

TUGAS AKHIR

ANALISA BETON DENGAN CAMPURAN *SUPERPLASTIZER POLYCARBOXYLATE ETHER (PCE)* MENGUNAKAN BEBERAPA METODE *CURRING* (Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RYANIZARD INDAFRI MOCHAMAD
2307210227P



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama : Ryanizard Indafri Mochamad

NPM : 2307210227P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : ANALISA BETON DENGAN CAMPURAN
SUPERPLASTICIZER POLYCARBOXYLATE ETHER
(PCE) DENGAN MENGGUNAKAN BEBERAPA
METODE *CURING* (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Dosen Pembimbing



Sri Prafanti, S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

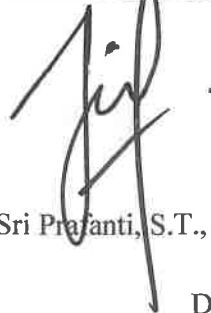
Nama : Ryanizard Indafri Mochamad
NPM : 2307210227P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : ANALISA BETON DENGAN CAMPURAN
SUPERPLASTICIZER POLYCARBOXYLATE ETHER
(PCE) DENGAN MENGGUNAKAN BEBERAPA
METODE *CURING* (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 30 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

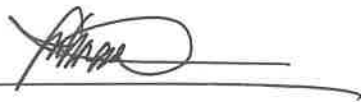
Dosen Pembimbing



Sri Prafanti, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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



Assoc.Prof. Dr. Ade Faisal, M.Sc., Ph.D

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ryanizard Indafri Mochamad
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 23 Juli 2002
NPM : 2307210227P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: Analisa Beton dengan campuran *Superplasticizer Polycarboxylate Ether* (PCE) Menggunakan Beberapa Metode Curing (Studi Penelitian). Bukan merupakan plagiarism, Pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain yang hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau kersarjanaan saya.

Demikian Surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 September 2025

Menyatakan:

Ryanizard Indafri Mochamad

ABSTRAK

ANALISA BETON MENGGUNAKAN CAMPURAN *SUPERPLASTICIZER* *POLYCARBOXYLATE ETHER* (PCE) MENGGUNAKAN BEBERAPA METODE *CURING* (STUDI PENELITIAN)

Ryanizard Indafri Mochamad
2307210227P
Sri Prafanti , S.T., M. T

Penelitian ini berjudul “Analisa Beton dengan Campuran *Superplasticizer Polycarboxylate Ether* (PCE) Menggunakan Beberapa Metode *Curing*”. Beton merupakan material konstruksi utama yang kekuatannya sangat dipengaruhi oleh kualitas agregat, komposisi campuran, bahan tambah, dan metode perawatan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan PCE terhadap kuat tekan beton mutu Fc-32 serta membandingkan efektivitas *curing* rendaman dan penyiraman. Penelitian dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Beton Politeknik Negeri Medan. Tahapan diawali dengan pemeriksaan agregat halus dan kasar meliputi analisa saringan, berat jenis, kadar air, berat isi, dan kadar lumpur. Selanjutnya dibuat 18 benda uji berbentuk silinder, terdiri dari beton normal dan beton dengan tambahan PCE sebesar 0,8% dan 1,2% dari berat semen. Benda uji dirawat menggunakan dua metode *curing*, yaitu rendaman dan penyiraman, kemudian diuji *slump*, setting time, serta kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan agregat yang digunakan memenuhi standar sebagai bahan campuran beton. Penambahan PCE meningkatkan *workability* sekaligus memperbaiki kuat tekan, dengan hasil terbaik pada variasi 1,2%. Metode *curing* rendaman menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibanding penyiraman, meskipun perbedaannya relatif kecil sehingga metode penyiraman masih layak digunakan di lapangan.

Kata Kunci: Beton, Agregat, *Superplasticizer*, *Polycarboxylate Ether* (PCE), *Curing*, Kuat Tekan

ABSTRACT

ANALYSIS OF CONCRETE WITH SUPERPLASTICIZER POLYCARBOXYLATE ETHER (PCE) USING SEVERAL CURING METHODS (RESEARCH STUDY)

Ryanizard Indafri Mochamad

2307210227P

Sri Prafanti, S.T., M.T

This research is entitled “Analysis of Concrete with Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE) Using Several Curing Methods”. Concrete is a major construction material whose strength is strongly influenced by the quality of aggregates, mix composition, admixtures, and curing methods. The purpose of this study is to determine the effect of PCE addition on the compressive strength of Fc-32 concrete and to compare the effectiveness of immersion and sprinkling curing methods. The research was conducted experimentally at the Concrete Laboratory of Politeknik Negeri Medan. The study began with aggregate testing, including sieve analysis, specific gravity, water content, unit weight, and mud content. A total of 18 cylindrical specimens were prepared, consisting of normal concrete and concrete with PCE additions of 0.8% and 1.2% by cement weight. The specimens were cured using immersion and sprinkling methods, then tested for slump, setting time, and compressive strength at 28 days. The results show that the aggregates used met the standard requirements for concrete mixtures. The addition of PCE improved workability and compressive strength, with the best performance achieved at 1.2% dosage. Immersion curing produced higher compressive strength than sprinkling, although the difference was relatively small, indicating that sprinkling can still be applied effectively in field conditions.

Keywords: Concrete, Aggregates, Superplasticizer, Polycarboxylate Ether (PCE), Curing, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisa Beton Dengan Campuran *Superplasticizer Polycarboxylate Ether* (PCE) Menggunakan Beberapa Metode *Curing*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ibu Sri Prafanti, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan juga selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, Ph. D., IP. M, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, M. Sc., Ph. D, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini sekaligus Wakil Direktur I Prodi Teknik Sipil.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Ir. Yefri dan Ibunda tercinta Esa Marlinda S.T yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan dan lainnya yang tidak mungkin Namanya disebut satu persatu.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan, 30 September 2025

Saya yang Menyatakan:



Ryanizar Indafri Mochamad

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Mutu Beton FC-32	7
2.3 Bahan Penyusun Campuran Beton	7
2.4 Faktor Air Semen	11
2.5 <i>Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE)</i>	11
2.6 <i>Setting Time</i> (Waktu Ikat)	13
2.7 Slump Test	13
2.8 Kuat Tekan Beton	14
2.9 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	19

3.3 Tahapan Penelitian	20
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.5 Sumber Data dan Pengambilan Data	22
3.6 Jumlah Benda Uji	23
3.7 Persiapan Penelitian	24
3.8 Pemeriksaan Agregat	24
3.9 <i>Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE)</i>	30
3.10 <i>Mix Design</i>	30
3.11 Pembuatan Benda Uji	30
3.12 Pemeriksaan <i>Slump test</i>	31
3.13 <i>Setting Time</i> (Waktu Ikut)	32
3.14 Perawatan (<i>Curing</i>) Pada Benda Uji	33
3.14 Pengujian Kuat Tekan	34
BAB 4 HASIL PENELITIAN	37
4.1 Tinjauan Umum	37
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	37
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	42
4.4 Hasil Perencanaan Campuran Beton	47
4.5 Kebutuhan Bahan	52
4.6 <i>Slump Test</i>	53
4.7 Waktu Ikut	55
4.8 Kuat Tekan	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1: Mesin Kuat Tekan	14
Gambar 3. 1 : Tahapan Penelitian yang Akan Dilakukan Alat dan Bahan	18
Gambar 4. 1: Rasio Air Semen	49
Gambar 4. 2: Hasil analisis saringan pasir	51
Gambar 4. 3: Persen Agregat Halus	51
Gambar 4. 4: Grafik Exel dari berat isi beton	52
Gambar 4. 5: Grafik <i>Slump Test</i>	54
Gambar 4. 6: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32	56
Gambar 4. 7: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32 Additive 0.8%	57
Gambar 4. 8: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32 Additive 1.2%	58
Gambar 4. 9: Grafik Kuat Tekan Beton	60
Gambar 4. 10: Kuat Tekan Rata Rata Beton	61
Gambar 4. 11: Kuat Tekan Rata Rata BTCT	61
Gambar 4. 12: Kuat Tekan Rata Rata BTCT	62
Gambar L. 1: Pengujian Agregat Kasar	67
Gambar L. 2: Pengujian Agregat Halus	67
Gambar L. 3: Pan	68
Gambar L. 4: Additive Yang Digunakan	68
Gambar L. 5: Proses Pencampuran Bahan	69
Gambar L. 6: Pengujian <i>Slump Test</i>	69
Gambar L. 7: Beton Segar Setelah Masuk Ke Bekisting	70
Gambar L. 8: Proses Sample Di Table Vibrator	70
Gambar L. 9: Penyaringan Beton Segar Untuk Sample Waktu Ikut	71
Gambar L. 10: Curing Rendaman Beton Segar	71

Gambar L. 11: Curing Siram Beton Segar	72
Gambar L. 12: Beton Segar Sebelum Pengujian	72
Gambar L. 13: Penimbangan Benda Uji	73
Gambar L. 14: Pengujian Kuat Tekan Sample	73
Gambar L. 15: Sample Yang Hancur Setelah Pengujian	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jumlah benda uji untuk beton dan superplasticizer additive	23
Tabel 3. 2 Rumus Berat Jenis dan Penyerapan agregat kasar	25
Tabel 3. 3 Rumus Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus	27
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Analisis Agregat Halus	37
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	39
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	40
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Berat Isi Agregat Halus	41
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	41
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	43
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	44
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	45
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Berat Isi Agregat Halus	46
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	46
Tabel 4. 11 Data Yang Digunakan	47
Tabel 4. 12 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	48
Tabel 4. 13 Hubungan antara Rasio Air-Semen (W/C) atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen $\{W/(C+P)\}$ dan Kekuatan Beton	49
Tabel 4. 14 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	50
Tabel 4. 15 Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran	53
Tabel 4. 16 Nilai <i>Slump Test</i>	54
Tabel 4. 17 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32	56
Tabel 4. 18 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32 Additive 0,8%	57

Tabel 4. 19 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32 Additive 1,2%	58
---	----

Tabel 4. 20 Nilai Kuat Tekan	59
------------------------------	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton telah menjadi salah satu bahan bangunan utama yang sangat penting untuk kebutuhan *industry real estate* dan konstruksi sipil. Hampir semua struktur bangunan di Indonesia maupun di mancanegara menggunakan beton sebagai bahan utama konstruksi. Beton sangat diminati karena bahan ini merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan salah satunya pengerjaannya yang mudah (Malino, Wallah, dan Handono 2019).

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air, semen, dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya dinding, kolom praktis, perabot rumah maupun berbagai macam hiasan (Widodo dan Basith 2017).

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian 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. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industry pemecah batu.

Pada umumnya bahan pengisi (filler) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (workability) dan mempunyai keawetan (durability) serta kekuatan (strength) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Banyaknya penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton (Elisabeth et al. 2020).

Kuat tekan beton merupakan kekuatan komponen struktur atas penampang yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan gaya tekan pada penampang tertentu. Beton Fc 32 banyak digunakan dalam proyek-proyek dengan beban tinggi, seperti jalan tol, lantai pabrik, dan struktur lain yang memerlukan kekuatan tinggi.

Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa mutu dan proses pembuatannya memenuhi standar.

Superplastizer Polycarboxylate Ether (PCE) adalah aditif yang sering digunakan untuk meningkatkan *workability* (kelecekan) beton tanpa perlu menambah air, sehingga kekuatan beton tetap optimal. Studi tentang penggunaan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) dapat memberikan wawasan tentang cara meningkatkan efisiensi dan kualitas beton. Menurut Mamlouk & Zaniewski (2011) - *Materials for Civil and Construction Engineers*: Para penulis ini mencatat bahwa *curing* rendaman memberikan keunggulan dalam meningkatkan homogenitas dan kekuatan beton pada struktur yang memungkinkan metode ini. Namun, mereka juga memperingatkan tentang risiko pencemaran air rendaman yang dapat mempengaruhi kualitas beton.

Menurut Neville (1995) - *Properties of Concrete*: Neville menyatakan bahwa penyiraman beton adalah metode curing yang efektif untuk menjaga kelembapan permukaan beton, terutama pada tahap awal hidrasi. Namun, ia menekankan bahwa penyiraman harus dilakukan secara konsisten dan merata untuk mencegah bagian beton tertentu menjadi kering, yang dapat menyebabkan retak. Dan Menurut Kosmatka et al. (2002) - *Design and Control of Concrete Mixtures*: Kosmatka, *curing* dengan penyiraman sering digunakan di lapangan karena mudah diterapkan. Namun, mereka memperingatkan bahwa penyiraman harus dilakukan dengan intensitas yang cukup sering untuk mencegah penguapan air dari beton, terutama dalam kondisi cuaca panas dan berangin.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton Fc-32 dengan dan tanpa penggunaan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE), serta menganalisis pengaruh metode curing perendaman dan tanpa perendaman terhadap hasil akhir kuat tekan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapat beberapa permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE) terhadap kuat tekan beton mutu Fc-32 pada umur 28 hari?

2. Bagaimana perbedaan kuat tekan beton antara metode curing rendam dan siram pada umur 28 hari?
3. Metode curing manakah yang paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton mutu Fc-32 dengan campuran Superplasticizer PCE?

1.3 Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Politeknik Negeri Medan.
2. Metode perencanaan campuran beton menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia).
3. Penelitian ini berfokus pada uji kuat tekan beton.
4. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I dengan merek Tiga Roda.
5. Agregat kasar, agregat halus dan air yang digunakan berasal dari Politeknik Negeri Medan.
6. Persentase bahan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,8% dan 1,2% dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
7. Kuat tekan rencana (f_c') yang digunakan adalah 32 MPa.
8. Jumlah seluruh benda uji adalah 18 buah.
9. Umur beton yang diuji adalah 28 hari

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Untuk mengetahui pengaruh penggunaan Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE) terhadap kuat tekan beton mutu Fc-32 pada umur 28 hari.
- 2 Untuk membandingkan kuat tekan beton antara metode curing rendam dan siram pada umur 28 hari.
- 3 Untuk menentukan metode curing yang paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton mutu Fc-32 dengan campuran Superplasticizer PCE.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dengan memberikan informasi bahwa beton dengan tambahan bahan kimia *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) terhadap campuran beton dapat memberikan peningkatan kualitas beton dan menjadi bukti bahwa penggunaan beton dengan menggunakan metode *curing* tanpa rendaman(disiram) memiliki nilai kuat tekan yang kemungkinan perbedaan nilainya tidak terlalu jauh berbeda.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, di dalam penulisannya dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton dalam Bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam Bahasa Belanda. Dalam Bahasa Inggris, beton disebut dengan *concrete* yang berasal dari Bahasa Latin yaitu *concretus* yang memiliki arti tumbuh bersama atau menggabungkan menjadi satu.

Menurut SNI 2847:2013, beton (*concrete*) adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton akan mencapai kuat tekan maksimum setelah berumur 28 hari. Beton mampu menahan kuat tekan yang baik sehingga banyak digunakan untuk struktur bangunan, jembatan, dan jalan.

Beton merupakan material komposit yang tersusun dari agregat dan terbungkus oleh matrik semen yang mengisi ruang diantara partikel-partikel sehingga membentuk satu kesatuan (Noviarti dan Muslimin 2020).

Beton sebagai bahan konstruksi yang terdiri dari campuran antara semen *Portland* atau semen *hidraulik* yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Jika campuran tersebut dituang ke dalam cetakan lalu dibiarkan maka campuran tersebut akan mengeras seperti batu. Pengerasan bisa terjadi karena adanya reaksi kimia dalam jangka panjang antara air dan semen, yang berarti campuran mengeras seiring bertambahnya usia, rongga terbentuk diantara butiran besar (butir kasar, kerikil atau batu pecah) diisi dengan butiran yang lebih kecil (agregat halus dan pasir), dan pori-pori diantara agregat halus diisi dengan semen dan air (pasta semen) (Budiman dkk. 2018).

Jika dilihat berdasarkan tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh terhadap kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan. Akan tetapi jenis

agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat.

Beton mencapai keadaan stabil pada usia 28 hari, pada saat awal pengecoran sampai umur 28 hari beton akan bertambah kekuatannya secara *linier* dengan cepat setelah itu beton akan mencapai keadaan stabil dan kenaikan kekuatannya akan kecil. Pada kondisi tertentu kekuatan beton akan bertambah sampai tahun pertama tergantung dari bahan-bahan tertentu yang ditambahkan ke dalam beton.

Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambah kimia digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, ataupun mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan.

Kelebihan beton diantaranya yaitu ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar lokal yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mampu menerima kuat tekan dengan baik, tahan aus, rapat air, awet, dan mudah perawatannya. Beton juga memiliki kelemahan yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*) sehingga pemakaiannya terbatas (Malino dkk. 2019).

Beton dapat diklasifikasikan diantaranya sebagai berikut:

a) Beton non struktural

Merupakan beton yang hanya terdiri dari bahan campuran seperti semen, air, dan agregat serta bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan.

b) Beton struktural

Merupakan beton yang menggunakan bahan campuran seperti semen, air, agregat, dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan serta memakai baja tulangan (besi beton).

2.2 Mutu Beton FC-32

Beton Fc-32 merujuk pada beton dengan kuat tekan rencana sebesar 32 MPa pada umur 28 hari. Beton ini sering digunakan dalam konstruksi dengan beban sedang hingga berat, seperti balok, kolom, dan pelat lantai pada bangunan bertingkat tinggi (Hakim & Suryatimur, 2022).

Beton dengan Fc 32 termasuk dalam kategori beton berkekuatan tinggi dan biasanya digunakan untuk konstruksi yang membutuhkan daya dukung besar seperti Jembatan, Gedung bertingkat tinggi, Struktur beton pracetak (*precast*), Lantai pabrik yang menahan beban berat. Mutu beton Fc 32 diuji dengan cetakan beton berbentuk silinder yang kemudian mengalami proses *curing* selama 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat uji tekan untuk menentukan kemampuan beton menahan beban. Campuran beton untuk mencapai mutu Fc 32 memerlukan desain campuran (*mix design*) yang presisi. Komposisinya mencakup Semen dengan kualitas tinggi, agregat halus dan kasar yang sesuai standar, Air dengan rasio air-semen (*water-cement ratio*) yang tepat, *Admixture* atau bahan tambahan (seperti *superplasticizer*) untuk meningkatkan *workability* dan kekuatan beton. Beton Fc 32 dipilih ketika struktur membutuhkan kekuatan dan daya tahan tinggi terhadap beban besar serta faktor lingkungan.

2.3 Bahan Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi (Zulkarnain dkk. 2021).

2.3.1. Semen

Semen adalah bahan perekat *hidrolis* yang artinya senyawa-senyawa yang terdapat di dalam semen tersebut mengalami reaksi dengan air yang kemudian membentuk zat yang digunakan untuk merekatkan batu bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya (Passa dan Safitri 2021).

Menurut (Dewi, Jaya, dan Hermala 2022), semen dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen *non hidraulis* Semen non hidrolis merupakan semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contohnya adalah kapur.
2. Semen *hidraulis* merupakan semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Contohnya adalah semen *Portland*, semen *pozzolan*, semen *alumina*, semen terak, semen alam dan lain-lain.

Semen *portland* adalah semen yang dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang mengandung kalsium karbonat seperti kapur dengan bahan lain yang mengandung *silica*, alumina dan oksida besi seperti lumpur atau tanah liat. Bahan-bahan ini kemudian dicampur menjadi satu. Campuran ini kemudian dipanaskan sehingga terbentuklah *klinker*. *Klinker* ini kemudian dihaluskan menjadi bubuk dan dicampurkan dengan *gips* atau kalsium sulfat sebagai bahan tambahan (Hermawan 2018).

Menurut (Passa dan Safitri 2021), semen *Portland* terbagi menjadi lima tipe yaitu sebagai berikut.

1. Tipe I

Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada tipe yang lain. Semen tipe 1 ini merupakan semen yang paling banyak digunakan yaitu 80% - 90% dari produksi semen *Portland*.

2. Tipe II

Semen tipe ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti di bawah ini.

- a) Pelabuhan
- b) Pondasi atau *basement* dimana tanah atau air tanah terkontaminasi oleh sulfat
- c) Bangunan-bangunan yang berhubungan dengan rawa
- d) Saluran air bangunan atau limbah

3. Tipe III

Semen dengan tipe ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti di bawah ini.

- a) Beton pracetak
- b) Bangunan yang membutuhkan pembongkaran bekisting yang cepat
- c) Perbaikan beton
- d) Pembetonan di daerah dingin

4. Tipe IV

Semen dengan tipe ini memiliki kuat tekan yang lebih rendah pada bangunanbangunan sebagai berikut.

- a) Konstruksi
- b) *Basement*
- c) Bangunan pada daerah panas

5. Tipe V

Semen tipe ini sama dengan semen tipe 2 dengan kontaminasi sulfat yang lebih pekat.

Penggunaan semen merupakan hal penting dalam kemudahan pengerjaan (*workability*) karena semen berfungsi sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Siregar, Turnip, dan Ginting 2022).

2.3.2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan campuran beton. Air berfungsi agar membuat semen bereaksi dengan agregat kasar dan agregat halus kemudian menjadi satu kesatuan. Pencampuran air dan semen akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan hidrasi (Dewi dkk. 2022).

Penggunaan air dalam campuran beton tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton yang rendah. Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, tidak mengandung minyak, tidak mengandung alkali, garam-garaman, zat organis yang dapat merusak beton. Selain itu air juga digunakan dalam perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Mulyadi,

Diawarman, dan Ismail 2018). Air pada campuran beton akan berpengaruh pada hal-hal berikut.

1. Sifat *workability* adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen *portland*, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

2.3.3. Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat merupakan material *granular* misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen *hidrolik*.

Menurut (Hermawan 2018), berdasarkan ukurannya agregat terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat isi yang berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil yaitu 0,15-5mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No.200 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton (Mulyadi et al. 2018)

2. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya tertahan di ayakan 4,75 mm (No.4 sesuai standart ASTM). Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat alkali (Mulyadi dkk. 2018).

2.3.4. Bahan Tambah

Bahan tambah (admixture) merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama proses pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu ataupun untuk menghemat biaya. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dan tetap harus pada pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan karena apabila jumlah bahan tambah yang diberikan itu berlebihan dapat memperburuk sifat beton.

2.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat jumlah air dengan jumlah berat semen. Faktor air semen ini memegang peran penting dalam menentukan kuat tekan beton. Umumnya nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan dalam campuran beton adalah 0,4 untuk nilai minimumnya dan 0,65 untuk nilai maksimumnya (Pah dkk. 2022).

Semakin tinggi nilai faktor air semen (FAS) maka kekuatan beton akan mengalami penurunan. Akan tetapi jika semakin rendah nilai faktor air semen (FAS) maka kekuatan beton juga tidak selalu mengalami peningkatan. Jika semakin rendah nilai FAS biasanya beton akan semakin sulit dipadatkan. Oleh karena itu perbandingan berat jumlah air dengan jumlah berat semen harus seimbang agar menghasilkan nilai FAS yang optimal agar beton yang dihasilkan memiliki kuat tekan yang sesuai dengan standar (Rulian dan Saelan 2021).

2.5 Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE)

Superplastizer Polycarboxylate Ether (PCE) adalah bahan tambahan yang meningkatkan *workability* beton tanpa menambah rasio air-semen (*water-cement ratio*). Dengan menurunkan kebutuhan air, *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) memungkinkan beton mencapai kekuatan tekan yang lebih tinggi dan mempermudah pengerjaan beton segar (SNI 2495:1991). Penggunaannya sangat efektif dalam beton mutu tinggi, termasuk Fc 28 (Kosakoy et al., 2017).

Superplastizer Polycarboxylate Ether (PCE) memungkinkan pencampuran beton dengan rasio air-semen yang lebih rendah, yang secara langsung

meningkatkan kekuatan tekan beton. Beton dengan rasio air-semen yang rendah lebih padat dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi, membuatnya ideal untuk aplikasi struktural yang menuntut. *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) juga meningkatkan durabilitas beton dengan mengurangi porositas dan permeabilitas. Ini membuat beton lebih tahan terhadap serangan kimia, penetrasi air, dan siklus pembekuan-pencairan, memperpanjang umur struktur beton.

Faktor yang Perlu Dipertimbangkan :

- a. Jenis Proyek: Pertimbangkan jenis proyek dan kebutuhan spesifiknya. Misalnya, proyek yang jauh dengan *Batching Plant* mungkin memerlukan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) dengan kemampuan peningkatan kekuatan yang tinggi dan waktu pengerasan betonnya yang dapat di atur lamanya.
- b. Kondisi Lingkungan: Evaluasi kondisi lingkungan proyek, seperti suhu, kelembapan, dan paparan terhadap bahan kimia.
- c. Biaya: Pertimbangkan biaya *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) dan keseimbangan dengan manfaat yang diperoleh dari penggunaannya.

Implementasi *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) harus dilakukan dengan pengawasan yang ketat untuk memastikan hasil yang optimal. Berikut beberapa langkah penting dalam proses ini:

- a. Pengukuran yang Akurat: Pastikan *Superplasticizer Additive* ditambahkan dalam proporsi yang tepat sesuai dengan spesifikasi campuran beton.
- b. Pengujian Kualitas: Lakukan pengujian kualitas secara berkala untuk memastikan beton memenuhi standar yang diinginkan.
- c. Pengawasan Pengecoran: Pantau proses pengecoran beton untuk memastikan distribusi yang merata dan menghindari segregasi.

2.6 *Setting Time* (Waktu Ikat)

Setting time atau waktu ikat adalah waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengalami proses pengikatan setelah dicampur dengan air. Parameter ini penting dalam pekerjaan konstruksi karena menentukan seberapa lama campuran beton tetap dalam kondisi plastis dan dapat diolah sebelum mulai mengeras. Secara umum, *setting time* dibagi menjadi dua, yaitu waktu ikat awal (*initial setting time*) dan waktu ikat akhir (*final setting time*). Waktu ikat awal menunjukkan saat campuran mulai kehilangan keplastisannya, sedangkan waktu ikat akhir menandai saat beton mulai mengeras secara menyeluruh.

Beberapa faktor yang mempengaruhi *setting time* antara lain jenis semen, *rasio air-semen (w/c ratio)*, penggunaan bahan tambahan (*admixture*), serta kondisi suhu dan kelembaban lingkungan. Misalnya, penggunaan *retarder* akan memperlambat waktu ikat, sedangkan *accelerator* akan mempercepat proses pengikatan. Suhu tinggi juga dapat mempercepat waktu ikat, sedangkan suhu rendah cenderung memperlambatnya.

2.7 *Slump Test*

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* yang tinggi) (Gobel 2017).

Tujuan dari pengujian *slump* adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. *Slump* didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat (Ubaidi dan Pratiwi 2020).

Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan ke dalam wadah kerucut terpancung yang memiliki diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, tinggi 30 cm serta dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat berdiameter 1,6 cm sepanjang 60 cm.

Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut.

Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat ke atas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat (Ubaidi dan Pratiwi 2020).

Nilai *slump* dipengaruhi oleh faktor air semen. Semakin tinggi faktor air semen maka nilai slump akan semakin tinggi yakni menggunakan banyak air dan sedikit semen sehingga pasta semen lebih encer dan mengakibatkan nilai *slump* lebih tinggi. Jika semakin besar nilai *slump* berarti adukan beton semakin mudah dikerjakan (Ubaidi dan Pratiwi 2020).

2.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton.

Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan.



Gambar 2. 1: Mesin Kuat Tekan

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dengan:

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (KN)

A = luas bidang tekan (mm²)

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi landasa penting dalam Menyusun penelitian ini, karena memberikan gambaran mengenai hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relavan dengan topik yang diangkat. Beberapa penelitian yang dijadikan acuan antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah Faqihuddin, Hermansyah dan Eti Kurniati (2019) dari Universitas Teknilogi Sumbawa dengan judul "Tinjauan Campuran Beton Normal Dengan Penggunaan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah Pengganti Air Sebesar 0%, 0,3%, 0,5% dan 0,7% Berdasarkan Berat Semen". Penelitian ini menunjukkan bahwa *Superplasticizer* Sebagai bahan pengantu air pada campuran beton meningkatkan nilai *Slump*, berat volume dan kuat tekan beton. Nilai *Slump* tertinggi dicapai pada variasi 0,5% sebesar 17cm, sementara variasi 0,7% menurun menjadi 14 cm akibat percepatan pengerasan. Kuat tekan tertinggi pada umur 7 hari adalah 37,594 MPa (peningkatan 17,77%) dengan variasi 0,5%, sedangkan pada umur 28 hari mencapai 43,444 MPa (peningkatan 17,81%) dengan variasi 0,7%. Berat volume maksimum sebesar 2402,453 kg/m³ juga ditemukan pada variasi 0,7%, masuk dalam kategori beton berbobot normal. Hasil ini menegaskan bahwa superplasticizer efektif meningkatkan kinerja beton, meskipun pada dosis tinggi dapat memengaruhi workability.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Titi Kurniati, Rina Yuliet, Riza Aryanti, Yervi Hesna dan Aryadi Sujana Tanjung (2021) dari Universitas Andalas dengan judul "Pengaruh Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan Beton" dan hasil penelitian ini tentang penggunaan *superplasticizer* menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton. Penambahan *superplasticizer* menghasilkan nilai slump yang lebih tinggi, menunjukkan peningkatan workability

pada campuran beton. Pada uji kuat tekan, beton dengan *superplasticizer* menunjukkan peningkatan kekuatan yang signifikan dibandingkan beton tanpa bahan tambahan tersebut, dengan variasi dosis *superplasticizer* memberikan pengaruh yang berbeda pada nilai optimalnya. Hal ini menunjukkan potensi *superplasticizer* dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi material konstruksi.

3. Penelitian yang dilakukan Taegyu Lee, Jaehyun Lee, Jaewook Jeong dan Jaemin Jeong (2021) dengan judul “*Improving Marine Concrete Performance Based on Multiple Criteria Using Early Portland Cement and Chemical Superplasticizer Admixture*”. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi *Early Portland Cement* (EPC), *Ground Granulated Blast-Furnace Slag* (GGBS), dan *superplasticizer* berbasis polikarboksilat (PC) secara signifikan meningkatkan kinerja beton untuk lingkungan laut. *Superplasticizer* memainkan peran penting dalam mengurangi kebutuhan air, sehingga meningkatkan kekuatan awal beton meskipun dengan binder yang lebih sedikit. Campuran ini menghasilkan beton dengan kekuatan awal lebih cepat, memungkinkan pengurangan waktu pelepasan cetakan hingga 5–9 jam, yang meningkatkan efisiensi proyek konstruksi. Selain itu, *superplasticizer* membantu mengurangi porositas internal beton, yang meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi ion klorida dan mengurangi risiko korosi. Hasilnya, beton yang dihasilkan tidak hanya lebih kuat dan tahan lama, tetapi juga lebih hemat biaya dan ramah lingkungan, dengan pengurangan emisi CO₂ hingga 38% dibandingkan campuran beton konvensional.

BAB 3

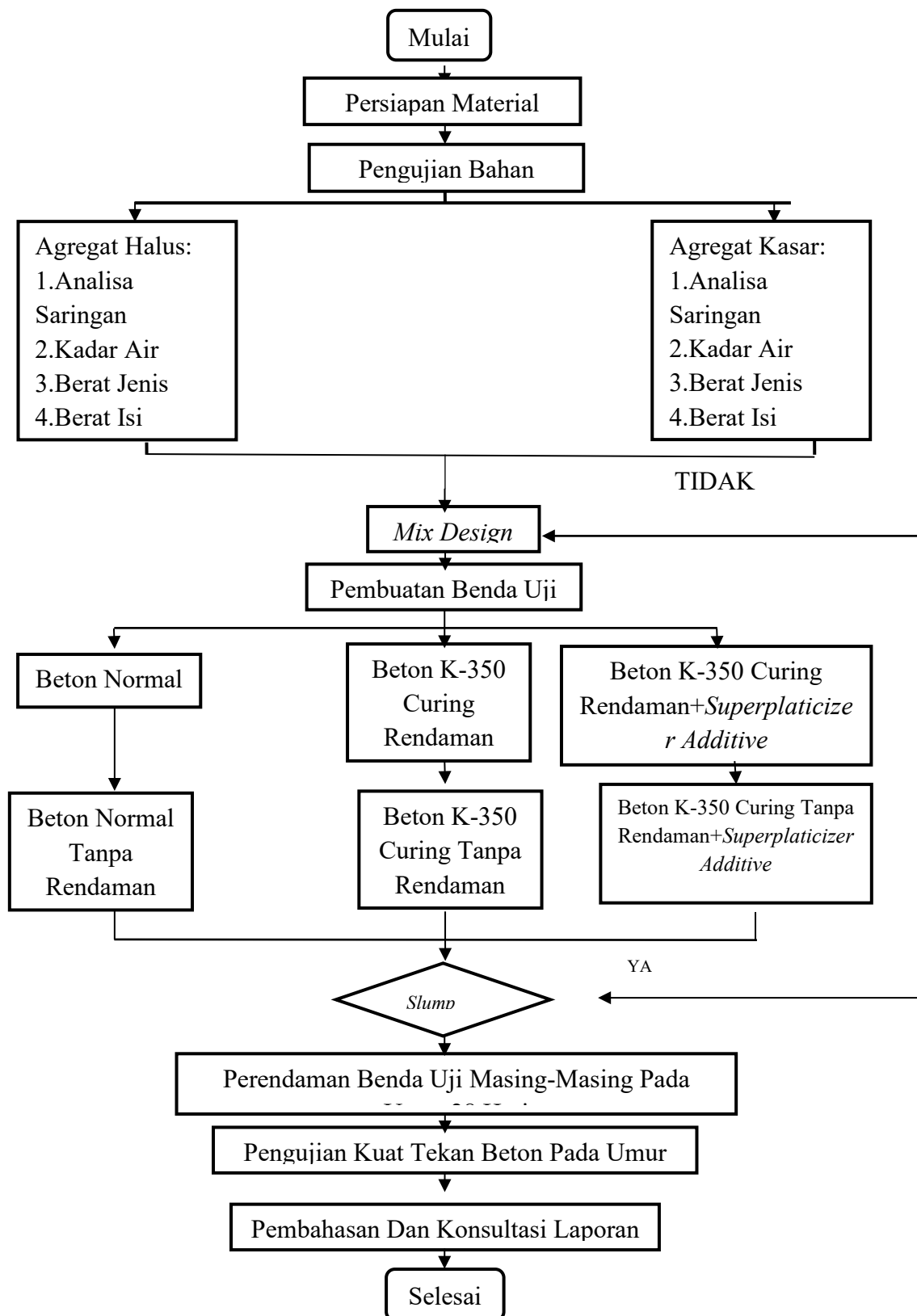
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu merupakan metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Percobaan yang akan dilakukan berupa pembuatan beton dengan memanfaatkan bahan kimia berupa *Superplasticizer Additive (PCE)*. Metode penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji terlebih dahulu di Laboratorium Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan bahan kimia pada campuran beton dengan persentasi 0,8% dan 1,2% dari berat semen. Sedangkan waktu pengujian yang dilakukan adalah setelah beton berumur 28 hari. Kuat tekan beton berbentuk silinder diatur dalam Peraturan SNI 1974:2011.

Jika semua tahap di atas telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *mix design*. Pada tahap ini semua bahan yang sudah diuji akan dicampur menjadi satu berdasarkan data yang telah didapat sebelumnya. Pada penelitian ini, *mix design* dibuat dalam tiga variasi yaitu beton normal Fc 32, beton Fc 32 campuran *Superplasticizer (PCE) 0,8% Additive* dan beton Fc 32 campuran bahan *Superplasticizer (PCE) 1,2% Additive*. Benda uji akan dibuat pada cetakan berbentuk silinder sebanyak 18 buah yang akan diuji pada umur beton 28 hari.

Selanjutnya pengujian benda uji yaitu kuat tekan beton, data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilampirkan di dalam pembahasan yang akan dihitung analisa datanya. Analisa data tersebut akan menjadi kesimpulan pada penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 : Tahapan Penelitian yang Akan Dilakukan Alat dan Bahan

3.2 Alat dan Bahan

Untuk memenuhi persyaratan yang berlaku, diperlukan peralatan dan bahan berkualitas tinggi untuk memaksimalkan hasil penelitian. Selain itu, laboratorium Politeknik Negeri Medan memuat sejumlah alat. Alat-alat berikut digunakan:

3.2.1. Alat

1. Kumpulan saringan agregat halus meliputi: Nomor.4, 8, 16, 30, 50, dan 100 Pan. Gradasi pasir yang digunakan diperiksa dengan filter ini.
2. Timbangan digital adalah alat untuk menimbang secara akurat bahan yang digunakan.
3. Gelas yang digunakan untuk mengukur air dan campuran dalam proyek beton yang memadat sendiri.
4. Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk melacak durasi tes.
5. Sampel bahan dapat dikeringkan dalam oven.
6. Sampel air dapat disimpan dalam ember atau wadah.
7. Sebuah wadah plastik seberat 10 kg digunakan untuk menyimpan bahan-bahan yang sudah jadi.
8. Pan adalah alat yang digunakan untuk mencampur dasar beton segar.
9. Skop tangan dan alat cetok untuk meratakan permukaan beton dalam cetakan dan berfungsi sebagai pengaduk beton segar.
10. Selang adalah alat untuk mengosongkan air mixer dan membersihkannya.
11. Bekisting beton berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
12. Dengan kuas dan Vaseline, cetakan beton dilapisi agar tidak lengket.
13. Seperangkat peralatan untuk pengujian aliran slump, yang meliputi: pelat, kerucut abrams dan penggaris
14. Mesin pengaduk digunakan untuk mencampur semua bahan menjadi satu untuk membuat adonan beton segar.
15. Bak rendam digunakan untuk merendam beton yang telah keluar dari cetakan.
16. Kuat tekan beton dapat diukur dengan menggunakan mesin uji tekan.

3.2.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan beton campuran *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kerikil yang diperoleh dari Laboratorium Politeknik Negeri Medan.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini pasir yang diperoleh dari Laboratorium Politeknik Negeri Medan.

3. Semen

Semen yang digunakan adalah semen dari merk Tiga Roda PC (Portland Cement) tipe 1.

4. *Superplasticizer Polycarboxylate Ether* (PCE)

Superplastizer Polycarboxylate Ether (PCE) yang di gunakan untuk campuran beton pada penelitian ini berasal dari panglong .

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Laboratorium Politeknik Negeri Medan, memenuhi persyaratan penggunaan air dalam beton.

3.3 Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Dalam hal ini menyiapkan material yang akan digunakan seperti agregat kasar, agregat halus, dan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE]. Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan.

2. Pemeriksaan bahan material penyusun beton

Pemeriksaan bahan material ini ditujukan untuk memastikan apakah bahan penyusun beton telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, apabila digunakan dalam pencampuran (*mix design*).

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 7656-2012. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut :

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

5. Perawatan Benda Uji

Pada bagian ini beton yang sudah didiamkan di cetakan dan sudah mengering, beton tersebut di angkat dari cetakan lalu dilakukan perawatan beton (*curing*). Perawatan tersebut dilakukan dengan cara merendam beton pada bak perendam dengan estimasi waktu 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan dan ada beberapa *sample* yang setelah dikeluarkan melalui cetakan hanya dilakukan perawatan dengan di siram pagi dan sore selama 28 hari.

6. Pengujian Kuat Tekan

Beton Setelah semua prosedur pembuatan beton, kemudian dilakukan uji kuat tekan beton yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberi beban-beban tertentu.

7. Pembahasan dan Laporan Akhir

Dengan diketahuinya nilai kuat tekan beton, maka telah selesai semua rangkaian dalam proses pembuatan beton. Hal yang dilakukan pada tahap akhir ialah mencatat, mengolah, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan. Lalu selanjutnya melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan dan akan dilakukan pada awal bulan Juni.

3.5 Sumber Data dan Pengambilan Data

3.6.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

1. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2016)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008)
4. Pemeriksaan berat isi dan agregat (SNI 1973:2008)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142, 1996)
7. Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 7656:2012)
8. Kekentalan adukan beton segar (slump) (SNI 1972:2008)
9. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
10. Spesifikasi bahan tambah untuk beton (SNI 03-2495-1991)
11. Uji waktu pengikatan campuran beton (SNI ASTM C403-C403M-08-IDT)
12. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011)

3.6.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing, dan data-data teknis SNI 7656:2012 serta buku-buku SNI lainnya yang berhubungan dengan beton, konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta tim pengawas Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Metode penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji terlebih dahulu di Laboratorium Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal dan beton Fc 32 yang menggunakan penambahan *Superplastizer Polycarboxylate Ether* (PCE) sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton dengan persentasi 0,8% dan 1,2% dari berat semen. Sedangkan

waktu pengujian yang dilakukan adalah setelah beton berumur 28 hari. Persiapan material merupakan langkah awal dalam melaksanakan penelitian ini, setelah semua persiapan dilakukan maka dapat dilakukan pengujian material, pengujian material mencakup seluruh bahan dalam pembuatan beton yaitu pengujian agregat halus, pengujian agregat kasar, pengujian semen, pengujian air, pasir dan dalam penelitian pembuatan campuran untuk memperkuat nilai kuat tekan dalam beton, jika semua tahap di atas telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *mix design*. Pada tahap ini semua bahan yang sudah diuji akan dicampur menjadi satu berdasarkan data yang telah didapat sebelumnya. Pada penelitian ini, *mix design* dibuat dalam tiga variasi yaitu beton normal Fc 32, beton Fc 32 menggunakan bahan tambah 0,8% dan 1,2% dari berat semen. Benda uji akan dibuat pada cetakan berbentuk silinder sebanyak 18 buah yang akan diuji pada umur beton 28 hari. Selanjutnya pengujian benda uji yaitu kuat tekan beton, data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilampirkan di dalam pembahasan yang akan dihitung analisa datanya. Analisa data tersebut akan menjadi kesimpulan pada penelitian yang dilakukan.

3.6 Jumlah Benda Uji

Cetakan silinder dengan tinggi 30 cm, lebar 15 cm digunakan untuk membuat benda uji. Berikut jumlah benda pada Tabel 3. 1

Tabel 3. 1 Jumlah benda uji untuk beton dan superplasticizer additive

No	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	<i>Superplasticizer Additive</i>	Jumlah Sample
1	BTCR	100%	100%	0%	3
2	BTCTR	100%	100%	0%	3
3	BTCR 0,8%	100%	100%	0,8%	3
4	BTCTR 0,8%	100%	100%	0,8%	3
5	BTCR 1,2%	100%	100%	1,2%	3
6	BTCTR1,2%	100%	100%	1,2%	3
Jumlah					18

Keterangan :

BTCCR : Beton Curing Rendaman

BTCTR : Beton Curing Tanpa Rendaman (Disiram)

3.7 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur kemudian melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.8 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus bertujuan untuk mengetahui kelayakan agregat untuk bahan percampuran dan pembentukan beton. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium beton mengikuti panduan SNI tentang pemeriksaan agregat.

3.8.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar berpedoman pada (SNI 1969:2016) sedangkan agregat halus berpedoman pada (SNI 1970:2016). Berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan dan berat jenis semu adalah semua cara untuk mengukur berat jenis. Berdasarkan kondisi setelah direndam dalam air selama (24+4) jam, dilakukan pengukuran berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air. Berikut prosedur pengujian agregat kasar:

1. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan lumpur atau bahan lain yang menempel di permukaan.
2. Keringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai mencapai berat tetap.
3. Dinginkan agregat pada suhu kamar selama 1–3 jam, atau hingga suhunya mencapai $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dan dapat ditangani.
4. Rendam agregat dalam air bersih pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.

5. Angkat agregat dari air, lalu keringkan permukaan luarnya menggunakan kain penyerap atau handuk hingga mencapai kondisi jenuh kering permukaan (SSD).
6. Timbang agregat SSD dan catat beratnya sebagai B {Berat Jenuh kering permukaan (SSD)}
7. Timbang agregat dalam air menggunakan keranjang logam atau wadah yang sesuai, pastikan:
 - a. Tidak ada gelembung udara,
 - b. Air pada suhu $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$,
 - c. Wadah benar-benar terendam. Catat hasil sebagai C (Berat agregat dalam air).
8. Keringkan kembali agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap.
9. Dinginkan dan timbang agregat, catat hasil sebagai A (berat kering oven).

Untuk menghitung berat jenis agregat halus dapat digunakan rumus pada Tabel 3. 2

Tabel 3. 2 Rumus Berat Jenis dan Penyerapan agregat kasar

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (Sd)	$\frac{A}{B - C}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$
Penyerapan air (Sw)	$\left[\frac{B - A}{A} \right] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
 B = Berat piknometer berisi garam (gr)
 C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)
 S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

Kemudian berikut prosedur pengujian agregat halus :

1. Siapkan sekitar 1 kg agregat halus dari contoh uji.
2. Keringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai mencapai berat tetap.
3. Dinginkan agregat ke suhu ruang yang dapat dikerjakan.
4. Basahi agregat dengan cara melembabkan ($\pm 6\%$) atau rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
5. Tiriskan air dengan hati-hati agar butiran halus tidak hilang.
6. Tebarkan agregat di permukaan yang rata dan tidak menyerap air.
7. Keringkan agregat dengan aliran udara hangat sambil diaduk merata.
8. Aduk dan gosok dengan tangan agar butiran terpisah dan tidak saling menempel.
9. Ulangi pengeringan sampai mencapai kondisi jenuh kering permukaan (JKP).
10. Lakukan uji kerucut untuk memastikan kondisi jenuh kering permukaan:
 - a. Masukkan agregat ke cetakan kerucut sampai penuh dan meluber.
 - b. Padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali.
 - c. Angkat cetakan secara vertikal perlahan.
 - d. Jika agregat runtuh sedikit demi sedikit, maka jenuh kering permukaan tercapai.
11. Jika terlalu kering, tambahkan air beberapa mL, diamkan 30 menit, dan ulangi pengeringan.
12. Timbang 500 ± 10 gram agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan (notasi: S = berat agregat jenuh kering permukaan).
13. Isi sebagian air ke dalam piknometer.
14. Masukkan agregat ke dalam piknometer.
15. Tambahkan air sampai $\pm 90\%$ kapasitas piknometer.
16. Guncangkan atau putar piknometer untuk menghilangkan gelembung udara.
17. Pastikan suhu agregat, air, dan piknometer berada pada $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.
18. Tambahkan air sampai batas ukur piknometer.
19. Timbang berat piknometer + agregat + air (notasi: C =berat piknometer + air + agregat).
20. Keluarkan agregat dari piknometer.

21. Keringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
22. Dinginkan selama $(1 \pm 0,5)$ jam, lalu timbang berat agregat kering (notasi: A=berat agregat kering oven).
23. Timbang piknometer kosong (notasi: W=berat piknometer kosong).
24. Isi piknometer dengan air sampai batas ukur.
25. Pastikan suhu air dalam piknometer tetap $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.
26. Timbang piknometer + air saja (notasi: B=berat piknometer+air)

Untuk menghitung berat jenis agregat halus dapat digunakan rumus pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Rumus Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (Sd)	$\frac{A}{B + S - C}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{S}{B + S - C}$
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{B + A - C}$
Penyerapan air (Sw)	$\left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
 B = Berat piknometer berisi garam (gr)
 C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)
 S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

3.8.2. Analisa Gradasi Agregat

Pelaksanaan pengujian analisa saringan agregat berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Dengan menggunakan ayakan, analisis gradasi agregat dimaksudkan sebagai pedoman untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar. Adapun pengujian gradasi agregat sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(105)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.

2. Tentukan berat yang dibutuhkan dengan cara menimbang benda uji. Setelah itu, atur filternya, mulai dari yang paling besar di atas. Panci kemudian diposisikan di bagian bawah. Agregat kemudian dimasukkan dari atas dan penutup filter digunakan untuk menutup bagian atas filter. Mesin pengayak digunakan untuk mengayak selama 15 menit agar hasil terpisah secara merata.
3. Berat agregat di setiap filter kemudian diukur

3.8.3. Kadar Lumpur Agregat

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 03- 4141,1996). Tujuan dari metode pengujian gumpalan lempung dan butiran rapuh pada agregat adalah sebagai acuan dan panduan untuk pengujian gumpalan lempung dan butiran rapuh pada agregat. Berikut prosedur pengujian kadar lumpur agregat:

1. Dengan massa 500 gram, benda uji dimasukkan kemudian ditimbang (W1).
2. Setelah itu ditambahkan air cucian secukupnya ke dalam wadah hingga benar-benar merendam benda uji.
3. Ulangi langkah di atas hingga air cucian bersih dan wadah dikocok hingga kotoran pada benda uji hilang.
4. Setelah itu, semua bahan dimasukkan kembali ke dalam wadah dan ditempatkan di nampan dengan berat yang diketahui (W2).
5. Benda uji kemudian dipanggang hingga tidak ada lagi bobot yang tersisa.
6. Timbang dan catat beratnya (W3) setelah dikeringkan.
7. Kemudian tentukan berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

3.8.4. Berat Isi Agregat

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 1973:2008). Rumus perhitungan volume produksi campuran, kadar semen dan kadar udara dalam beton serta berat satuan campuran beton segar. Berikut adalah tata cara percobaan berat satuan agregat:

1. Mencatat berat silinder kosong (W1) adalah langkah pertama.
2. Benda uji kemudian dimasukkan dengan hati-hati menggunakan sekop dari ketinggian maksimum 5 cm di atas silinder sampai penuh, menghindari pemisahan butiran.

3. Permukaan benda uji kemudian diratakan dengan penggaris leveling.
4. Silinder beserta isinya kemudian dicatat dan ditimbang (W2).
5. Kemudian ditentukan berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

Perhitungan berat isi agregat dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$\text{Berat Isi} = \frac{W_3}{V}$$

Dimana :

W3 = Berat contoh ($W3 = W1 - W2$) (gr)

W2 = Berat wadah (gr)

W1 = Berat contoh dan wadah (gr)

V = Volume wadah (cm³)

3.8.5. Kadar Air Agregat

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Langkah langkah berikut dapat diambil untuk menentukan kadar air total agregat melalui pengeringan. Penentuan proporsi air yang dapat diuapkan melalui pengeringan dari sampel agregat. Perhitungan kadar air dapat dihitung dengan rumus.

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Dimana:

P = Kadar air benda uji (%)

W1 = Massa benda uji (gr)

W2 = Massa benda uji kering oven (gr)

Berikut ini adalah prosedur percobaan untuk menentukan kadar air total:

1. Catat berat talam kosong (W1).
2. Setelah itu, benda uji ditimbang dan dicatat bobotnya (W2) sebelum dimasukkan ke dalam tray.
3. Kemudian ditentukan berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
4. Spesimen kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C dengan tray hingga beratnya tetap.

3.8.6. Kadar Air Agregat

Langkah-langkah berikut dapat diambil untuk menentukan kadar air total agregat melalui pengeringan. Penentuan proporsi air yang dapat diuapkan melalui pengeringan dari sampel agregat. Berikut ini adalah prosedur percobaan untuk menentukan kadar air total:

1. Catat berat talam kosong (W_1).
2. Setelah itu, benda uji ditimbang dan dicatat bobotnya (W_2) sebelum dimasukkan ke dalam tray.
3. Kemudian ditentukan berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Spesimen kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ dengan tray hingga beratnya tetap.
5. Ditimbang setelah dikeringkan kemudian baik spesimen maupun berat baki (W_4) dicatat.
6. Berat spesimen kering kemudian dihitung ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.9 Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE)

Dalam penelitian ini campuran kimia yang dikenal sebagai *Superplasticizer Additive* diperoleh dari Panglong kota Medan yang digunakan dalam campuran beton.

3.10 Mix Design

Ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen bahan pembentuk beton untuk menghasilkan campuran beton yang memenuhi kekuatan dan daya tahan yang diinginkan sekaligus dapat dikerjakan untuk memudahkan proses kerja.

3.11 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan berjumlah 18 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran dengan menggunakan Superplasticizer Additive

1. Mempersiapkan keperluan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan uji.

2. Menimbang masing-masing bahan sesuai dengan yang telah di tentukan.
3. Menggunakan skrup dan kain lap, cetakan diterapkan dan minyak/oli diterapkan pada langkah-langkah selanjutnya.
4. Hidupkan *mixer* (mesin pengaduk).
5. Masukkan bahan dimulai dari air, agregat kasar, agregat halus, dan *Superplasticizer Additive* dari yang terberat hingga yang terkecil.
6. Setelah itu masukkan air kedalam mesin pengaduk.
7. Memeriksa *slump* pada beton segar.
8. Masukkan campuran beton segar kedalam cetakan hingga penuh.
9. Ratakan permukaan pada cetakan dengan menggunakan sendok semen.
10. Mendingkan beton selama 24 jam sampai beton mencapai kapasitas maksimalnya/ mengeras dengan sempurna.
11. Setelah kering, buka cetakan beton dan rawat beton (*curing*) dengan memasukkan beton ke dalam bak perendam selama 28 hari.
12. Setelah direndam selama 28 hari, kemudian angkat beton dan keringkan.
13. Melakukan uji kuat tekan beton.

3.12 Pemeriksaan *Slump test*

Berikut langkah – langkah dengan pengujian slump test:

1. Kerucut Abrams dan pelat berukuran 1 m x 1 m direndam.
2. Tempatkan kerucut *Abrams* terbalik di tengah piring di atas bidang datar.
3. Setelah mengisi kerucut *Abrams* ke atas dengan campuran beton, ratakan dengan potongan dan diamkan selama satu menit. Saat menggunakan stopwatch untuk menghitung waktu penyebaran adukan, perlahan angkat kerucut *Abrams* ke atas.
4. Saat penyebaran adukan mencapai diameter 500 mm, hentikan *stopwatch* dan catat waktunya. Saat distribusi penyebaran berhenti, hentikan *stopwatch* dan catat waktunya.
5. Lebar campuran beton harus diukur secara *vertikal* dan *horizontal* dengan penggaris.

6. Tingkat kekentalan campuran dapat ditentukan dengan mengukur diameter distribusi, semakin besar diameternya maka semakin tipis campurannya.

3.13 *Setting Time* (Waktu Ikat)

Pengujian waktu pengikatan beton dilakukan untuk mengetahui waktu mulai dan berakhirnya proses pengerasan awal pada campuran beton segar. Metode pengujian ini menggunakan standar SNI ASTM C403/C403M:2012, yaitu dengan cara mengukur ketahanan penetrasi dari mortar yang disaring dari campuran beton segar.

3.13.1. Alat dan Bahan *Setting Time*

1. Wadah benda uji berukuran minimum 150 mm × 150 mm, kedap air dan tidak menyerap air.
2. Jarum penetrasi dengan berbagai ukuran luas penampang (645 mm², 323 mm², 161 mm², 65 mm², 32 mm², dan 16 mm²).
3. Alat pembebanan dengan kapasitas minimum 600 N dan ketelitian ±10 N.
4. Batang pemadat baja bulat diameter 16 mm panjang 600 mm.
5. Pipet untuk menghilangkan air yang keluar dari mortar.
6. Termometer dengan ketelitian ±0,5°C. Beton segar sebagai bahan uji.

3.13.2. Prosedur Pengujian

1. Penyaringan Mortar

Beton segar disaring melalui ayakan 4,75 mm untuk memisahkan mortar dari agregat. Mortar yang diperoleh dicampur ulang secara manual dan suhunya diukur.

2. Pemasukan ke Wadah Uji

Mortar dimasukkan ke dalam wadah uji dan dipadatkan menggunakan batang pemadat atau meja getar. Permukaan mortar diratakan dan disisakan 10 mm dari bibir wadah.

3. Pengondisian

Benda uji disimpan pada suhu 20–25 °C dan ditutup kain lembab atau plastik untuk mencegah penguapan.

4. Pengujian Penetrasi

- a) Air yang keluar dari permukaan mortar dibuang menggunakan pipet.

- b) Jarum penetrasi dipasang pada alat pembebanan dan ditekan secara perlahan hingga mencapai kedalaman 25 mm $\pm$ 2 mm dalam waktu $\pm$ 10 detik.
- c) Gaya tekan yang dibutuhkan dicatat dan dihitung ketahanan penetrasinya (MPa).
- d) Uji dilakukan setiap 30–60 menit hingga nilai ketahanan lebih dari 27,6 MPa (4000 psi).
- e) Pengujian dilakukan pada titik yang berbeda untuk menghindari gangguan.

5. Pembuatan Grafik

Grafik ketahanan penetrasi vs waktu dibuat untuk menentukan:

- a) Waktu pengikatan awal: saat ketahanan mencapai 3,5 MPa (500 psi)
- b) Waktu pengikatan akhir: saat ketahanan mencapai 27,6 MPa (4000 psi)

3.13.3. Perhitungan

Ketahanan penetrasi dihitung dari:

$$\text{Ketahanan penetrasi (MPa)} = \frac{\text{Gaya Tekan (N)}}{\text{Luas Jarum (mm}^2\text{)}}$$

Selanjutnya, grafik atau regresi log digunakan untuk mendapatkan waktu pengikatan awal dan akhir.

3.14 Perawatan (*Curing*) Pada Benda Uji

Pedoman dalam SNI 2493:2011 menjadi landasan prosedur *curing* yang diterapkan pada benda uji dalam penelitian ini. Benda uji direndam dalam bak perendaman berisi air selama prosedur ini dan tanpa perendaman (disiram), benda uji direndam dan tanpa di rendam (disiram) pagi dan sore setelah mencapai (28 hari).

3.14.1. Perawatan (*Curing*) Pada Benda Uji Rendaman

Proses perendaman benda uji ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji benar-benar kering.

3. Air bersih dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan ditambahkan ke dalam bak perendaman.
4. Tempatkan benda uji dengan hati-hati ke dalam bak perendaman.
5. Setelah direndam selama 27 hari, keluarkan benda uji pada hari ke 28.
6. Benda uji harus ditimbang setelah kering.

3.14.2. Perawatan (*Curing*) Pada Benda Uji Tanpa Rendaman (Disiram)

Proses tanpa perendaman benda uji ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji benar-benar kering.
3. Air bersih dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan disiramkan ke benda uji wajib dilakukan minimal 2x sehari yaitu pagi dan sore.
4. Tempatkan benda uji dengan hati-hati ke bak tempat bak penyimpanan.
5. Setelah rutin melakukan perawatan dengan cara di siram pagi dan sore selama 27 hari, keluarkan benda uji pada hari ke 28.
6. Benda uji harus ditimbang setelah kering.

3.14 Pengujian Kuat Tekan

SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang. Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan.

Letakkan landasan tekan datar bagian bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas pada meja atau bidang datar mesin uji secara langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas, landasan tekan bawah dan permukaan benda uji kemudian letakkan benda uji pada landasan tekan bawah.

1. Lakukan verifikasi nilai nol dan dudukan landasan sebelum pengujian, pastikan penunjuk beban sudah menunjukkan nol. Dalam hal penunjuk tidak sempurna menunjukkan nol, atur penunjuk. Pada saat landasan atas yang didudukan pada setengah bola diturunkan untuk membebani benda uji, putar bagian yang dapat bergerak perlahan-lahan dengan tangan sehingga dudukan yang rata tercapai.
2. Teknik yang digunakan untuk melakukan verifikasi dan mengatur penunjuk beban nol akan beragam tergantung pada pembuat mesin. Pelajari manual atau alat kalibrasi mesin tekan untuk mendapatkan teknik yang benar.

Lakukan pembebanan secara terus menerus dan tanpa kejutan:

1. Untuk mesin penguji tipe ulir, kepala mesin tekan yang bergerak harus bergerak pada kecepatan mendekati 1,3 mm/menit, pada saat mesin bergerak tanpa beban. Untuk mesin yang digerakan secara hidrolis, beban harus diberikan pada kecepatan gerak yang sesuai dengan kecepatan pembebanan pada benda uji dalam rentang 0,15 Mpa/detik sampai dengan 0,35 Mpa/detik. Kecepatan gerak yang ditentukan harus dijaga minimal selama setengah pembebanan terakhir dari fase pembebanan yang diharapkan dari siklus pengujian.
2. Selama periode $\frac{1}{2}$ (setengah) pertama dari 1 (satu) fase pembebanan yang diharapkan, pembebanan yang lebih cepat diperbolehkan.
3. Jangan membuat perubahan pada kecepatan gerak dari dasar mendarat kapanpun saat benda uji kehilangan kekakuan secara cepat sesaat sebelum hancur.

Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual benda uji beton, untuk rumus kenaikan dalam Mpa dan persen :

Kenaikan Mpa : $F_{akhir} - F_{awal}$

$$\text{Kenaikan (\%)} = \left(\frac{f_{Akhir} - f_{awal}}{f_{awal}} \right) \times 100$$

F_{awal} = Kekuatan beton awal (tanpa PCE)

Fakhir = kekuatan beton setelah pakai PCE

Untuk Rumus konversi Kn Ke Mpa

$$\text{Mpa} = \frac{\text{Gaya (kN)} \times 100}{\text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}}$$

Untuk Rumus penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 75^2 = 3,14 \times 6,625 = 17.662,5$$

BAB 4

HASIL PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Lab Politeknik Negeri Medan. Secara umum mutu pasir Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.2.1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan agregat halus berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada 4.1 .

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Analisis Agregat Halus

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif(%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
Mm(inci)	Gram (a)	Gram (b)			
76.2 mm (3 inci)					
63.5 mm (2 1/2 inci)					
50.8 mm (2 inci)					

Tabel 4. 1 <i>Lanjutan</i>					
36.1 mm (1 1/2 inci)					
25.4 mm (1 inci)					
19.1 mm (3/4 inci)					
12.7 mm (1/2 inci)					
9.52 mm (3/8 inci)			0	100	
4.75 mm (No. 4)	7.9	7.9	1.58	98.42	
2.36 mm (No. 8)	13.6	21.5	4.3	95.7	
1.18 mm (No. 16)	157.5	179	35.8	64.2	
0.6 mm (No. 30)	219.4	398.4	79.68	20.32	
0.3 mm (No. 50)	74.4	472.8	94.56	5.44	
0.15 mm (No. 100)	20.4	493.2	98.64	1.36	
0.075 mm (No. 200)	0	493.2	98.64	1.36	
Pan	5.0	498.2	99.64	0.36	
Modulus Kehalusan :	315			3.15	

Berdasarkan tabel diatas maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{315}{100} = 3.15
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil Modulus Kehalusan sebesar 3.15%. Nilai ini sudah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan yaitu 1,5% – 3,8%.

4.2.2. Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

	Benda Uji 1	Benda Uji 2
Massa wadah + benda uji	5326.1	5326.1
Massa wadah	326.1	362.1
Massa benda uji (W1)	5000	5000

Massa wadah + benda uji	5289.1	5276.1
Massa wadah	326.1	326.1
Massa benda uji Kering Oven (W2)	4936	4950

Kadar air total (P) $\frac{W1-W2}{W2} \times 100\%$	0.7	1.0
Kadar air total (P) rata-rata	0.88%	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0.7% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 1.0 %. Maka hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 0.88%.dan dua hasil pengujian yang dilakukan terhadap contoh uji yang sama, satu sama lain tidak boleh berbeda lebih dari 0,79% (menurut SNI1971:2011).

4.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1970-2008). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
Berat benda uji kering oven	A	481	483	Gram
Berat piknometer yang berisi air	B	550	541	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan	C	859	851	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$\frac{A}{B + S - C}$	2.52	2.54	2.53
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{S}{B + S - C}$	2.62	2.63	2.62
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{B + A - C}$	3.80	2.79	2.79
Penyerapan air (Aw)	$\left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100$	4.04	3.46	3.75

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 2,62 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 2,63 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 2,62 gr/cm³. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 4,04% sedangkan pengujian kedua sebesar 3,46%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 3.75%.

4.2.4. Berat Isi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 1973:2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Berat Isi Agregat Halus

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6028.5	3686.9	6442.8	Gram
Berat wadah	2	219.8	219.8	219.8	Gram
Volume wadah	3	2649.37	2649.37	2949.37	Cm3

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	5808.7	6167.1	6223.0	Gram
Berat isi	4/3	2.19	2.33	2.35	Gram/cm 3
Rata-rata berat isi	2.29			Gram/cm3	
	2289.70			Kg/m3	

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 2,19 gr/cm³, cara rojok sebesar 2,33 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 2.35 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 2.29 gr/cm³.

4.2.5. Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 03-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat halus lolos saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	826.1	2468	Gram
Berat wadah	W2	326.1	326.1	Gram
Berat contoh kering + wadah	W3	815.7	2421	Gram

Tabel 4. 5 *Lanjutan*

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	500	2141.9	1320.95
Berat kering contoh setelah di cuci (W5)	W4-W2	4896	2094.9	1292.25
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	10.4	47	28.70
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W6-W3}{A} \times 100\%$	2.08	2.19	2.14

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 2,08% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 2,19%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 2,14%..

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari distributor Laboratorium Politeknik Negeri Medan. Secara umum mutu batu pecah sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.3.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian analisa saringan agregat kasar berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif(%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
Mm(inci)	Gram (a)	Gram (b)			
76.2 mm (3 inci)					
63.5 mm (2 1/2 inci)					
50.8 mm (2 inci)					
36.1 mm (1 1/2 inci)			0	100	
25.4 mm (1 inci)	166.4	166.4	3.3	100.0	
19.1 mm (3/4 inci)	3096.0	3262.4	65.2	34.8	
12.7 mm (1/2 inci)	1665.4	4927.8	98.6	1.4	
9.52 mm (3/8 inci)	41.9	4969.7	99.4	0.6	
4.75 mm (No. 4)	20.7	4990.4	99.8	0.2	
2.36 mm (No. 8)			100.0	0	
1.18 mm (No. 16)			100.0	0	
0.6 mm (No. 30)			100.0	0	
0.3 mm (No. 50)			100.0	0	
0.15 mm (No. 100)			100.0	0	
0.075 mm (No. 200)			100.0	0	
Pan	7.3	4997.7	100.0	0	
Modulus Kehalusan :	886			8.66	

Berdasarkan tabel diatas maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{866}{100} \\
 &= 8.66
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil Modulus Kehalusan sebesar 8.66%. Nilai ini sudah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

4.3.2. Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.7 .

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

	Benda Uji 1	Benda Uji 2
Massa wadah + benda uji	1326.1	1326.1
Massa wadah	326.1	362.1
Massa benda uji (W1)	10000	10000

Massa wadah + benda uji	10313	10305
Massa wadah	326.1	326.1
Massa benda uji Kering Oven (W2)	9987	9979

Kadar air total (P) $\frac{W1-W2}{W2} \times 100\%$	0.1	0.2
Kadar air total (P) rata-rata	0.17%	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0.1% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 0.2 %. Maka hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 0.31%. dan dua hasil pengujian yang dilakukan terhadap contoh uji yang sama, satu sama lain tidak boleh berbeda lebih dari 0,79% (menurut SNI1971:2011).

4.3.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1970-2008). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	1018	1015	Gram
Berat benda uji Kering permukaan di udara	B	1022	1017	Gram
Berat benda uji di dalam air	C	646.2	620.6	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	A	2.70	2.56	2.63
	B-C			
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	B	2.72	2.56	2.64
	B-C			
Berat jenis semu (Sa)	A	2.74	2.57	2.66
	A-C			
Penyerapan air (Sw)	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$	0.45	0.22	0.33

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 2,72 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 2,56 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 2,64 gr/cm³. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 0,45% sedangkan pengujian kedua sebesar 0.23%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 0,33%.

4.3.4. Berat Isi Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 1973:2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Berat Isi Agregat Halus

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	14251	14788	15261	Gram
Berat wadah	2	475.7	475.7	475.7	Gram
Volume wadah	3	7072.39	7072.39	7072.39	Cm3

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyan g	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	13775	14312	14785	Gram
Berat isi	4/3	1.95	2.02	2.09	Gram/cm3
Rata-rata berat isi	2.02				Gram/cm3
	2020.67				Kg/m3

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,95 gr/cm3, cara rojok sebesar 2,02 gr/cm3, dan cara goyang sebesar 2,09 gr/cm3. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 2.02 gr/cm3.

4.3.5. Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 03-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat halus lolos saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	1341.3	2997	Gram
Berat wadah	W2	326.1	326.1	Gram
Berat contoh kering + wadah	W3	1331.4	2982	Gram

Tabel 4.10 *Lanjutan*

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	1015.2	2670.9	1843.05
Berat kering contoh setelah di cuci (W5)	W4-W2	1005.3	2655.9	1830.60
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	9.9	15	12.45
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W6-W3}{A} \times 100\%$	0.98	0.56	0.77

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0,98% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 0.59%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 0,77.

4.4 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Setelah pengujian agregat halus dan kasar selesai dilakukan, selanjutnya penulis akan menggunakan data-data tersebut untuk perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656:2012. Adapun data-data yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Data Yang Digunakan

Data pengujian	Nilai
Mutu beton rencana	32 MPa
Faktor Air Semen (FAS Bebas)	0.45
Faktor Air-Semen Maksimum	0.60
Faktor Air Semen Yang Disesuaikan	414.68 kg/m ³
BJ Agregat Gabungan (SSD)	2.64
Kadar Agregat Gabungan	1,796.32 kg/m ³
Kadar Agregat Halus	934.08 kg/m ³
Kadar Agregat Kasar	862.23 kg/m ³

Banyaknya masing-masing bahan per m³ beton dihitung sebagai berikut:

1. Slump yang disyaratkan 60 mm sampai dengan 100 mm.
2. Agregat yang digunakan memiliki ukuran maksimum 40 mm.
3. Beton yang dibuat adalah beton tanpa tambahan udara, karena beton tidak akan terkena pemaparan tingkat berat. Dari tabel 4.12, banyaknya air pencampuran untuk beton tanpa tambahan udara dengan slump 60 mm sampai dengan 100 mm dan besar butir agregat maksimum yang dipakai 40 mm adalah 205 kg/m³.

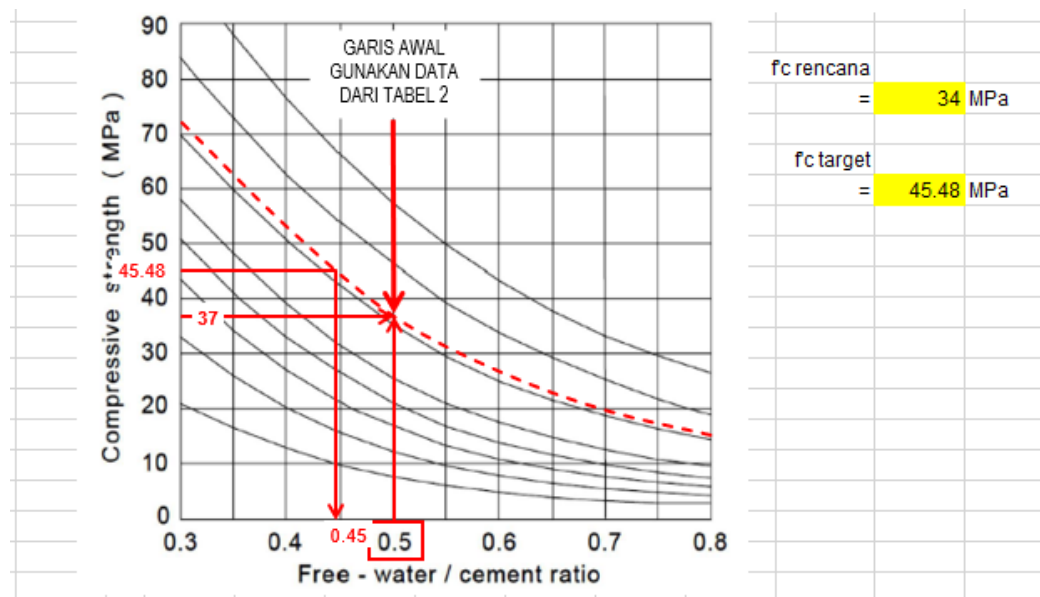
Tabel 4. 12 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

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

4. Rasio air-semen untuk beton berkekuatan 32 Mpa adalah 0,51 berdasarkan tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hubungan antara Rasio Air-Semen (W/C) atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen $\{W/(C+P)\}$ dan Kekuatan Beton

Kekuatan beton Umur 28 hari, Mpa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan Udara	Beton dengan tambahan Udara
40	0.42	-
35	0.47	0.39
32	0.51	0.42
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

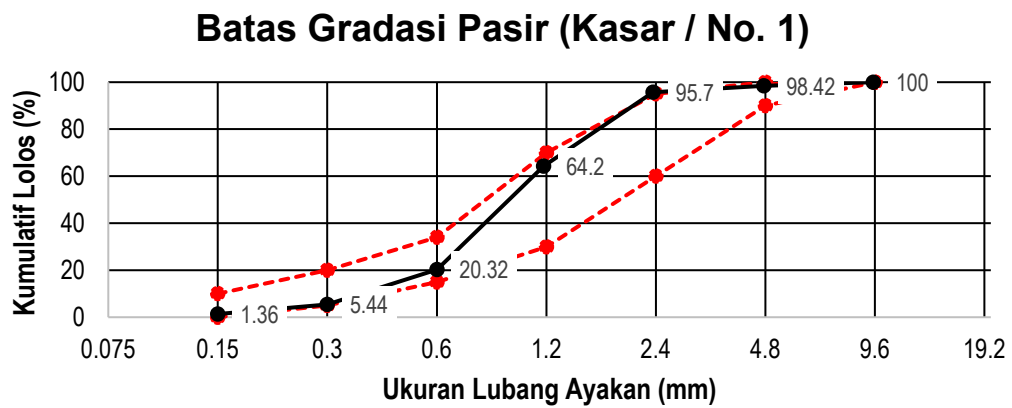


Gambar 4. 1: Rasio Air Semen

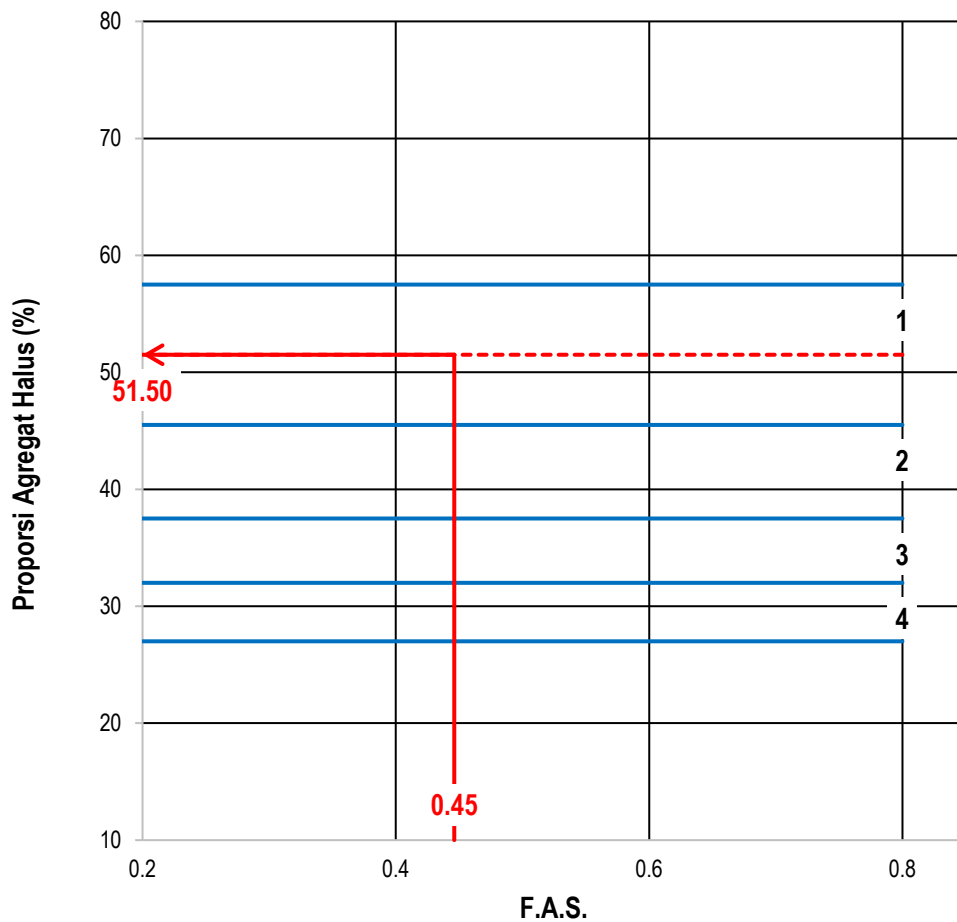
Tabel 4. 14 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum (kg/m ³ beton)	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 korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat Tabel 5	Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. Air tawar	Lihat Tabel 5	Lihat Tabel 5
b. Air laut	Lihat Tabel 6	Lihat Tabel 6

5. Dari data yang diperoleh banyaknya fakto air semen bebasnya adalah 0.45 dan faktor air semen maksimumnya adalah 0.60 , banyaknya kadar semennya 414.68 kg/m³. Untuk kadar semen minimum 325.00 kg/m³ dan seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka nilai minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan
6. Penentuan zona untuk agregat halus berdasarkan grafik pada gambar 4.2 dan 4.3 yaitu berada di Zona 1 dengan jenis pasir **Kasar** dan agregat kasar dengan ukuran maksimum 40 mm.

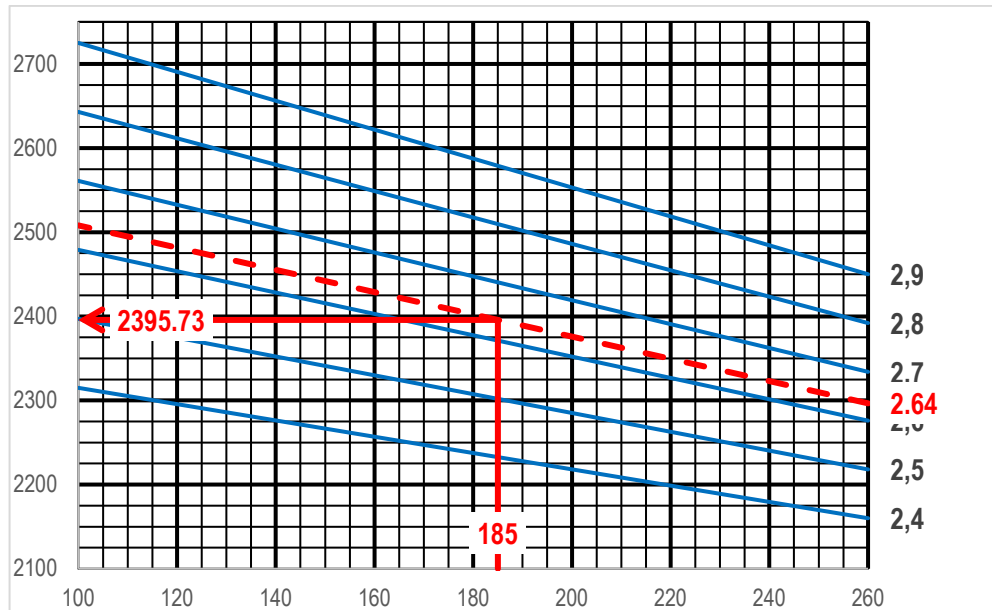


Gambar 4. 2: Hasil analisis saringan pasir



Gambar 4. 3: Persen Agregat Halus

7. Berdasarkan dari gambar 4.4, berat isi beton basah yang dibuat dengan agregat berukuran maksimum 40 mm, diperkirakan sebesar 22.396 kg/m³.



Gambar 4. 4: Grafik Exel dari berat isi beton

Berat jenis beton diperoleh dari Grafik 16 pada gambar 4.4 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,64 Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 185 kg/m³), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Berat isi beton diperoleh angka 2,395.73 kg/m³ $\approx$ 2,396 kg/m³.

4.5 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton, maka kebutuhan bahan untuk benda uji silinder sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi silinder} &= 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m} \\
 \text{Diameter silinder} &= 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m} \\
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= 22/7 \times (0,15/2)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan pada setiap variasi dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini untuk 6 benda uji.

Tabel 4. 15 Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran

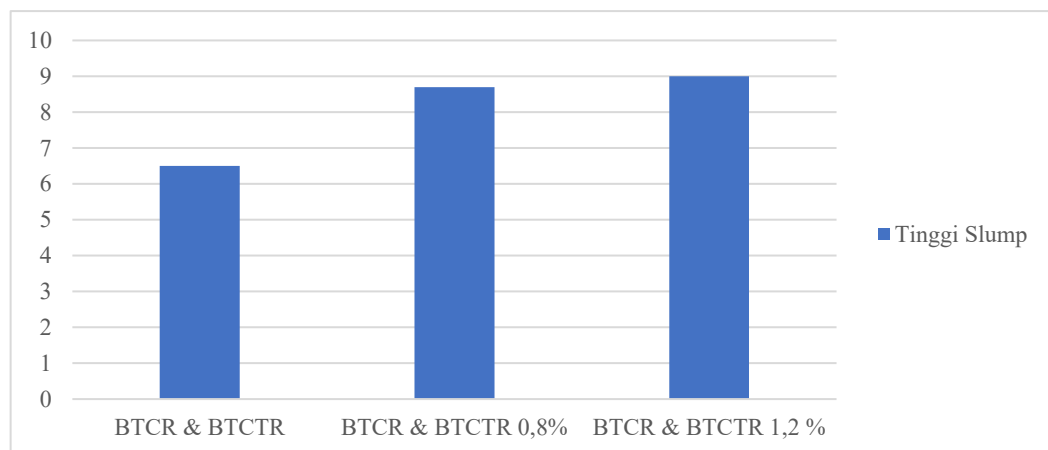
No	Kode Benda Ujia	Semen+ <i>Superplasticizer Additive</i>		Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)
		Semen (Kg)	<i>Superplasticizer Additive</i> (Liter)			
1	BTCR	100% 15,835	-	100 % 35,0445	100 % 32,117	100% 8,5018
2	BTCTR	100% 15,835	-	100 % 35,0445	100 % 32,117	100% 8,50181
3	BTCRS 0,8%	100% 15,835	0,8 % 0,1267	100 % 35,0445	100 % 32,117	80% 6.80144
4	BTCTR 0,8%	100% 15,835	0,8 % 0,1267	100 % 35,0445	100 % 32,117	80% 6.80144
5	BTCRS 1,2 %	100% 15,835	1.2 % 0.19	100 % 35,0445	100 % 32,117	80% 6.80144
6	BTCTRS 1,2%	100% 15,835	1.2 % 0.19	100 % 35,0445	100 % 32,117	80% 6.80144
Total		95,010	0,6334	210,267	192,702	44,20938

4.6 Slump Test

Slump test dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan/rojukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4. 16 Nilai *Slump Test*

Jenis Beton	Nilai Slump (mm)	Rata-rata (mm)
BTCCR BTCTR	Rendah = 7,5	6,5
	Sedang = 6,7	
	Tinggi = 5,5	
BTCCR 0,8 % BTCTR 0,8 %	Rendah = 9,8	8,7
	Sedang = 9,1	
	Tinggi = 7,3	
BTCCR 1,2 % BTCTR 1.2 %	Rendah = 10,1	9,0
	Sedang = 9,5	
	Tinggi = 7,5	



Gambar 4. 5: Grafik *Slump Test*

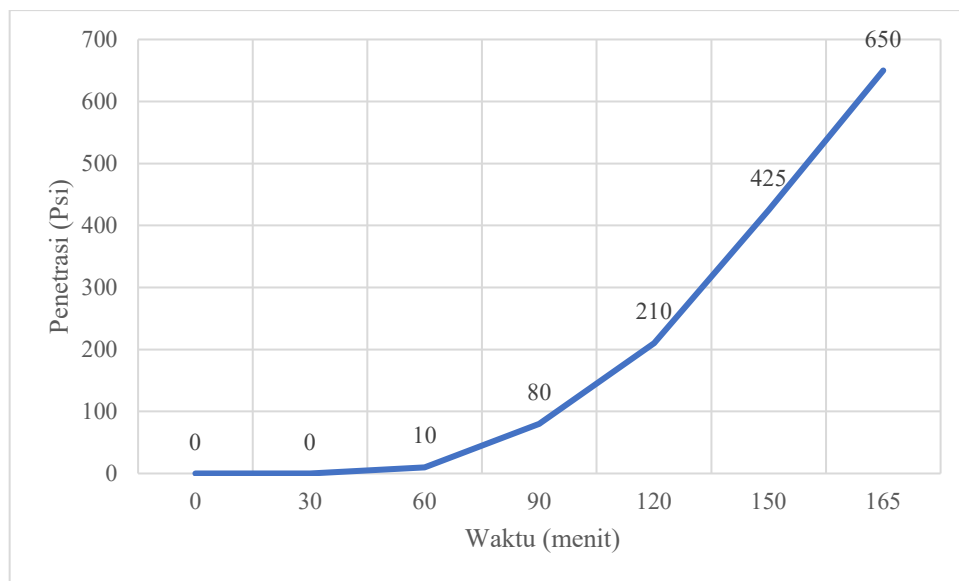
Pada hasil nilai slump didapatkan nilai slump rata – rata untuk BTCCR & BTCTR adalah sebesar 65 mm, pada BTCCR & BTCTR 0,8% adalah 8,7 mm, pada BTCCR & BTCTR 1,2 % adalah 9,0 mm

4.7 Waktu Ikat

Sebelum melakukan pengujian penetrasi, air yang keluar dari permukaan benda uji mortar dibuang dengan menggunakan pipet atau alat lain yang sesuai. Untuk memudahkan mengumpulkan air yang keluar, miringkan benda uji dengan hati-hati dengan kemiringan sudut sekitar 10° dari arah horizontal dengan menempatkan penahan di bawah wadah tersebut pada salah satu sisi, 2 menit sebelum proses pembuangan air dilakukan. Pasang jarum yang ukurannya sesuai, tergantung dari tingkat pengikatan mortar, pada peralatan ketahanan penetrasi sehingga permukaan tekan jarum menyentuh permukaan mortar. Secara bertahap dan seragam beri gaya vertikal ke bawah pada alat tersebut sampai jarum menembus mortar dengan kedalaman $25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ seperti yang telah ditunjukkan pada tanda (lihat Catatan 4). Waktu yang dibutuhkan untuk menembus kedalaman penetrasi 25 mm harus sekitar $10 \text{ detik} \pm 2 \text{ detik}$. Catat gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan penetrasi sebesar 25 mm dan catat waktu yang diperlukan, diukur sebagai waktu total setelah kontak pertama antara semen dan air. Hitung ketahanan penetrasi dengan membagi gaya yang telah di catat dengan luas bidang kontak dari jarum yang digunakan, kemudian catat ketahanan penetrasinya. Dalam pengujian penetrasi berikutnya harus dijaga untuk menghindari permukaan mortar yang telah terganggu oleh pengujian penetrasi sebelumnya. Jarak bersih antara lokasi pengujian jarum ke lokasi pengujian berikutnya minimal 2 kali diameter jarum yang sedang digunakan, tetapi tidak boleh kurang dari 15 mm. Jarak bersih antara jarum dengan bagian sisi dari wadah yang digunakan paling sedikit harus 25 mm tetapi tidak lebih dari 50 mm.

Tabel 4. 17 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32

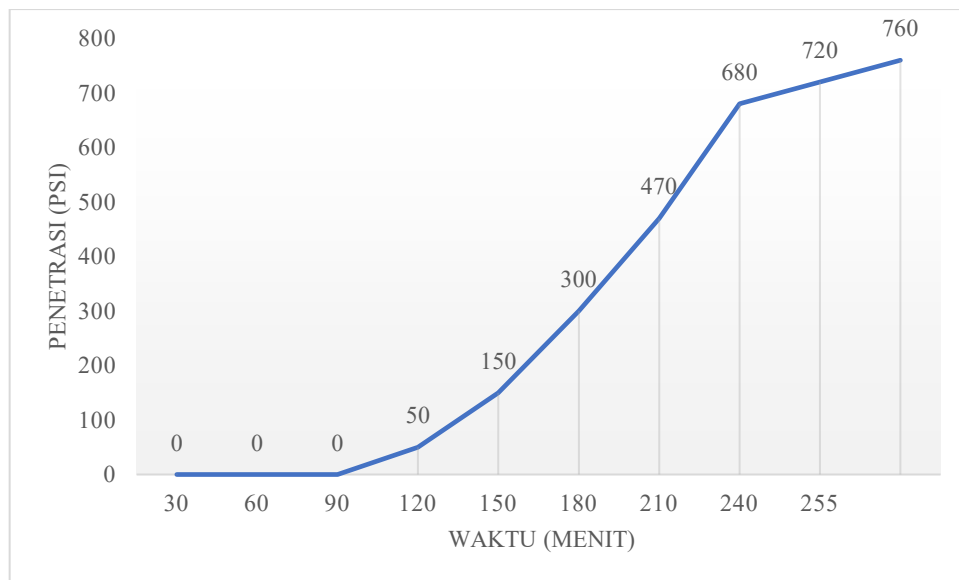
Kegiatan	Jam	Total Waktu	Penetrasi (Psi)
Pencampuran Air Dengan Semen	14.34	0	
Penetrasi 1	15.04	30	0
Penetrasi 2	15.34	60	10
Penetrasi 3	16.04	90	80
Penetrasi 4	16.34	120	210
Penetrasi 5	17.04	150	425
Penetrasi 6	17.19	165	650



Gambar 4. 6: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32

Tabel 4. 18 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32 Additive 0,8%

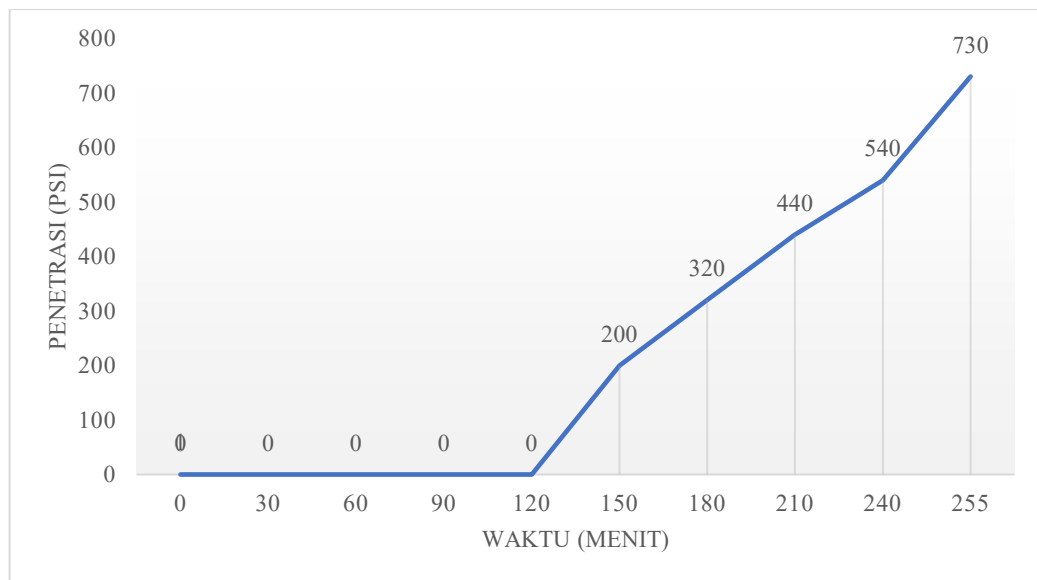
Kegiatan	Jam	Total Waktu	Penetrasi (Psi)
Pencampuran Air Dengan Semen	16.39	0	
Penetrasi 1	17.09	30	0
Penetrasi 2	17.39	60	0
Penetrasi 3	18.09	90	50
Penetrasi 4	18.39	120	150
Penetrasi 5	19.09	150	300
Penetrasi 6	19.39	180	470
Penetrasi 7	20.09	210	680
Penetrasi 8	20.39	240	720
Penetrasi 9	20.54	255	750



Gambar 4. 7: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32 Additive 0.8%

Tabel 4. 19 Pengujian Waktu Pengikatan Beton Segar (Penetrasi) Fc32 Additive 1,2%

Kegiatan	Jam	Total Waktu	Penetrasi (Psi)
Pencampuran Air Dengan Semen	17.29	0	
Penetrasi 1	17.59	30	0
Penetrasi 2	18.29	60	0
Penetrasi 3	18.59	90	0
Penetrasi 4	19.29	120	0
Penetrasi 5	19.59	150	200
Penetrasi 6	20.29	180	320
Penetrasi 7	20.59	210	440
Penetrasi 8	21.29	240	540
Penetrasi 9	21.44	255	730



Gambar 4. 8: Grafik Waktu Pengikatan Beton Fc 32 Additive 1.2%

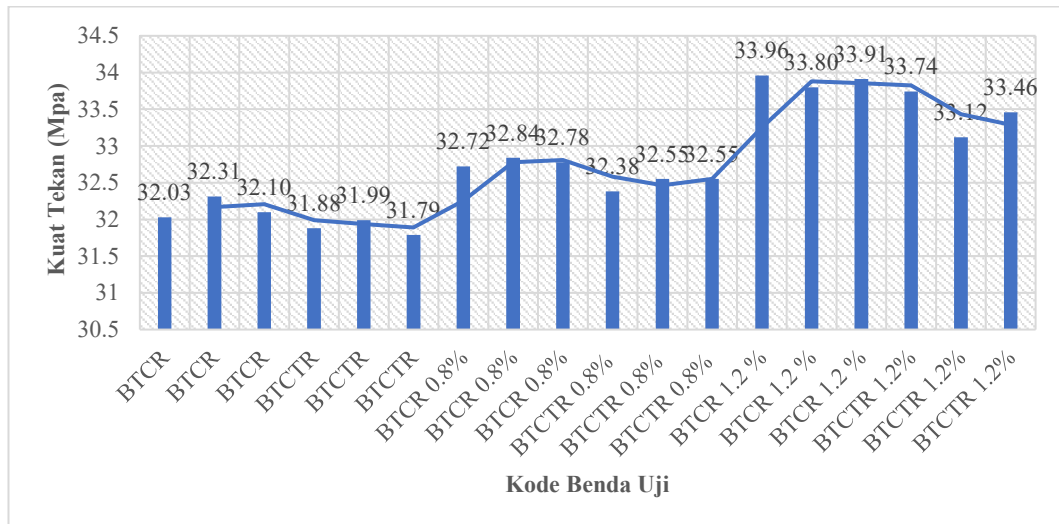
4.8 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari dengan memberikan kuat tekan menggunakan Mesin Compression test terhadap benda uji silinder nmendapatkan hasil yaitu sebesar.

Tabel 4. 20 Nilai Kuat Tekan

No	Nama Benda Uji	Umur	Ukuran Benda Uji		Beban (P) (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (KN & Mpa)
			Diamter	Tinggi			
1	BTCTR	28	150	300	566	32,03	567 & 32,10
2	BTCTR	28	150	300	569	32,21	
3	BTCTR	28	150	300	567	32,10	
4	BTCTR	28	150	300	563	31,88	563 & 31,88
5	BTCTR	28	150	300	565	31,99	
6	BTCTR	28	150	300	561	31,76	
7	BTCTR 0,8%	28	150	300	578	32,72	579 & 32,78
8	BTCTR 0,8%	28	150	300	580	32,84	
9	BTCTR 0,8%	28	150	300	579	32,78	
10	BTCTR 0,8 %	28	150	300	572	32,38	574 & 32,50
11	BTCTR 0,8 %	28	150	300	575	32,55	
12	BTCTR 0,8 %	28	150	300	575	32,55	
13	BTCTR 1,2%	28	150	300	598	33,86	598 & 33,86
14	BTCTR 1,2%	28	150	300	597	33,80	
15	BTCTR 1,2%	28	150	300	599	33,91	
16	BTCTR 1,2 %	28	150	300	596	33,74	590

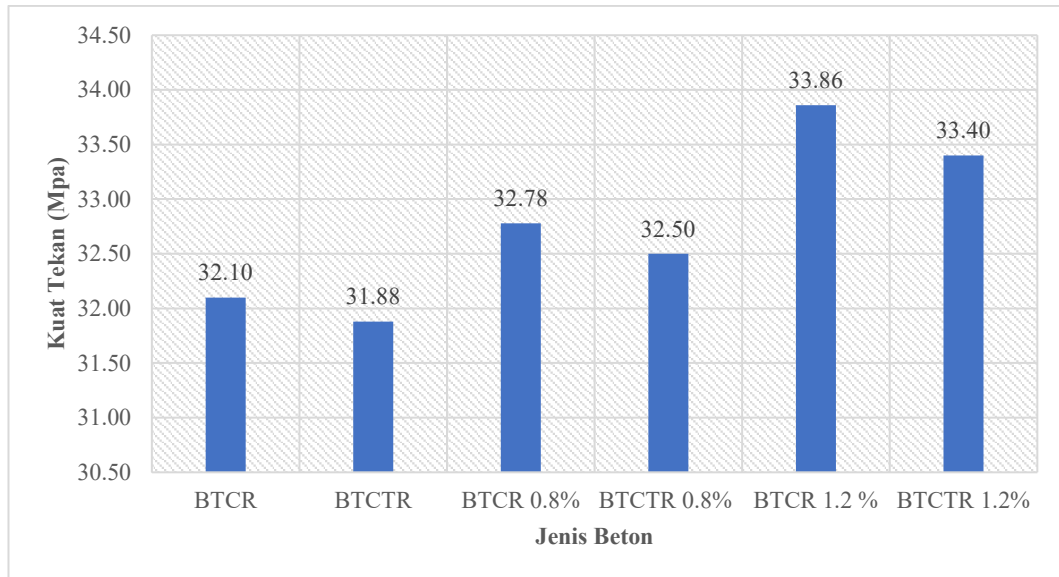
17	BTCTR 1,2 %	28	150	300	585	33,12	& 33,40
18	BTCTR 1,2 %	28	150	300	591	33,46	



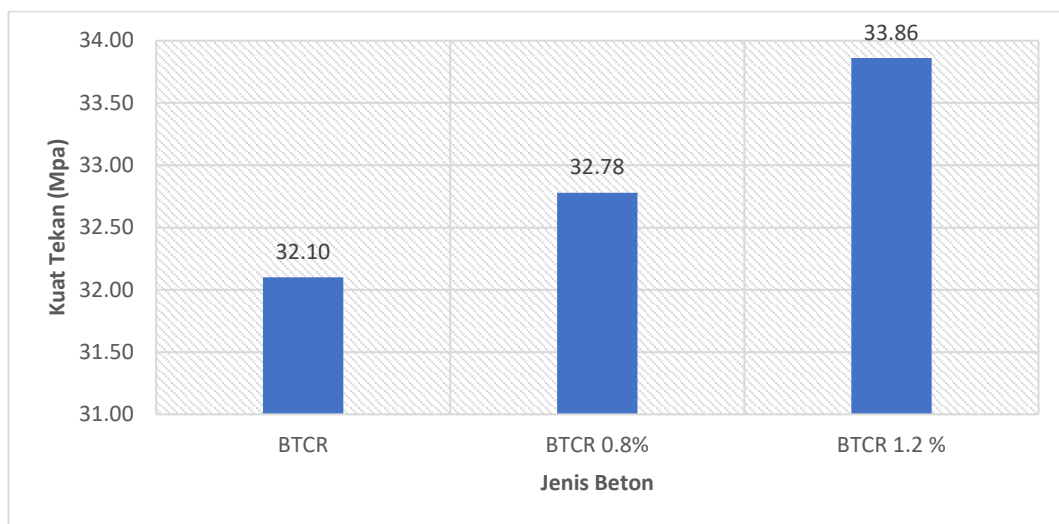
Gambar 4. 9: Grafik Kuat Tekan Beton

Berdasarkan tabel diatas didapatkan hasil pada variasi BTCT, BTCT, BTCT 0,8%, BTCT 0,8%, BTCT 1,2%, dan BTCT 1,2 % terjadi kenaikan nilai kuat tekan rata dibandingkan Beton Normal. Hal ini dikarenakan penambahan *additive Superplasticizer (PCE)* sebanyak 0,8% dan 1,2% disetiap variasi. Pada variasi BTCT, BTCT 0,8%, BTCT 1,2% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 32,10, 32,78, dan 33,40. Maka perbandingan nilai kuat tekan rata-rata dengan beton normal BTCT pada BTCT 0,8% mengalami kenaikan sebesar **0,68 MPa** yaitu **2,12%**, BTCT 1,2% mengalami kenaikan sebesar **1,76 MPa** yaitu **5,48%**, kemudian perbandingan nilai kuat tekan rata-rata dengan beton normal BTCT pada BTCT 0,8% mengalami kenaikan sebesar **0,62 MPa** yaitu **1,94 %**, BTCT 1,2% mengalami kenaikan sebesar **1,52 MPa** yaitu **4,77%**, Nilai kuat tekan tertinggi didapati pada variasi BTCT 1,2% pengujian ke 3 dan nilai kuat tekan terendah bisa dilihat pada variasi BTCT pengujian ke 3.

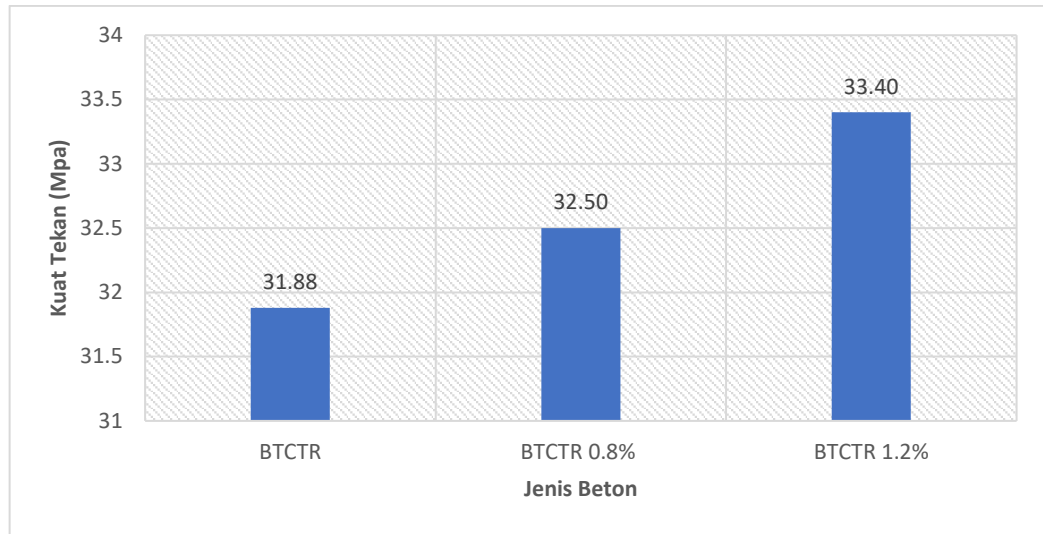
Dari data yang diperoleh pada tabel diatas, didapatkan nilai kuat tekan dan nilai kuat tekan rata-rata dalam bentuk diagram seperti dibawah ini :



Gambar 4. 10: Kuat Tekan Rata Rata Beton



Gambar 4. 11: Kuat Tekan Rata Rata BTCCR



Gambar 4. 12: Kuat Tekan Rata Rata BTCTR

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data kuat tekan beton umur 28 hari dengan campuran Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE) menggunakan dua metode curing yang berbeda, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Superplasticizer PCE berpengaruh positif terhadap peningkatan kuat tekan beton mutu Fc-32 pada umur 28 hari. Beton dengan campuran PCE menunjukkan hasil kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa bahan tambah, sehingga membuktikan bahwa PCE efektif dalam meningkatkan mutu beton.
2. Metode curing memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil kuat tekan beton. Beton yang dirawat dengan metode curing rendam menunjukkan hasil kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan metode curing siram.
3. Metode curing rendam merupakan metode paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton dengan campuran PCE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton dengan curing rendam mampu melebihi mutu rencana Fc-32, sedangkan curing siram masih berada di bawahnya namun tetap memenuhi syarat kekuatan minimum.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut :

1. Penggunaan Superplasticizer Polycarboxylate Ether (PCE) direkomendasikan pada pembuatan beton mutu Fc-32 karena terbukti dapat meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

2. Metode curing rendam sebaiknya digunakan pada pekerjaan beton struktural karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan metode curing siram.
3. Jika metode curing rendam tidak dapat diterapkan di lapangan karena keterbatasan teknis atau biaya, maka metode curing siram masih dapat digunakan dengan catatan dilakukan secara teratur dan merata selama proses perawatan berlangsung.
4. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan variasi dosis PCE guna mengetahui dosis paling efisien dan optimal untuk mencapai kuat tekan beton maksimum.
5. Disarankan agar dilakukan studi lebih lanjut mengenai efektivitas metode curing dalam kondisi lapangan yang tidak ideal, seperti area dengan suhu tinggi, curah hujan tinggi, atau akses air terbatas, untuk melihat konsistensi hasil kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Cppola, L., Garlati, S., & Kara, P. (2017). Performance and Compatibility of Phosphonate-Based Superplasticizers for Concrete. *Buildings, Volume 7, Nomor 3*, 62.
- Faqihuddin, A., Hermansyah, & Kurniati, E. (2021). Tinjauan Campuran Beton Normal dengan Penggunaan Superplasticizer sebagai Bahan Pengganti Air Sebesar 0%; 0,3%; 0,5%; dan 0,7% Berdasarkan Berat Semen. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP), Volume 2, Nomor 1*, 34-45.
- Hermawan, O. H. (2018). Pengaruh Perawatan terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil, Volume 16, Nomor 1*, 1–7.
- Kurniati, T., Yuliet, R., Aryanti, R., Hesna, Y., & Tanjung, A. S. (2021). Pengaruh Penambahan Superplasticizer terhadap Kuat Tekan Beton . *Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 17, Nomor 3*, 218-227.
- Lee, T., Lee, J., Jeong, J., & Jeong, J. (2021). Improving Marine Concrete Performance Based on Multiple Criteria Using Early Portland Cement and Chemical Superplasticizer Admixture. *Materials, Volume 14, Nomor 17*, 4903.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2011). *Materials for Civil and Construction Engineer*. New York: Upper Saddle River : Prentice Hall.
- Mulyadi, A., Diawarman, & Ismail, D. (2018). pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-175. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, 68-75.
- Nasional, B. S. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. -: christineaprilia03.
- Noviarti, & Muslimin. (2020). "Analisa Penambahan Zat Adiktif Superplacitizer dan Serat Steel Fiber terhadap Mutu Beton K. 300 dalam 7 Hari". *TEKNIKA: Jurnal Teknik, Volume 7, Nomor 2*, 142–154.

- Passa, & Safitri. (2021). Waktu Pengikat Semen Portland (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat. *Jurnal Ilmu Teknik* , 1-13.
- S.E, L. M., Wallah, & Handono, B. (2019). Pemeriksaan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Beton Serat Kawat Bendrat yang Ditekuk dengan Variasi Sudut Berbeda. *Sipil Statik* , 711–722.
- Siregar, Y., & S., E. G. (2019). Potensi Sumberdaya Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen di Kecamatan Junjung Sirih. *Jurnal Geofisika Eksplorasi* , 1-10.
- Widodo, A., & Basith, M. A. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton. *UNNESJOURNALS* , 115-120.

LAMPIRAN



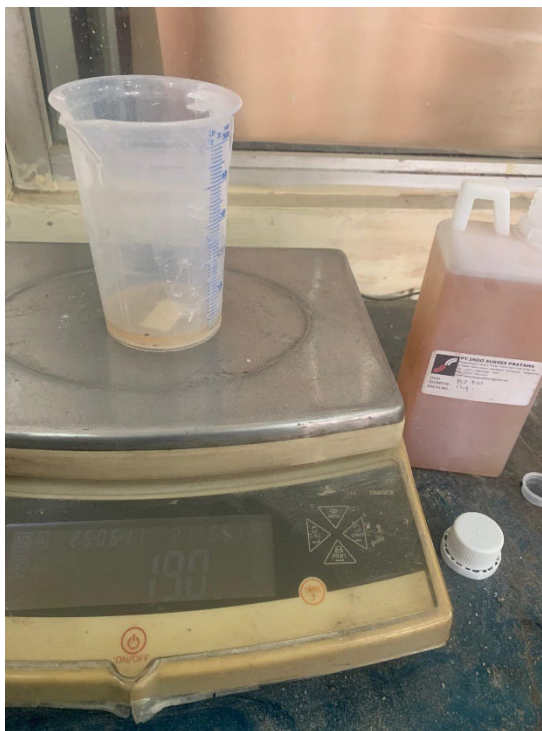
Gambar L. 1: Pengujian Agregat Kasar



Gambar L. 2: Pengujian Agregat Halus



Gambar L. 3: Pan



Gambar L. 4: Additive Yang Digunakan



Gambar L. 5: Proses Pencampuran Bahan



Gambar L. 6: Pengujian *Slump Test*



Gambar L. 7: Beton Segar Setelah Masuk Ke Bekisting



Gambar L. 8: Proses Sample Di Table Vibrator



Gambar L. 9: Penyaringan Beton Segar Untuk Sample Waktu Ikat



Gambar L. 10: Curing Rendaman Beton Segar



Gambar L. 11: Curing Siram Beton Segar



Gambar L. 12: Beton Segar Sebelum Pengujian



Gambar L. 13: Penimbangan Benda Uji



Gambar L. 14: Pengujian Kuat Tekan Sample



Gambar L. 15: Sample Yang Hancur Setelah Pengujian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama	: Ryanizard Indafri Mochamad
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 23 Juli 2002
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Agama	: Islam
Alamat	: Jl Laksana Gg Buku No 02, Medan Area
Nama Ayah	: Ir Yefri
Nama Ibu	: Esa Marlinda ST
No Hp	: 0813-6265-1816
E-Mail	: Ryanizard220602@gmail.com
Sosial Media	: Reyryan23(Ig)

Riwayat Pendidikan

Nomor Pokok Mahasiswa	: 2307210227P
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat	: Jl Kapten Muchtar Basri No 3, Medan, 20238

Pendidikan Formal

Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	SD Swasta Nur Adia	2008-2014
Madrasah Tsanawiyah	Pesantren Darul Arafah Raya	2014-2017
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK Swasta Mandiri	2017-2020
Diploma-III	Politeknik Negeri Medan	2020-2023