

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH LARUTAN LIMBAH PLASTIK BOTOL MINERAL *POLYPROPYLENE* DAN NAOH TERHADAP KUAT TEKAN BETON (*THE EFFECT OF ADDITION MATERIALS OF PLASTIC WASTE TIDINESS FROM POLYPROPYLENE MINERAL WATER AND NAOH TO COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Anggita Putri Hutami
17511198**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

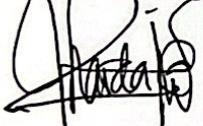
TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH LARUTAN LIMBAH PLASTIK BOTOL MINERAL *POLYPROPYLENE* DAN NAOH TERHADAP KUAT TEKAN BETON (*THE EFFECT OF ADDITION MATERIALS OF PLASTIC WASTE TIDINESS FROM POLYPROPYLENE MINERAL WATER AND NAOH TO COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE*)

Disusun Oleh



Pembimbing

 25/11/22

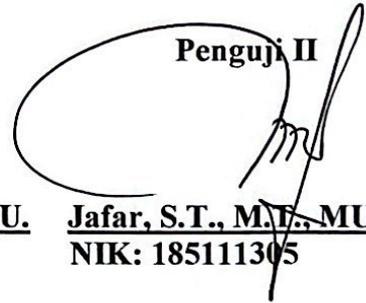
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji I



Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U.
NIK: 845110101

Penguji II



Jafar, S.T., M.T., MURP.
NIK: 185111305

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



 28/11/22

Yunalia Muntafi, S. T., M. T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 24 November 2022

Yang membuat pernyataan,



Anggita Putri Hutami
(17511198)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul ” Pengaruh Bahan Tambah Larutan Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* dan NaOH Terhadap Kuat Tekan Beton”. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada program Sarjana di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

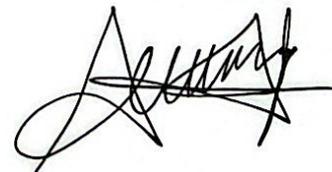
Penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Ayah penulis yang telah berkorban begitu banyak baik dari segi material maupun spiritual,
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I, dan
3. Teman-teman semua

Saya menyadari tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta dapat dikembangkan lebih lanjut.

Yogyakarta, 24 November 2022

Penulis,



Anggita Putri Hutami

17511198

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	8

BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Beton	14
3.1.1 Pengertian Beton	14
3.1.2 Material Penyusun Beton	15
3.2 Polimer <i>Polypropylene</i>	18
3.3 Larutan Limbah Plastik Botol Mineral	19
3.4 Pemeriksaan Bahan Susun Beton	20
3.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat	20
3.4.2 Analisa Saringan Agregat Halus	21
3.4.3 Kandungan Lumpur pada Agregat	23
3.4.4 Berat Volume Padat/Gembur Agregat	23
3.5 Pasta Semen	24
3.5.1 Pengujian konsistensi normal	24
3.5.2 Pengujian waktu ikat	24
3.6 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	24
3.6.1 Faktor-Faktor yang Menentukan Proporsi Campuran	25
3.6.2 Metode Perencanaan Campuran Beton	27
3.7 Kuat Tekan Beton	36
BAB IV METODE PENELITIAN	39
4.1 Umum	39
4.2 Bahan-Bahan Yang Digunakan	39
4.3 Peralatan Penelitian	40
4.4 Lokasi Penelitian	40
4.5 Proporsi Campuran Beton	41
4.6 Pembuatan Larutan Limbah Plastik Botol Mineral <i>Polypropylene</i> dan	

NaOH	45
4.7 Rencana Benda Uji	46
4.8 Pelaksanaan Penelitian	46
4.7.1 Pengujian Pasta Semen	46
4.7.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	49
4.7.2 Pelaksanaan Pengujian	49
4.8 Kerangka Penelitian	50
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	53
5.1 Umum	53
5.2 Pengujian Material	53
5.2.1 Pengujian Agregat Halus	53
5.2.2 Pengujian Agregat Kasar	57
5.3 Pengujian Pasta Semen	61
5.3.1 Pengujian Konsistensi Normal	61
5.3.2 Pengujian Waktu Ikat	63
5.4 Perencanaan Campuran Beton	65
5.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	70
5.6 Pembahasan	75
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	80
6.1 Kesimpulan	80
6.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	10
Tabel 3.1	Sifat Fisik dari Agregat Kasar dan Halus	16
Tabel 3.2	Sifat Fisis dari <i>Polypropylene</i>	19
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Larutan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral	20
Tabel 3.4	Gradasi Pasir	22
Tabel 3.5	Gradasi Kerikil	22
Tabel 3.6	Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	25
Tabel 3.7	Nilai-Nilai <i>Slump</i> Untuk Berbagai Pekerjaan	27
Tabel 3.8	Deviasi Standar sebagai Ukuran Mutu Pelaksanaan	28
Tabel 3.9	Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan fas 0,50	29
Tabel 3.10	Perkiraan Kadar Air Besar	31
Tabel 4.1	Permodelan Benda Uji	46
Tabel 5.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	54
Tabel 5.2	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus	55
Tabel 5.3	Hasil Analisa Pengujian Kandungan Lumpur pada Agregat Halus	56
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	57
Tabel 5.5	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	58
Tabel 5.6	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar	59
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	60
Tabel 5.8	Pengujian Konsistensi Normal Semen dengan Campuran Air	61
Tabel 5.9	Pengujian Konsistensi Normal Semen dengan Limbah Botol Mineral	62
Tabel 5.10	Rekapitulasi Kebutuhan Material (24 Benda Uji)	70

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

70

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

72



DAFTAR GAMBAR

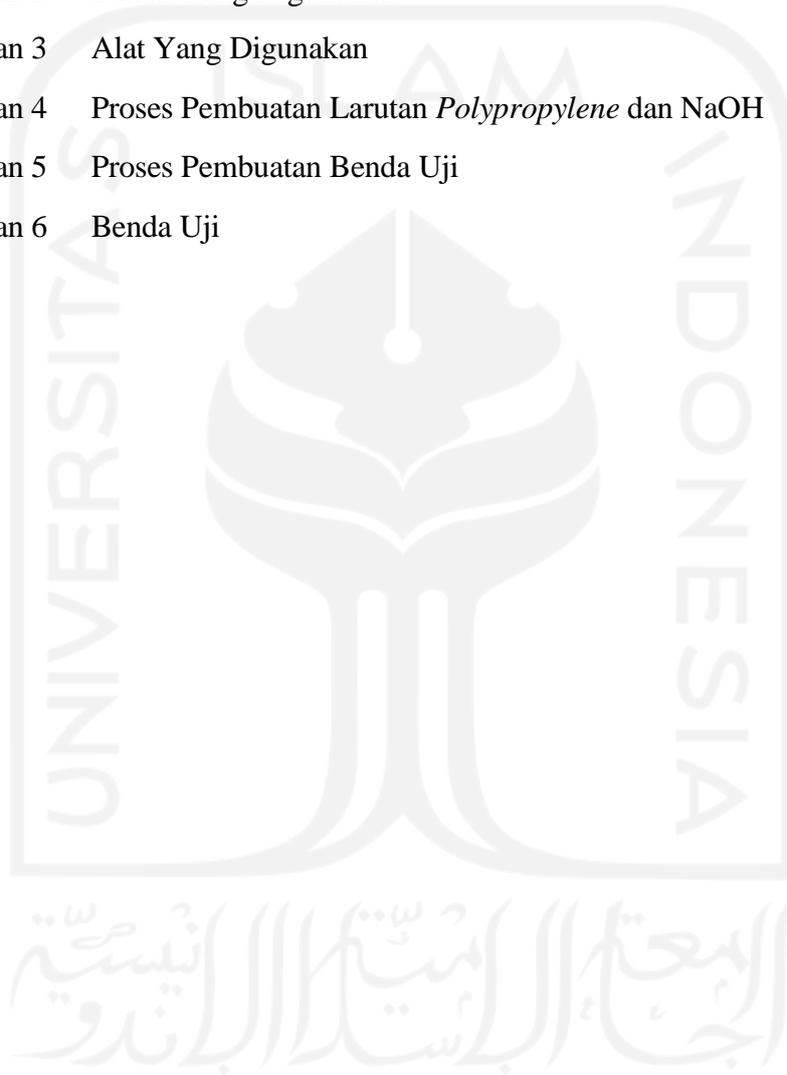
Gambar 3.1	Hubungan Faktor Air Semen dan Kekuatan Tekan Beton untuk Benda Uji Silinder	30
Gambar 3.2	Hubungan Faktor Air Semen dan Kekuatan Tekan Beton untuk Benda Uji Kubus	30
Gambar 3.3	Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe I	32
Gambar 3.4	Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe II	32
Gambar 3.5	Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe III	33
Gambar 3.6	Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe IV	33
Gambar 3.7	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 10 mm	34
Gambar 3.8	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm	34
Gambar 3.9	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 40 mm	35
Gambar 3.10	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan	35
Gambar 3.11	Sketsa Benda Uji Kuat Tekan Beton	37
Gambar 3.12	Sketsa Gambar Tipe/Bentuk Kehancuran Pada Benda Uji	38
Gambar 4.1	<i>Flow Chart</i> Prosedur Pengujian Benda Uji di Laboratorium	51
Gambar 5.1	Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif Ayakan dengan Diameter Lubang Ayakan Pasir	56
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif Ayakan dengan Diameter Lubang Ayakan Kerikil	60
Gambar 5.3	Grafik Konsistensi-Penetrasi Semen dengan Campuran Air	62
Gambar 5.4	Grafik Konsistensi-Penetrasi Semen dengan Campuran Limbah Botol Mineral	63
Gambar 5.5	Grafik Waktu Ikat Semen dengan Campuran Air	64

Gambar 5.6	Grafik Waktu Ikat Semen dengan Campuran Limbah Botol Mineral	64
Gambar 5.7	Mencari Nilai Faktor Air Semen pada Beton Normal	66
Gambar 5.8	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	67
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Beton	68
Gambar 5.10	Kuat Tekan Umur 14 Hari	71
Gambar 5.11	Kuat Tekan Umur 28 Hari	73
Gambar 5.12	Benda Uji Silinder A1	74
Gambar 5.13	Benda Uji Silinder A4	75



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Pemeriksaan Bahan	84
Lampiran 2	Bahan Yang Digunakan	97
Lampiran 3	Alat Yang Digunakan	100
Lampiran 4	Proses Pembuatan Larutan <i>Polypropylene</i> dan NaOH	105
Lampiran 5	Proses Pembuatan Benda Uji	106
Lampiran 6	Benda Uji	108



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

°C	= Derajat <i>Celcius</i>
A	= Luas Penampang Benda Uji
AC-WC	= <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
B	= Berat Piknometer Berisi Air (gram)
Ba	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di dalam Air (gram)
BS	= <i>British Standard</i>
Bj	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven (gram)
Bt	= Berat Benda Uji Dalam Keadaan Kering Permukaan Jenuh (gram)
BKT	= Bahan Konstruksi Teknik
C ₃ H ₆	= <i>Polypropylene</i>
Cl	= <i>Chlorida</i>
cm	= Centimeter
C _n H _{2n}	= Senyawa Alkena
d	= Diameter Silinder (cm)
fc'	= Kuat Tekan Beton (MPa)
fc'r	= Kuat Tekan Rata-Rata Yang Direncanakan (MPa)
FAS	= Faktor Air Semen
g/cm ³	= Gram per Centimeter Kubik
g/mol	= Gram per Mol
H ₂ O	= Dihidrogen Monoksida
HSP	= Hasil Sensus Penduduk
kg/cm ²	= Kilogram per Centimeter Kuadrat

kg/l	= Kilogram per Liter
kg/m ³	= Kilogram per Meter Kubik
kN	= Kilonewton
LDPE	= <i>Low Density Polyethylene</i>
LPMB	= Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
M	= Margin atau Nilai Tambah (MPa)
M	= Mol
ml	= Mililiter
mm	= Milimeter
MPa	= Megapascal
NaOH	= Natrium Hidroksida
P	= Beban Tekan Maksimum (kg)
PAM	= Perusahaan Air Minum
PMC	= <i>Polymer Modified Concrete</i>
Sd	= Standar Deviasi
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
SWI	= <i>Sustainable Waste Indonesia</i>
t	= Tinggi Silinder (cm)
TB	= Toko Bangunan
V	= Volume Tabung (cm ³)
VFB	= <i>Voids with Filled Bitumen</i>
VIM	= <i>Voids In Mix</i>
VMA	= <i>Voids In Mineral Aggregate</i>
W	= Konsistensi Dinyatakan Dalam Kadar Air Pasta (%)
W ₃	= Berat Agregat (gram)
Wa	= Berat Air (gram)
Wh	= Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	= Jumlah Air Untuk Agregat Kasar

ABSTRAK

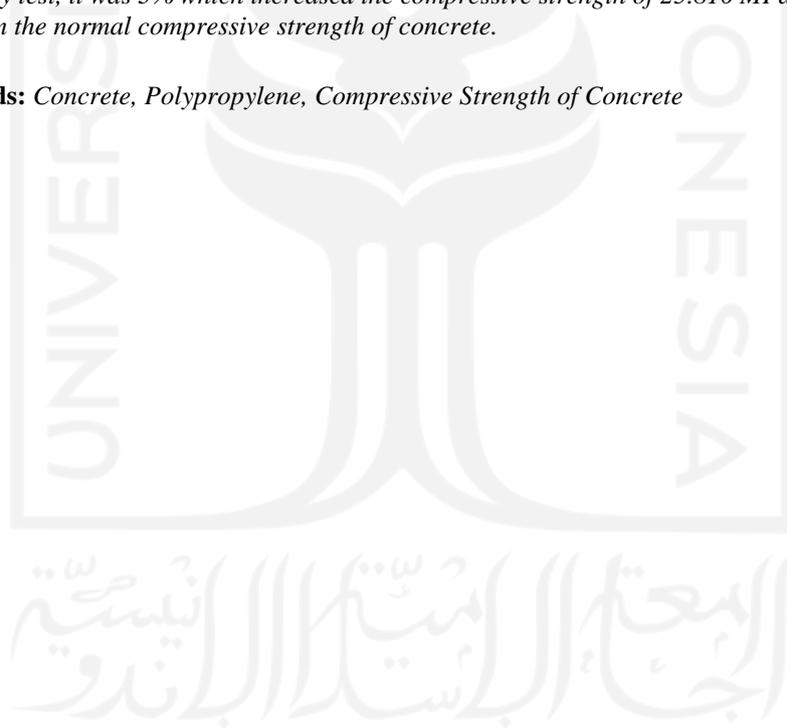
Beton merupakan bahan bangunan yang umum digunakan dalam dunia konstruksi. Faktor terpenting dalam kualitas beton adalah kuat tekan beton. Bahan tambah dapat digunakan untuk meningkatkan mutu beton. Di dalam bahan tambah terdapat polimer yang merupakan bahan baku baru, dimana salah satunya adalah *polypropylene*. *Polypropylene* mudah untuk didapat karena dijumpai di kehidupan sekitar, salah satu contohnya botol mineral. Penambahan *polypropylene* ke dalam campuran beton tentu akan mempengaruhi sifat-sifat atau karakteristik pada beton. Penelitian ini meliputi dua pengujian. Pengujian pasta semen berupa pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *polypropylene* dengan semen. Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui nilai maksimal kuat tekan beton. Untuk mengetahui nilai optimum digunakan variasi limbah plastik botol mineral 0%, 2,5%, 3% dan 3,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH dapat mempercepat waktu pengikatan campuran pasta semen dan dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan variasi tertentu. Didapatkan kadar larutan limbah plastik paling optimum pada pengujian umur 14 hari sebesar 3% yang meningkatkan kuat tekan sebesar 24,067 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11% dari kuat tekan beton normal. Sedangkan pada pengujian umur 28 hari sebesar 3% yang meningkatkan kuat tekan sebesar 25,810 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 21% dari kuat tekan beton normal.

Kata kunci: Beton, *Polypropylene*, Kuat tekan

ABSTRACT

Concrete is a building material that is commonly used in the construction world. The most important factor in the quality of concrete is the compressive strength of the concrete. Additives can be used to improve the quality of concrete. In the added material there is a polymer which is a new raw material, one of which is polypropylene. Polypropylene is easy to obtain because it is found in the environment, one example is mineral bottles. The addition of polypropylene to the concrete mixture will certainly affect the properties or characteristics of the concrete. This study includes two tests. The cement paste test is in the form of normal consistency testing and bonding time testing which aims to determine the effect of polypropylene with cement. Testing the compressive strength of concrete aims to determine the maximum value of the compressive strength of concrete. To determine the optimum value used variations of mineral bottle plastic waste 0%, 2.5%, 3% and 3.5%. The results showed that the addition of a plastic bottle waste solution of polypropylene and NaOH mineral can speed up the binding time of the cement paste mixture and can increase the compressive strength of concrete with certain variations. The optimum concentration of plastic waste solution was found at the age of 14 days at 3% which increased the compressive strength of 24.067 MPa or increased by 11% from the normal compressive strength of concrete. Meanwhile, in the 28 day test, it was 3% which increased the compressive strength of 25.810 MPa or increased by 21% from the normal compressive strength of concrete.

Keywords: Concrete, Polypropylene, Compressive Strength of Concrete



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan konstruksi di Indonesia semakin meningkat dari hari ke hari, beriringan dengan bertambahnya jumlah penduduk menurut Hasil Sensus Penduduk (HSP2020), terutama di kota-kota besar yang mengakibatkan permintaan sarana dan prasarana meningkat. Pertambahan jumlah penduduk yang terjadi membuat kebutuhan hunian sebagai tempat tinggal semakin meningkat, namun tidak sebanding dengan luas lahan yang tersedia. Oleh karena itu, sudah banyak dibangun hunian vertikal seperti apartemen maupun rumah susun sebagai pemecah masalah minimnya lahan yang ada.

Beton merupakan bahan bangunan yang umum digunakan dalam dunia konstruksi. Beton erat kaitannya dengan berbagai aspek dalam kehidupan manusia terutama di bidang konstruksi. Jalan, rumah, apartemen, jembatan, dan lain lain, strukturnya terbuat dari beton. Secara umum, beton adalah bahan hasil pencampuran semen, agregat kasar, agregat halus, serta air dan terkadang ditambahkan bahan tambah jika diperlukan.

Kuat tekan beton adalah salah satu faktor terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan faktor lainnya. Penggunaan bahan tambah dapat meningkatkan atau mengurangi mutu beton. Bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu bahan tambah bersifat kimiawi (*chemical admixtures*), bahan tambah bersifat mineral (*additive*) dan bahan tambah lainnya (Mulyono, 2004). Di dalam bahan tambah lainnya terdapat polimer yang merupakan bahan baku baru yang digunakan di dalam beton. Polimer juga dibagi menjadi beberapa macam, salah satunya adalah *polypropylene*. Polimer *polypropylene* banyak dijumpai di kehidupan sekitar yaitu botol mineral, plastik pembungkus makanan, tali rafia, karung beras dan lain sebagainya. Penambahan polimer *polypropylene* ke dalam campuran beton, tentu akan mempengaruhi sifat sifat atau karakteristik beton.

Dari hasil pengujian oleh Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman (2008), pengaruh penggunaan bahan tambah limbah plastik kemasan air mineral terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada umur beton 7, 14, 28 dan 56 hari. Pada penambahan kadar larutan limbah plastik 2,929% dalam 28 hari menunjukkan peningkatan kuat tekan hingga 3,33%, sedangkan kadar larutan limbah plastik 3,149% menunjukkan hasil kuat tekan optimum pada umur 56 hari yang dapat meningkatkan kuat tekan hingga 3,62%. Demikian pula dengan kuat tarik belah beton meningkat sebesar 11,732% karena pori-pori yang terdapat pada beton terisi oleh plastik *polypropylene*.

Limbah botol mineral merupakan salah satu limbah rumah tangga berupa sampah plastik yang sering dijumpai di lingkungan sekitar. Namun sampah plastik memiliki kekurangan yaitu sulit untuk didaur ulang. Dalam kajian SWI (*Sustainable Waste Indonesia*), dari 100% sampah plastik yang dihasilkan, 69% diantaranya masuk ke tempat pembuangan akhir dan hanya hanya 6-7% sampah plastik yang didaur ulang. Pemanfaatan bahan tambah ini berguna membantu mengurangi sampah yang terbuang dengan cara menjadi campuran pada beton agar dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton yang optimal.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan menambahkan limbah botol mineral yang sudah dilarutkan sebagai bahan tambah pada campuran beton. Peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian yang telah dilaksanakan dengan mengubah komposisi limbah botol mineral dalam campuran beton yang mendekati nilai optimal sebelumnya agar didapat hasil yang lebih detail. Peneliti akan mengambil judul penelitian yaitu Pengaruh Bahan Tambah Larutan Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* dan NaOH Terhadap Kuat Tekan Beton.

1.2 Rumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pengujian pasta semen konsistensi dan waktu ikat sebelum dan sesudah diberi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan

NaOH?

2. Bagaimana perbandingan kekuatan tekan beton sebelum dan sesudah diberi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH?
3. Berapa persentase larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH yang maksimal dari ketiga variasi agar mendapatkan kuat tekan beton yang paling baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui hasil pengujian pasta semen konsistensi dan waktu ikat sebelum dan sesudah diberi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH
2. Untuk membandingkan kekuatan tekan beton sebelum dan sesudah diberi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH
3. Untuk mengetahui jumlah larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH yang maksimal dari ketiga variasi agar mendapatkan kuat tekan beton yang paling baik.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian terdahulu oleh Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman dijadikan acuan untuk komposisi larutan limbah botol mineral dan NaOH
2. Mutu beton yang digunakan sebagai acuan adalah 20 MPa
3. Agregat halus yang digunakan berasal dari Progo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
4. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
5. Semen yang digunakan yaitu semen tiga roda
6. Limbah plastik botol mineral diperoleh dari limbah rumah tangga dengan jenis

polypropylene.

7. Tidak menguji sifat kimia di dalam limbah plastik botol mineral *polypropylene*
8. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
9. Larutan NaOH yang digunakan 0,01 M diperoleh dari Progo Mulyo
10. Alat mixer beton digunakan untuk melakukan pencampuran bahan pembuatan beton
11. Benda uji yang digunakan sebanyak 24 buah beton dengan bentuk benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
12. Penambahan larutan limbah botol mineral pada sampel sebesar 0%; 2,5%; 3% dan 3,5%
13. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah umur beton 14 hari dan 28 hari
14. Pengujian pasta semen berupa uji konsistensi dan uji waktu ikat menggunakan kadar larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH 0% dan 3%
15. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengurangi limbah botol mineral
2. Memberi masukan ilmu pengetahuan teknik sipil khususnya tentang bahan tambah lain untuk campuran beton
3. Mengharapkan penelitian yang lebih lanjut agar dapat dikembangkan dan diaplikasikan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-2847-2013). Beton digunakan dalam bidang konstruksi karena memiliki banyak keuntungan yaitu mudah dibentuk, biaya perawatan kecil, mudah didapat dan mampu memikul beban yang berat. Faktor terpenting dalam kualitas beton adalah kuat tekan beton. Penggunaan bahan tambah dapat meningkatkan atau mengurangi mutu beton. Bahan tambah yang digunakan dibedakan menjadi dua macam yaitu bahan tambah bersifat kimiawi dan mineral serta bahan tambah lainnya. Di dalam bahan tambah lainnya terdapat polimer *polypropylene* yang banyak dijumpai di kehidupan sekitar seperti botol mineral, plastik pembungkus makanan, karung beras, tali rafia dan lainnya. Bahan tambah tersebut dapat ditambahkan ke dalam campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan beton dan juga mengurangi limbah plastik di lingkungan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada tinjauan pustaka ini penulis telah memasukkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis yang dapat digunakan sebagai bahan referensi dan bahan perbandingan penelitian.

1. Penggunaan Serat *Polypropylene* Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton

Wahyu Kartini (2007), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian mengenai penggunaan serat *polypropylene* untuk meningkatkan kuat tarik belah beton. Dalam

penelitian ini digunakan penambahan serat *polypropylene* dengan panjang 12 mm sebesar 0; 0,3; 0,6 dan 0,9 kg/m³ dengan faktor air semen 0,55 dan 0,35. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm digunakan dalam penelitian ini, dengan periode pengujian pada 28, 56, dan 90 hari. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tarik belah beton.

Hasil penelitian menunjukkan untuk FAS 0,55 adanya peningkatan kuat tarik belah yang paling optimum yaitu 2,60 Mpa dengan kenaikan sebesar 3,17% dengan menggunakan variasi serat 0,9 Kg/cm² dibandingkan beton tanpa serat. Dan untuk FAS 0,35 terjadi peningkatan kuat tarik belah yang paling optimum yaitu 3,49 MPa dengan kenaikan sebesar 5,76% dengan menggunakan variasi serat 0,9 kg/cm². Beton dengan bahan tambah serat *polypropylene* dapat digunakan karena memberikan hasil peningkatan kekuatan tarik belah yang jauh lebih baik dibandingkan dengan beton tanpa serat *polypropylene*.

2. Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman (2008), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian mengenai pengaruh pemakaian bahan tambah limbah plastik kemasan air mineral terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Persen penambahan kadar limbah yaitu 5%, 10% dan 15% yang diuji dengan lama waktu pemeraman yaitu 7, 14, 28, dan 56 hari. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan yaitu limbah plastik kemasan air mineral, batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm, semen portland tipe I, pasir sungai Serayu serta air sumur laboratorium Teknik Sipil. Pengujian yang dilakukan yaitu *slump test*, uji tekan dan uji tarik belah.

Kuat tekan beton terjadi peningkatan pada penambahan larutan limbah plastik sebesar 2,929% dan 3,149%. Kadar larutan paling optimum yaitu pada penambahan larutan limbah plastik 2,929% dalam umur 28 hari yang meningkatkan kuat tekan hingga 3,33%, sedangkan pada umur 56 hari kadar larutan limbah plastik 3,149% menghasilkan kuat tekan optimum yang dapat meningkatkan kuat tekan hingga 3,62%. Demikian pula dengan kuat tarik belah beton meningkat sebesar 11,732% karena pori-pori yang terdapat pada beton terisi oleh plastik *polypropylene*.

3. Dampak Penambahan Polimer Terhadap Karakteristik Beton Aspal

Djedjen Achmad dan KD Sutjahjo (2011), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian mengenai dampak penambahan polimer terhadap karakteristik beton aspal. Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Jakarta ini menggunakan persentase polimer 10%, 15% dan 20% dari berat aspal dengan kadar aspal 6,5% dari hasil uji sebelumnya.

Penelitian ini mendapatkan hasil yaitu semakin tinggi persentase polimer dalam campuran, maka semakin rendah kepadatannya. Rongga dalam campuran (VIM) meningkat, flow meningkat, rongga dalam agregat (VMA) meningkat, rongga yang terisi aspal (VFB) menurun, stabilitas menurun, dan marshall quotient menurun. Dampak yang terjadi pada beton aspal dengan penambahan polimer adalah meningkatkan nilai *flow*. Hal ini sangat menguntungkan karena membuat perkerasan jalan lebih fleksibel. Jika dilihat dari *marshall quotient*nya menjadi semakin rendah, artinya perkerasan jalan mampu mengikuti deformasi akibat beban berulang dari lalu lintas. Namun stabilitas menurun seiring dengan penambahan polimer.

4. Pengaruh Penambahan *Polypropylene* Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton

Hajatni Hasanr, Burhan Tatong, dan Joko Tole (2013), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan *polypropylene fiber mesh* terhadap sifat mekanis beton. Penelitian ini dilakukan dengan benda uji beton normal dan serat dengan kuat tekan sama yaitu $f_c' = 20$ MPa. Pada setiap campuran beton memiliki kadar serat *polypropylene* yaitu sebesar 0 kg/m^3 , $0,4 \text{ kg/m}^3$, $0,6 \text{ kg/m}^3$, dan $0,8 \text{ kg/m}^3$ beton. Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako adalah pengujian kuat tekan beton, pengujian tarik belah beton, pengujian *workability* dan pengujian kuat lentur beton.

Hasil yang didapatkan dari penelitian adalah terjadi peningkatan kuat tekan beton dengan adanya penambahan serat *polypropylene* dalam campuran beton.

Kuat tekan beton yang optimum pada beton dengan umur 28 hari sebesar 29,17 MPa dengan kadar serat 0,60 kg/m³ atau meningkat sebesar 3,62% dari beton normalnya. Kuat tarik belah beton dapat meningkat dengan penambahan serat *polypropylene* dalam campuran beton. Kuat tarik belah beton yang optimum pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 20,44% dari beton normalnya dengan nilai sebesar 3,842 MPa menggunakan kadar serat beton sebesar 0,65 kg/m³. Pengaruh terhadap kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 5,2404 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11,26% dari beton normalnya. Kuat lentur beton yang optimum pada beton serat dengan dosis 0,58 kg/m³.

5. Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek

Iwan Susanto dan Nyoman Suaryana (2019), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja campuran beraspal lapis aus (AC-WC) dengan bahan tambah limbah plastik kresek. Pada penelitian ini menggunakan limbah plastic kresek jenis LDPE yang telah dicacah dengan range ukuran 0,6 mm-0,95 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian agregat, pengujian plastic cacah, pengujian aspal penetrasi 60/70, pengujian kepadatan, pengujian ketidakrataan, pengujian ekstraksi, pengujian campuran AC-WC, dan pengujian ketahanan deformasi. Diskusi dan pengujian dari penelitian ini dilakukan di Balai Litbang Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Berdasarkan hasil pengujian *marshall*, durabilitas, ketahanan deformasi, dan modulus resilien, nilai kadar limbah plastik yang paling efektif dalam campuran beraspal AC-WC adalah 6% terhadap berat aspal yang digunakan. Hasil uji ekstraksi, menunjukkan kadar aspal dan gradasi agregat tidak berbeda jauh dari perencanaan desain campuran. Hal ini berarti campuran beraspal AC-WC dengan ditambahkan limbah plastik kresek dapat diterapkan dengan baik di lapangan.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka yang diperoleh dari beberapa penelitian

sebelumnya maka dapat disimpulkan hasil pada Tabel 2.1 berikut.



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Akan Dilakukan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
	Kartini, Wahyu. (2007)	Pamudji, Gandjar. Sh, Nor Intang. Rahman, Aan Nurur. (2008)	Achmad, Djedjen. Sutjahjo, KD (2011)	Hasanr, Hajatni. Tatong, Burhan. Tole, Joko (2013)	Susanto, Iwan. Suaryana, Nyoman (2019)	Hutami, Anggita Putri. (2021)
Judul	Penggunaan Serat <i>Polypropylene</i> Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton	Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton	Dampak Penambahan Polimer Terhadap Karakteristik Beton Aspal	Pengaruh Penambahan <i>Polypropylene</i> Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton	Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek	Pengaruh Bahan Tambah Larutan Limbah Plastik Botol Mineral <i>Polypropylene</i> Dan NaOH Terhadap Kuat Tekan Beton

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Akan Dilakukan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
	Kartini, Wahyu. (2007)	Pamudji, Gandjar. Sh, Nor Intang. Rahman, Aan Nurur. (2008)	Achmad, Djedjen. Sutjahjo, KD (2011)	Hasanr, Hajatni. Tatong, Burhan. Tole, Joko (2013)	Susanto, Iwan. Suaryana, Nyoman (2019)	
Metode Pengujian	Pengujian yang dilakukan adalah kuat tarik belah beton dengan penambahan <i>polypropylene fiber</i> dengan 12 mm sebesar 0 kg/m ³ ; 0,3 kg/m ³ ; 0,6 kg/m ³ dan 0,9 kg/m ³	Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan persen kadar limbah yaitu 5%, 10% dan 15% dengan lama waktu 7, 14, 28 dan 56 hari.	Penelitian dilakukan dengan kadar aspal 6,5% dari hasil uji sebelumnya dengan persentase polimer 10%, 15% dan 20% dari berat aspal.	Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, tarik belah, kuat lentur beton dan <i>workability</i> dengan kadar serat <i>polypropylene</i> sebanyak 0 kg/m ³ ; 0,4 kg/m ³ ; 0,6 kg/m ³ dan 0,8 kg/m ³	Pengujian yang dilakukan adalah <i>slump flow</i> dan kuat tekan dengan persen penambahan 2,78% serbuk bata, serta 0,07% <i>fiber</i> dan 2,78% serbuk bata serta 0,55% <i>fiber</i> .	Pengujian yang dilakukan adalah pengujian konsistensi normal, pengujian waktu ikat semen, pengujian kuat tekan beton dengan variasi 0; 2,5%; 3% dan 3,5% umur 14 dan 28 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Akan Dilakukan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
	Kartini, Wahyu. (2007)	Pamudji, Gandjar. Sh, Nor Intang. Rahman, Aan Nurur. (2008)	Achmad, Djedjen. Sutjahjo, KD (2011)	Hasanr, Hajatni. Tatong, Burhan. Tole, Joko (2013)	Susanto, Iwan. Suaryana, Nyoman (2019)	Hutami, Anggita Putri. (2021)
Hasil	Peningkatan paling optimum kuat tarik belah untuk FAS 0,55 yaitu sebesar 3,17% dengan serat 0,9 Kg/cm ² dan FAS 0,35 dengan kenaikan sebesar 5,76%	Pada umur 28 hari, kadar larutan limbah plastik 2,929% meningkatkan kuat tekan hingga 3,33%, sedangkan kadar larutan limbah plastik 3,149%	Rongga dalam campuran (VIM) meningkat, flow meningkat, rongga dalam agregat (VMA) meningkat, rongga yang terisi aspal (VFB) menurun,	Beton dengan kadar serat 0,60 kg/m ³ mengalami peningkatan sebesar 3,62% dari beton normalnya pada umur pengujian 28 hari.	Berdasarkan hasil pengujian <i>marshall</i> , durabilitas, ketahanan deformasi, dan modulus resilien, nilai kadar limbah plastik yang paling efektif dalam campuran beraspal AC-WC adalah 6% terhadap berat aspal	-

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Akan Dilakukan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
	Kartini, Wahyu. (2007)	Pamudji, Gandjar. Sh, Nor Intang. Rahman, Aan Nurur. (2008)	Achmad, Djedjen. Sutjahjo, KD (2011)	Hasanr, Hajatni. Tatong, Burhan. Tole, Joko (2013)	Susanto, Iwan. Suaryana, Nyoman (2019)	Hutami, Anggita Putri. (2021)
Hasil	dengan serat 0,9 kg/cm ²	menghasilkan kuat tekan optimum pada umur 56 hari dan dapat meningkatkan kuat tekan hingga 3,62%.	stabilitas menurun, dan <i>marshall quotient</i> menurun		yang digunakan.	-

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

3.1.1 Pengertian Beton

Beton merupakan campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847-2013). Beton dapat memiliki kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tarik yang sangat rendah. Dalam keadaan seperti itu, dimana kuat tariknya rendah, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, yang disebut beton bertulang. Sebagai contoh, pada struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton, sebelum diberikan beban, dilakukan manipulasi (strategi) dengan memberikan tegangan tekan awal, yaitu pada struktur beton prategang (*prestressed concrete*). Keawetan, kekuatan, dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat dasar komponennya, selama proses penuangan campuran beton, metode pemadatan, dan perawatan selama proses pemantauan (Tjokrodinuljo, 1992).

Daya tahan beton (*durability*) dan nilai kekuatan beton merupakan fungsi dari banyak faktor yaitu nilai pebandingan kualitas bahan susun dan campuran, metode pengecoran, suhu, pelaksanaan, dan kondisi pengerasannya (Dipohusodo, 1994).

Semen, agregat, dan air dicampur bersama sehingga bersifat plastis dan membuatnya lebih mudah untuk diproses. Sifat inilah yang memungkinkan campuran beton dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan. Ketika semen dicampur dengan agregat dan air, terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi yang menghasilkan suatu pengerasan dan pada suatu kelembapan dan suhu yang sesuai terjadi pertambahan kekuatan yang berlangsung terus-menerus (Murdock dan Brook, 1986).

Beton dengan modifikasi polimer (PMC = *Polymer Modified Concrete*) adalah beton yang ditambah pengeras dan resin sebagai “bahan tambahan”.

Prinsipnya adalah air pencampur diganti dengan polimer sehingga diperoleh beton yang memiliki kualitas yang baik dan berkekuatan tinggi. Faktor polimer beton yang optimum untuk meraih kekuatan tinggi tersebut adalah sekitar 0,3 sampai 0,45 (dalam perbandingan berat). Menurut *ACI (American Concrete Institute) Committee 544*, beton serat (*fiber reinforced concrete*) diartikan sebagai beton yang terbuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen, dan sejumlah kecil serat. Penambahan serat bertujuan untuk memberi serat tulangan serat pada beton, yang disebar menyeluruh secara acak guna menjauhkan terjadinya retak-retak akibat pembebanan. Sifat structural dan kelecakan beton dapat dipengaruhi dengan penambahan fiber senar yang berbentuk *straight* dan *paddled* dengan konsentrasi 0,25%, 0,425% dan 0,65% ke dalam campuran. Dan dapat disimpulkan *workability* campuran beton akan menurun seiring dengan penambahan konsentrasi serat, hal ini ditunjukkan dengan nilai slump yang menurun dan peningkatan *vebe time* campuran beton serat (Pamudji, Intang dan Rahman 2008). Daktilitas beton dari sifat yang getas menjadi lebih daktil dapat ditingkatkan dengan penggunaan serat dalam beton (Paul Nugraha dan Antoni 2007). Adapun keunggulan yang lain yaitu ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap susut, dan ketahanan terhadap keausan.

3.1.2 Material Penyusun Beton

Dalam campuran beton terdapat bahan penyusun diantaranya adalah semen, agregat, air dan bahan tambah dengan penjelasan berikut ini.

1. Semen

Semen merupakan komponen utama yang memiliki fungsi untuk menyatukan dan mengikat agregat menjadi masa padat. Menurut SNI 15-2049-2004, Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan bisa ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen *Portland* dibagi menjadi lima jenis atau tipe berdasarkan penggunaannya, sebagai berikut.

- a. Semen *Portland* Jenis I yaitu semen yang penggunaan umum yang tidak membutuhkan syarat-syarat khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
 - b. Semen *Portland* Jenis II yaitu semen yang penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
 - c. Semen *Portland* Jenis III yaitu semen yang penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada tahanan permulaan setelah pengikatan terjadi.
 - d. Semen *Portland* Jenis IV yaitu semen yang penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi yang rendah.
 - e. Semen *Portland* Jenis V yaitu semen yang penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.
2. Agregat (*Aggregate*)

Menurut SNI 2847:2013, agregat merupakan bahan berbutir, seperti batu pecah, kerikil, slag tanur dan pasir, yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Agregat merupakan komponen yang penting karena dibutuhkan komposisi yang cukup besar. Agregat dibagi menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar. Sifat fisik dari agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Sifat Fisik dari Agregat Halus dan Kasar

Sifat Fisik Agregat	Pasir	Kerikil	Batu Pecah
Berat Satuan (kg/l)	1,57	1,52	1,49
Berat Jenis SSD	2,59	2,66	2,74
Penyerapan Air (%)	1,42	2,80	1,74
Kadar Lumpur ((%)	3,70	2,20	0,20
Kadar Air (%)	6,95	4,60	1,20
Kekerasan dengan Los Angeles (%)	-	20,00	14,00

Sumber: Salain (2009)

a. Agregat Kasar

Agregat kasar menurut SNI 1970-2008 adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1 ½ inci). Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (0,48 cm). Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidroulis yang dipecah, limbah marmer. (Zuraidah dan Jatmiko, 2007). Agregat kasar yang baik adalah agregat dengan kandungan lumpur yang tidak lebih dari 1%, butir-butirnya solid dan tidak berpori, serta elemen-elemen yang reaktif alkali serta tahan terhadap pengaruh-pengaruh iklim seperti panas matahari atau hujan.

b. Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 1970-2008 adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan pasir atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai butir terbesar 4,75 mm (No.4). Pasir dengan butir yang kasar dan tajam, mengandung lumpur tidak lebih dari 5% serta tahan terhadap pengaruh-pengaruh iklim seperti panas matahari maupun hujan merupakan pasir yang baik. Pasir bisa dikategorikan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo 1992):

- 1) Pasir sungai didapatkan langsung dari dasar sungai, yang kebanyakan berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling bagus digunakan untuk memplester tembok.
- 2) Pasir laut diperoleh dari pantai, dengan butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Pasir yang banyak mengandung garam yang bisa menyerap kandungan air dari udara. Namun pasir laut tidak bagus dipakai sebagai bahan bangunan.
- 3) Pasir galian didapatkan langsung dari permukaan tanah. Pasir galian kebanyakan berbutir tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.

3. Air

Dalam campuran beton, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Menurut *British Standard* (BS) 3148:1980 tentang air dalam penyusunan beton adalah sesungguhnya air yang berasal dari sumber alam dan mungkin mengandung bahan organik yang tidak diinginkan. Air permukaan sering mengandung bahan-bahan tersuspensi seperti lempung atau tanah liat, daun, minyak, lumpur, dan pengotor lain, yang berdampak tidak baik terhadap sifat dan kualitas beton. Terjadinya hidrasi merupakan tujuan utama dari pemakaian air. Hidrasi yaitu reaksi kimia antar air dan semen yang mengakibatkan adukan beton menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Apabila dipakai air tawar serta murni, proses hidrasi akan berlangsung dengan baik. Selain bahan campuran beton, air dipakai juga untuk merawat beton dengan metode pembasahan setelah di cor. (Zuraidah dan Jatmiko, 2007)

Air sebagai campuran beton mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Tidak berisi klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
- b. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter
- c. Tidak memuat lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- d. Tidak menyimpan garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik, dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.

4. Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah merupakan material selain air, agregat atau semen hidrolis yang digunakan sebagai bahan penyusun beton dan ditambahkan pada beton sebelum atau selama pencampurannya untuk memodifikasi properti.

3.2 Polimer *Polypropylene*

Polimer merupakan senyawa kimia yang terdiri dari partikel partikel besar dengan hidrogen dan karbon sebagai partikel pokoknya yang dinyatakan dalam C_nH_{2n} (Suraatmadja, 2000). Polimer dikategorikan menjadi dua macam yaitu polimer sintesis dan polimer alam. Polimer alam merupakan polimer yang terdapat di alam, contohnya karet, amilum, selulosa dan lainnya. Sedangkan polimer sintesis

merupakan polimer yang tidak terdapat di alam contohnya polietilena, polipropilena, pvc dan lainnya.

Polimer *polypropylene* (C_3H_6) sering dijumpai di kehidupan sehari-hari, diantaranya adalah plastic pembungkus makanan ringan, tali rafia, karung beras, botol mineral dan lainnya. Ciri fisik dari *polypropylene* adalah mempunyai permukaan yang halus, tembus cahaya, berwarna putih mengkilap. Dalam pembuatan botol mineral, polimer ini mempunyai karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Sifat Fisis *Polypropylene*

<i>Properties</i>	<i>Repeat Unit</i> (C_3H_6)
<i>Glass transition temperature</i>	-10°C
<i>Melting temperature</i>	173°C
<i>Amorphous density at 25°C</i>	0,85 g/cm ³
<i>Crystalline density at 25°C</i>	0,95 g/cm ³
<i>Molecular weight of repeat unit</i>	42,08 g/mol

Sumber: <http://www.polymerchain.com/polymers/alpha.html>

3.3 Larutan Limbah Plastik Botol Mineral

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman (2008), dibutuhkan limbah plastik *polypropylene* 0,5 gram dalam bentuk larutan dan ditambahkan 40 ml NaOH 0,01 M untuk mendapatkan kadar plastik 1,8% dalam 20 ml larutan.

Dalam penelitian sebelumnya, pengujian limbah plastik kemasan air mineral meliputi prosentase plastik kemasan air mineral yang dapat dicairkan pada suhu $\pm 174^\circ\text{C}$, tekanan 1 atmosfer dan kandungan yang terdapat dalam larutan yang akan digunakan dalam campuran beton. Hasil pengujian larutan limbah plastik kemasan air mineral dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Larutan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		
Limbah plastik yang dapat dicairkan	22,367 %		
Kandungan larutan limbah plastik	H ₂ O	NaOH	C ₃ H ₆
	94,02%	4,222%	1,758%

Sumber: Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman (2008)

Dari tabel diatas pada suhu $\pm 174^{\circ}\text{C}$, tekanan 1 atmosfer terlihat bahwa limbah plastik dapat dicairkan sebesar 22,367% dari total berat limbah plastik yang dicairkan. Tetapi butuh tekanan diatas 220 atmosfer dan suhu lebih dari 374°C untuk dapat mencairkan seluruh berat limbah plastik.

3.4 Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Penggunaan bahan susun yang baik adalah salah satu upaya untuk mendapatkan beton yang baik yang dapat memenuhi persyaratan bahan pembentuk beton. Oleh karena itu pemeriksaan sifat bahan susun beton perlu dilakukan.

3.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C merupakan berat jenis curah. Perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C merupakan berat jenis jenuh kering permukaan. Perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C merupakan berat jenis semu. Sedangkan perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering merupakan penyerapan

Berat jenis SSD agregat normal adalah 2,5 – 2,7. Penyerapan air dalam agregat maksimal 5 %. Berikut cara menghitung berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semua dan penyerapan dengan penerapan pada agregat halus dengan menggunakan persamaan (3.1) sampai persamaan (3.4).

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+SSD-Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B+SSD-Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

SSD = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Berikut cara menghitung berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semua dan penyerapan dengan penerapan pada agregat kasar dengan menggunakan persamaan (3.5) sampai persamaan (3.8).

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.5)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.6)$$

$$\text{Berat jenis} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

3.4.2 Analisa Saringan Agregat

Analisa saringan adalah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka prosentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Gradasi pasir dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 -70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 - 20	80 -30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 – 15

Sumber : SNI 03-2834-2000

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah VI : Pasir Halus

Adapun gradasi kerikil dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
	40,00	95 – 100	100
20,00	30 – 70	95 – 100	100 – 100
10,00	10 – 35	25 – 55	50 – 85
4,80	0 - 5	0 – 10	0 - 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berikut perhitungan modulus halus butir agregat menggunakan persamaan (3.9).

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\text{Total berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.9)$$

Menurut SNI 03-1750-1990, nilai modulus halus butir agregat halus normal berada diantara 1,5 sampai 3,8 dan nilai modulus halus butir agregat kasar normal berada diantara 5 sampai 8.

3.4.3 Kandungan Lumpur pada Agregat

Lumpur merupakan zat organis yang dapat mengganggu reaksi kimia dalam proses hidrasi antara air dan semen (Tjokrodimuljo, 1996). Jika pada permukaan agregat halus mengandung lumpur, maka lumpur ini akan menghalangi lekatan antara pasta semen dengan permukaan agregat halus yang beraibat kekuatan mortar berkurang dan kuat tekan beton juga ikut berkurang.

Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PB1-NI2-1971), kadar maksimum lumpur dalam agregat halus sebesar 5 % sedangkan untuk agregat kasar tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Berikut perhitungan berat lolos saringan nomor 200 menggunakan persamaan (3.10).

$$\text{Berat yang lolos saringan no.200} = \frac{A-B}{A} \cdot 100\% \quad (3.10)$$

Keterangan :

A = Berat kering sebelum dicuci (gram)

B = Berat kering setelah dicuci (gram)

3.4.4 Berat Volume Padat/Gembur Agregat

Berat volume padat agregat merupakan nilai indeks dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi padat. Berat volume gembur adalah nilai indeks dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi tidak padat/gembur. Berikut perhitungan berat volume gembur menggunakan persamaan (3.11)

$$\text{Berat Volume Gembur} = W_3/V \quad (3.11)$$

Keterangan :

W_3 = Berat agregat (gram)

V = Volume tabung (cm^3)

3.5 Pasta Semen

Pengujian pasta semen yang dilakukan adalah pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat. Pengujian dilakukan berdasarkan pedoman SNI 03-6826-2002.

3.5.1 Pengujian konsistensi normal

Konsistensi normal semen adalah kadar air pasta semen yang apabila jarum vicat diletakkan di permukaannya dalam waktu interval waktu 30 detik akan terjadi penetrasi sedalam 10 mm. Berikut perhitungan konsistensi normal menggunakan persamaan (3.12).

$$W = \frac{W_a}{W_s} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

W = Konsistensi dinyatakan dalam kadar air pasta (%)

W_a = Berat air (gram)

W_s = Berat semen kering (gram)

3.5.2 Pengujian waktu ikat

Waktu ikat merupakan waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengeras atau mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Sedangkan waktu ikat akhir merupakan waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual. Penentuan waktu ikat awal dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm.

3.6 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Tujuan perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi bahan baku beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, dan penyelesaian akhir yang sesuai

dengan spesifikasi.

3.6.1 Faktor-Faktor Yang Menentukan Proporsi Campuran

Dalam mencapai kekuatan beton tertentu, terdapat faktor faktor yang akan menentukan proporsi campuran yaitu

1. Faktor air semen

Semakin tinggi nilai faktor air semen, semakin rendah mutu beton.

2. Tipe semen

Pemakaian tipe semen yang tidak serupa yaitu semen *Portland* tipe I, II, IV dengan semen *Portland* yang memiliki kekuatan awal yang tinggi (tipe III) akan membutuhkan nilai faktor air semen yang tidak sama.

3. Keawetan atau durabilitas

Faktor air semen maksimum, nilai-nilai kekuatan minimum, dan kadar semen minimum akan diperlukan dalam pertimbangan keawetan. Ketentuan nilai-nilai kadar semen minimum dan faktor air semen maksimum dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Kadar Semen Mininum dan Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi Lingkungan	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

**Lanjutan Tabel 3.6 Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen
Maksimum**

Kondisi Lingkungan	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton yang masuk ke dalam tanah	325	0,55
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti ganti b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah		
Beton yang kontinu berhubungan dengan air		
a. Air tawar b. Air laut		Lihat Tabel ^{b)}

Sumber : SNI 03-2834-2000

Keterangan :

- a) Tabel - Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat
- b) Tabel – Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

4. Workabilitas dan jumlah air

Sifat konsistensi atau kekentalan adukan beton dapat menggambarkan kemudahan dalam pengerjaan beton yang dinyatakan nilai *slump*. Suatu nilai *slump* tertentu yang diharapkan dapat memberi kemudahan pengerjaan sesuai dengan jenis konstruksi yang dikerjakan, untuk suatu ukuran agregat tertentu akan berpengaruh terhadap jumlah air yang dibutuhkan. Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai *slump* dalam batas-batas yang dapat dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut:

Tabel 3.7 Nilai-Nilai *Slump* Untuk Berbagai Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	75	25
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	75	25
Balok, dinding bertulang	100	25
Kolom gedung	100	25
Perkerasan dan pelat	75	25
Pembetonan masal	75	25

Sumber: LPMB (1971)

Sesuai dengan SNI 1972:2008, pengujian konsistensi beton harus ditentukan dengan mengukur *slump*. Adapun menurut Spesifikasi Umum Binamarga tahun 2010 revisi 3, rentang nilai *slump* yang harus dipenuhi adalah :

- Untuk beton yang akan dihampar dengan acuan tetap (*fixform*): 50 - 75 mm
- Untuk beton yang akan dibentuk dengan acuan berjalan (*slipform*): 20 - 50 mm

5. Pemilihan Agregat

Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan kesiapan biaya, material yang ada, atau jarak tulangan terkecil yang ada. Agregat kasar perlu diseleksi sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar kurang dari $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya dimana beton harus dicor.

6. Kadar Semen

Kadar semen yang didapatkan dari hasil perhitungan rancangan, kemudian dibandingkan dengan ketentuan kadar semen minimum berlandaskan pertimbangan durabilitas, dan dibandingkan juga dengan batas kadar semen maksimum untuk mencegah adanya retak dampak tingginya panas hidrasi.

3.6.2 Metode Perencanaan Campuran Beton

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton adalah metode SNI 03-2834-2000. Tahapan perancangan campuran beton mengikuti langkah

langkah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai kuat tekan beton (f_c') yang direncanakan sesuai dengan syarat teknik yang dikehendaki.
2. Menentukan deviasi standar (S_d) berdasarkan data yang lalu atau diambil dari Tabel 3.8

Tabel 3.8 Deviasi Standar sebagai Ukuran Mutu Pelaksanaan

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

Sumber: SNI-03-2834-2000

3. Menghitung margin atau nilai tambah dengan menggunakan persamaan (3.13) berikut.

$$M = k.S \quad (3.13)$$

Keterangan:

M = Margin atau nilai tambah (MPa)

k = 1,64 untuk kegagalan/cacat maksimum 5%

S = Deviasi standar (MPa)

4. Menghitung kuat tekan rata-rata yang direncanakan dengan menggunakan persamaan (3.14) berikut.

$$f_c'r = f_c' + M \quad (3.14)$$

Keterangan:

$f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

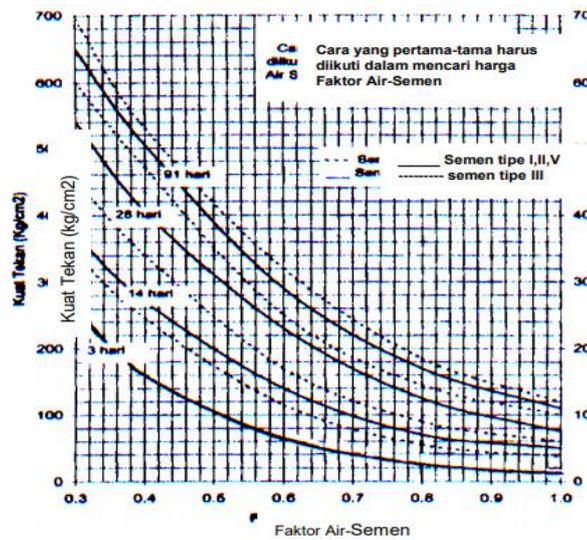
M = Margin atau nilai tambah (MPa)

5. Menetapkan jenis/tipe semen yang digunakan.
6. Menentukan jenis agregat halus dan agregat kasar yang digunakan, alami atau dipecah.
7. Menentukan faktor air-semen (fas) mengikuti langkah berikut :
 - a. Dari Tabel 3.9 menentukan perkiraan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari pada fas 0,5, berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar, dan bentuk benda uji.
 - b. Pada Gambar 3.1 atau Gambar 3.2, perkiraan nilai kuat tekan beton diplot dan kemudian tarik garis mendatar hingga memotong garis fas = 0,5
 - c. Melalui titik potong tersebut, tarik kurva yang proporsional terhadap kurva-kurva lengkung yang mengapitnya.
 - d. Plot nilai kekuatan tekan rata-rata dari langkah 4, kemudian tarik garis mendatar hingga memotong kurva baru yang dibuat.
 - e. Dari titik potong tersebut tarik garis lurus vertikal untuk mendapatkan nilai fas yang diperlukan.

Perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,50 dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

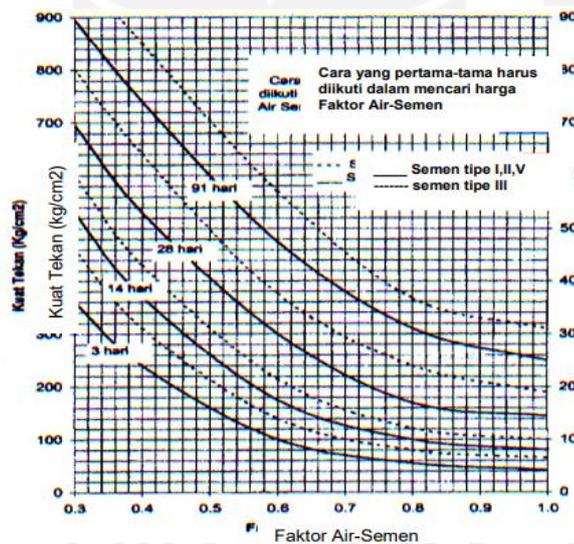
Tabel 3.9 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan fas 0,50

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)					Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)					
		3	7	14	28		
Semen <i>Portland</i> Tipe I atau	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen <i>Portland</i> Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus	
	Batu pecah	30	40	53	60		
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder	
	Batu pecah	25	33	44	48		



Gambar 3.1 Hubungan Faktor Air Semen dan Kekuatan Tekan Beton untuk Benda Uji Silinder

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3.2 Hubungan Faktor Air Semen dan Kekuatan Tekan Beton untuk Benda Uji Kubus

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

8. Menetapkan f_{as} maksimum dari Tabel 3.6. memilih nilai f_{as} terkecil dari langkah 7) dan langkah 8).
9. Menentukan nilai *slump*.

10. Menentukan ukuran butir nominal agregat maksimum.
 11. Menentukan nilai kadar air bebas dari Tabel 3.10 .

Tabel 3.10 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³)

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

Jika agregat halus alami dan agregat kasar batu pecah, kadar air bebas dihitung menggunakan persamaan (3.15) berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.15)$$

Keterangan:

W_h = Jumlah air untuk agregat halus

W_k = Jumlah air untuk agregat kasar

Untuk temperatur di atas 20°C, setiap kenaikan 5°C harus ditambahkan air sebanyak 5 liter/m³ adukan beton. Untuk permukaan agregat yang kasar harus ditambahkan air kira-kira 10 liter/m³ beton.

12. Menghitung jumlah semen dengan menggunakan persamaan (3.16) berikut.

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{f_{\text{as}}} \quad (3.16)$$

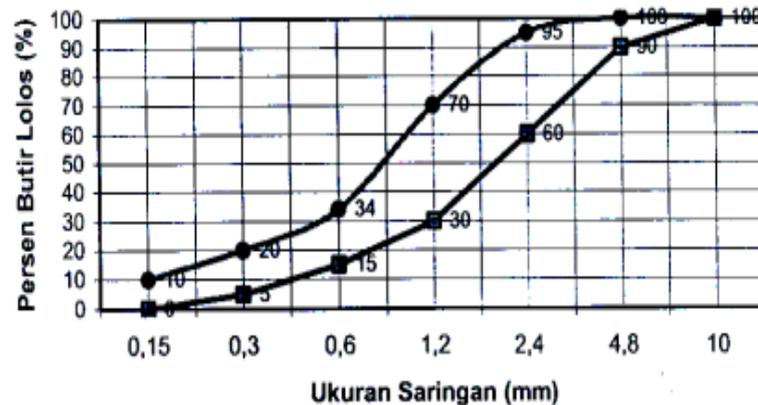
Keteranga:

W_{semen} = Jumlah semen (Kg)

W_{air} = Kadar air bebas (Kg)

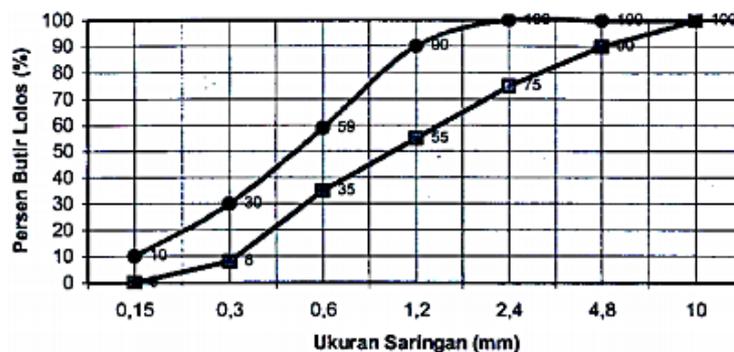
f_{as} = Faktor air semen

13. Jika ditetapkan, menentukan kadar semen maksimum.
14. Menentukan kadar semen minimum dari Tabel 3.6
15. Jika jumlah semen berubah karena pertimbangan kadar semen maksimum atau kadar semen minimum, tentukan fas yang disesuaikan.
16. Menentukan tipe gradasi agregat halus sesuai dengan syarat menurut Gambar 3.3 sampai Gambar 3.6 berikut.



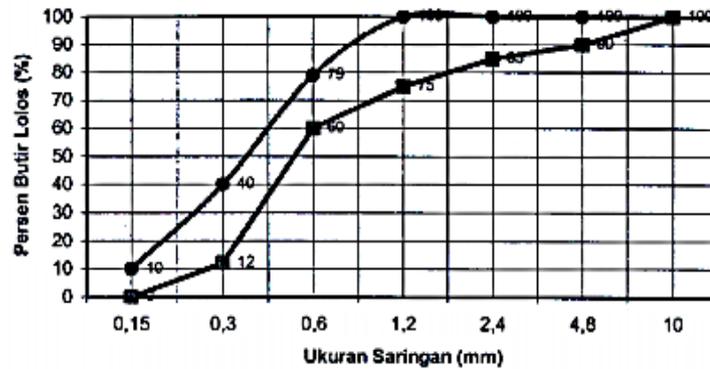
Gambar 3.3 Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe I

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



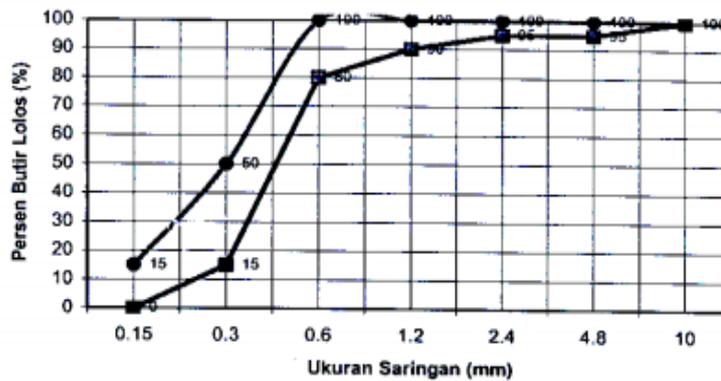
Gambar 3.4 Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe II

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3.5 Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe III

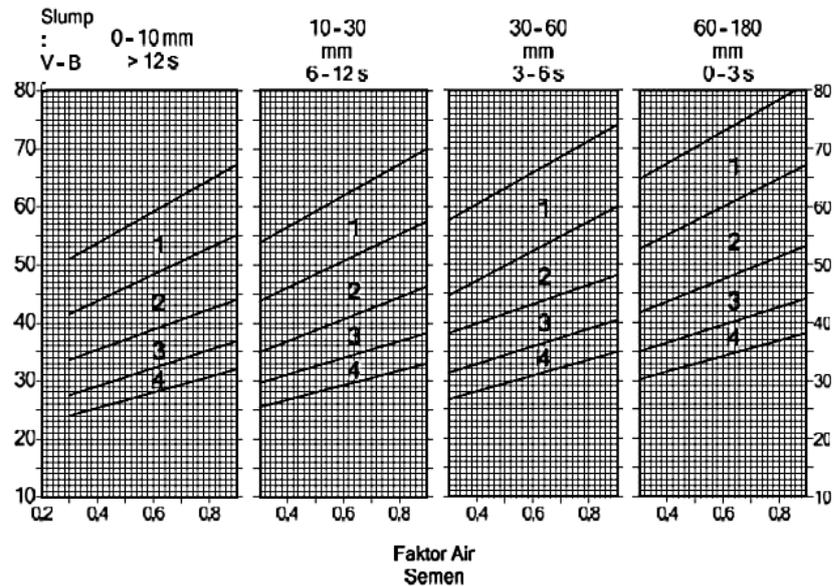
(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3.6 Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe IV

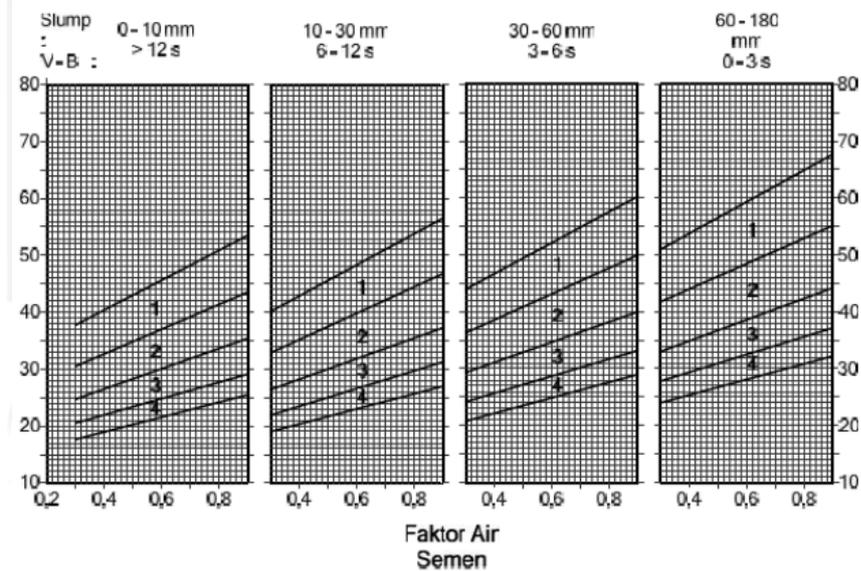
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

17. Menentukan persentase agregat halus berdasarkan Gambar 3.7 sampai Gambar 3.9



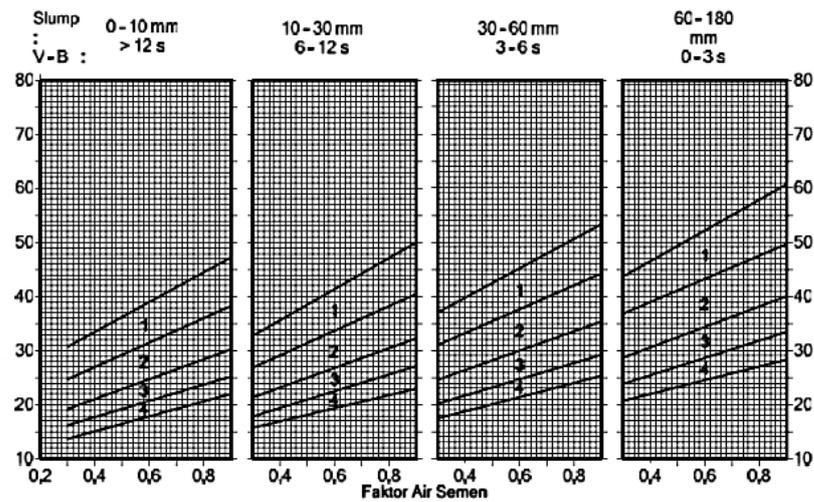
Gambar 3.7 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 10 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3.8 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



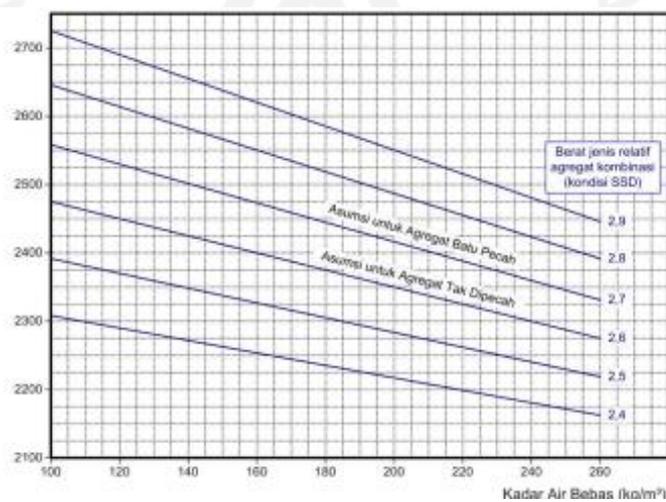
Gambar 3.9 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 40 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

18. Menghitung berat jenis relatif dengan menggunakan persamaan (3.17) berikut.

$$\text{Berat jenis relatif} = (\% \text{ agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar}) \quad (3.17)$$

19. Menentukan berat beton basah menurut Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan

20. Hitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan persamaan (3.18) berikut.

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat beton} - \text{jumlah (semen + air)} \quad (3.18)$$

21. Hitung kadar agregat halus dengan menggunakan persamaan (3.19) berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.19)$$

22. Hitung kadar agregat kasar dengan menggunakan persamaan (3.20) berikut.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \text{agregat gabungan} - \text{agregat halus} \quad (3.20)$$

23. Tetapkan proporsi campuran hasil perhitungan.

24. Lakukan koreksi campuran berdasarkan kondisi agregat saat pelaksanaan.

3.7 Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.21) berikut.

$$f_c' = \frac{P_{max}}{A} \quad (3.21)$$

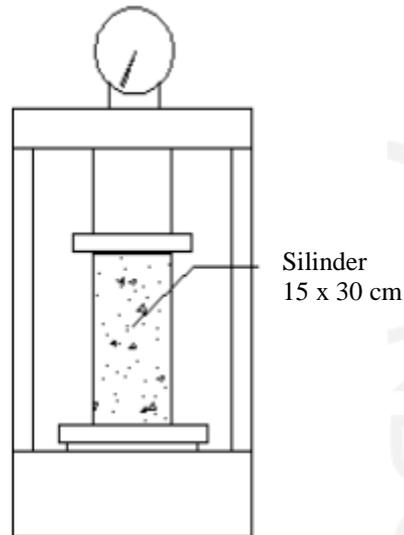
Keterangan :

f_c' = Kuat tekan masing masing silinder beton (kg/cm^2)

P = Beban tekan maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

Pemodelan uji kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 3.11 sebagai berikut.

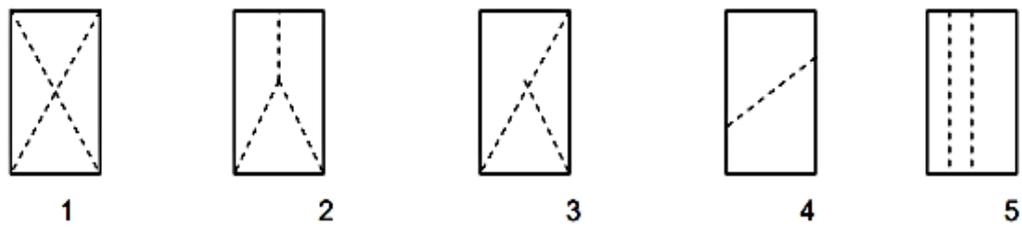


Gambar 3.11 Sketsa Benda Uji Kuat Tekan Beton

(Sumber: Gambar Pribadi)

Prosedur pengujian kuat tekan beton di Indonesia dapat dilakukan dengan mengacu pada SNI 1974:2011. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton meliputi kondisi ujung benda uji, ukuran benda uji, rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, rasio panjang terhadap diameter benda uji, kondisi kelembapan, suhu benda uji, arah pembebanan terhadap arah pengecoran, laju penambahan beban pada *compression testing machine* dan bentuk geometri benda uji.

Sketsa kerusakan benda uji kuat tekan beton menurut SNI 1974:2011 dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Sketsa Gambar Tipe/Bentuk Kehancuran Pada Benda Uji

Keterangan :

1. Bentuk kehancuran kerucut
2. Bentuk kehancuran kerucut dan belah
3. Bentuk kehancuran kerucut dan geser
4. Bentuk kehancuran geser
5. Bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar)

Kelima macam pola retak diatas dapat terjadi dalam satu campuran. Hal ini disebabkan oleh faktor berikut :

1. Tidak homogenya agregat kasar, akibatnya distribusi kekuatan dalam benda uji tidak merata sehingga retakan akan mengikuti titik-titik perlemahannya.
2. Terjadi pemisahan (*segregation*) material beton selama pembuatan benda uji, material yang berat akan berada dibagian bawah dan yang lebih ringan berada dibagian atas yang mengakibatkan keroposnya beton. Hal ini sangat dipengaruhi keahlian dalam pembuatan benda uji.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah suatu tahapan dalam penelitian yang dilakukan untuk memberikan informasi berupa proses atau tahapan yang dilakukan dalam suatu penelitian mulai dari pengumpulan data, analisis data, sampai memperoleh hasil dari penelitian tersebut. Berikut uraian pelaksanaan metode penelitian sebagai berikut.

1. Bahan dan benda uji
2. Peralatan penelitian
3. Pelaksanaan penelitian
4. Hasil penelitian

4.2 Bahan-Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan harus disiapkan terlebih dahulu sebelum penelitian dilakukan. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Semen *Portland*

Semen yang digunakan untuk benda uji pada penelitian adalah semen tiga roda

2. Agregat halus atau pasir

Agregat halus atau pasir diambil dari Progo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

3. Agregat kasar atau kerikil

Agregat kasar atau kerikil diambil dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

4. Air

Air yang digunakan diambil dari PAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

5. Larutan limbah botol mineral

Limbah botol mineral diperoleh dari limbah rumah tangga yang dipotong menjadi lembaran kecil kemudian dipanaskan dan dilarutkan dengan larutan NaOH konsentrasi 0,01 M

4.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Cetakan
Cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk membuat benda uji.
2. Timbangan
Timbangan yang digunakan adalah timbangan merk OHAUS dengan kapasitas 20 kg
3. *Mixer*
Mixer yang digunakan untuk mencampur material pembuatan beton adalah *mixer* manual.
4. Jangka Sorong
Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur dimensi benda uji silinder beton
5. *Dial*
Dial adalah alat yang digunakan untuk mengukur deformasi pada benda uji
6. Alat *Vicat*
Alat *vicat* adalah alat yang digunakan untuk menentukan konsistensi normal dari semen untuk penentuan berapa lama pengikatan semen yang terjadi.
7. Alat-alat bantu
Alat-alat yang digunakan yaitu sekop, cetok, cangkul, saringan/ayakan, tang, palu, kuas, sarung tangan, kompor listrik, gelas *beaker*, pengaduk dan lain-lain.

4.4 Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia untuk melakukan pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar, pengujian pasta semen berupa pengujian konsistensi dan waktu ikat dan pengujian kuat tekan beton.

4.5 Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton dihitung menggunakan acuan SNI 03-2834-2000. Sehingga diperlukan pengecekan terhadap berat jenis agregat, gradasi agregat dan kandungan lumpur pada agregat untuk menjadi dasar dalam perhitungan proporsi campuran beton. Persiapan bahan terdiri dari :

1. Pengujian terhadap agregat halus

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan pasir (SNI 1970:2016)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dicuci kemudian benda uji dikeringkan di dalam oven pada temperatur $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ hingga berat benda uji tetap. Berat tetap yang dimaksud yaitu kondisi benda uji dengan selang waktu 2 jam selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven berturut-turut tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0,1 %. Setelah itu, benda uji didinginkan pada suhu ruang, lalu benda uji direndam dalam air selama 24 ± 4 jam.
- 2) Air perendaman dibuang dengan hati-hati, butiran jangan sampai ada yang terbang, agregat ditebarkan di atas talam, kemudian dikeringkan di udara panas dengan cara benda uji dibolak-balik sampai keadaan kering permukaan jenuh
- 3) Keadaan kering permukaan jenuh diperiksa dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan permukaannya diratakan. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak
- 4) Apabila telah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, benda uji sebanyak 500 gram segera dimasukkan ke dalam piknometer, lalu dimasukkan air suling sampai mencapai 90 % dari isi piknometer, piknometer diputar sebari diguncangkan sampai gelembung udara tidak terlihat di dalamnya. Pompa hampa udara dapat digunakan guna mempercepat proses ini, tetapi harus tetap diperhatikan juga, jangan

sampai terdapat air yang terhisap. Selain itu dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.

- 5) Piknometer direndam dalam air dan diukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25° C
- 6) Air ditambahkan sampai mencapai tanda batas
- 7) Piknometer ditimbang yang berisi benda uji dan air sampai ketelitian 0,1 gram (Bt)
- 8) Benda uji dikeluarkan dari piknometer, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}$ C sampai berat tetap, lalu benda uji didinginkan dalam desikator
- 9) Setelah benda uji dingin, lalu ditimbang (Bk)
- 10) Berat piknometer penuh berisi air ditimbang (B), dan diukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25° C.

b. Analisa gradasi pasir (SNI ASTM C136:2012)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}$ C sampai berat tetap. Sebaiknya dilakukan minimal 2 kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang teliti.
- 2) Benda uji dikeluarkan, kemudian didinginkan pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram
- 3) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar dari atas kebawah dan benda uji dimasukkan kemudian langsung diayak atau disaring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10 – 15 menit.
- 4) Benda uji dikeluarkan pada tiap saringan dan dimasukkan dalam masing-masing talem. Dalam proses, benda uji jangan sampai ada yang tercecer. Kemudian benda uji ditimbang dan dicatat berat yang tertahan pada masing-masing saringan. Sikat digunakan untuk membersihkan lubang kasar atau besar sedangkan kuas digunakan untuk membersihkan lubang yang halus.

c. Pengujian kadar lumpur dalam pasir (SNI 03-4142-1996)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap dan ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Benda uji diletakkan di dalam saringan dan dialirkan air di atasnya
- 3) Benda uji digerakkan di dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, secukupnya sehingga bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya
- 4) Pekerjaan di atas diulang sampai air pencucian tetap jernih
- 5) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap dan ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram

d. Pengujian berat volume padat/gembur pasir (SNI 03-4804-1998)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap dan ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Benda uji dikeluarkan dari oven lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram
- 3) Silinder ukur diletakkan pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, benda uji dimasukkan per 1/3 bagian dan tiap bagian ditumbuk sebanyak 25 kali lalu diratakan, dilakukan sampai volume penuh. Sedangkan untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh tanpa pemadatan lalu diratakan.
- 4) Berat silinder berisi benda uji ditimbang dan dicatat beratnya
- 5) Volume silinder dihitung

2. Pengujian terhadap agregat kasar

a. Pengujian berat jenis kerikil (SNI 1969:2008)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dicuci guna membersihkan debu atau bahan-bahan lain yang menempel pada permukaan
- 2) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Jika harga berat jenis dan penyerapan digunakan dalam pekerjaan

beton, dimana agregat yang digunakan pada kadar air aslinya, maka tidak perlu dikeringkan dalam oven

- 3) Benda uji dikeringkan lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk)
- 4) Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam
- 5) Benda uji dikeluarkan dari air, kemudian dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, sedangkan harus satu persatu untuk butiran yang besar.
- 6) Benda uji ditimbang sebagai berat kering permukaan jenuh (Bj)
- 7) Benda uji diletakkan di dalam keranjang, batunya digoncangkan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dan ditentukan beratnya di dalam air (Ba), dan diukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan untuk suhu standar 25°C

b. Analisa gradasi kerikil (SNI ASTM C136:2012)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Sebaiknya dilakukan minimal 2 kali pengujian untuk memperoleh hasil yang teliti.
- 2) Benda uji dikeluarkan lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam dan kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram
- 3) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar dari atas ke bawah dan benda uji dimasukkan kemudian langsung diayak atau disaring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10 – 15 menit.
- 4) Pada masing-masing saringan, benda uji dikeluarkan dan dimasukkan dalam masing-masing talem kemudian ditimbang dan dicatat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Sikat digunakan untuk membersihkan lubang kasar atau besar sedangkan kuas digunakan untuk membersihkan lubang yang halus.

c. Pengujian berat volume padat/gembur kerikil (SNI 03-4804-1998)

Dengan cara pengujian sebagai berikut

- 1) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Benda uji dikeluarkan dari oven lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram
- 3) Silinder ukur diletakkan pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, benda uji dimasukkan per 1/3 bagian dan tiap bagian ditumbuk sebanyak 25 kali kemudian diratakan dan dilakukan sampai volume penuh. Sedangkan untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh tanpa pemadatan lalu diratakan.
- 4) Berat silinder berisi benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
- 5) Volume silinder dihitung

4.6 Pembuatan Larutan Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* dan NaOH

Pembuatan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Limbah plastik *polypropylene* dan larutan NaOH dengan konsentrasi 0,01 M disiapkan.
2. Limbah plastik *polypropylene* dipotong menjadi lembaran kecil kecil.
3. Beberapa alat pembuatan disiapkan berupa kompor listrik, gelas *beaker*, gelas ukur.
4. Kompor listrik dinyalakan dengan temperatur 173°C kemudian taruh gelas *beaker* di atasnya.
5. Limbah plastik *polypropylene* ditimbang sesuai dengan ketentuan kemudian dimasukan kedalam gelas *beaker*.
6. Setelah limbah plastik *polypropylene* meleleh, larutan NaOH dimasukkan dengan keadaan kompor sudah mati.
7. Larutan diaduk selama 30 menit menggunakan alat pengaduk
8. Larutan yang telah bercampur dimasukkan kedalam tempat berupa botol kaca yang sudah disediakan.
9. Pembuatan larutan diulang dari variasi 2 sampai variasi 4

4.7 Rencana Benda Uji

Persentase larutan limbah botol mineral dihitung terhadap air dalam campuran beton. Pemodelan benda uji yaitu silinder berjumlah 4 benda uji dengan uraian pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Pemodelan Benda Uji

Larutan Limbah Botol Mineral (%)	Jumlah Benda (buah)	Lama Perendaman	Penamaan
0,0	3	14	3-14-A
		28	3-28-A
2,5	3	14	3-14-B
		28	3-28-B
3	3	14	3-14-C
		28	3-28-C
3,5	3	14	3-14-D
		28	3-28-D

4.8 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan tahapan tahapan sebagai berikut.

4.8.1 Pengujian Pasta Semen

Pengujian pasta semen yang dilakukan adalah pengujian konsistensi dan pengujian waktu ikat. Pengujian konsistensi normal dilakukan berdasarkan SNI 03-6826-2002 dan pengujian waktu ikat dilakukan berdasarkan SNI 03-6827-2002.

1. Pengujian konsistensi normal

Dengan cara pengujian sebagai berikut.

- a. 5 benda uji disiapkan berupa semen Portland dengan masing-masing beratnya 300 gram serta air suling sebanyak 1000 ml
- b. Air suling sebanyak 84 ml dituangkan ke dalam mangkok pengaduk, lalu benda uji sebanyak 300 gram dimasukkan secara perlahan-lahan Kedua bahan itu dibiarkan di dalam mangkok pengaduk selama 30 detik

- c. Kedua bahan diaduk selama 30 detik dengan kecepatan pengaduk 140 ± 5 putaran per menit
 - d. Pengadukan dihentikan selama 15 detik, sementara itu pasta yang menempel pada dinding mangkok pengaduk dibersihkan.
 - e. Pasta diaduk kembali selama 60 detik dengan kecepatan pengaduk 285 ± 10 putaran per menit
 - f. Bola dari pasta semen dibuat dengan tangan, lalu dilemparkan sebanyak 6 kali cuci tangan kiri ke tangan kanan dengan jarak kedua tangan ± 15 cm
 - g. Pasta semen dimasukkan ke dalam cetakan benda uji melalui lubang dasarnya sampai terisi penuh dan kelebihan pasta pada dasar cincin diratakan dengan sekali gerakan telapak tangan.
 - h. Dasar cincin diletakkan pada pelat kaca, permukaan atas pasta diratakan dengan sekali gerakan sendok perata, tanpa mengadakan tekanan pada pasta
 - i. Cetakan benda uji yang berisi pasta diletakkan pada alat vicat, kemudian ujung batang vicat pada bagian tengah permukaan pasta disentuh dan dikencangkan posisi batang vicat
 - j. Pembacaan skala diletakkan pada nol atau angka permulaan dicatat dan batang vicat segera dilepaskan dengan bebas sehingga dapat menembus permukaan pasta. Setelah 30 detik, besarnya penetrasi batang vicat dicatat.
 - k. Benda uji diletakkan pada alat vicat, ujung jarum vicat disentuh pada tengah tengah permukaan benda uji dan posisi jarum vicat dikencangkan. Pembacaan skala diletakkan pada nol atau angka permulaan dicatat dan jarum vicat segera dilepaskan. Pekerjaan ini harus selesai dalam waktu 60 detik setelah pengadukan.
 - l. Nilai konsistensi untuk setiap tahap dihitung, lalu grafik yang menyatakan hubungan antara nilai konsistensi dengan penetrasi dibuat.
2. Pengujian waktu ikat
- Dengan cara pengujian sebagai berikut.
- a. Volume air suling ditentukan dan disiapkan untuk mencapai konsistensi normal sesuai dengan cara yang berlaku.

- b. Air suling dituang ke dalam mangkok pengaduk, kemudian benda uji semen sebesar 300 gram dimasukan juga secara perlahan lahan ke dalam mangkok pengaduk yang sama dan dibiarkan selama 30 detik
- c. Campuran air suling dan benda uji diaduk selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 140 ± 5 putaran per menit
- d. Pengadukan dihentikan selama 15 detik, kemudian pasta semen yang menempel dipinggir mangkok pengaduk dibersihkan.
- e. Pasta semen diaduk kembali selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit
- f. Pasta semen berbentuk bola dibuat dengan tangan, sambil dilemparkan sebanyak 6 kali cuci tangan kiri ke tangan kanan dengan jarak kedua tangan ± 15 cm
- g. Cetakan benda uji dipegang kemudian pasta semen dimasukan melalui lubang dasarnya sampai terisi penuh dan kelebihan pasta pada dasar cincin diratakan dengan sekali gerakan telapak tangan. Dasar cincin diletakkan pada pelat kaca, kemudian permukaan atas pasta diratakan dengan sekali gerakan sendok perata, tanpa mengadakan tekanan pada pasta
- h. Thermometer beton diletakkan diatas benda uji, lalu disimpan dilemari lembab selama 30 menit selama percobaan benda uji dalam cincin dan ditahan pelat kaca
- i. Suhu udara dicatat dengan thermometer laboratorium.
- j. Benda uji diletakkan pada alat vicat, ujung jarum vicat disentuhkan pada tengah tengah permukaan benda uji dan posisi jarum vicat dikencangkan. Pembacaan skala diletakkan pada nol atau angka permulaan dicatat dan jarum *vicat* segera dilepaskan
 - 1) Besarnya penetrasi jarum *vicat* ke dalam benda uji setelah 30 detik dicatat.
 - 2) Setiap 15 menit pekerjaan diulang untuk titik titik lain yang berbeda pada permukaan benda uji. Jarak titik-titik pengujian adalah 6,5 mm dan letaknya minimum 9,5 mm dari tepi cetakan benda uji
 - 3) Setiap kali percobaan penetrasi akan dilakukan jarum *vicat* harus dibersihkan

- 4) Jarum *vicat* selalu dalam kondisi lurus dan bebas dari getaran selama percobaan penetrasi dilakukan.

4.8.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Siapkan bahan-bahan yang telah ditentukan
2. Siapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk membuat benda uji
3. Masukkan kerikil dan pasir sesuai ketentuan ke dalam mixer dan aduk sampai rata
4. Masukkan semen dan tambahkan air sesuai ketentuan ke dalam mixer dan aduk sampai rata.
5. Masukkan bahan tambah limbah botol mineral sesuai ketentuan yaitu (0 %; 2,5 %; 3 % dan 3,5 %) dan aduk sampai rata.
6. Lakukan uji *slump*
7. Cetak benda uji ke dalam silinder setelah semua tes beton segar memenuhi syarat
8. Diamkan cetakan beton selama 24 jam, kemudian buka cetakan tersebut.
9. Lakukan perawatan benda uji dengan cara direndam selama 14 hari dan 28 hari.

4.8.3 Pelaksanaan Pengujian

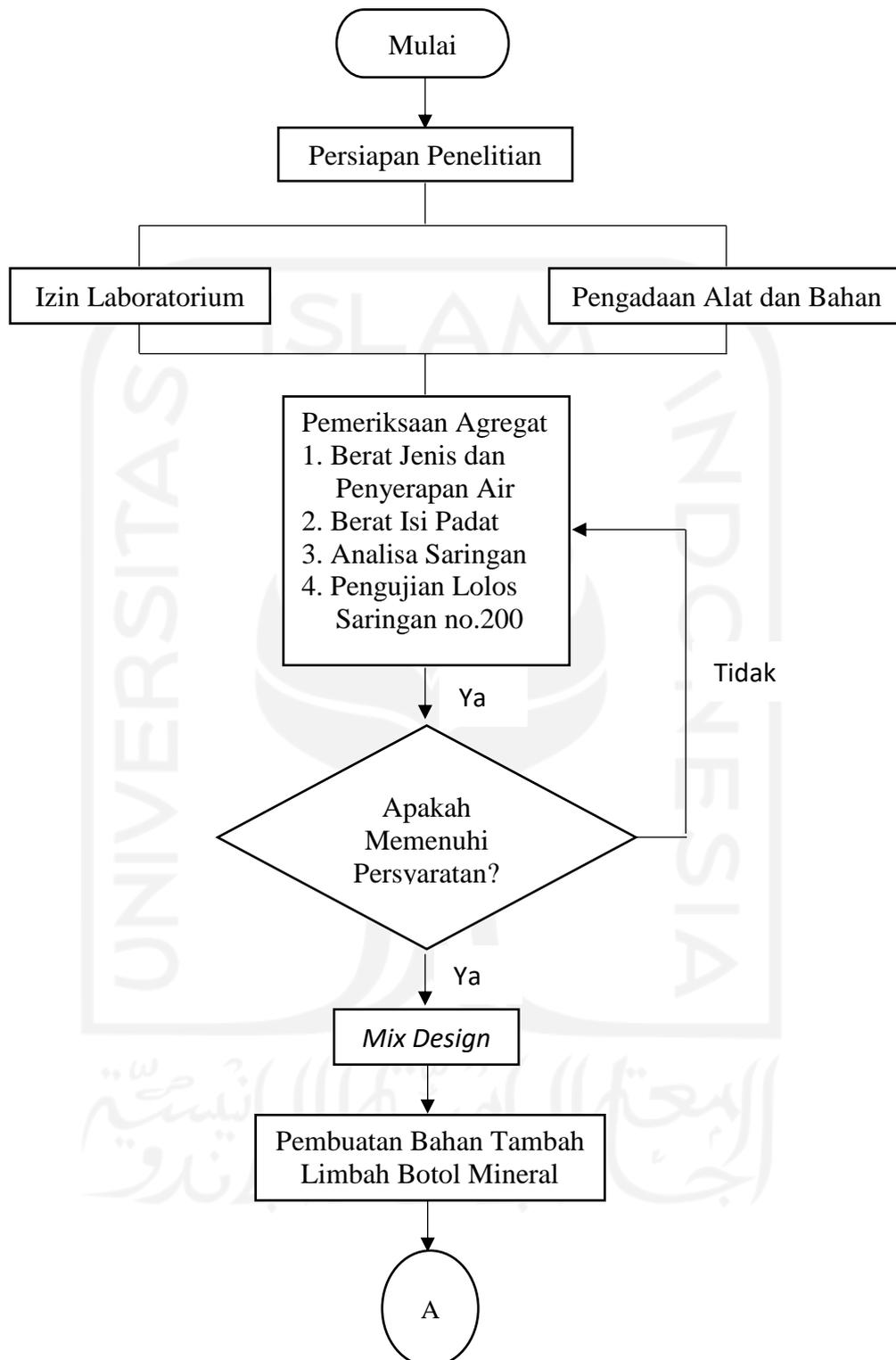
Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan setelah melalui perawatan selama 14 dan 28 hari. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan pengujian benda uji adalah sebagai berikut.

1. Ambil benda uji dari bak perendam. Bersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel dengan kain pelembap.
2. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
3. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris, sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekan beton.
4. Jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban konstan berdasar 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
5. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

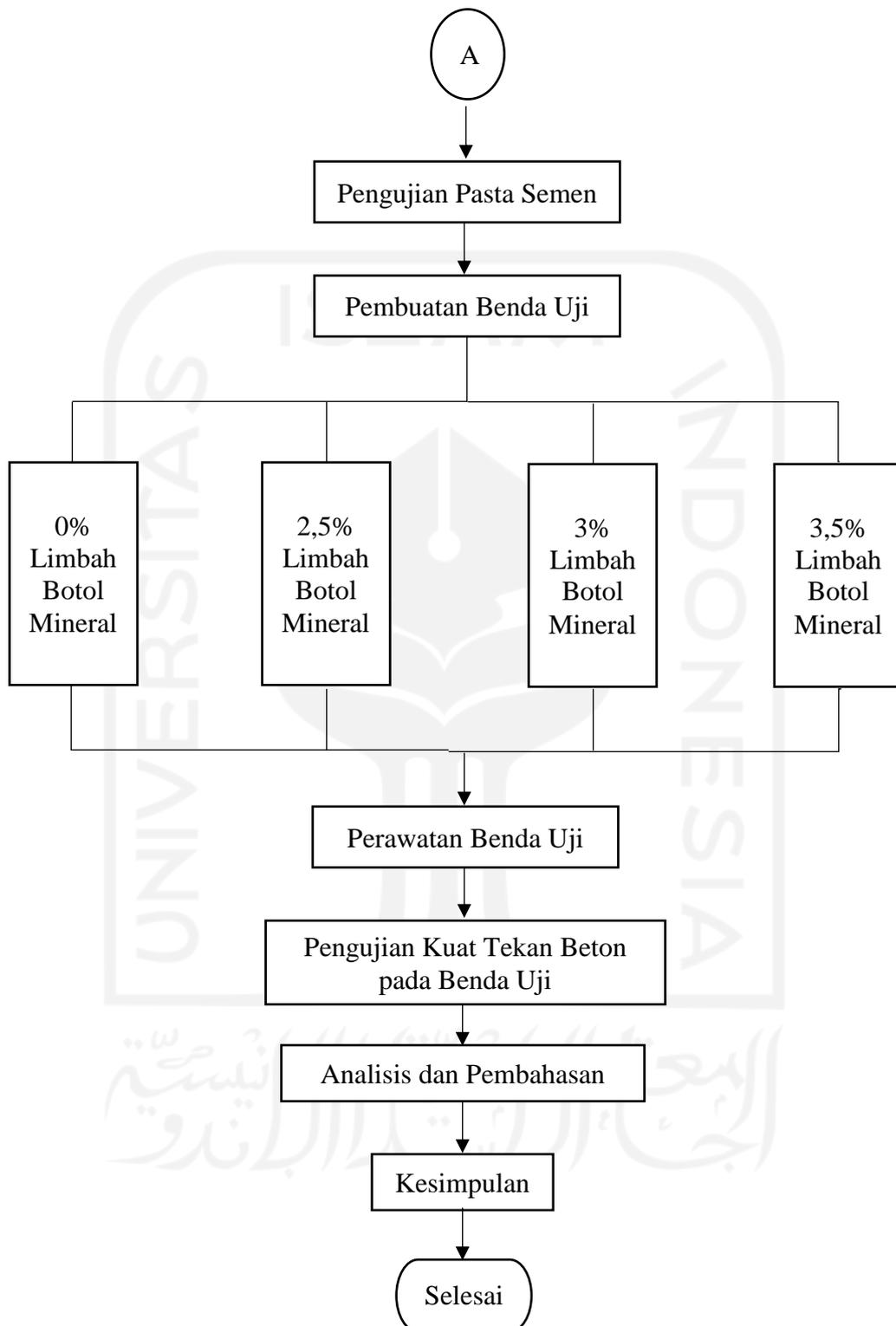
4.9 Kerangka Penelitian

Dari penjelasan diatas, dapat digambarkan *flow chart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut.





Gambar 4.1 *Flow Chart* Prosedur Pengujian Benda Uji di Laboratorium



Lanjutan Gambar 4.1 *Flow Chart* Prosedur Pengujian Benda Uji di Laboratorium

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini akan ditampilkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia. Pengujian yang dilakukan berupa data material yang meliputi berat jenis penyerapan air agregat halus dan kasar, kandungan lumpur dalam agregat halus, dan pengujian pasta semen berupa waktu ikat serta pengujian kuat tekan. Hasil penelitian yang didapatkan berupa perhitungan, tabel dan grafik.

5.2 Pengujian Material

Pengujian material bertujuan supaya agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat memenuhi syarat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian agregat halus dan pengujian agregat kasar.

5.2.1 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus pada penelitian ini berasal dari Progo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian agregat halus yang dilakukan yaitu pemeriksaan jenis dan penyerapan air, analisa saringan agregat halus serta kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Perhitungan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan persamaan (3.1) sampai (3.4). Berikut contoh perhitungan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat jenis curah} &= \frac{486}{(733 + 500 - 1040)} \\
 &= 2,518 \\
 \text{b. Berat jenis jenuh kering permukaan} &= \frac{500}{(733 + 500 - 1040)} \\
 &= 2,591
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat jenis semu} &= \frac{486}{(733 + 486 - 1040)} \\
 &= 2,715 \\
 \text{d. Penyerapan air} &= \frac{(500 - 486)}{486} \times 100 \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pada pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata - Rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	486	484	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram (SSD)	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1040	1043	1041
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	733	733
Berat jenis curah BK/(Bj-Ba)	2,518	2,547	2,532
Berat jenis jenuh kering permukaan	2,591	2,631	2,611
Berat jenis semu	2,715	3,781	2,748
Penyerapan air	2,88	3,31	3,00

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.1, didapatkan nilai berat jenis jenuh kering sebesar 2,611. Hal tersebut menunjukkan bahwa berat jenis agregat halus yang digunakan pada penelitian ini masuk dalam rentang nilai yang memenuhi syarat berat jenis agregat normal pada campuran beton yaitu 2,5 sampai 2,7. Sedangkan persentase penyerapan air yang diperoleh sebesar 3%

2. Analisa saringan agregat halus

Analisa saringan bertujuan untuk acuan dalam menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dalam saringan. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

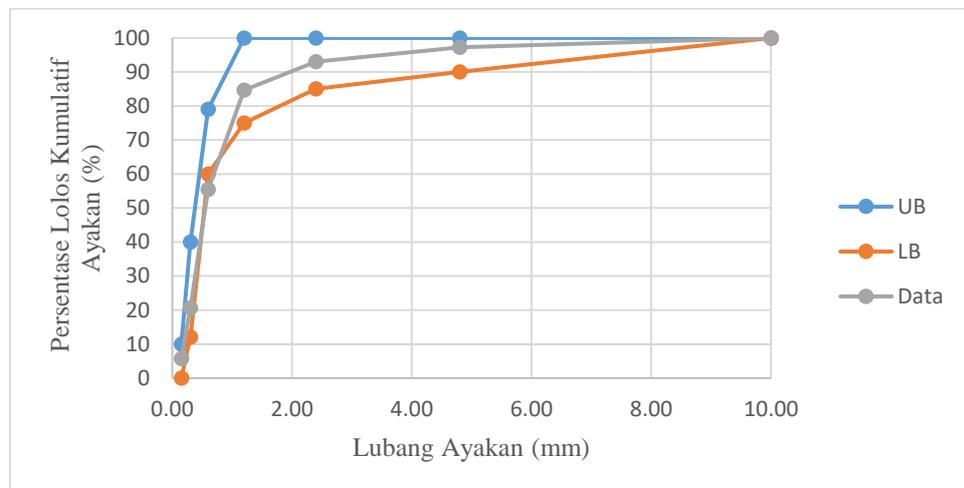
Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Lolos (%)
1	10.00	0	0	0	100
2	4.80	56	2.8	2.8	97.2
3	2.40	83	4.15	6.95	93.05
4	1.20	167	8.35	15.3	84.7
5	0.60	584	29.2	44.5	55.5
6	0.30	696	34.8	79.3	20.7
7	0.15	299	14.95	94.25	5.75
8	Sisa	115	5.75	100	0
9	Jumlah	2000	100	243.1	

Modulus halus butir dapat dihitung menggunakan persamaan (3.9) dan berikut perhitungan modulus halus butir agregat halus.

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus butir} &= \frac{243.1}{100} \\ &= 2,431 \end{aligned}$$

Dari hasil yang diperoleh modulus butir agregat halus yaitu 2,431 masuk ke dalam rentang nilai yang memenuhi syarat yaitu antara 1,5 sampai 3,8 menurut SK SNI S-04-1989 (hal:28). Untuk grafik hubungan persen lolos kumulatif ayakan dengan diameter lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif Ayakan dengan Diameter Lubang Ayakan Pasir

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, pasir sungai Progo masuk ke dalam gradasi Daerah III. Gradasi tersebut merupakan golongan pasir agak halus.

3. Kadar lumpur agregat halus

Hasil perhitungan agregat halus yang lolos saringan no. 200 dalam pengujian kadar lumpur dengan menggunakan persamaan (3.10) dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{500-496}{500} \times 100\% = 0,80\%$$

Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Analisa Pengujian Kandungan Lumpur pada Agregat Halus

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
2.	Berat agregat kering oven setelah di cuci. gram (W2)	496	497	496,5
3.	Berat yang lolos ayakan no. 200, (%)	0,80	0,60	0,70

4. Berat volume padat

Perhitungan volume padat menggunakan persamaan (3.11) dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Berat isi padat} = \frac{8000}{5390,809} = 1,484 \text{ gr/cm}^3 = 1484 \text{ kg/m}^3$$

Hasil pengujian berat volume padat agregat dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 1	Rata-rata
1.	Berat Tabung, gram (W1)	10500	11600	11050
2.	Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	18500	20500	19500
3.	Berat Agregat, gram (W3)	8000	8900	8450
4.	Diameter Silinder, cm (d)	15,07	15,19	15,13
5.	Tinggi Silinder, cm (t)	30,22	30,08	30,15
6.	Volume Tabung, cm ³ (V)	5390,809	5451,089	5420,949
7.	Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,484	1,633	1,558

5.2.2 Pengujian Agregat Kasar

Pada penelitian ini, agregat kasar berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian agregat kasar yang dilakukan yaitu pemeriksaan jenis dan penyerapan air serta analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Perhitungan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan Persamaan (3.5) sampai (3.8). Berikut contoh perhitungan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

$$\begin{aligned} \text{a. Berat jenis curah} &= \frac{3918}{(4000 - 2464,5)} \\ &= 2,552 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat jenis jenuh kering permukaan} &= \frac{4000}{(4000 - 2464,5)} \\ &= 2,605 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat jenis semu} &= \frac{3918}{(3918 - 2464,5)} \\
 &= 2,696 \\
 \text{d. Penyerapan air} &= \frac{(4000 - 3918)}{3918} \times 100 \\
 &= 2,09\%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pada pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat kerikil mutlak, gram (Bk)	3918	3920	3918
2	Berat kerikil jenuh kering muka, gram (Bj)	4000	4000	4000
3	Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	2464,5	2460	2462,5
4	Berat jenis curah	2,552	2,545	2,548
5	Berat jenis jenuh kering muda (SSD)	2,605	2,598	2,601
6	Berat jenis semu	2,696	2,685	2,690
7	Penyerapan air %	2,09%	2,04%	2,07%

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.5, didapatkan nilai berat jenis jenuh kering sebesar 2,601. Hal tersebut menunjukkan bahwa berat jenis agregat halus yang digunakan pada penelitian ini masuk dalam rentang nilai yang memenuhi syarat berat jenis agregat normal pada campuran beton yaitu 2,5 sampai 2,7. Sedangkan persentase penyerapan air yang diperoleh sebesar 2,07%.

2. Analisa saringan agregat kasar

Analisa saringan bertujuan untuk acuan dalam menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dalam saringan. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

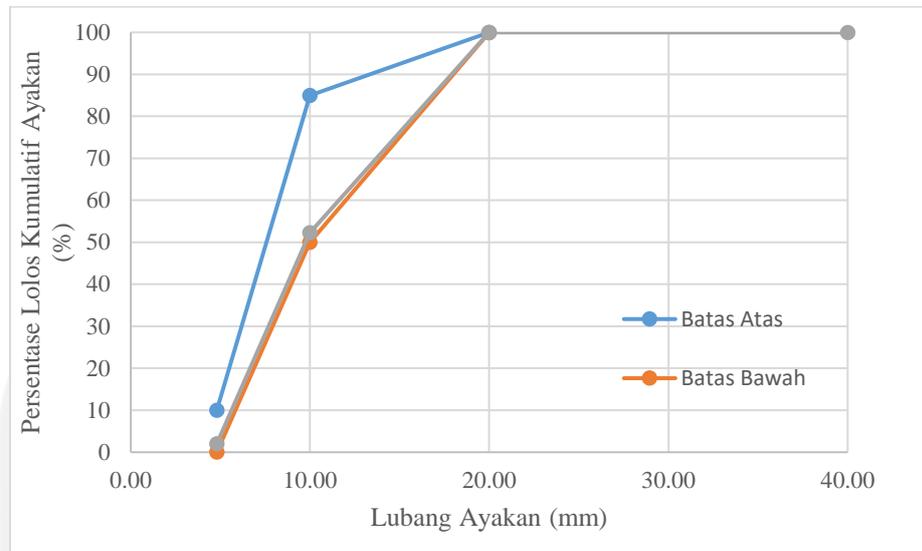
Tabel 5.6 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Lolos (%)
1	40.00	0	0	0	100
2	20.00	0	0	0	100
3	10.00	2385	47.7	47.7	52.3
4	4.80	2514.5	50.29	97.99	2.01
5	2.40	56.4	1.128	99.118	0.882
6	1.20	8.5	0.17	99.288	0.712
7	0.60	0	0	99.288	0.712
8	0.30	0	0	99.288	0.712
9	0.15	0	0	99.288	0.712
10	Sisa	35.6	0.712	100	0
11	Jumlah	5000	100	641.96	258.04

Berikut perhitungan modulus halus butir dapat dihitung menggunakan persamaan (3.9) dan berikut perhitungan modulus halus butir agregat halus.

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus butir} &= \frac{641,96}{100} \\ &= 6,419 \end{aligned}$$

Dari hasil yang diperoleh modulus butir agregat halus yaitu 6,419 masuk ke dalam rentang nilai yang memenuhi syarat yaitu antara 5 sampai 8 menurut SK SNI S-04-1989-F. Untuk grafik hubungan persen lolos kumulatif ayakan dengan diameter lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif Ayakan dengan Diameter Lubang Ayakan Kerikil

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, kerikil Clereng masuk ke dalam gradasi dengan butir maksimum 10 mm.

3. Berat volume padat

Perhitungan volume padat menggunakan persamaan (3.11) dan berikut contoh perhitungan berat volume padat

$$\text{Berat isi padat} = \frac{7750}{5390,809} = 1,438 \text{ gr/cm}^3 = 1438 \text{ kg/m}^3$$

Hasil pengujian berat volume padat agregat dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 1	Rata-rata
1.	Berat Tabung, gram (W1)	10550	10700	10625
2.	Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	18300	18100	18200
3.	Berat Agregat, gram (W3)	7750	7400	7575
4.	Diameter Silinder, cm (d)	15,07	15,19	15,13
5.	Tinggi Silinder, cm (t)	30,22	30,08	30,15
6.	Volume Tabung, cm ³ (V)	5390.809	5451.089	5420.949
7.	Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,438	1,358	1,398

5.3 Pengujian Pasta Semen

Pengujian Pasta Semen yang dilakukan adalah pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat semen.

5.3.1 Pengujian Konsistensi Normal

Pengujian konsistensi normal diperlukan untuk dapat melakukan pengujian waktu ikat. Nilai konsistensi normal tercapai apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm. Perhitungan konsistensi normal menggunakan persamaan (3.12) dapat dilihat sebagai berikut.

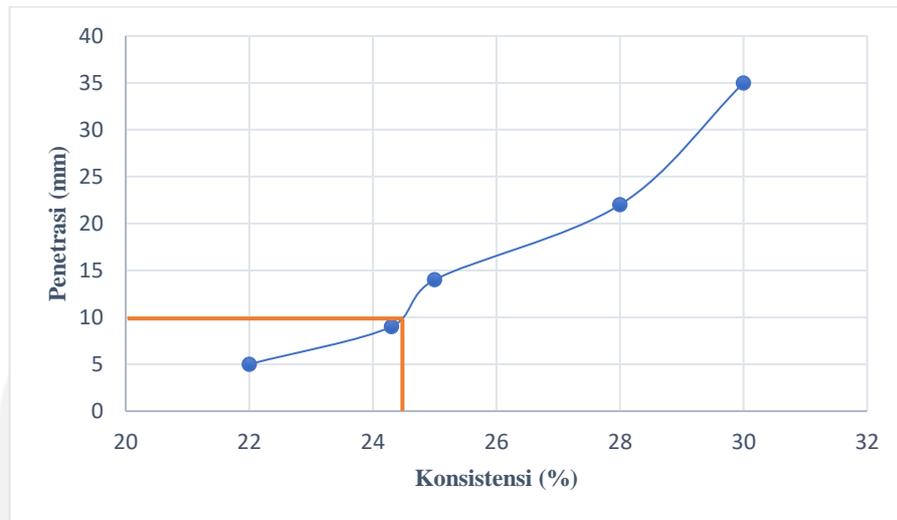
$$\text{Konsistensi normal} = \frac{75}{300} \times 100\% = 25 \%$$

Pengujian konsistensi normal dibagi menjadi semen dengan campuran air suling dan semen dengan campuran limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH variasi 3%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Pengujian Konsistensi Normal Semen dengan Campuran Air

No.	Uraian	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
1	Berat air, gram (Wa)	90	84	75	72.9	66
2	Berat semen, gram (Ws)	300	300	300	300	300
3	Konsistensi	30	28	25	24.3	22
4	Penetrasi, mm	35	22	14	9	5

Untuk grafik hubungan konsistensi dengan penetrasi dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.

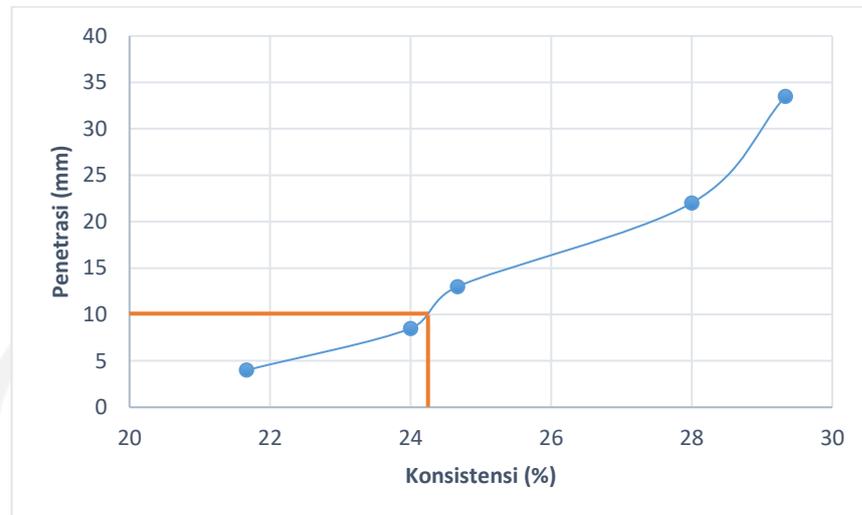


Gambar 5.3 Grafik Konsistensi-Penetrasi Semen dengan Campuran Air

Dilihat dari Gambar 5.3 didapatkan nilai konsistensi normal pada penetrasi 10 mm yaitu sebesar 24,5 %. Sedangkan untuk pengujian konsistensi normal semen dengan bahan tambah limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH variasi 3% dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut

Tabel 5.9 Pengujian Konsistensi Normal Semen dengan Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* dan NaOH

No.	Uraian	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
1	Berat air, gram (Wa)	88	84	74	72	65
2	Berat semen, gram (Ws)	300	300	300	300	300
3	Konsistensi	29.333	28	24.667	24	21.667
4	Penetrasi, mm	33.5	22	13	8.5	4



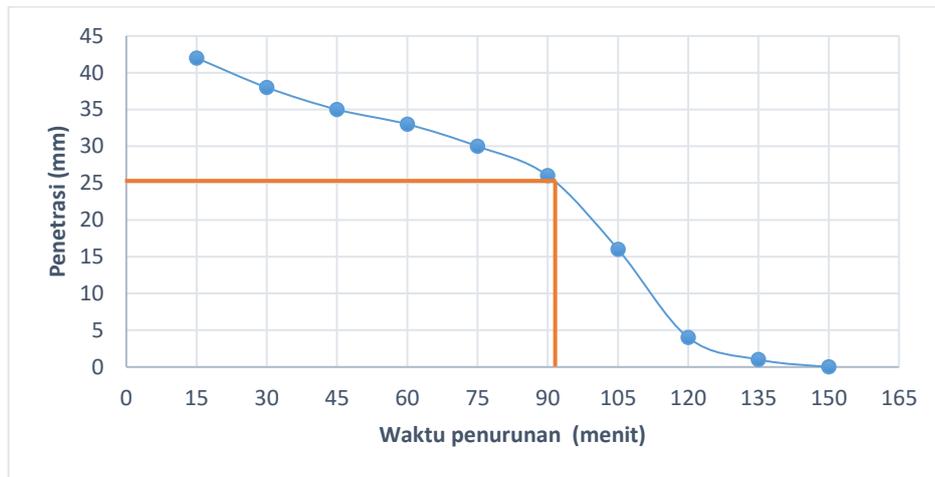
Gambar 5.4 Grafik Konsistensi-Penetrasi Semen dengan Campuran Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* dan NaOH

Sedangkan nilai konsistensi normal semen dengan campuran limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH variasi 3% pada penetrasi 10 mm yaitu sebesar 24,2%. Karena nilai konsistensi masing masing campuran sudah didapat, maka bisa dilakukan pengujian waktu ikat.

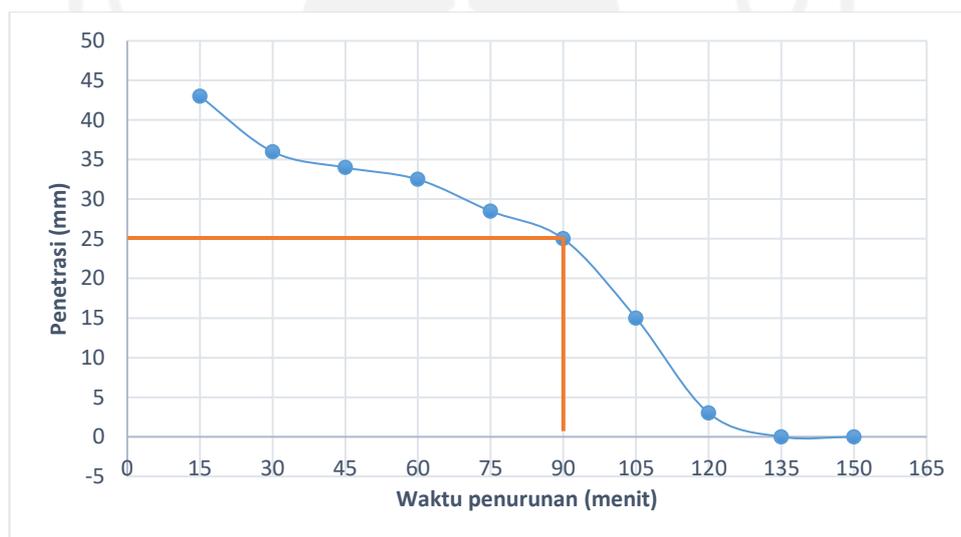
5.3.2 Pengujian Waktu Ikat

Pengujian waktu ikat mempunyai tujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh semen untuk menjadi keras. Jika nilai konsistensi normal semen sudah tercapai, pengujian waktu ikat bisa dilakukan. Syarat nilai konsistensi normal adalah apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm.

Dari hasil penelitian didapat nilai konsistensi normal semen tipe 1 dengan campuran air yaitu 24,5 % dan 24,2 % untuk campuran limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH. Dari nilai konsistensi normal tersebut, didapatkan hasil pengujian waktu ikat seperti grafik pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 dibawah ini.



Gambar 5.5 Grafik Waktu Ikat Semen dengan Campuran Air



Gambar 5.6 Grafik Waktu Ikat Semen dengan Campuran Larutan Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene* Dan NaOH

Pada Gambar 5.5 menunjukkan bahwa nilai waktu ikat awal semen dengan campuran air adalah pada menit ke-92 dan menit ke-150 untuk waktu ikat akhirnya. Pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa nilai waktu ikat awal semen dengan bahan tambah larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH variasi 3% adalah pada menit ke-90 dan menit ke-135 untuk waktu ikat akhirnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa bahan tambah limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH variasi 3% mempercepat waktu pengikatan campuran pasta semen. Sehingga

bisa disimpulkan bahwa adanya pengaruh terhadap penggunaan campuran bahan tambah limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH.

5.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000. Pada penelitian ini, kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 20 MPa, agregat kasar berupa batu pecah Clereng dengan butir maksimum 10 mm, agregat halus alami berada dalam golongan pasir agak halus, semen *portland* tipe I dengan merek tiga roda, serta nilai *slump* rencana 60 sampai 180 mm. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam merencanakan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Penetapan kuat tekan beton normal (f_c') pada umur 28 hari adalah 20 MPa
2. Nilai standar deviasi (Sd)

Standar deviasi yang digunakan adalah sebesar 7 MPa.

3. Nilai / margin

Nilai tambah dihitung menggunakan persamaan 3.13 berikut.

$$\begin{aligned} M &= k.S \\ &= 1,67 \times 7 \\ &= 11,48 \text{ MPa digenapkan menjadi } 12 \text{ MPa} \end{aligned}$$

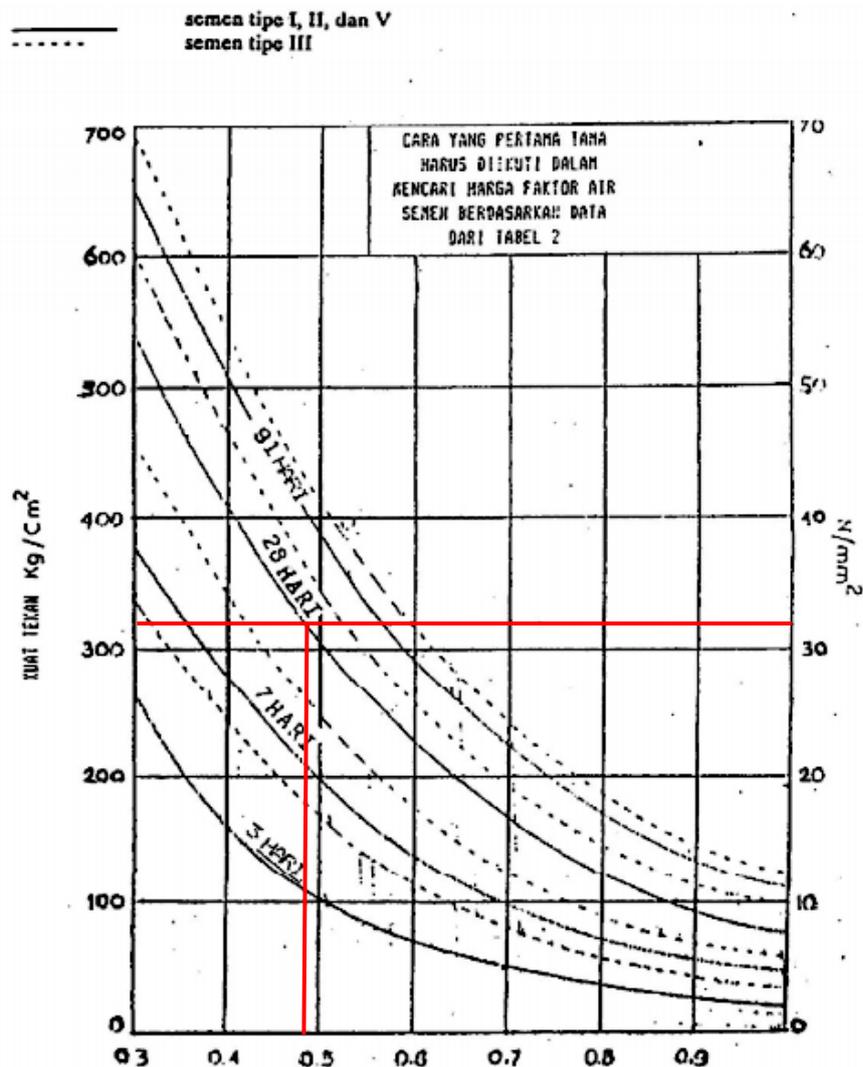
4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan dengan persamaan 3.14 berikut.

$$\begin{aligned} f_{c'r} &= f_c' + M \\ &= 20 + 12 \\ &= 32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Jenis/tipe semen yang digunakan adalah Type I
6. Jenis agregat halus yang digunakan adalah alami, sedangkan agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah.

7. Faktor air semen

Dari data dapat ditentukan kuat tekan rata-rata sebesar 32 MPa dengan umur rencana 28 hari. Berikut cara mencari faktor air semen bebas menggunakan grafik pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Mencari Nilai Faktor Air Semen pada Beton Normal

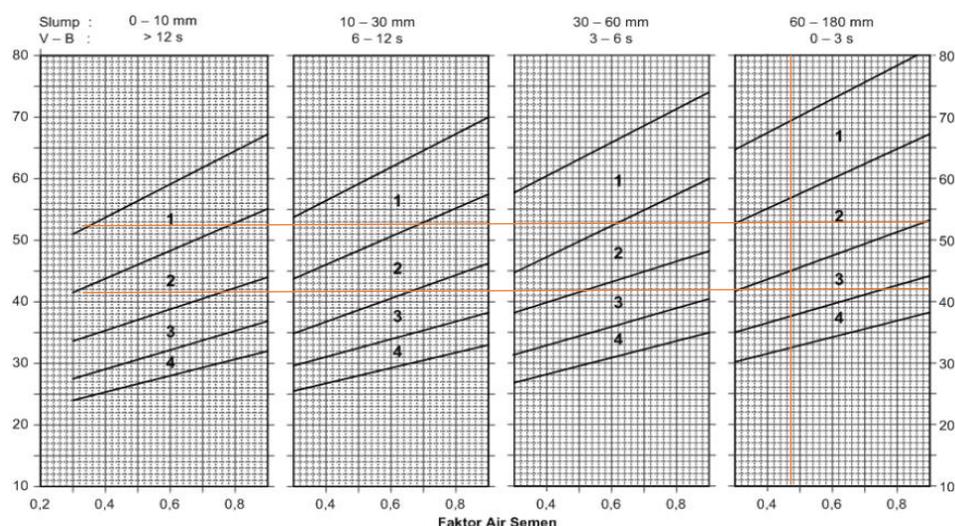
Diambil dari Tabel 3.7 dimana beton dianggap direncanakan di dalam ruang bangunan dengan keliling non korosif dengan nilai faktor air semen sebesar 0,6. Maka hasil faktor air semen yang diambil adalah nilai yang terkecil yaitu 0,485

8. Nilai faktor air semen maksimum ditetapkan 0,6
9. Tinggi *slump* perencanaan untuk beton normal 60-180 mm
10. Ukuran agregat maksimum ditentukan sebesar 10 mm
11. Kadar air bebas ditentukan dari Tabel 3.11 (untuk ukuran agregat maksimum 10 mm)
 - a. Untuk agregat tidak dipecah atau pasir alami 225 kg/m^3

- b. Untuk agregat dipecah atau kerikil 250 kg/m^3
 c. Jumlah air yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air bebas} &= (2/3 \times 225) + (1/3 \times 250) \\ &= 233 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Kebutuhan semen = $233 / 0,485 = 481,1 \text{ kg/m}^3$
 13. Kebutuhan semen minimum didapat dari Tabel 3.7 (beton di dalam ruang bangunan dan tidak korosif) adalah 275 kg/m^3 dibandingkan dengan nomor 12 maka diambil $481,1 \text{ kg/m}^3$
 14. Penyesuaian faktor air semen dan jumlah air tidak mengalami perubahan karena pada langkah 13 kebutuhan semen tidak berubah. Maka jumlah air yang digunakan tetap 233 kg/m^3 dan jumlah semen yang digunakan tetap $481,1 \text{ kg/m}^3$
 15. Pasir yang digunakan masuk pada gradasi 2.
 16. Persentase pasir terhadap agregat campuran berdasarkan grafik pada Gambar 5.4 adalah 47,5%. Maka untuk persentase agregat kasar adalah $100\% - 47,5\% = 52,5\%$

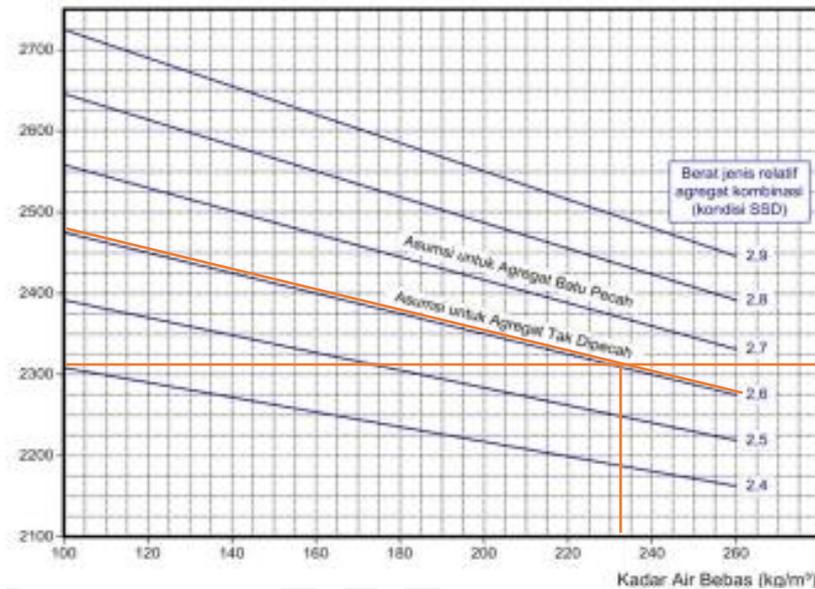


Gambar 5.8 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm

17. Berat jenis campuran diambil dari data uji material yaitu untuk agregat halus sebesar 2,611 dan agregat kasar sebesar 2,601

$$B_j \text{ agregat gabungan} = (0,51 \times 2,611) + (0,49 \times 2,601) = 2,606$$

18. Berat isi beton didapatkan dengan melihat grafik pada Gambar 5.5, sehingga diperoleh berat isi beton adalah sebesar 2310 kg/m^3



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Beton

19. Kadar agregat gabungan = berat beton – jumlah semen - kadar air
 $= 2310 - 481,1 - 233$
 $= 1595,567 \text{ kg/m}^3$
20. Kadar agregat halus = % agregat halus x kadar agregat gabungan
 $= 1595,567 \times 0,475$
 $= 757,894 \text{ kg/m}^3$
21. Kadar agregat kasar = agregat gabungan – agregat halus
 $= 1595,567 - 757,894$
 $= 837,673 \text{ kg/m}^3$
22. Volume silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$
 $= 5301,437 \text{ cm}^3$
 $= 0,005301437 \text{ m}^3$

23. Volume 24 silinder = $24 \times 0,005301437$
= $0,127234502 \text{ m}^3$
25. Berat semen dengan penyusutan sebesar 15%
= $481,1 + (481,1 \times 15\%)$
= $553,265 \text{ kg}$
26. Berat agregat halus dengan penyusutan sebesar 15%
= $757,894 + (757,894 \times 15\%)$
= $871,578 \text{ kg}$
27. Berat agregat kasar dengan penyusutan sebesar 15%
= $837,673 + (837,673 \times 15\%)$
= $963,324 \text{ kg}$
28. Berat air dengan penyusutan sebesar 15%
= $233 + (233 \times 15\%)$
= $268,333 \text{ kg}$
29. Proporsi campuran untuk 1 m^3 beton
- | | | |
|------------------|------------------------------|------------------------|
| a. Semen | = $553,265 \times 0,1272345$ | = $70,394 \text{ kg}$ |
| b. Agregat halus | = $871,578 \times 0,1272345$ | = $110,895 \text{ kg}$ |
| c. Agregat kasar | = $963,324 \times 0,1272345$ | = $122,568 \text{ kg}$ |
| d. Air | = $268,333 \times 0,1272345$ | = $34,141 \text{ kg}$ |
30. Proporsi campuran uji per variasi
- | | | |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| a. Semen | = $70,394 / 4$ | = $17,599 \text{ kg}$ |
| b. Agregat halus | = $110,895 / 4$ | = $27,723 \text{ kg}$ |
| c. Agregat kasar | = $122,568 / 4$ | = $30,642 \text{ kg}$ |
| d. Air | = $34,141 / 4$ | = $8,535 \text{ kg}$ |
31. Kebutuhan bahan tambah per variasi
- | | | |
|--------------|------------------------|-----------------------|
| a. Variasi 1 | = 0 kg | |
| b. Variasi 2 | = $8,535 \times 2,5\%$ | = $0,2134 \text{ kg}$ |
| c. Variasi 3 | = $8,535 \times 3,0\%$ | = $0,2561 \text{ kg}$ |
| d. Variasi 4 | = $8,535 \times 3,5\%$ | = $0,2987 \text{ kg}$ |
32. Rekapitulasi kebutuhan material untuk 24 benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Kebutuhan Material (24 Benda Uji)

No.	Proporsi Bahan Tambah	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air		
					Air (kg)	Bahan tambah	
						<i>Polypropylene</i> (gram)	NaOH (ml)
1	0%	110.895	122.568	70.394	8.535	0	0
2	2.5%	110.895	122.568	70.394	8.322	2.525	201.971
3	3%	110.895	122.568	70.394	8.279	3.029	242.366
4	3.5%	110.895	122.568	70.394	8.237	3.535	282.760

5.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji berumur 14 hari dan 28 hari, serta perawatan dengan cara direndam dalam air sampai satu hari sebelum pengujian. Perawatan beton dilakukan untuk menjaga suhu dan kelembapan yang sesuai agar beton terhidrasi dengan baik sesuai dengan mutu yang diinginkan. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan 3.21 berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan (fc')} &= \frac{330000}{17827.735} \\
 &= 18,510 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan kuat tekan beton dengan umur 14 hari dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.10 berikut ini.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak Umur (Mpa)	Rata - Rata	Persen Kenaikan (%)
	Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
A3 - 0%	150.7	302	17827.735	330	18.510	21.598	0%
A4 - 0%	150.4	304	17756.826	395	22.245		
A5 - 0%	150.95	300	17886.934	430	24.039		

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak Umur (Mpa)	Rata - Rata	Persen Kenaikan (%)
	Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
B4 - 2,5%	149.6	303.9	17568.426	400	22.768	19.50 9	-10%
B5 - 2,5%	149.4	300.8	17521.483	241	13.754		
B6 - 2,5%	150.25	301.76	17721.424	390	22.007		
C1 - 3%	150.3	302.95	17733.221	415	23.402	24.06 7	11%
C4 - 3%	150	305.25	17662.5	460	26.044		
C5 - 3%	151.5	302.9	18017.516	410	22.756		
D1 - 3.5%	150.8	303.5	17851.402	285	15.965	21.16 4	-2%
D2 - 3.5%	150	305.1	17662.5	455	25.761		
D6 - 3.5%	150.1	300.3	17686.058	385	21.768		



Gambar 5.10 Kuat Tekan Umur 14 Hari

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat diketahui bahwa pada benda uji beton dengan umur 14 hari pada beton normal mendapatkan nilai kuat tekan beton sebesar

21,598 MPa. Pada variasi limbah botol mineral 2,5% mengalami penurunan kuat tekan pada beton sebesar 19,509 MPa atau turun sebesar 10% dari kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan karena pori di dalam beton lebih terisi oleh air dibandingkan larutan limbah botol mineral. Kemudian terjadi peningkatan kuat tekan pada beton dengan variasi limbah botol mineral 3% yaitu sebesar 24,067 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11% dari kuat tekan beton normal. Peningkatan ini terjadi karena pori di dalam beton lebih terisi penuh oleh limbah botol mineral yang terdapat di dalam larutan. Pada variasi limbah botol mineral 3,5% yaitu sebesar 21,164 MPa tidak mengalami peningkatan melainkan mengalami penurunan kekuatan sebesar 2% dari kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan karena komposisi larutan banyak mengandung H₂O yaitu sebesar 94,02% dari berat larutan, yang menyebabkan jumlah air menjadi meningkat dan membuat nilai fas menjadi lebih besar. Sehingga didapatkan kadar larutan limbah plastik paling optimum pada pengujian umur 14 hari sebesar 3% yang meningkatkan kuat tekan sebesar 24,067 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11% dari kuat tekan beton normal.

Dan berikut rekapitulasi perhitungan kuat tekan beton dengan umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.11 berikut ini.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Rata - Rata	Persen Kenaikan (%)
	Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
A1 - 0%	151.9	300.8	18112.784	420	23.188	21.363	0%
A2 - 0%	152	304.1	18136.640	400	22.055		
A6 - 0%	151.6	300.7	18041.310	340	18.846		
B1 - 2,5%	151	303.4	17898.785	425	23.745	18.261	-15%
B2 - 2,5%	151.7	306.4	18065.119	305	16.883		
B3 - 2,5%	150.9	302.3	17875.086	253	14.154		

Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Rata - Rata	Persen Kenaikan (%)
	Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
C2 - 3%	150.3	302.1	17733.221	476	26.842	25.810	21%
C3 - 3%	150.4	301.6	17756.826	420	23.653		
C6 - 3%	151.45	302.8	18005.625	485	26.936		
D3 - 3.5%	151.8	304.8	18088.943	342	18.907	19.155	-10%
D4 - 3.5%	149.5	306.1	17544.946	261	14.847		
D5 - 3.5%	151.2	302	17946.230	425	23.682		



Gambar 5.11 Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 5.11 dapat diketahui bahwa pada benda uji beton dengan umur 28 hari mendapatkan kuat tekan beton normal sebesar 21,363 MPa. Pada variasi limbah botol mineral 2,5% mengalami penurunan kuat tekan pada beton yaitu 18,261 MPa atau turun sebesar 15% dari kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan karena pori di dalam beton lebih terisi oleh air dibandingkan larutan limbah botol mineral. Kemudian terjadi peningkatan kuat tekan pada beton dengan variasi limbah botol mineral 3% yaitu sebesar 25,810 MPa atau mengalami

peningkatan sebesar 21% dari kuat tekan beton normal. Peningkatan ini terjadi karena pori di dalam beton lebih terisi penuh oleh limbah botol mineral yang terdapat di dalam larutan. Pada variasi limbah botol mineral 3,5% yaitu sebesar 19,155 MPa tidak mengalami peningkatan melainkan mengalami penurunan kekuatan sebesar 10% dari kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan karena komposisi larutan banyak mengandung H₂O yaitu sebesar 94,02% dari berat larutan, yang menyebabkan jumlah air menjadi meningkat dan membuat nilai fas menjadi lebih besar. Sehingga didapatkan kadar larutan limbah plastik paling optimum pada pengujian umur 28 hari sebesar 3% yang meningkatkan kuat tekan sebesar 25,810 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 21% dari kuat tekan beton normal.

Sesuai dengan pengujian yang dilakukan Gandjar Pamudji, Nor Intang SH dan Aan Nurur Rahman, dimana kadar larutan limbah plastik yang paling optimum adalah sebesar 2,929% pada umur 28 hari yang meningkatkan kuat tekan hingga 3,33%. Sedangkan dalam pengujian yang saya lakukan, kadar larutan limbah plastik yang paling optimum adalah sebesar 3% pada umur 28 mengalami peningkatan kuat tekan hingga 21% dari beton normal.

Pada pengujian kuat tekan silinder beton juga dicermati pola retak pada benda uji seperti yang terlihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.12 Benda Uji Silinder A1



Gambar 5.13 Benda Uji Silinder A4

Hasil pengujian menunjukkan pola retak yang terdapat benda uji silinder adalah pola retak kerucut dan geser serta geser. Pola retak kerucut dan geser terdapat pada sampel A4, B4, B5, C2, C3, C4, D2, dan D3. Sedangkan pola retak geser terdapat pada sampel A1, A2, A3, A5, A6, B1, B2, B3, B6, C1, C5, C6, D1, D4, D5, dan D6. Hal ini menunjukkan kepadatan benda uji silinder kurang merata dengan permukaan yang kurang datar sehingga penyebaran tekanan tidak terjadi secara merata kepada seluruh permukaan pada saat pengujian kuat tekan terjadi.

5.6 Pembahasan

Penelitian mengenai pengaruh bahan tambah larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH terhadap kuat tekan beton dilatarbelakangi oleh perkembangan konstruksi yang beriringan dengan pertumbuhan penduduk, dengan beton yang menjadi bahan bangunan yang umum digunakan di dalam konstruksi memiliki kuat tekan beton sebagai faktor yang penting dalam kualitas beton yang bisa dipengaruhi dengan penggunaan bahan tambah, bahan tambah yang digunakan yaitu plastik *polypropylene* yang sering dijumpai di kehidupan sekitar dan penggunaan bahan tambah plastik *polypropylene* ini bertujuan untuk mengurangi limbah plastik yang sulit untuk didaur ulang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dengan NaOH terhadap pengujian semen yaitu pengujian konsistensi dan waktu ikat, mengetahui perbandingan antara kuat tekan beton sebelum dan sesudah diberi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH serta kadar yang optimal untuk mendapatkan kuat tekan beton yang paling baik.

Pengujian - pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemeriksaan agregat, pengujian pasta semen meliputi pengujian konsistensi dan pengujian waktu ikat, serta pengujian kuat tekan beton. Pemeriksaan agregat yang dilakukan adalah pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar dan penyerapan air, pemeriksaan berat isi padat agregat halus dan agregat kasar, analisa saringan agregat halus dan agregat kasar, dan pengujian lolos saringan no.200 agregat halus.

Pembuatan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH dilakukan per variasi dengan berat plastik *polypropylene* dan larutan NaOH yang berbeda tiap variasinya. Pembuatan larutan dilakukan dengan cara plastik *polypropylene* dipotong menjadi kecil kemudian ditimbang sesuai berat yang ditentukan, kemudian plastik *polypropylene* dimasukan ke dalam gelas *beaker* yang sudah berada di atas kompor listrik dengan suhu 174°C hingga plastik tersebut meleleh, lalu larutan NaOH dengan konsentrasi 0,01 M dimasukan dengan kondisi kompor sudah mati, kemudian diaduk selama 30 menit. Setelah itu larutan yang sudah tercampur dimasukan ke dalam botol tertutup. Metode pembuatan ini dirasa kurang tepat karena perbedaan bentuk potongan plastik yang meleleh membuat gumpalan yang terjadi pada tiap larutan juga berbeda beda. Metode yang tepat adalah dengan membuat larutan tiga variasi sekaligus dan baru dibagi sesuai dengan ketentuan menjadi tiga variasi.

Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Pengadukan dilakukan untuk enam benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, diawali dengan variasi normal yang tidak menggunakan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH. Persiapan alat alat yang digunakan dan bahan bahan

yang digunakan sesuai dengan berat yang telah ditentukan di *mix design*. Pembuatan benda uji dilakukan dengan memasukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam molen dengan hati hati agar tak ada agregat yang tercecer, setelah itu memasukkan semen. Penambahan air dilakukan sedikit demi sedikit agar bahan dapat tercampur dengan merata. Setelah bahan tercampur dengan sempurna, dilakukan uji *slump* dengan tinggi perencanaan 60 sampai 180 mm. Jika tinggi *slump* sudah sesuai dengan tinggi perencanaan, maka campuran beton dapat dimasukkan ke dalam cetakan silinder. Campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan bertahap, dengan ditumbuk sebanyak 20 kali. Campuran beton yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan silinder, didiamkan selama 24 jam sebelum dilepas cetakannya. Pembuatan dilakukan lagi untuk variasi larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH 2,5%, 3% dan 3,5%

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam kolam sesuai dengan umur yang direncanakan yaitu 14 hari dan 28 hari. Setelah 14 hari, benda uji dikeluarkan dari air dan dikeringkan menggunakan handuk. Kemudian, benda uji yang sudah kering lalu ditimbang dan diukur tinggi dan diameternya.

Pengujian konsistensi dan waktu ikat dilakukan setelah pengujian kuat tekan beton dengan umur 14 hari. Pengujian pasta semen ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH terhadap semen. Kadar larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH yang digunakan sebesar 3%, dikarenakan pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dengan variasi 3% mendapatkan hasil paling besar yaitu sebesar 24,067 Mpa. Pengujian konsistensi dilakukan terlebih dahulu dengan menggunakan lima sampel dengan penambahan larutan air yang berbeda. Nilai konsistensi pada tiap sampel didapatkan dengan cara membagi berat air dengan berat semen. Setelah itu, dilakukan uji konsistensi pada alat vicat sehingga didapatkan nilai penetrasi pada tiap sampel. Kemudian, dibuat grafik lima sampel tersebut terhadap nilai konsistensi dan nilai penetrasinya. Nilai konsistensi normal tercapai apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm. Untuk larutan air, nilai konsistensi normal yang didapatkan sebesar 24,5%. Sedangkan untuk larutan limbah plastik botol

mineral *polypropylene*, nilai konsistensi normal yang didapatkan sebesar 24,2%. Pada pengujian waktu ikat, nilai konsistensi normal yang didapat untuk larutan air dan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH digunakan. Pengujian waktu ikat dilakukan sampai dilakukan setiap 15 menit sampai benda uji mengeras. Untuk larutan air, nilai waktu ikat awal adalah pada menit ke-92 dan menit ke-150 untuk waktu ikat akhirnya. Sedangkan untuk larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH, nilai waktu ikat awal adalah pada menit ke-90 dan menit ke-135 untuk waktu ikat akhirnya. Hasil ini menunjukkan bahwa larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH mempercepat waktu pengikatan semen.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari kolam perendaman. Benda uji dibersihkan dan dikeringkan menggunakan handuk. Pengambilan benda uji dari kolam perendaman dilakukan secara acak, hanya melihat dengan penamaan benda uji yang sama. Seperti pada variasi 0% umur 14 hari, benda uji yang diambil adalah A3, A4, dan A5. Pada hari pengujian, benda uji diukur berupa diameter dan tingginya kemudian ditimbang beratnya. Setelah benda uji diukur dan ditimbang, pengujian kuat tekan betonpun dilakukan. Setelah benda uji diuji, benda uji didokumentasi untuk melihat pola retak yang terjadi pada benda uji tersebut.

Hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan dengan cara membagi beban maksimal yang didapatkan pada pengujian kuat tekan beton dengan luas penampang benda uji tersebut. Hasil kuat tekan beton normal dengan umur 14 hari menunjukkan angka lebih besar dibanding dengan hasil kuat tekan beton normal umur 28 hari. Kuat tekan beton normal umur 14 hari mendapatkan hasil sebesar 21,598 MPa, sedangkan kuat tekan beton normal umur 28 hari mendapatkan hasil sebesar 21,363 MPa. Terdapat selisih jauh antara beberapa benda uji dengan variasi yang sama dan umur yang sama. Pada variasi 2,5% umur 14 hari, benda uji B5 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 13,754 MPa sedangkan benda uji B6 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 22,007 MPa. Pada variasi 3,5% umur 14 hari, benda uji D1 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 15,965 MPa sedangkan benda uji D2 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 25,761 MPa.

Sedangkan pada umur 28 variasi 2,5% , benda uji B1 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 23,745 MPa sedangkan benda uji B3 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 14,154 MPa. Pada variasi 3,5% umur 28 hari, benda uji D4 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 14,847 MPa sedangkan benda uji D5 mendapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 23,682 MPa. Selisih tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan adanya kesalahan pada saat pembuatan benda uji yaitu benda uji tidak terisi secara merata di dalam cetakan silinder. Hasil kuat tekan beton yang paling optimal dilihat dari keempat variasi penambahan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH pada umur 14 hari yaitu pada variasi 3% dengan hasil kuat tekan beton sebesar 24,067 MPa dengan peningkatan sebesar 11% dari beton normal. Sedangkan hasil kuat tekan beton yang paling optimal dilihat dari keempat variasi penambahan larutan limbah plastik botol mineral *polypropylene* dan NaOH pada umur 28 hari yaitu pada variasi 3% dengan hasil kuat tekan beton sebesar 25,810 MPa dengan peningkatan sebesar 21% dari beton normal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di bab sebelumnya, maka ada beberapa kesimpulan dari hasil penelitian sebagai berikut.

1. Pengujian pasta semen dengan campuran air menunjukkan hasil waktu ikat yang lebih lama dibanding pengujian pengujian pasta semen dengan bahan tambah limbah botol mineral. Hal ini menunjukkan bahwa bahan tambah limbah botol mineral mempercepat waktu pengikatan campuran pasta semen.
2. Kekuatan tekan beton sebelum diberi limbah botol mineral sebesar 21,598 MPa pada umur 14 hari dan 21,363 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan sesudah diberi limbah botol mineral, kuat tekan beton normal pada variasi limbah botol mineral 3% sebesar 24,067 MPa umur 14 hari dan 25,810 MPa umur 28 hari.
3. Dilihat dari keempat variasi, nilai maksimal kuat tekan beton berada pada variasi limbah botol mineral 3% dengan nilai 24,067 MPa umur 14 hari dan 25,810 MPa umur 28 hari.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi perlu dilakukan beberapa hal berikut ini.

1. Penelitian lanjutan terhadap penggunaan jenis plastik yang berbeda.
2. Penelitian lebih lanjut dengan metode pengujian yang lainnya.
3. Ketelitian dalam melaksanakan penelitian agar didapat hasil yang sesuai.
4. Penelitian dengan umur beton yang lebih lama.
5. Penelitian dengan variasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 2018. *Guide to Design with Fiber Reinforced Concrete*. ACI Material Journal. USA.
- Anonim. *Polymers*. <http://www.polymerchain.com/polymers/alpha.html>. Diakses pada 8 Oktober 2021
- Diklat Perkerasan Kaku. 2017. *Modul 3 Rancangan Campuran Beton*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Mulyono, T., 2004., *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1986. *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga. Jakarta.
- Pamudji, G. SH, Nor Intang. dan Rahman, A.N. 2008, *Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Limbah Plastik Kemasan Air Mineral*. Universitas Jendral Soedirman. Semarang.
- Nugraha, P. Dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Salain, I.M.A.K., 2009. *Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Udayana. Bali.
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 1974-2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

- Suraatmadja, D. 2000. *Prof H Djuanda Penemu Beton Polime*. Kompas 1 September 2000. <https://rumahpengetahuan.web.id/prof-h-djuanda-panemu-beton-polimer/> . Diakses pada 8 Oktober 2021
- Tjokrodimuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1992. *Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Zuraidah, S. dan Jutmiko, R.A., 2007. *Pengaruh Penggunaan Limbah Pecahan Batu Marmer Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Dr. Soetomo. Surabaya.





Lampiran

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Pemeriksaan Bahan



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Terima	10 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	486	484	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1040	1043	1041
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	733	733
Berat jenis curah,(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,518	2,547	2,533
Berat jenis jenuh kering muka,(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,591	2,631	2,611
Berat jenis semu,(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,715	2,782	2,748
Penyerapan air,(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%, \%$	2,88	3,31	3,09

Keterangan:

500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5–2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
(SNI 03-1969-1990)**

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Terima	10 November 2021
Asal Agregat	Clereng Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (Bk)	3918	3920	3918
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (Bj)	4000	4000	4000
Berat agregat kasar dalam air, gram (Ba)	2464,5	2460	2462,5
Berat jenis curah, $Bk / (Bj - Ba)$	2,552	2,545	2,549
Berat jenis jenuh kering muka, $Bj / (Bj - Ba)$	2,605	2,597	2,601
Berat jenis semu, $Bk / (Bk - Ba)$	2,696	2,685	2,690
Penyerapan air, $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$, %	2,09	2,04	2,07

Keterangan :

5000 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5–2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Pengirim		Anggita Putri Hutami			
Tanggal Terima		11 November 2021			
Asal Agregat		Clereng Kulon Progo			
Keperluan		Tugas Akhir			
No	Lubang ayakan	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif
1.	40	-	-	-	100
2.	20	0	0	0	100
3.	10	2385	47,7	47,7	52,3
4.	4,8	2514,5	50,29	97,99	2,01
5.	2,4	56,4	1,128	99,118	0,882
6.	1,2	8,5	0,17	99,288	0,712
7.	0,6	0	0	99,288	0,712
8.	0,3	0	0	99,288	0,712
9.	0,15	0	0	99,288	0,712
10.	Sisa	35,6	0,712	100	0
11.	Jumlah	5000	100	641,96	258,04

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{641,96}{100} = 6,419$$

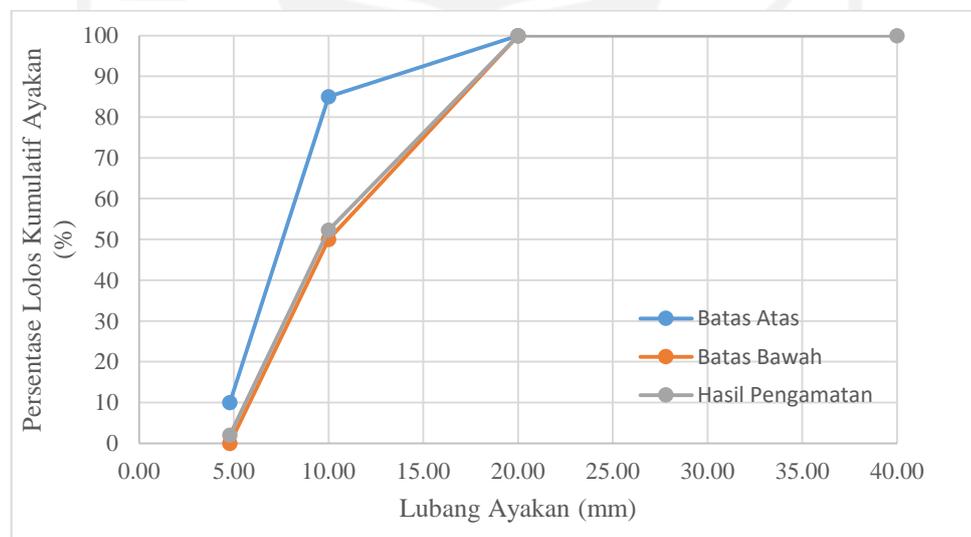
GRADASI KERIKIL

Ukuran Saringan	Persen Butir Agregat Lolos Saringan / Besar Butiran Maksimum :		
	10 mm	20 mm	40 mm
Mm			
40,00		100	95 – 100
20,00	100 – 100	95 – 100	30 – 70
10,00	50 – 85	25 – 55	10 – 35
4,80	0 – 10	0 – 10	0 – 5

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Hasil Analisa Saringan:

- Ukuran Maksimum Kerikil : (10 mm)

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Pengirim		Anggita Putri Hutami			
Tanggal Terima		11 November 2021			
Asal Agregat		Clereng Kulon Progo			
Keperluan		Tugas Akhir			
No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif
1.	10	-	-	-	100
2.	4,8	56	2,8	2,8	97,2
3.	2,4	83	4,15	6,95	93,05
4.	1,2	167	8,35	15,3	84,7
5.	0,6	584	29,2	44,3	55,5
6.	0,3	696	34,8	79,3	20,7
7.	0,15	299	14,95	94,25	5,75
8.	Sisa	115	5,75	100	0
9.	Jumlah	2000	100	243,1	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{243,1}{100} = 2,431$$

GRADASI PASIR

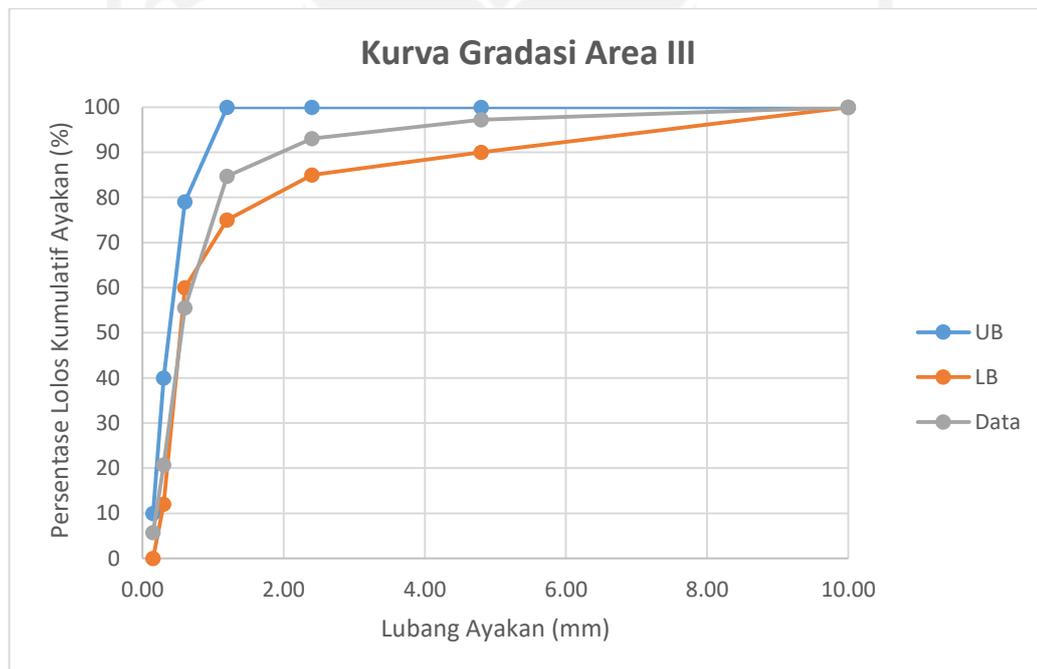
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 - 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 – 15

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar
 Daerah II : Pasir Agak Kasar
 Daerah III : Pasir Agak Halus
 Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir Masuk Daerah : (Daerah III)
- Jenis Pasir : Pasir Agak Halus

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS





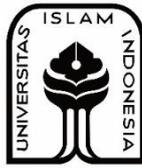
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)**

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Terima	10 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	10500	11600
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	18500	20500
Berat agregat (W3), gram	8000	8900
Volume Silinder (V), cm ³	5390,809	5451,089
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,484	1,633
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,558	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)**

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Terima	10 November 2021
Asal Agregat	Clereng Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	10550	10700
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	18300	18100
Berat agregat (W3), gram	7750	7400
Volume Silinder (V), cm ³	5390,809	5451,089
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,438	1,358
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,398	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BUTIRAN LOLOS AYAKAN NO.200
/ UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
(SNI 03-4142-1996)**

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Terima	11 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W1), gram	500	500
Berat Agregat halus setelah dicuci dan dioven (W2), gram	485,5	480,3
Berat lumpur (W3) = (W1-W2), gram	14,5	3
Kadar lumpur = $W3 \times 100\%$, %	2,9%	3,94%
Kadar lumpur rata-rata, %	3,42%	

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

- a. untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- b. untuk kerikil maksimum 1% (satu persen)



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KONSISTENSI NORMAL SEMEN

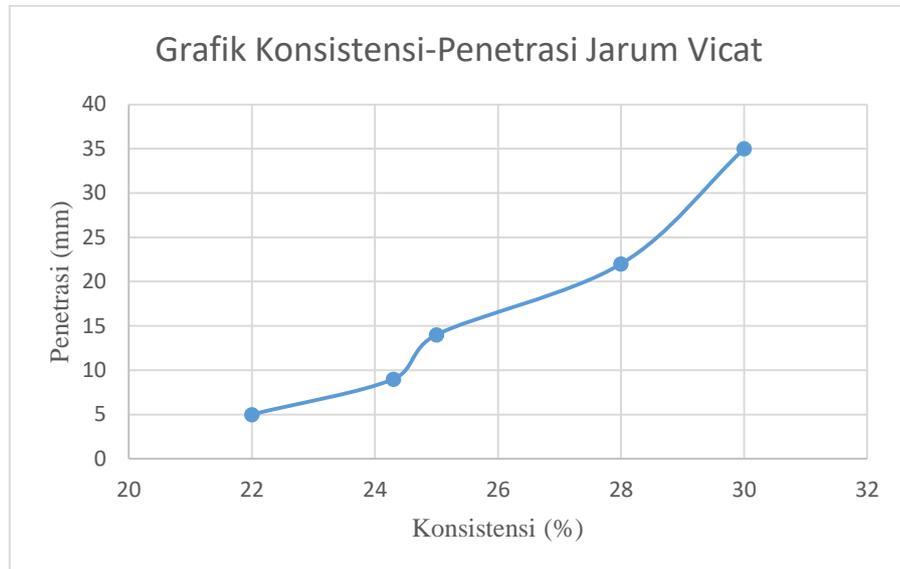
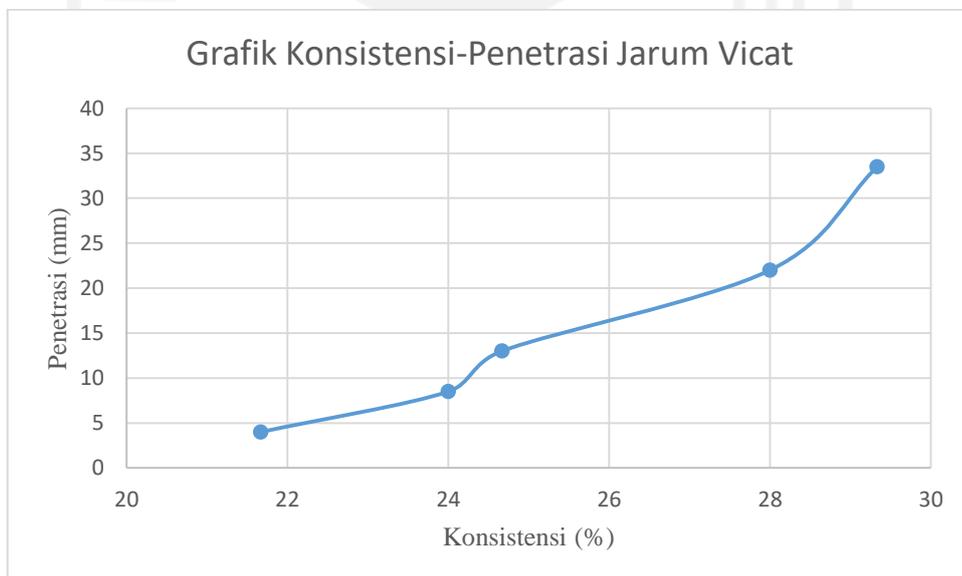
Pengirim	Anggita Putri Hutami
Tanggal Pengujian	29 November 2021
Keperluan	Tugas Akhir

Semen dengan Campuran Air Suling

No.	Uraian	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
1	Berat air, gram (Wa)	90	84	75	72.9	66
2	Berat semen, gram (Ws)	300	300	300	300	300
3	Konsistensi	30	28	25	24.3	22
4	Penetrasi, mm	35	22	14	9	5

Semen dengan Campuran Larutan Limbah Botol Mineral

No.	Uraian	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
1	Berat air, gram (Wa)	88	84	74	72	65
2	Berat semen, gram (Ws)	300	300	300	300	300
3	Konsistensi	29,333	28	24,667	24	21,667
4	Penetrasi, mm	33,5	22	13	8,5	4

GAMBAR KONSISTENSI-PENETRASI SEMEN DENGAN AIR SULING**GAMBAR KONSISTENSI-PENETRASI SEMEN DENGAN LARUTAN
LIMBAH BOTOL MINERAL**



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Dibuat Tanggal	22 November 2021
Diuji Tanggal	8 Desember 2021
Keperluan	Tugas Akhir

No.	Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Umur 14 Hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)				
1.	A3	150,7	302	17827,735	330	18,510	21,598
2.	A4	150,4	304	17756,826	395	22,245	
3.	A5	150,95	300	17886,933	430	24,039	
4.	B4	149,6	303,9	17568,426	400	22,768	19,509
5.	B5	149,4	300,8	17521,482	241	13,754	
6.	B6	150,25	301,76	17721,424	390	22,007	
7.	C1	150,3	302,95	17733,221	415	23,402	24,067
8.	C4	150	305,25	17662,500	460	26,044	
9.	C5	151,5	302,9	18017,516	410	22,756	
10.	D1	150,8	303,5	17851,402	285	15,965	21,165
11.	D2	150	305,1	17662,500	455	25,761	
12.	D6	150,1	300,3	17686,058	385	21,769	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON

Pengirim	Anggita Putri Hutami
Dibuat Tanggal	22 November 2021
Diuji Tanggal	22 Desember 2021
Keperluan	Tugas Akhir

No.	Kode Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)				
1.	A1	151.9	300.8	18112,784	420	23,188	21,363
2.	A2	152	304.1	18136,64	400	22,055	
3.	A6	151.6	300.7	18041,309	340	18,846	
4.	B1	151	303.4	17898,785	425	23,745	18,261
5.	B2	151.7	306.4	18065,119	305	16,883	
6.	B3	150.9	302.3	17875,086	253	14,154	
7.	C2	150.3	302.1	17733,221	476	26,842	25,810
8.	C3	150.4	301.6	17756,826	420	23,653	
9.	C6	151.45	302.8	18005,625	485	26,936	
10.	D3	151.8	304.8	18088,943	342	18,907	19,155
11.	D4	149.5	306.1	17544,946	261	14,876	
12.	D5	151.2	302	17946,230	425	23,682	

Lampiran 2 Bahan yang digunakan



Gambar L-2.1 Agregat Halus



Gambar L-2.2 Agregat Halus



Gambar L-2.3 Semen Tiga Roda



Gambar L-2.4 Larutan NaOH 0,01 M



Gambar L-2.5 Limbah Plastik Botol Mineral *Polypropylene*

UNIVERSITAS
MESIA
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 3 Alat yang Digunakan



Gambar L-3.1 Mesin Pengaduk Beton



Gambar L-3.2 Jangka Sorong



Gambar L-3.3 Saringan Agregat Kasar



Gambar L-3.4 Saringan Agregat Halus



Gambar L-3.5 Cetakan Silinder



Gambar L-3.6 Slump



Gambar L-3.7 Mesin Saringan



Gambar L-3.8 Mesin Kuat Tekan Beton



Gambar L-3.9 Alat Vicat



Gambar L-3.10 Timbangan

Lampiran 4 Proses Pembuatan Larutan *Polypropylene* dan NaOH**Gambar L-4.1 Larutan *Polypropylene* dan NaOH setelah diaduk**

الجامعة الإسلامية
الاستدائات

Lampiran 5 Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-5.1 Mempersiapkan Cetakan



Gambar L-5.2 Mempersiapkan Bahan



Gambar L-5.3 Proses Pencampuran Bahan

UNIVERSITAS
INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 6 Benda Uji**Gambar L-6.1 A1****Gambar L-6.2 A2**



Gambar L-6.3 A3



Gambar L-6.4 A4



Gambar L-6.5 A5



Gambar L-6.6 A6



Gambar L-6.7 B1



Gambar L-6.8 B2



Gambar L-6.9 B3



Gambar L-6.10 B4



Gambar L-6.11 B5



Gambar L-6.12 B6



Gambar L-6.13 C1



Gambar L-6.14 C2



Gambar L-6.15 C3



Gambar L-6.16 C4



Gambar L-6.17 C5



Gambar L-6.18 C6



Gambar L-6.19 D1



Gambar L-6.20 D2



Gambar L-6.21 D3



Gambar L-6.22 D4



Gambar L-6.23 D5



Gambar L-6.24 D6