut Tjokrodinuljo (2007), berat jenis agregat normal berkisar antara 2,4-2,7, sehingga agregat halus yang digunakan termasuk dalam kategori berat jenis normal karena nilai tersebut berada dalam rentang yang ditentukan.

3. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan mengacu pada SNI 1971-2011 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 : Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	950	951
Wt of SSD sample (berat contoh SSD)	500	500
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah)	936	938
Wt of Mold (berat wadah)	450	451
Wt of Water (berat air)	14	13
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)	486	487
Kadar Air	2.11	2.18
Rata-Rata	2.145	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,145%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali: percobaan pertama menunjukkan kadar air sebesar 2,11%, sedangkan percobaan kedua menghasilkan kadar air sebesar 2,18%. Hasil ini telah memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu antara 2% hingga 20%.

4. Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi dilakukan sesuai dengan SNI 03-4804-1998 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata – Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	16840	18900	18965	18235
Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	22167	24227	24292	23562
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.54	1.73	1.73	1.67

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm³. Berat isi yang dibutuhkan untuk beton normal berkisar antara 1,5 hingga 1,8, sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan sudah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan berdasarkan SNI 03-4141-1996 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai kadar lumpur agregat halus. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pengujian kadar lumpur

Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah di cuci	471	479	475
Berat kotoran	29	21	25
Persentase kotoran	6.2	4.4	5.3

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, kadar lumpur pada sampel 1 adalah 6,2% dan pada sampel 2 adalah 4,4%. Rata-rata kadar lumpur dari kedua sampel tersebut adalah 5,3%.

4.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Plastik PET

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Plastik PET.

Plastik PET	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	50	50	50
Berat SSD kering oven (E)	gr	47	48	47,5
Berat Pic + air (D)	gr	692	691	691,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	719	721	720
$BJ\ Bulk = (E / (B + D - C))$		2,04	2,40	2,22
$BJ\ SSD = (B / (B + D - C))$		2,17	2,50	2,34
$BJ\ Semu = (E / (E + D - C))$		2,35	2,67	2,51
$Absorption = ([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	6,38	4,17	5,27

Dari hasil pengujian, diperoleh data sebagai berikut: berat jenis Saturated Surface Dry (SSD) adalah 2,34 gram/cm³. Agregat dianggap normal jika berat jenisnya berada dalam rentang 2,2 – 2,7 gram/cm³, sehingga agregat pada pengujian Plastik PET ini termasuk dalam kategori agregat normal. Selain itu, penyerapan air tercatat sebesar 5,27%.

4.5 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini, agregat kasar berupa batu pecah diperoleh dari Binjai. Pemeriksaan bahan pada agregat kasar mencakup pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan sesuai dengan SNI 03-1969-1990 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 in)	65	57	122	2,44	32,82	67,18
9.52 (3/8 in)	1467	1498	2965	59,30	31,36	35,82
4.75 (No. 4)	968	945	1913	38,26	100	0
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0
1.18 (No.16)	0	0	0	0	100	0
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	100	0
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	100	0
0.15 (No.100)	0	0	0	0	100	0
4.2.3 Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2500	2500	5000	100	664.18	

Berdasarkan Tabel 4.8 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{664,18}{100} \\ &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= 6,64 \end{aligned}$$

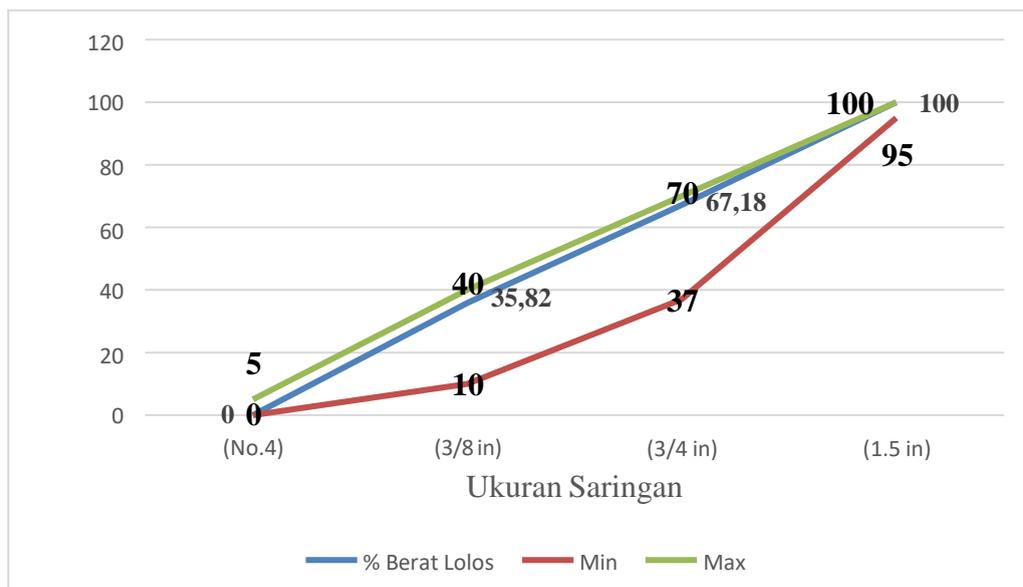
Menurut Tjokrodinuljo (2007), umumnya nilai modulus halus butir untuk agregat kasar berada dalam rentang 6,0 hingga 7,0. Pada pengujian ini,

nilai yang diperoleh adalah 6,64, yang menunjukkan bahwa agregat memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Selain menentukan nilai modulus halus butir, hasil pengujian analisa saringan juga digunakan untuk mengevaluasi gradasi agregat kasar. Informasi mengenai daerah gradasi agregat kasar dapat ditemukan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 : Batas Gradasi Agregat Kasar.

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Dari Tabel 4.9, gradasi agregat kasar mengikuti persyaratan untuk ukuran butir maksimum 20 mm. Namun, analisis saringan menunjukkan adanya gradasi sela karena fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm tidak terpenuhi. Ketidaksiuaian pada salah satu fraksi ukuran dapat menyebabkan peningkatan volume pori (ruang kosong) dalam beton. Variasi ukuran agregat kasar yang lebih baik dapat mengurangi volume pori dan menghasilkan beton yang lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang tertahan pada saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Grafik Analisa Agregat Kasar.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan mengacu pada SNI 1969-2008 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai berat jenis dan penyerapan air untuk agregat kasar. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-Rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C)	2776,5	2683	2741
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.32	2.51	2.41
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) C / (C - B)	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A - C) / C] x 100%	0.85	0.64	0.75

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada agregat kasar, diperoleh

berat jenis jenuh kering rata-rata sebesar 2,41 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan air pada agregat kasar lebih rendah dibandingkan dengan agregat halus, menunjukkan bahwa rongga-rongga pada agregat kasar yang dapat menyerap air lebih sedikit. Berat jenis agregat yang normal berkisar antara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodinuljo, 2007). Oleh karena itu, agregat kasar yang digunakan tergolong dalam kategori agregat dengan berat jenis normal.

3. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan berdasarkan SNI 1971-2011 dan mengacu pada Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai kadar air agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample & Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) gr	1492	1495
<i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD) gr	1000	1000
<i>Wt of Oven Dry Sample & Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah) gr	1482	1486
<i>Wt of Mold</i> (berat wadah) gr	492	495
<i>Wt of Water</i> (berat air) gr	10	9
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering) gr	990	991
<i>Kadar Air</i>	0.505	0.703
Rata-Rata	0.604	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, rata-rata kadar air pada agregat kasar diperoleh sebesar 0,604%. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, dengan hasil kadar air pada percobaan pertama sebesar 0,505% dan pada percobaan kedua sebesar 0,703%.

4. Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi dilakukan mengacu pada SNI 03-4804-1998 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai berat isi agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Sample 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	18530	19825	19680	19345
Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	23857	25152	25007	24672
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.69	1.81	1.80	1.77

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,77 gr/cm³. Berat isi yang diperlukan untuk beton normal berkisar antara 1,5-1,8 gr/cm³, sehingga berat volume padat agregat kasar yang digunakan sudah memenuhi standar.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan sesuai dengan SNI 03-4141-1996 dan mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat Contoh Kering	2500	2500	2500
Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci	2477	2489	2483
Berat Kotoran	23	21	22
Persentase Kotoran	0.9	0.8	0.9

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,9% dan dari sampel 2 sebesar 0,8%. Rata-rata kadar lumpur dari kedua sampel adalah 0,9%.

4.6 Perencanaan Campuran Beton

Penulis akan menganalisis data yang diperoleh selama penelitian untuk menentukan campuran beton yang diinginkan. Setelah melaksanakan pengujian dasar, data yang tercantum dalam Tabel 4.14 akan digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan target kuat tekan 25 MPa, seperti yang tertera pada Tabel 4.15 sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk memperoleh proporsi campuran yang sesuai dengan kekuatan tekan yang direncanakan. Perencanaan beton normal ini ditargetkan memiliki nilai kuat tekan sebesar 25 MPa, dengan perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 4.14: Data-data hasil tes dasar.

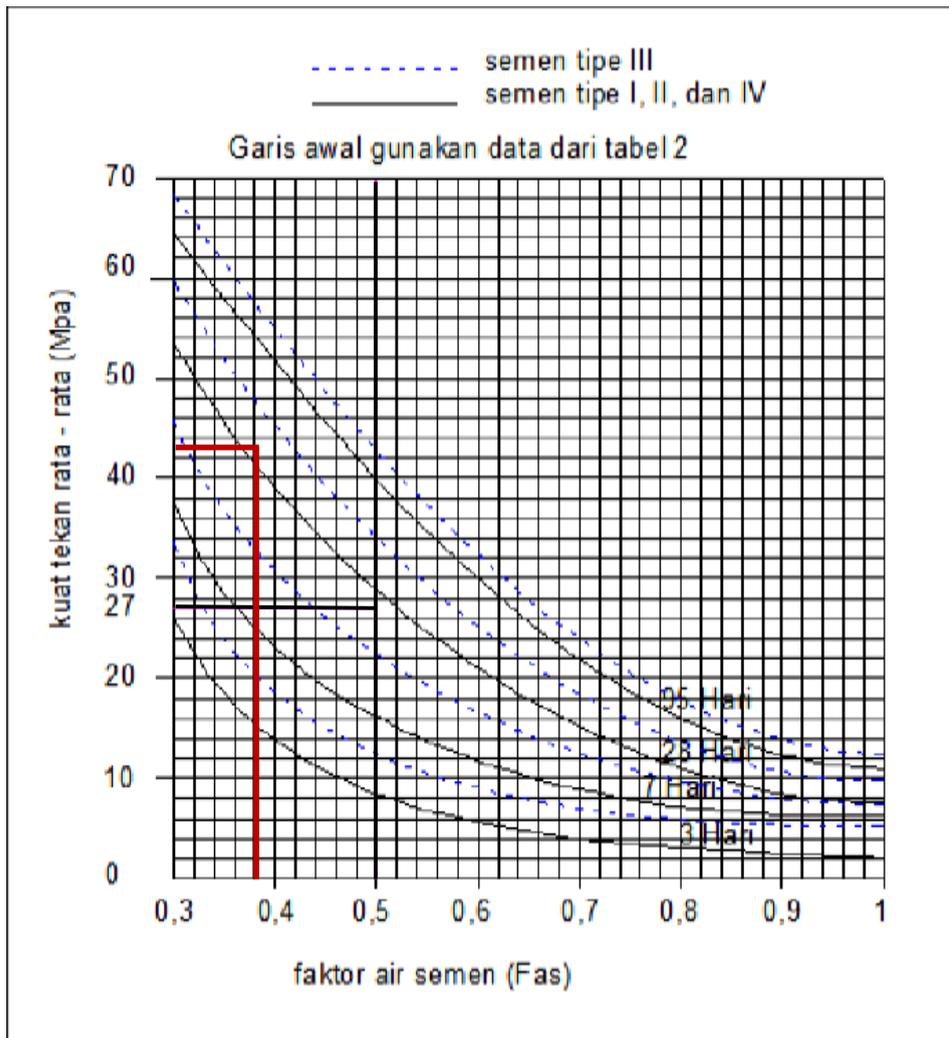
No	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,511gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,165gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,75 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,73 %
13.	Nilai slump rencana	30-60 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	40 m

1. Kuat tekan yang direncanakan (f_c') adalah 25 MPa, dan pengujian benda uji akan dilakukan pada usia 28 hari.
2. Karena jumlah benda uji yang direncanakan kurang dari 15, standar deviasi yang digunakan adalah 12 MPa.
3. Margin tambahan (M) ditetapkan sebesar 5,7 MPa.

4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + \text{Deviasi standar} + M \\ &= 25 + 12 + 5,7 \\ &= 42,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I (ditetapkan).
6. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat halus berupa pasir alami dari Binjai dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm, juga berasal dari Binjai.
7. Faktor air-semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.3 yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan dan faktor air-semen, dengan perkiraan kuat tekan beton rata-rata 42,7 MPa, menggunakan semen Portland tipe I, pengujian beton pada umur 28 hari, dan agregat kasar berupa batu pecah, ditetapkan FAS sebesar 0,38.



Gambar 4.3 : Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

8. Faktor air-semen maksimum, berdasarkan Tabel 3.8 mengenai persyaratan faktor air maksimum, ditetapkan sebesar 0,60 karena beton akan ditempatkan di lokasi yang terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung.
9. Slump yang direncanakan dalam penelitian ini adalah antara 30-60 mm.
10. Ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 40 mm.
11. Kadar air bebas campuran agregat dihitung berdasarkan ukuran agregat maksimum 40 mm dan nilai slump yang ditentukan 30-60 mm. Mengacu pada Tabel 3.7, nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 kg/m^3 , dan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 kg/m^3 , sehingga kadar air bebas yang digunakan adalah:

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = 170 \text{ kg/m}^3$$

12. Kadar semen dapat dihitung dengan membagi kadar air bebas dengan faktor air-semen, menghasilkan:

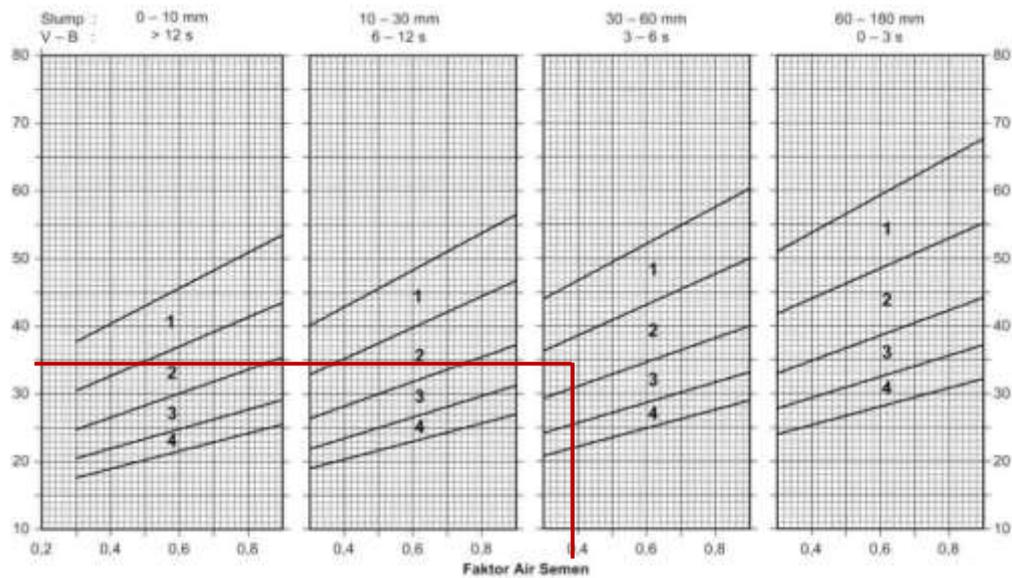
$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}}$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{170}{0,38}$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = 447,468 \text{ kg/m}^3$$

Kadar semen maksimum adalah 447,368 kg/m³.

13. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan, yang akan ditempatkan di dalam ruangan dan terlindung dari hujan serta sinar matahari langsung, adalah 275 kg/m³ berdasarkan Tabel 3.8.
14. Faktor air-semen yang disesuaikan, menurut Gambar 4.3, adalah sebesar 0,38.
15. Gradasi agregat halus, sesuai dengan Gambar 4.1, adalah batas gradasi pasir no.2.
16. Gradasi agregat kasar, sesuai dengan Gambar 4.2, adalah batas gradasi kerikil dengan ukuran maksimum 40 mm.
17. Berdasarkan slump 30-60 mm, faktor air-semen 0,38, dan ukuran butir maksimum 40 mm, serta gradasi agregat halus yang berada pada gradasi 2, persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.4. Persentase batas bawah agregat halus adalah 38%.



Gambar 4.4 : Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

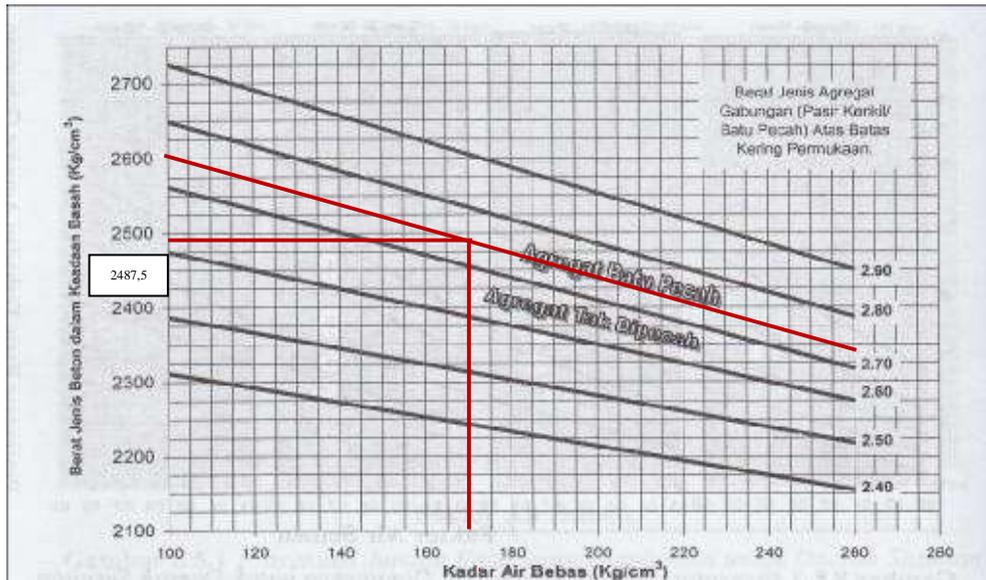
19. Untuk menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD, digunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Relatif} &= (AH \times BJAH) + (AK \times BJAK) \\
 &= (0,38 \times 2,57) + (0,62 \times 2,72) \\
 &= 2,73
 \end{aligned}$$

di mana:

- AH adalah fraksi agregat halus
- BJAH adalah berat jenis agregat halus
- AK adalah fraksi agregat kasar
- BJAK adalah berat jenis agregat kasar

20. Berat isi beton dihitung berdasarkan Gambar 4.5. Dengan kadar air bebas sebesar 170 kg/m³ dan berat jenis gabungan sebesar 2,73, nilai berat isi beton yang diperoleh adalah 2487,5 kg/m³.



Gambar 4.5 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\
 &= 2487,5 - (447,368 + 170) \\
 &= 1870,132 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \% \text{ AH} \\
 &= 1870,132 \times 0,38\% \\
 &= 710,650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\
 &= 1870,132 - 710,650 \\
 &= 1159,482 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan

campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

Tabel 4.15 : Propersi campuran.

Semen (kg)	Air (kg/liter)	Agregat kondisi jenuh kering	
		Halus (kg)	Kasar (kg)
Item no.12	Item no.11	Item no.22	Item no.23
447,368	170	710,650	1159,482

25. Koreksi Proporsi Campuran

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui :

- Jumlah air (B) = 170 kg/m³
- Jumlah agregat halus (C) = 710,650 kg/m³
- Jumlah agregat kasar (D) = 1159,482 kg/m³
- Penyerapan agregat halus (C_a) = 1,73
- Penyerapan agregat kasar (D_a) = 0,75
- Kadar air agregat halus (C_k) = 2,145
- Kadar air agregat kasar (D_k) = 0,604

a. Air

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{d}{100} \\ &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100} \\ &= 165,335 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} \\ &= 710,650 + (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100} \\ &= 713,599 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

c. Agregat kasars

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{d}{100} \\ &= 1159,482 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100} \\ &= 1157,766 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil koreksi proporsi campuran:

- Semen = $447,368 : 447,368=1$
- Air = $165,335 : 447,368=0,37$
- Agregat Halus = $713,599 : 447,368=1,59$
- Agregat Kasar = $1157,766 : 447,368=2,59$

Tabel 4.16 : Koreksi proporsi campuran.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
447,368	713,599	1157,766	165,335
1	1,59	2,59	0,37

Tabel 4.17 : Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 Mpa
2	Deviasi Standar	Tabel 3.4	12 Mpa
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.5	5,7 Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	42,7 Mpa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland Tipe I
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas	Gambar 4.3	0,38
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.7	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	Item 12	447,368 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	447,368 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang d disesuaikan	Item 7	0,38
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1	Daerah gradasi zona 2

17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Item 18		38 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Item 19		2,73	
20	Berat isi beton	Gambar 4.5		2487,5 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1870,132 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21x18		710,650 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1159,482 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	447,368	170	710,650	1159,482
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,38	1,59	2,59
25	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,371	0,900	3,782	6,136
26	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	447,368	170	710,650	1159,482
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,38	1,59	2,59
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,371	0,900	3,782	6,136

Dengan demikian, hasil perencanaan beton menunjukkan perbandingan campuran akhir per m³ sebagai berikut:

Tabel 4.19: Perbandingan Campuran Akhir untuk 1 Benda Uji (m³).

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
447,368	710,650	1159,482	170
2,371	3,782	6,136	0,900

4.6.1 Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran :

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

Diameter Silinder = 15 cm = 0,15 m

Maka, Volume Silinder yaitu : Volume silinder = $\pi r^2 t$

Volume silinder = $\pi r^2 t$

$$\begin{aligned}
&= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
&= 0,0053 \text{ m}^3 \\
\text{Atau} \quad &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 30 \\
&= 0,0053 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Dengan demikian, perhitungan kebutuhan material untuk 1 benda uji adalah sebagai berikut:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji:
 - =Kebutuhan semen×Volume 1 benda uji
 - = 447,368 kg/m³×0,0053 m³
 - =2,37
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji:
 - =Kebutuhan pasir×Volume 1 benda uji
 - = 710,650 kg/m³×0,0053 m³
 - =3,782 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji:
 - =Kebutuhan batu pecah×Volume 1 benda uji
 - =1159,482 kg/m³×0,0053 m³
 - =6,136 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji:
 - =Kebutuhan air×Volume 1 benda uji
 - =170 kg/m³×0,0053 m³
 - =900 ml
- Sika Viscrocrete-8670 MN yang dibutuhkan untuk 1 benda uji:
 - = Berat semen × 0,8 % = 2,371 kg × 0,008
 - = 0,01896 kg = $\frac{0,01896}{1,073}$

=17,67ml

Tabel 4.20 Perbandingan Kebutuhan Material untuk 1 Benda Uji dalam Satuan kg.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air	Sikament NN
2,371 kg	3,782 kg	6,136 kg	900 ml	17,67 ml

- a. Menentukan agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.21 : Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{jumlah agregat kasar}} \times 100$
1,5"	4,449	0,273
¾"	40,890	2,509
3/8"	45,763	2,808
No. 4	8,898	0,546
Total		6,136

Berdasarkan Tabel 4.21, jumlah berat agregat kasar yang tertahan pada setiap saringan untuk 1 benda uji adalah sebagai berikut: saringan 1,5" memerlukan 0,273 kg, saringan ¾" memerlukan 2,509 kg, saringan 3/8" memerlukan 2,808 kg, dan saringan No.4 memerlukan 0,546 kg. Total berat agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji adalah 6,136 kg.

Selanjutnya, untuk menentukan kebutuhan agregat halus pada setiap saringan dalam 1 benda uji, dapat merujuk pada Tabel 4.22, yang menunjukkan jumlah agregat halus yang diperlukan untuk setiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.22 : Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

		Berat tertahan (kg)
--	--	---------------------

Nomor saringan	% berat tertahan	$\frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{jumlah agregat halus}} \times 100$
No.4	0,740	0,028
No.8	6,610	0,250
No.16	19,513	0,738
No.30	24,405	0,923
No.50	26,388	0,998
No.100	19,804	0,749
Pan	2,538	0,096
Total		3,782

Berdasarkan Tabel 4.22, rincian berat agregat halus yang tertahan pada setiap saringan untuk 1 benda uji adalah sebagai berikut: saringan No.4 memerlukan 0,028 kg, saringan No.8 memerlukan 0,250 kg, saringan No.16 memerlukan 0,738 kg, saringan No.30 memerlukan 0,923 kg, saringan No.50 memerlukan 0,998 kg, saringan No.100 memerlukan 0,749 kg, dan saringan pan memerlukan 0,096 kg. Total berat agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji adalah 3,782 kg.

Untuk penelitian ini, dengan jumlah benda uji sebanyak 21, kebutuhan bahan adalah sebagai berikut:

- Semen:
 - = Jumlah semen per benda uji x 21 benda uji
 - = 2,371 kg x 21
 - = 49,791 kg
- Pasir:
 - = Jumlah pasir per benda uji x 21 benda uji
 - = 2,782 kg x 21
 - = 58,422 kg
- Batu Pecah:
 - = Jumlah batu pecah per benda uji x 21 benda uji
 - = 6,136 kg x 21

$$= 128,856 \text{ kg}$$

- Air:

$$= \text{Jumlah air per benda uji} \times 21 \text{ benda uji}$$

$$= 900 \text{ ml} \times 21$$

$$= 18,900 \text{ liter}$$

- Sikament NN:

$$= \text{Jumlah Sikament per benda uji} \times 21 \text{ benda uji}$$

$$= 17,67 \text{ ml} \times 21$$

$$= 371,07 \text{ ml}$$

Tabel 4.23: Perbandingan bahan untuk 21 benda uji dalam satuan kg.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air	Sikament NN
49,791 kg	58,422 kg	128,856 kg	18,900	371,07 ml

4.6.2 Penggunaan Plastik PET sebagai Substitusi Agregat Kasar

Dalam penelitian ini, plastik PET digunakan sebagai substitusi agregat kasar dengan proporsi 0,5%, 1%, dan 1,5%. Berikut adalah rincian berat untuk setiap variasi:

- Plastik PET 0,5% untuk 1 benda uji:

$$= 0,5\% \times \text{agregat kasar tertahan di saringan } 3/8$$

$$= 0,5\% \times 2,808 \text{ kg}$$

$$= 0,01404 \text{ kg}$$

$$\approx 14 \text{ gram}$$

- Plastik PET 1% untuk 1 benda uji:

$$= 1\% \times \text{agregat kasar tertahan di saringan } 3/8$$

$$= 1\% \times 2,808 \text{ kg}$$

$$= 0,02808 \text{ kg}$$

≈ 28 gram

- Plastik PET 1,5% untuk 1 benda uji:
= 1,5% x agregat kasar tertahan di saringan 3/8
= 1,5% x 2,808 kg
= 0,04212 kg
 ≈ 42 gram

Untuk setiap variasi, jumlah plastik PET yang diperlukan untuk 6 benda uji adalah sebagai berikut:

- Plastik PET 0,5%:
= Berat plastik PET per benda uji x 6 benda uji
= 14 gram x 6
= 84 gram
- Plastik PET 1%:
= Berat plastik PET per benda uji x 6 benda uji
= 28 gram x 6
= 168 gram
- Plastik PET 1,5%:
= Berat plastik PET per benda uji x 6 benda uji
= 42 gram x 6
= 252 gram

Total plastik PET yang digunakan untuk 12 benda uji adalah:

$$\begin{aligned} &= 84 \text{ gram} + 168 \text{ gram} + 252 \text{ gram} \\ &= 504 \text{ gram} \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg adalah :

Tabel 4.24: Jumlah plastik PET yang dibutuhkan untuk 6 benda uji silinder.

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari agregat kasar (gr)
--------------------------------	---

0,5%	84
1%	168
1,5%	252
0,5% + SP	84
1% + SP	168
1,5% + SP	252
Banyak plastik PET untuk penelitian	504

4.6.3 Penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) sebagai Substitusi Agregat Halus

Dalam penelitian ini, abu sekam padi digunakan sebagai substitusi agregat halus dengan proporsi 3%. Berikut rincian berat untuk variasi yang digunakan:

- Abu Sekam Padi 3% untuk 1 benda uji:

$$= 3\% \times \text{agregat halus}$$

$$= 3\% \times 2,782 \text{ kg}$$

$$= 0,08346 \text{ kg}$$

$$\approx 83 \text{ gram}$$

Untuk 18 benda uji, jumlah abu sekam padi yang diperlukan adalah:

- Abu Sekam Padi 3%:

$$= \text{Berat abu sekam padi per benda uji} \times 18 \text{ benda uji}$$

$$= 83 \text{ gram} \times 18$$

$$= 1494 \text{ gram}$$

Total abu sekam padi (ASP) yang dibutuhkan adalah:

$$= 83 \text{ gram} \times 18$$

$$= 1494 \text{ gram}$$

Tabel 4.25: Jumlah abu sekam padi yang diperlukan untuk 18 benda uji silinder.

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari agregat halus (gr)
3%	1494
Banyak abu sekam padi untuk penelitian	1494

4.6 Slump Test

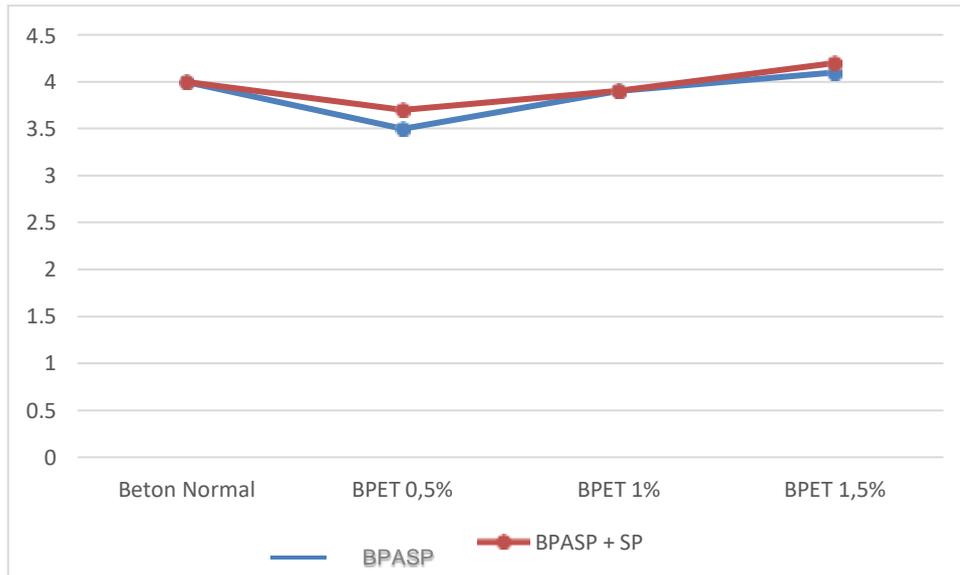
Slump test adalah metode pengujian yang sederhana dan sering digunakan untuk mengukur kelecakan beton segar. Penurunan kelecakan akibat cuaca panas, misalnya, dikenal sebagai slump loss. Uji ini berguna untuk memeriksa perubahan kadar air jika material dan gradasi agregat seragam. Dengan jumlah air yang konstan, slump test dapat menunjukkan perbedaan dalam gradasi atau kesalahan perbandingan berat. Namun, uji slump tidak efektif untuk mengukur kelecakan campuran beton yang kaku (Humaidi & Hafizh, 2011).

Berdasarkan Tabel 4.26 dan Grafik 4.6, terlihat adanya perubahan pada setiap variasi campuran beton. Beton normal menunjukkan nilai slump test sebesar 4 cm. Nilai slump test terendah adalah 3,3 cm untuk variasi BPASP 1,5%, sedangkan nilai slump test tertinggi adalah 4,2 cm untuk variasi BPASP 2,5%. Dari hasil tersebut, slump test untuk beton normal, beton dengan substitusi plastik sebagai pengganti agregat kasar, dan penambahan Sikmaent-NN memenuhi kriteria slump antara 30 - 60 cm.

Penelitian oleh Handayasari (2017) menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik yang lebih sedikit dalam campuran beton akan menurunkan nilai slump.

Tabel 4.26: Hasil pengujian nilai slump test.

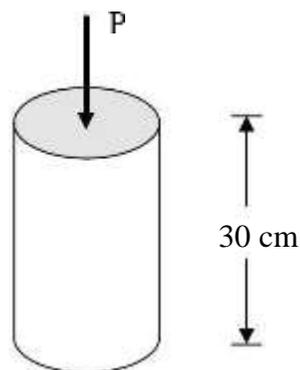
	Beton Normal	BPAS P 0,5%	BPASP 1%	BPAS P 1,5%	BPAS P + SP 0,5%	BPA SP + SP 1%	BPAS P + SP 1,5 %
Hari	28	28	28	28	28	28	28
Slump Test (cm)	4	3,5	3,9	4,1	3,7	3,9	4,2



Gambar 4.6 : Grafik perbandingan nilai *slump test*.

4.7 Kekuatan Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, dengan total 15 buah benda uji. Benda uji dikelompokkan sesuai dengan variasi campurannya yang tercantum dalam Tabel 3.1.



Gambar 4.7: Pengujian tekan pada benda uji silinder.

Beberapa jenis cetakan benda uji yang digunakan termasuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Rumus untuk menghitung kekuatan tekan beton adalah sebagai berikut:

$$\text{Rumus kuat tekan beton ialah } (f_c') = \frac{P}{A}$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan (kN/mm² atau Mpa)

P = Gaya tekan Maksimum (kN)

A = Luas penampang benda uji (dm²)

4.7.1 Kekuatan Tekan Beton Normal (pada saat pengujian)

Pengujian beton normal dengan variasi plastik PET 0% dan abu sekam padi 0% dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah. Hasil pengujian kekuatan tekan beton normal setelah 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27: Hasil pengujian kekuatan tekan beton normal.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BN-1	28	255	300 x 150	25,5	24,9
BN-2	28	248	300 x 150	24,8	
BN-3	28	244	300 x 150	24,4	

Berdasarkan Tabel 4.27, hasil uji kekuatan tekan beton normal dengan variasi plastik PET 0% dan abu sekam padi 0% setelah 28 hari perendaman menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 24,9 MPa.

4.7.2 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 0,5% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan 3 buah benda uji. Hasil kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% setelah 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP 0,5	28	260	300 x 150	26	24,5
BPASP 0,5	28	240	300 x 150	24	
BPASP 0,5	28	237	300 x 150	23,7	

Berdasarkan Tabel 4.28, hasil uji kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 24,5 MPa pada umur beton 28 hari. Dari 3 sampel benda uji, kekuatan tekan beton menunjukkan nilai yang agak rendah, namun perbedaan antar sampel tidak signifikan. Penurunan kekuatan tekan mungkin disebabkan oleh penggunaan plastik PET yang relatif tinggi.

4.7.3 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan 3 buah benda uji. Hasil kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% setelah 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP 1	28	243	300 x 150	24,3	24
BPASP 1	28	240	300 x 150	24	
BPASP 1	28	238	300 x 150	23,8	

Berdasarkan Tabel 4.28, hasil uji kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 24 MPa pada umur beton 28 hari.

4.7.4 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1,5% dan Abu Sekam Padi 3% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan tambahan plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3% dilakukan pada beton yang telah berumur 28 hari, dengan 3 benda uji yang digunakan. Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP 1,5	28	241	300 x 150	24,1	23,6
BPASP 1,5	28	239	300 x 150	23,9	
BPASP 1,5	28	230	300 x 150	23	

Berdasarkan Tabel 4.30, kekuatan tekan beton dengan variasi plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 23,6 MPa pada umur beton 28 hari.

4.7.5 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 0,5% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% dilakukan pada beton berumur 28 hari, menggunakan 3 benda uji. Hasil kekuatan tekan beton dengan variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP + SP 0,5	28	268	300 x 150	26,8	

BPASP + SP 0,5	28	255	300 x 150	25,5	25,8
BPASP + SP 0,5	28	252	300 x 150	25,2	

Berdasarkan Tabel 4.31, kekuatan tekan beton dengan tambahan plastik PET 0,5% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 25,8 MPa pada umur beton 28 hari.

4.7.6 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% dilakukan pada beton berumur 28 hari, menggunakan 3 benda uji. Hasil kekuatan tekan beton dengan variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP + SP 1	28	262	300 x 150	26,2	25,6
BPASP + SP 1	28	257	300 x 150	25,7	
BPASP +SP 1	28	250	300 x 150	25	

Berdasarkan Tabel 4.32, kekuatan tekan beton dengan tambahan plastik PET 1% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 25,6 MPa pada umur beton 28 hari.

4.7.7 Kekuatan Tekan Beton dengan Plastik PET 1,5% dan Abu Sekam Padi 3% + Sikament NN 0,8% (pada saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% dilakukan pada beton berumur 28 hari, menggunakan 3 benda uji. Hasil kekuatan tekan beton variasi ini dapat dilihat

pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33: Hasil pengujian kekuatan tekan beton dengan plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8%.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban maksimum (kN)	Dimensi (D)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BPASP + SP 1,5	28	258	300 x 150	25,8	25,5
BPASP + SP 1,5	28	255	300 x 150	25,5	
BPASP + SP 1,5	28	253	300 x 150	25,3	

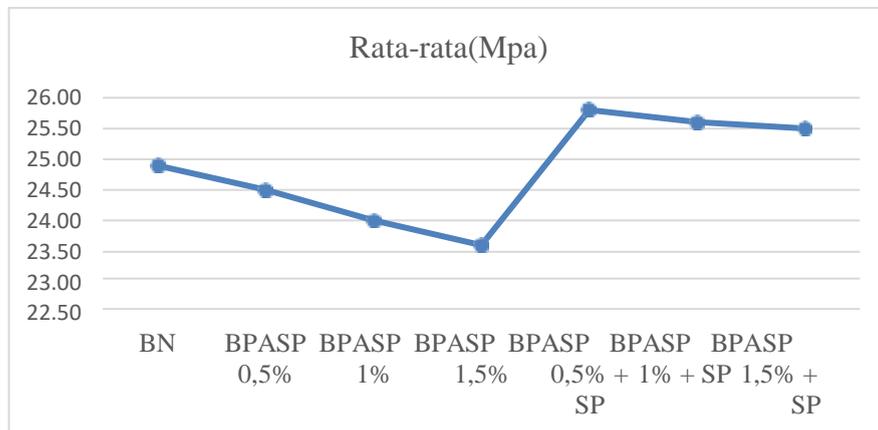
Berdasarkan Tabel 4.33, kekuatan tekan beton dengan tambahan plastik PET 1,5% dan abu sekam padi 3% ditambah sikament NN 0,8% menunjukkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 25,5 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.33: Kekuatan Tekan Beton pada Umur 28 Hari

Benda uji	Umur Beton (hari)	Beban Maksimum (kN)			Kuat Tekan (Mpa)			Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
		1	2	3	1	2	3	
BN	28	255	248	244	25,5	24,8	24,4	24,9
BPASP 0,5%	28	260	240	237	26	24	23,7	24,5
BPASP 1%	28	243	240	238	24,3	24	23,8	24
BPASP 1,5%	28	241	239	230	24,1	23,9	23	23,6
BPASP 0,5% + SP	28	268	255	252	26,8	25,5	25,2	25,8
BPASP 1% + SP	28	262	257	250	26,2	25,7	25	25,6
BPASP 1,5% + SP	28	258	255	253	25,8	25,5	25,3	25,5

Dari Gambar 4.8, terlihat bahwa beton dengan variasi BPASP 0,5% dan abu sekam padi 3% + sikament NN 0,8% menunjukkan kekuatan tekan rata-rata maksimum sebesar 25,8 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, variasi BPASP 1,5% dan abu sekam padi 3% mengalami retak dalam waktu yang lebih singkat dari yang ditetapkan, menghasilkan kekuatan tekan rata-rata minimum sebesar 23,6 MPa pada umur 28 hari, yang lebih rendah dari kekuatan tekan rencana 25

MPa. Ini menunjukkan bahwa penggunaan sikament NN dapat memperbaiki kualitas beton, namun kekuatan tekan beton juga dipengaruhi oleh proporsi penambahan bahan tambahan.



Gambar 4.8 : Grafik kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari.

4.8 Diskusi

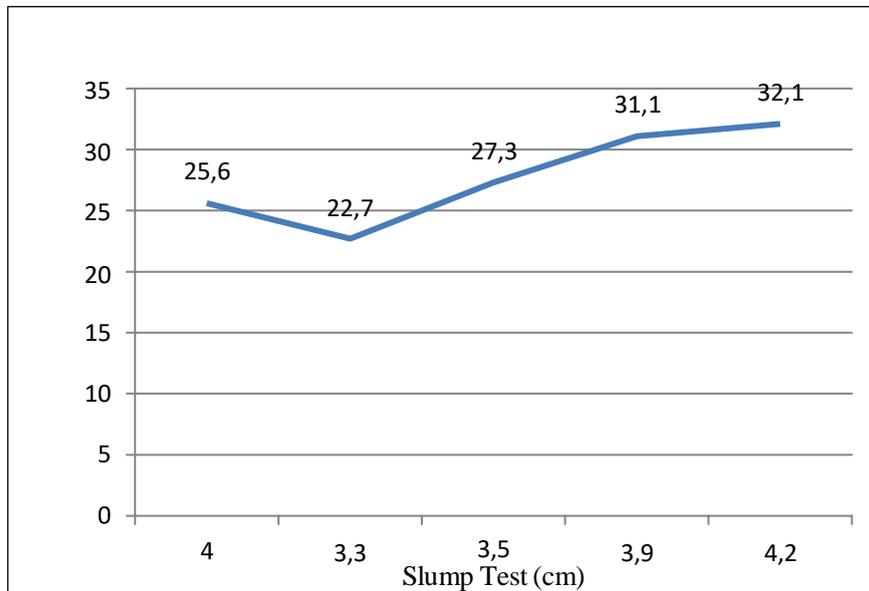
Berdasarkan hasil pengujian dan analisis kekuatan tekan beton pada berbagai variasi tambahan plastik PET dan abu sekam padi, dapat disimpulkan bahwa penambahan plastik PET dan abu sekam padi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan beton. Variasi dengan sikament NN menunjukkan peningkatan kekuatan tekan dibandingkan dengan variasi tanpa sikament NN.

Variasi BPASP 0,5% + sikament NN 0,8% menunjukkan kekuatan tekan yang paling tinggi pada umur 28 hari, yaitu 25,8 MPa. Ini dapat disebabkan oleh kombinasi optimal dari abu sekam padi dan sikament NN yang memperbaiki ikatan antar partikel dalam beton. Sebaliknya, variasi dengan proporsi plastik PET lebih tinggi (1,5%) menunjukkan penurunan kekuatan tekan, mungkin karena distribusi plastik PET yang tidak merata atau pengaruh negatif dari plastik terhadap kekuatan struktur beton.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penambahan bahan tambahan seperti abu sekam padi dan sikament NN dapat meningkatkan kekuatan tekan beton jika digunakan dalam proporsi yang tepat, sementara plastik PET harus digunakan dengan hati-hati untuk menghindari penurunan kekuatan tekan

beton.

Pada nilai slump, baik beton normal maupun beton dengan substitusi agregat plastik PET memenuhi standar slump yang direncanakan, yaitu 3 - 6 cm. Hal ini menunjukkan bahwa adukan beton memiliki workability yang baik, artinya kemudahan dalam pencampurannya juga baik. Hasil pengujian slump test menunjukkan bahwa campuran beton telah tercampur secara merata dan sempurna, tanpa terjadinya segregasi (pemisahan kerikil) atau bleeding (naiknya air ke permukaan) pada adukan beton segar.



Gambar 4.9: Grafik persentase kekuatan tekan beton terhadap slump test pada umur 28 hari.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian mengenai beton yang menggunakan plastik PET, abu sekam padi, dan sikament NN, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh signifikan pada kuat tekan beton, beton dengan limbah plastik PET mengalami penurunan kuat tekan sekitar 1,61% dari beton normal
2. Dari hasil penelitian diperoleh pengaruh abu sekam padi terjadi penurunan sekitar 3,61% dari beton normal
3. Dari hasil penelitian dengan penambahan superplasticizer terjadi peningkatan kuat tekan pada beton sekitar 2,81% dari beton normal
4. Dari hasil penelitian, terdapat perbedaan yang signifikan dalam kuat tekan antara beton normal dan beton yang menggunakan campuran limbah plastik PET, abu sekam padi, serta penambahan superplasticizer. Beton PET dengan tambahan superplasticizer mengalami kenaikan kuat tekan sekitar 2,81% dari beton normal, kemudian beton dengan limbah plastik PET dan abu sekam padi mengalami penurunan kuat tekan sekitar 3,61% dari beton normal, dan beton dengan limbah plastik PET mengalami penurunan kuat tekan sekitar 1,61% dari beton normal. Penambahan superplasticizer membantu meningkatkan kuat tekan beton yang menggunakan limbah plastik PET dan abu sekam padi, namun tetap tidak mencapai kekuatan tekan beton normal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran-saran berikut dapat diberikan:

1. Pastikan plastik PET yang digunakan bebas dari sisa-sisa proses pelelehan, seperti bekas pelumas pada wadah pembakaran dan residu lainnya.
2. Perhatikan kelecakan campuran beton agar sesuai dengan nilai slump yang direncanakan saat pembuatan.
3. Lakukan uji laboratorium untuk menilai karakteristik fisik PET, termasuk ukuran butir, kepadatan, dan kekuatan mekanisnya.
4. Mulailah dengan substitusi PET dalam proporsi kecil, misalnya 0,5-1% dari total agregat kasar, dan evaluasi performa beton. Secara bertahap tingkatkan proporsi jika hasil uji menunjukkan performa yang memadai.
5. Sesuaikan campuran beton dengan kebutuhan air dan bahan adiktif untuk memastikan kekuatan dan daya tahan beton yang optimal. Penambahan superplasticizer dapat membantu meningkatkan workability beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilianti, S. (2012). Analisis Pengaruh Beton Dengan Bahan Admixture Naphtalene Dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal.Umj*, 8.
- Asmita, E. P., Mungok, C. D., & Handalan, C. P. (n.d.). *Studi eksperimen kuat tekan beton berdasarkan urutan pencampuran material penyusun beton dengan adukan manual*. 1–11.
- Asrar, Bachtiar, E., Gusty, S., Rachim, F., Ritnawati, & Setiawan, A. (2020). *Jurnal kacapuri*. 1(1), 156–164.
- Basri, D. R., Zaki, A., Sipil, T., Abdurrab, U., Indonesia, P., Sipil, T., Abdurrab, U., & Indonesia, P. (2019). *Template jurnal RACIC*. 3(1), 66–77.
- Belakang, A. L., Penelitian, B. T., & Penelitian, C. M. (2018). *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN MUTU BETON K-175 C . Semen Portlanda*. 8(2), 68–75.
- Charudatta, Thosar, & M.Husain. (2017). Reuse of Plastic Waste as Replacement of Sand in Concrete. *IJRSET*.
- Darmiyanti, L. (2018). *Kuat Tekan Beton*. 21(1), 42–48.
- Del Rey Castillo, E., Almesfer, N., Saggi, O., and Ingham, J. M. (2020). "Light-weight concrete with artificial aggregate manufactured from plastic waste." *Construction and Building Materials*, 265, 120199.
- Frigione, M. (2010). "Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete." *Waste Management*, Vol 30 (6), 1101- 1106.
- Gunawan, G., Saelan, P., & Nasional, I. T. (2016). *Tinjauan Mengenai Penentuan Proporsi Pasir dalam Agregat Gabungan pada Perancangan Campuran Beton Cara SNI*. 2, 1–13.
- Handayasari, I. (2017). Studi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Pada Campuran Beton. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(1), 1–6.
<https://doi.org/10.32722/pt.vol16.no.1.2017.pp>.
- Isnawati. (2015). Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. *Jurnal Forum Meknika*, 7.
- Kamaliah, K., & Handayani, N. (2020). Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) Pada Pembuatan Beton Mutu Rendah Di Kota Palangka Raya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–7.
<https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1347>

- Lumintang, V. S., Da, E., Sarajar, C., Sumajouw, H., & Supit, S. W. M. (2019). *Kuat Tekan Beton Dengan Kerikil Plastik Untuk Pembuatan Bak Kontrol Limbah Rumah Tangga*. 1(1), 38–46.
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 78–84. <https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.05>.
- Pengaruh, S., Plastik, A., Mohsa, A. A., & Putra, H. (2021). *Studi Pengaruh Agregat Plastik pada Beton dan Dampaknya terhadap Lingkungan*. February.
- Strength, C., Strength, T., & Fc, C. (n.d.). *706-Article Text-1575-1-10-20190729*.
- Suarnita, I. W. (2012). Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang dengan Styrofoam Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *SMARTek*, 9(2).
- Sulianti, I. K. A. (2018). Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar Terhadap.
- Superplasticiser, H. P. (2017). *Sika® Viscrocrete® -8670 MN*. October, 3–5.
- Supratikno, S., & Ratnanik, R. (2019). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Adukan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(1), 21–29. <https://doi.org/10.21063/jts.2019.v601.04>.
- Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990).
- Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008). Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008). Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).
- Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011). Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
- Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000, 2000). Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011).

LAMPIRAN



Lampiran 1 : Agregat Kasar.



Lampiran 2 : Agregat Halus.



Lampiran 3 : Air.



Lampiran 4 : Sikament NN..



Lampiran 5 : Plastik PET.



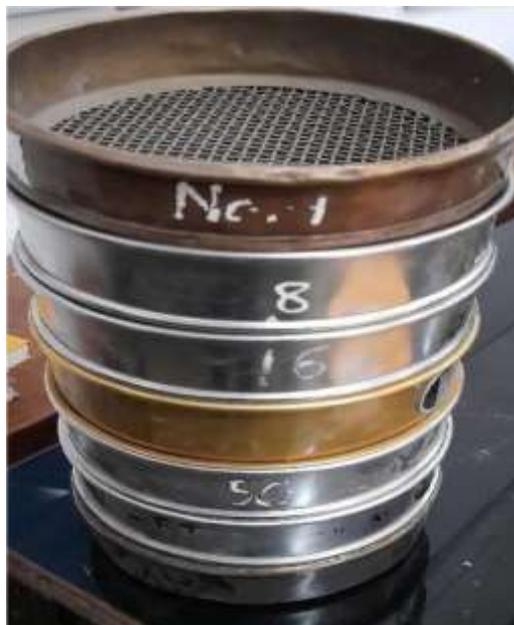
Lampiran 6 : Semen Portland.



Lampiran 7 : Compressing Test Machine (CTM).



Lampiran 8 : Saringan Agregat Kasar.



Lampiran 9 : Saringan Agregat Halus.



Lampiran 10 : Cetakan Silinder.



Lampiran 11 : Oven.



Lampiran 12 : Gelas Ukur.



Lampiran 13 : Kerucut Abrams.



Lampiran 14 : Mixer Beton.



Lampiran 15 : Timbangan.



Lampiran 16 : Tongkat Penumbuk.



Lampiran 17 : Triplek 2m x 1m.



Lampiran 18 : Bak Perendaman.



Lampiran 19 : Permanent marker..



Lampiran 20 : Ember.



Lampiran 21 : Plastik.



Lampiran 22 : Sendok Semen.



Lampiran 23 : Penggaris.



Lampiran 24 : Sekop tangan.



Lampiran 25 : Skrap.



Lampiran 26 : Masker.



Lampiran 27 : Sarung Tangan.



Lampiran 28 : Proses Pembuatan Adukan Beton.



Lampiran 29 : Proses Pengujian *Slump Test*.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Niko Febriansyah Iswan
Nama Panggilan : Niko
Tempat, Tanggal Lahir : Batang Kuis, 09 Februari 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Muspika Gg Adil, Batang Kuis
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Benni Iswanto
Ibu : Herlina
No Hp : 0895603131719
Email : nikofebriansyah90@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210170
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan
20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	SDN 101869 BATANG KUIS	2006 - 2011
Sekolah Menengah Pertama	MTS DARUL ILMU BATANG KUIS	2011 - 2014
Sekolah Menengah Atas	SMK N 1 PERCUT SEI TUAN	2014 - 2017

