

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MUTU BETON
READY MIX**

(Thesis)

YOLA ANDARA PRATAMI SURI

2025011007



PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2023

ABSTRAK

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MUTU BETON READY MIX

YOLA ANDARA PRATAMI SURI

Mahasiswa Magister Teknik Sipil

Universitas Lampung

Batching Plant merupakan tempat pengolahan beton *ready mix*. Beton yang dihasilkan digunakan dalam pembangunan jalan. Melihat dahulu sering terjadi penurunan mutu rencana dan perbedaan mutu antara laboratorium dan lapangan akhirnya melatarbelakangi penelitian. Sehingga tujuan penelitian ialah menganalisis faktor penyebab penurunan mutu. Tujuannya menganalisis terpenuhinya standarisasi SNI material pencampur beton, pengaruh waktu tempuh beton hingga penuangan di lapangan, pengaruh perlakuan sampel laboratorium dan lapangan, pengaruh komposisi beton. Langkah yang digunakan ialah melakukan pengujian material, mengawasi hasil pengolahan *Batching Plant* berupa uji slump dan suhu campuran di laboratorium hingga waktu tuang, mencatat waktu perjalanan dan tuang *Truck Mixer* di lapangan, pembuatan sampel lapangan dan laboratorium setiap produksi, pembuatan sampel khusus dengan komposisi berbeda. Pengujian kuat tekan beton mutu $f_c' 10$ MPa dan kuat tarik lentur beton mutu $F_s' 4,5$ MPa usia 7 dan 28 hari. Kemudian analisis menggunakan *Statistical Quality Control (SQC)*. Hasil yang didapat kuat tekan dan kuat tarik lentur beton baik sampel laboratorium dan lapangan cenderung tidak konstan bahkan berada dibawah nilai batas kendali bawah (LCL). Berdasar hasil uji penyebab penurunan mutu ialah material pencampur pasir dengan kadar lumpur lebih dari 5 %. Hal ini dapat diatasi dengan penambahan dosis *Admixture* , dimana sampel produksi menggunakan *admixture* Naptha E-121 0,9 % dan Naptha RD-31 0,2 % untuk sampel balok dan Naptha E-121 0,3 % serta Naptha RD-31 0,2% untuk silinder. Sedangkan penggunaan pada sampel khusus Naptha E-121 1,2 % dan Naptha RD-31 0,2 % untuk sampel balok, Naptha E-121 0,6 % dan Naptha RD-31 0,2 % untuk sampel silinder .

Kata Kunci : *Beton, Batching Plant, Statistical Quality Control (SQC), Admixture*

ABSTRACT

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF READY MIX CONCRETE

YOLA ANDARA PRATAMI SURI

Master of Civil Engineering Student

University of Lampung

Batching Plant is a place for processing ready mix concrete. The resulting concrete is used in road construction. In the past, there was often a decline in the quality of plans and differences in quality between the laboratory and the field, which ultimately became the background for research. So the aim of the research is to analyze the factors causing quality decline. The aim is to analyze the fulfillment of SNI standards for concrete mixing materials, the influence of concrete travel time to pouring in the field, the influence of laboratory and field sample treatment, the influence of concrete composition. The steps used are carrying out material testing, monitoring the results of Batching Plant processing in the form of slump tests and mixture temperature in the laboratory until the pouring time, recording the travel and pouring time of the Truck Mixer in the field, making field and laboratory samples for each production, making special samples with different compositions. Testing of compressive strength of concrete quality $f_c' 10$ MPa and flexural tensile strength of concrete quality $F_s' 4.5$ MPa aged 7 and 28 days. Then analyze using Statistical Quality Control (SQC). The results obtained for compressive strength and flexural tensile strength of concrete for both laboratory and field samples tend to be inconsistent and even below the lower control limit (LCL) value. Based on the test results, the cause of the quality reduction was the sand mixing material with a mud content of more than 5%. This can be overcome by increasing the dose of Admixture, where production samples use the admixture Naptha E-121 0.9% and Naptha RD-31 0.2% for beam samples and Naptha E-121 0.3% and Naptha RD-31 0, 2% for cylinders. Meanwhile, the use of special samples is 1.2% Naptha E-121 and 0.2% Naptha RD-31 for block samples, 0.6% Naptha E-121 and 0.2% Naptha RD-31 for cylinder samples.

Keywords: Concrete, Batching Plant, Statistical Quality Control (SQC), Admixture

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MUTU BETON
READY MIX**

Oleh:

YOLA ANDARA PRATAMI SURI

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

MAGISTER TEKNIK SIPIL

Pada

Program Pascasarjana Magister Teknik

Fakultas Teknik Universitas Lampung



PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

Judul Tesis : ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG
MEMPENGARUHI MUTU BETON READY
MIX

Nama Mahasiswa : Yola Andara Pratami Suri

No. Pokok Mahasiswa : 2025011007

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,


Ir. Vera A Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197408312000032002


Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D

NIP. 197004301997031003

2. Ketua Program Magister Sipil


Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.

NIP. 19700129 199512 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

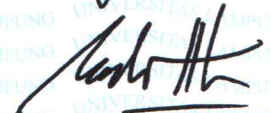
Ketua

: **Ir. Vera A Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D**



Sekretaris

: **Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D**



Penguji

: **Dr.Eng. Mohd. Isneini, S.T.,M.T.**



Bukan Pembimbing

Penguji

: **Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.**

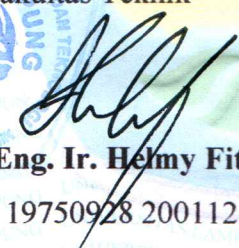


Bukan Pembimbing

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.


NIP. 19750928 200112 1 002



3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi , M.Si.

NIP. 19640326 198902 1 001



Tanggal Lulus Ujian Tesis : 9 Agustus 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul “ **ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MUTU BETON READY MIX** “ adalah karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarime.
2. Hak Intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2023



YOLA ANDARA PRATAMI SURI

NPM. 2025011007

RIWAYAT HIDUP



Penulis (Yola Andara Pratami Suri, S.T.) dilahirkan di Lampung pada tanggal 15 Agustus 1996. Merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Sugeng Riyanto dan Ibu Rini Rosida.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari taman kanak-kanak di kabupaten lampung tengah pada tahun 2001, pada tahun 2003 memasuki sekolah dasar di SD IT Bustanul Ulum Lampung Tengah, Kemudian tahun 2009 melanjutkan jenjang pendidikan di SMPN 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah, dan SMAN 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah pada tahun 2012 dan lulus tahun 2015.

Pendidikan sarjana (S1) pada Perguruan Tinggi Universitas Muhamadiyah Surakarta Jurusan Teknik Sipil Angkatan 2015, lulus pada tahun 2019. Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilamin, puji syukur terucap atas Rahmat dan karunia-nya dan dengan segala Kerendahan Hati meraih meraih Ridho Allah Swt. dan syafaat nabi Muhamad SAW Kupersembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang aku sayangi

Orang Tua

Bapak Sugeng Riyanto dan Ibu Rini Rosida, yang selalu mendukung dan membantu segala hal

Suami

Wahyu Hendra Pata , yang selalu menemani selama proses penyusunan tesis

Dosen Teknik Sipil

Yang selalu membimbing dan, mengajarkan,serta memberikan saran atas segala hal akademis maupun non akademis

Keluarga Besar Magister Teknik Sipil 2020

Yang selalu member semangat dan dukungan selama proses menuntut ilmu

MOTTO

Jangan takut ketika kamu dipandang kecil, tapi terus berusaha bangkit sampai tak ada lagi seorangpun yang menganggap rendah dirimu.

Ketika dirimu dihancurkan, tetap semangat dan ingat jemari orang tuamu yang selalu mendorongmu bangkit, yakinlah karena malam tak selalu tentang gelap.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-nya tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan Tesis ini sangat dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu, ucapan terimakasih disampaikan kepada:

1. Dr. Endro P. Wahono, S.T., M. Sc., selaku ketua program Magister Teknik Sipil Universitas Lampung Sekaligus Penguji II yang telah memberikan masukan dan motivasi dalam penyusunan tesis.
2. Ir. Vera A Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D., selaku pembimbing akademik serta dosen pembimbing I yang telah memberikan ide, saran, dan telah meluangkan waktu dalam penyusunan tesis. Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini.
3. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D., selaku penguji II dan juga pembimbing akademik yang telah memberikan banyak masukan dan saran untuk penyempurnaan tesis.
4. Dr. Eng. Mohd Isneini, S.T., M.T., selaku penguji II dan juga selaku pembimbing akademik yang banyak memberikan saran dan kritik yang membangun dalam tesis.
5. Orang tua dan juga suami yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
6. Teman-teman Magister Teknik Sipil 2020 Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan selama pembelajaran.

Akhir kata penulis menyadari hasil tesis yang masih perlu dilengkapi, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan.

Bandar Lampung, Desember 2023

Yola Andara Pratami Suri

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GRAFIK	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Mutu Beton.....	8
2.2.1 Jumlah Semen Tiap m ³ Beton.....	8
2.2.2 Faktor Air semen.....	8
2.2.3 Waktu Ikat Semen.....	8
2.2.4 Kekerasan Agregat.....	9
2.2.5 Gradasi Agregat.....	9
2.2.6 Kebersihan Agregat.....	9
2.2.7 Cara dan Lama Pengadukan.....	9
2.2.8 Faktor Pemasakan.....	10
2.2.9 Pengaruh Temperature.....	10
2.3 Tahap Evaluasi Mutu Beton.....	11
2.3.1 Pengujian Bahan Campuran beton.....	13
2.3.2 Proses Pengolahan Campuran Beton.....	23

2.3.3 Pembuatan Benda Uji Beton.....	25
2.3.4 Perawatan Beton.....	28
2.3.5 Pengujian Benda Uji Beton.....	29

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan.....	32
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.3 Tahap-Tahap Penelitian.....	34
3.3.1 Pengujian Bahan Campuran Beton.....	34
3.3.2 Pencampuran Material Beton.....	38
3.3.3 Pengujian Slump dan Suhu Campuran Beton.....	38
3.3.4 Pencatatan Waktu Pengecoran Beton.....	39
3.3.5 Pembuatan Sampel Khusus.....	39
3.3.6 Proses Perawatan Beton.....	39
3.3.7 Pengujian Beton.....	40
3.3.8 Pengolahan Data Beton.....	41

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Bahan Campuran Beton.....	42
4.1.1. Agregat Halus.....	42
4.1.2. Agregat Kasar.....	50
4.1.3. Semen.....	56
4.2 Pengolahan Campuran Beton.....	58
4.3. Pengujian Slump dan Suhu Campuran.....	61

4.4. Pembuatan Sampel.....	61
4.5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	61
4.6. Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Beton.....	65
4.7. Analisa Hasil Uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton.....	68
4.8. Pembuatan Sampel Khusus.....	81
4.9. Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Beton Sampel Khusus.....	88
4.10. Pembahasan Hasil Uji dan Analisis Mutu Beton.....	97

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	106
5.2 Saran.....	107

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 2

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Koreksi Beton.....	11
Tabel 2.2 Konstanta Peta Kendali.....	13
Tabel 2.3 Batasan Gradasi Agregat Halus.....	16
Tabel 2.4 Batasan Gradasi Agregat Kasar.....	16
Tabel 2.5 Gradasi Agregat Halus.....	25
Tabel 2.6 Gradasi Agregat Kasar.....	26
Tabel 2.7 Nilai Slump Berbagai Pekerjaan Beton.....	25
Tabel 2.8 Jumlah Lapisan Pembuatan Benda Uji.....	27
Tabel 2.9 Jumlah Penusukkan Benda Uji Silinder.....	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir.....	43
Tabel 4.2 Keterangan Kode Tanggal Uji Pasir Merapi.....	45
Tabel 4.3 Keterangan Kode Tanggal Uji Pasir Gunung Sugih.....	46
Tabel 4.4 Volume Berat Agregat Halus.....	48
Tabel 4.5 Kadar Air Agregat Halus.....	49
Tabel 4.6 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat 10-20 mm.....	50
Tabel 4.7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat 20-30 mm.....	51
Tabel 4.8 Gradasi Agregat 10-20 mm.....	52
Tabel 4.9 Gradasi Agregat 20-30 mm.....	53
Tabel 4.10 Hasil Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	54
Tabel 4.11 Volume Berat Agregat kasar 20-30 mm.....	55

Tabel 4.12 Volume Berat Agregat Kasar 10-20 mm.....	55
Tabel 4.13 Berat Jenis Semen.....	56
Tabel 4.14 Waktu Ikat Semen.....	57
Tabel 4.15 Komposisi Beton Mutu f_s' 4,5 Mpa.....	59
Tabel 4.16 Komposisi Beton Mutu f_c' 10 Mpa.....	60
Tabel 4.17 Keterangan Kode Tanggal Uji Kuat Tekan Beton.....	63
Tabel 4.18 Keterangan Kode Tanggal uji Kuat Tarik Lentur Beton.....	67
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Beton Mutu f_c' 10 Mpa Berdasar X-Chart.....	80
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Beton Mutu f_s' 4,5 Mpa Berdasar X-Chart.....	80
Tabel 4.21 Hasil Uji Material Pencampur Beton.....	81
Tabel 4.22 Gradasi Agregat Halus Sampel Khusus.....	81
Tabel 4.23 Gradasi Agregat 10-20 mm.....	83
Tabel 4.24 Gradasi Agregat 20-30 mm.....	84
Tabel 4.25 Volume Berat Agregat Halus.....	85
Tabel 4.26 Volume Berat Agregat Kasar 10-20 mm.....	85
Tabel 4.27 Volume Berat Agregat Kasar 20-30 mm.....	85
Tabel 4.28 Komposisi Beton Mutu f_c' 10 Mpa.....	86
Tabel 4.29 Komposisi Campuran Beton Mutu f_s' 4,5 Mpa.....	87
Tabel 4.30 Hasil Uji Kuat Tekan Beton f_c' 10 31-Januari-2023.....	91
Tabel 4.31 SQC Beton Mutu f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari.....	92
Tabel 4.32 SQC Beton Mutu f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari.....	92
Tabel 4.33 Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Beton f_s' 4,5 MPa 31-Januari-2023.....	94
Tabel 4.34 SQC Beton Mutu f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari (Sampel Khusus).....	95
Tabel 4.35 SQC Beton Mutu f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari (Sampel Khusus).....	95

Tabel 4.36 Hasil Pengujian Beton Mutu $f_c'10$ Mpa dan Mutu $F_s' 4,5$ MPa Berdasar X-Chart Pada Sampel Khusus.....	97
Tabel 4.37 Nilai Rata-Rata Hasil Uji Sampel Mutu $f_c'10$ Mpa Dibawah Nilai Batas Kendali Bawah.....	98
Tabel 4.38 Nilai Rata-Rata Hasil Uji Sampel Mutu $f_s'4,5$ Mpa Dibawah Nilai Batas Kendali Bawah.....	99
Tabel 4.39 Nilai Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Halus pada Hasil Uji dibawah Nilai Batas Kendali Bawah.....	100
Tabel 4.40 Slump dan Suhu Campuran Beton.....	102
Tabel 4.41 Persentase Perbedaan Hasil Uji Beton.....	104

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kadar Lumpur Pasir Merapi.....	45
Grafik 4.2 Kadar Lumpur Pasir Gunung Sugih.....	46
Grafik 4.3 Gradasi Agregat Halus.....	47
Grafik 4.4 Gradasi Agregat 10-20 mm.....	52
Grafik 4.5 Gradasi Agregat 20-30 mm.....	53
Grafik 4.6 Hasil Kuat Tekan Beton.....	63
Grafik 4.7 Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Beton.....	67
Grafik 4.8 Grafik X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Laboratorium.....	71
Grafik 4.9 Grafik R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Laboratorium.....	71
Grafik 4.10 Grafik X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Laboratorium.....	72
Grafik 4.11 Grafik R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Laboratorium.....	72
Grafik 4.12 Grafik X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Lapangan.....	73
Grafik 4.13 Grafik R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Lapangan.....	73
Grafik 4.14 Grafik X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Lapangan.....	74
Grafik 4.15 Grafik R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Lapangan.....	74

Grafik 4.16 Grafik X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Laboratorium.....	75
Grafik 4.17 Grafik R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Laboratorium.....	75
Grafik 4.18 Grafik X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Laboratorium.....	76
Grafik 4.19 Grafik R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Laboratorium.....	76
Grafik 4.20 Grafik X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Lapangan.....	77
Grafik 4.21 Grafik R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Lapangan.....	77
Grafik 4.22 Grafik X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Lapangan.....	78
Grafik 4.23 Grafik R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Lapangan.....	78
Grafik 4.24 Gradasi Agregat Halus.....	82
Grafik 4.25 Gradasi Agregat Kasar 10-20 mm.....	83
Grafik 4.26 Gradasi Agregat Kasar 20-30 mm.....	84
Grafik 4.27 X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Khusus.....	93
Grafik 4.28 R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 7 Hari Sampel Khusus.....	93
Grafik 4.29 X-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Khusus.....	93
Grafik 4.30 R-Chart Beton f_c' 10 Mpa Usia 28 Hari Sampel Khusus.....	93
Grafik 4.27 X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Khusus.....	96
Grafik 4.28 R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 7 Hari Sampel Khusus.....	96
Grafik 4.29 X-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Khusus.....	96
Grafik 4.30 R-Chart Beton f_s' 4,5 Mpa Usia 28 Hari Sampel Khusus.....	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I

Tabel 1 Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir.....	109
Tabel 2 Tabel Gradasi Agregat Halus.....	113
Tabel 3 Slump dan Suhu Campuran Beton.....	123
Tabel 4 Pembuatan Jumlah Sampel.....	136
Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan Beton $f_c'10$ MPa.....	140
Tabel 6 Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Beton Mutu $F_s' 4,5$ MPa.....	150
Tabel 7.1 SQC Beton Mutu $f_c'10$ MPa Usia 7 Hari (Sampel Laboratorium).....	170
Tabel 7.2 SQC Beton Mutu $f_c'10$ MPa Usia 28 Hari (Sampel Laboratorium).....	172
Tabel 7.3 SQC Beton Mutu $f_c'10$ MPa Usia 7 Hari (Sampel Lapangan).....	173
Tabel 7.4 SQC Beton Mutu $f_c'10$ MPa Usia 28 Hari (Sampel Lapangan).....	174
Tabel 8.1 SQC Beton Mutu $F_s' 4,5$ MPa Usia 7 Hari (Sampel Laboratorium).....	177
Tabel 8.2 SQC Beton Mutu $F_s' 4,5$ MPa Usia 28 Hari (Sampel Laboratorium).....	181
Tabel 8.3 SQC Beton Mutu $F_s' 4,5$ MPa Usia 7 Hari (Sampel Lapangan).....	185
Tabel 8.4 SQC Beton Mutu $F_s' 4,5$ MPa Usia 28 Hari (Sampel Lapangan).....	187

Lampiran 2

Gambar 1 Penimbangan Awal Uji Berat Jenis Pasir.....	192
Gambar 2 Menyaring Agregat Halus Uji Berat Jenis Pasir.....	192
Gambar 3 Berat Picknometer dan Air Uji Berat Jenis Pasir.....	192
Gambar 4 Proses Menghilangkan Gelembung Udara.....	192
Gambar 5 Berat Picknometer, Air, dan Agregat Halus.....	192
Gambar 6 Pengeringan Agregat Halus.....	192
Gambar 7 Penimbangan Awal Uji Kadar Lumpur Pasir Metode Cuci.....	193
Gambar 8 Pengayakan Pasir Uji Kadar Lumpur.....	193
Gambar 9 Pencucian Pasir dengan Saringan 200.....	193
Gambar 10 Pengeringan Pasir Hasil Cuci.....	193
Gambar 11 Berat Pasir Setelah dikeringkan.....	193
Gambar 12 Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir.....	193
Gambar 13 Berat Agregat 10-20 mm Kering Oven.....	194
Gambar 14 Berat Agregat 10-20 mm Kering Permukaan Jenuh I.....	194
Gambar 15 Berat Agregat 10-20 mm Kering Permukaan Jenuh II.....	194
Gambar 16 Berat Agregat 10-20 mm di dalam Air I.....	194
Gambar 17 Berat Agregat 10-20 mm di dalam Air II.....	194
Gambar 18 Berat Agregat 20-30 mm Kering Oven I.....	195
Gambar 19 Berat Agregat 20-30 mm Kering Oven II.....	195
Gambar 20 Berat Agregat 20-30 mm Kering Permukaan Jenuh I.....	195
Gambar 21 Berat Agregat 20-30 mm Kering Permukaan Jenuh II.....	195
Gambar 22 Berat di dalam Air Agregat 20-30 m I.....	195
Gambar 23 Berat di dalam Air Agregat 20-30 m II.....	195

Gambar 24 Penimbangan Agregat 20-30 mm untuk Gradasi.....	196
Gambar 25 Penimbangan Agregat 10-20 mm untuk Gradasi I.....	196
Gambar 26 Penimbangan Agregat 10-20 mm untuk Gradasi II.....	196
Gambar 27 Proses Gradasi Agregat 10-20 mm dan 20-30 mm.....	196
Gambar 28 Penimbangan Uji Volume Berat Agregat Halus.....	197
Gambar 29 Penimbangan Uji Volume Berat Agregat Halus.....	197
Gambar 30 Penimbangan Uji Volume Berat 20-30 mm Percobaan.....	197
Gambar 31 Penimbangan Uji Volume Berat 20-30 mm Percobaan II.....	197
Gambar 32 Penimbangan Uji Volume Berat 10-20 mm Percobaan I.....	197
Gambar 33 Penimbangan Uji Volume Berat 10-20 mm.....	197
Gambar 34 Semen 64 gram untuk Uji Berat Jenis.....	198
Gambar 35 Perendaman Labu Le Chatelier Berisi Minyak Tanah	198
Gambar 36 Memasukkan Semen ke dalam Labu Le Chatelier.....	198
Gambar 37 Perendaman Labu Le Chatelier Berisi Minyak Tanah dan Semen.....	198
Gambar 38 Persiapan Alat dan Bahan Uji Waktu Ikat Semen.....	199
Gambar 39 Pencampuran Air dan Semen.....	199
Gambar 40 Penurunan Jarum 24 mm Ketika Waktu IKat Awal.....	199
Gambar 41 Slump Laboratorium.....	200
Gambar 42 Slump Lapangan.....	200
Gambar 43 Pengukuran Suhu Campuran di Laboratorium.....	200
Gambar 44 Pengukuran Suhu Campuran di Lapangan.....	200
Gambar 45 Pembuatan Sampel di Laboratorium.....	200
Gambar 46 Pembuatan Sampel di Lapangan.....	200

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut SNI 2847:2013 beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Dewasa ini beton sudah lazim digunakan dalam dunia konstruksi baik jalan maupun gedung bahkan irigasi. Namun penggunaannya sendiri perlu memperhatikan beberapa aspek. Seperti halnya material pembentuknya, komposisi campuran beton, hingga proses perawatannya sendiri guna menghasilkan beton yang kuat tekannya sesuai dengan mutu perencanaan. Menurut Tjokrodinuljo (1996) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton seperti: faktor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat. Oleh sebab itu pentingnya memperhatikan aspek-aspek tersebut. Sebab beton sendiri rentan terhadap keretakan.

Banyaknya faktor penyebab kegagalan mutu rencana yang akhirnya mendorong perlu dilakukannya evaluasi terhadap mutu beton. Seperti dikatakan oleh Rahmadani (2022) bahwa untuk mencapai hasil pekerjaan yang sesuai ketentuan mutu yang ditetapkan, maka perlu adanya pengendalian mutu terhadap beton. Pengendalian ini dapat berupa monitoring, pengecekan, dan pengujian. Hal ini bertujuan memastikan mutu bahan, tahap pelaksanaan, dan hasil pekerjaan sesuai dengan persyaratan teknis yang ditetapkan.

Begitu pentingnya evaluasi terhadap mutu beton sehingga menarik untuk melakukan sebuah penelitian mengenai evaluasi terhadap mutu beton, dimana beton tersebut digunakan untuk

pembangunan ruas jalan di wilayah Lampung. Seperti umumnya menurut Safitri dkk (2021) dikarenakan banyaknya penggunaan beton, mulai banyaknya perusahaan yang khusus memproduksi beton. Beton yang dihasilkan ini berasal dari *Batching Plant*. Penelitian ini dilakukan di salah satu *Batching Plant* yang berada di alamat Lintas Sumatera, kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah. Keberadaan *Batching Plant* ini tentunya selain peralatan dan para operator yang memadai perlu adanya pengawasan dan pengendalian mutu. Pengendalian mutu ini tentunya begitu penting bagi setiap perusahaan. Tujuannya tentu berkaitan dengan peningkatan suatu produk. Salah satu langkah pengendalian mutu beton yang berasal dari *Batching Plant* ialah dimana tetap menjaga mutu beton ketika masih berada di unit produksi hingga beton diangkut menuju lokasi proyek. Keberhasilan sistem pengendalian mutu ini ditandai dengan berhasilnya beton mencapai mutu rencana yang ditetapkan. Hal ini dibuktikan melalui pengujian kuat tekan dan lentur yang nantinya dilakukan. Dimana hasil uji sampel beton yang dibuat di lapangan dan laboratorium harus mencapai mutu rencana. Sebelum dilakukan pengujian diperlukan pengawasan dan pengendalian mutu pada beton ready mix untuk jalan beton, dilakukan dengan penentuan nilai slump dan nilai kuat tekan beton dengan pembuatan benda uji berupa silinder mutu $f_c' 10$ MPa maupun kuat tarik lentur menggunakan benda uji balok mutu $f_s 4,5$ MPa. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur akan dilakukan pada usia beton 7 dan 28 hari. Namun langkah awal pengendalian mutu terlebih dahulu dilakukan ialah pengujian terhadap material pencampur beton, baik itu material yang baru datang maupun material stok. Setelahnya dilakukan uji campuran beton tanpa penambahan aditif dan campuran menggunakan aditif. Tujuannya ialah untuk mengetahui waktu ikat semen, sehingga dapat diketahui banyaknya zat aditif yang digunakan dalam campuran beton. Kemudian untuk pemenuhan kebutuhan proyek, material ini akan diolah oleh *Batching Plant* dengan menggunakan acuan komposisi yang telah ditetapkan menjadi campuran beton. Campuran beton kemudian diangkut oleh *Truck Mixer* menuju laboratorium untuk uji slump dan pengecekan suhu hingga pembuatan benda uji.

Hal yang sama juga dilakukan ketika *Truck Mixer* tiba di lapangan. Tidak hanya pengawasan terhadap faktor internal saja, pada penelitian ini juga akan dilakukan evaluasi terhadap faktor eksternal. Apabila terjadi hasil akhir kuat tekan maupun kuat lentur sampel beton tidak mencapai mutu rencana baik sampel yang dibuat di laboratorium dan di lapangan, maka dapat dilakukan analisa faktor penyebab penurunan mutu. Analisa ini tentunya berdasar data-data yang telah didapat melalui pengujian. Mengingat permasalahan yang terjadi biasanya terdapat perbedaan hasil kuat tekan maupun kuat lentur sampel beton dari lapangan dan laboratorium. Beberapa faktor eksternal yang dapat diperhatikan antara lain seperti pengukuran suhu campuran beton sebelum pengambilan benda uji seperti yang telah disebutkan pada kalimat sebelumnya. Dimana suhu campuran beton segar tidak boleh melebihi 35°C, hal ini berdasarkan pedoman SNI 6880:2016. Selain itu perlakuan terhadap sampel juga berpengaruh. Dimana sampel beton yang telah mengeras dari lapangan dibawa ke laboratorium dengan usia beton yang masih muda, untuk dilakukan perawatan. Selanjutnya akan dilakukan pengujian ketika beton mencapai usia 7 dan 28 hari.

Setelah dilakukannya pengujian material, monitoring selama proses produksi, dan uji slump maupun pengecekan terhadap suhu campuran beton segar, tahap akhir yang perlu dilakukan ialah pengujian terhadap benda uji. Dari hasil pembacaan dial kuat tekan maupun kuat tarik lentur, akan dianalisa menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC). Menurut Hermawan (2021), metode Statistical Quality Control (SQC) yang akan digunakan ini bertujuan untuk mengendalikan kualitas dari suatu produk. Selain itu berfungsi dalam mengendalikan proses produksi dengan standar mutu yang direncanakan. Setelah terlihat persentase banyaknya beton yang mencapai mutu rencana maupun tidak, maka akan dilakukan penelusuran terhadap beton yang tidak mencapai mutu rencana. Penelusuran ini dilakukan dengan data yang sudah terkumpul sebelumnya, dan akan ditarik kesimpulan mengenai penyebab penurunan mutu.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah material pencampur beton telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI?
2. Apakah lama waktu angkut dan tunggu campuran beton menuju lokasi proyek terkait temperatur dan kelecakan berpengaruh terhadap mutu beton yang dihasilkan ?
3. Apakah proses perlakuan sampel atau pengangkutan sampel lapangan berpengaruh terhadap mutu beton yang dihasilkan?
4. Apakah komposisi campuran tetap dengan karakteristik material berbeda mempengaruhi mutu beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasar pada uraian latar belakang, maupun rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini ialah :

1. Menganalisis terpenuhinya standarisasi SNI terhadap material pencampur beton yang berasal dari material stok maupun material baru yang datang.
2. Menganalisis pengaruh waktu perjalanan menuju lokasi pengecoran dan waktu tunggu beton dituang selama dilapangan terkait dengan kelecakan dan suhu campuran terhadap mutu beton.
3. Menganalisis pengaruh perlakuan sampel antara di laboratorium dan lapangan terhadap hasil mutu beton yang diciptakan antara sampel lapangan dan laboratorium.
4. Menganalisis pengaruh komposisi campuran tetap dengan karakteristik material berbeda terhadap mutu beton.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya perluasan bahasan, sehingga hasil penelitian dapat lebih terarah pada point permasalahan yang dituju. Maka penulis melakukan batasan masalah, sebagai berikut:

1. Penelitian evaluasi mutu beton yang berasal dari batching plant ini merujuk pada proyek pekerjaan lean concrete dengan mutu $f_c' 10$ MPa dan juga badan jalan dengan mutu beton $f_s 45$ MPa dengan lokasi proyek berada di daerah Lampung.
2. Data yang didapat berdasarkan pemeriksaan dan evaluasi di laboratorium berupa material pencampur beton berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan.
3. Data waktu pengecoran dilakukan dengan pencatatan lama perjalanan *Truck Mixer* dan data lama tunggu selama proses bongkar campuran beton di lapangan.
4. Data nilai slump dan suhu didapatkan dari pengujian di laboratorium dan lapangan.
5. Melakukan pengujian pada usia beton 7 dan 28 hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan terhadap langkah dalam pengendalian mutu beton, yang berupa evaluasi terhadap material pencampur, pengolahan beton di Batching Plant, hingga pengujian kekentalan campuran dan suhu. Selain dari pada itu evaluasi ini merupakan bentuk kontribusi dalam pengendalian mutu. Dimana pengendalian mutu begitu dibutuhkan bagi setiap perusahaan penghasil beton. Kegiatan pengendalian mutu ini juga diharapkan mampu menghasilkan beton yang memenuhi mutu rencana.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini dilakukan oleh Kristanto Usman dan Ratna Widyawati (2011), “Pengendalian Mutu Beton Ready Mix Pada Batching Plant dengan Menggunakan Statistical Quality Control”. Akibat peningkatan kebutuhan beton terhadap berbagai proyek konstruksi, maka langkah yang biasa dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan ialah dengan memesan adukan beton ready mix. Namun pemakaiannya sendiri perlu adanya pengawasan atau pengendalian terhadap mutu beton. Hal ini guna menciptakan konstruksi yang kokoh. Beberapa langkah yang dilakukan dalam pengendalian mutu beton dalam penelitian ini seperti melakukan uji slump dan juga uji pembebanan terhadap benda uji. Pengendalian mutu dimulai dengan analisis bahan dan material serta alat yang digunakan. Kemudian proses pencampuran beton ready mix, pengambilan sampel dan hasil pengujian. Data hasil pengujian tersebut dianalisa menggunakan statistical quality control (SQL) / pengendalian mutu dengan statistik control chart yang berisi grafik nilai upper control limit (UCL), lower control limit (LCL), dan target limit. Dengan langkah ini dapat diketahui apakah mutu beton mencapai mutu nilai rencana dan menganalisa penyebab beton tidak memenuhi kuat tekan rencana.

Penelitian ini dilakukan oleh I Gede Putu Joni (2017) yang berjudul “Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Beton”. Dalam dunia perencanaan konstruksi terutama beton yang pertama dilakukan ialah menetapkan mutu beton. Kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan mutu beton rencana. Apabila kuat tekan yang dihasilkan tidak mencapai kuat tekan rencana, dapat menjadi tolak ukur tidak tercapainya mutu rencana. Sehingga menyebabkan bangunan menjadi tidak kokoh. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa terhadap penyebab kerusakan mutu tersebut. Seperti jumlah semen pada tiap m³ beton, faktor air semen, gradasi agregat, kekerasan agregat, gradasi agregat, jenis dan kualitas semen, cara dan lama pengadukan, cara pemadatan, finishing dan transport, temperature, pemeliharaan dan umur beton.

Penelitian ini dilakukan oleh Sutanto (2014) dengan judul “Pengendalian Mutu Beton Pada Pelaksanaan Jalan Dengan Perkerasan Kaku”. Sistem perkerasan jalan ada 2 macam yaitu perkerasan fleksibel biasanya digunakan aspal, perkerasan kaku (rigid trotoar) bahan yang digunakan adalah beton. Pemilihan bahan perkerasan pada utamanya pertimbangan teknis dan non teknis, termasuk nanti bagaimana sistem pemeliharaannya. Beton dipilih sebagai bahan konstruksi harus memenuhi syarat kekuatan (kekuatan) kemudahan pengerjaan (workability) keawetan (daya tahan), kedap udara (impenetrability) serta ekonomis dari segi pembiayaan. Oleh karena itu, pengendalian mutu sebelum, selama dan setelah pelaksanaan pembetonan harus dilaksanakan sebaik-baiknya sesuai standar dan persyaratan yang ditetapkan.

Penelitian ini dilakukan oleh Yulius Rakhman, Herman Parung, Rita Irmawaty (2019) dengan judul “Evaluasi Mutu Beton Menggunakan Beton Inti Diameter Kecil”. Penyebab keterbatasan pengambilan sampel beton inti ialah adanya tulangan pada struktur beton. Apabila pengambilan sampel menggunakan diameter core besar kemungkinan dapat menyebabkan adanya tulangan yang terpotong dan pada akhirnya menurunkan kapasitas struktur beton. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm, benda uji berbentuk balok ukuran 45 cm x 45 cm x 13 cm, dan balok ukuran 70 cm x 30 cm x 15 cm. Variasi mutu beton ialah 20 MPa dan 30 MPa dengan MSA masing-masing 10 mm dan 20 mm. dengan langkah pengambilan sampel core 2 inchi dan 1 inchi dengan arah sejajar dan tegak lurus arah pengecoran. Kemudian dilanjutkan dengan uji kuat tekan dan didapat modulus elastisitas beton. Sehingga dapat menghasilkan kesimpulan apakah langkah pengambilan sampel beton tersebut memenuhi syarat untuk pengujian.

2.2 Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Mutu Beton

Menurut Gede (2017) agar mutu beton yang direncanakan dapat tercapai perlu beberapa hal yang harus dipertimbangkan, hal tersebut antara lain:

2.2.1 Jumlah Semen Tiap m³Beton

Pada hal ini terdapat dua kondisi yang terjadi pada saat penambahan jumlah semen. Sisi pertama penambahan semen dapat menyebabkan naiknya kekuatan beton. Sisi kedua menyebabkan penyusutan (*shrinkage*) yang besar sehingga terjadi keretakan beton. Sehingga minimum kadar semen untuk campuran harus sedemikian rupa sesuai proporsi kebutuhan. Dikarenakan bila terjadi pemakaian semen yang kurang cukup beton akan sukar dimampatkan. Hal ini berakibat beton porous, permeable dan tidak tahan lama sehingga kekuatan beton menurun.

2.2.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan perbandingan antara berat air dan semen yang dipergunakan dalam suatu adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menghasilkan kuat tekan beton yang rendah. Namun sebaliknya terjadi apabila nilai faktor air semen rendah, maka kuat tekan beton akan semakin tinggi. Tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa nilai faktor air semen yang rendah juga dapat menyebabkan kesulitan pematatan ketika waktu pengerjaan. Yang akhirnya menyebabkan mutu beton menurun. Oleh karena itu terdapat nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. Menurut Trimulyono (2003), nilai faktor air semen minimum yakni berkisar 0,4 sampai 0,65.

2.2.3 Waktu Ikat Semen

Waktu ikat semen merupakan waktu yang dibutuhkan semen ketika tercampur dengan air dari kondisi plastis hingga menjadi tidak plastis. Waktu pengikatan tergantung dari komposisi senyawa yang terkandung dalam semen dan suhu sekitar. Waktu pengikatan pasta semen terhadap material campuran beton lainnya terdiri dari waktu ikat awal (*setting time*) dan waktu ikat akhir (*inal time*). Waktu ikat awal merupakan waktu yang dibutuhkan sejak semen tercampur dengan air

dari keadaan plastis menuju keadaan tidak plastis. Sedangkan waktu ikat akhir ialah waktu yang dibutuhkan sejak semen tercampur dengan air dari keadaan plastis menuju keadaan keras. Waktu ikat awal menurut standar SII minimum ialah 45 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit.

2.2.4 Kekerasan Agregat

Campuran beton kali ini digunakan batu pecah (*crush stone*) dan kerikil (*coarse*). Apabila digunakan agregat lembek dan berpori (keropos), maka kekuatan beton menurun dan akibatnya kebutuhan air meningkat guna mencapai *workability* yang baik. Namun jika agregat yang digunakan keras dan padat, akan dihasilkan mutu beton yang tinggi.

2.2.5 Gradasi Agregat

Gradasi agregat ialah perbandingan campuran bahan-bahan pengisi beton. Setiap perbandingan campuran bahan pengisi akan memberi volume pori kecil disebut gradasi agregat baik. Sedang perbandingan campuran pengisi yang memberi volume pori besar disebut gradasi agregat jelek, dan menghasilkan mutu rendah.

2.2.6 Kebersihan Bahan (Aggregate)

Material yang banyak mengandung lumpur perlu dihindari, sebab berpengaruh terhadap kekerasan aggregate. Lumpur yang dimaksud ialah butir-butir yang dapat lolos ayakan 0,253 mm. lumpur maupun kotoran organis yang melekat pada aggregate akan berpengaruh pada penurunan mutu beton.

2.2.7 Cara dan Lama Pengadukan

Komposisi campuran beton yang baik ialah dimana butir-butir kecil yang dapat mengisi rongga antara butir yang lebih besar sehingga menghasilkan susunan beton yang kompak. Untuk dapat menghasilkan campuran beton yang baik harus menggunakan mesin pengaduk agar seluruh material tercampur rata. Selama pengadukan perlu memerhatikan tingkat kekentalan campuran dengan melakukan slump.

2.2.8 Faktor Pematatan

Beberapa faktor yang memengaruhi kepadatan ialah seperti: gradasi aggregate, work ability, dan pematatannya. Pematatan sendiri dapat dilakukan dengan merojok meski cara ini masih memberikan hasil terbatas. Selain merojok langkah pematatan dapat dilakukan dengan memukul-mukul cetakan. Tidak hanya itu pematatan juga dapat dilakukan dengan menggunakan alat penggetar harmer. Untuk mencapai kepadatan yang baik perlu melakukan pematatan merata dengan waktu yang cukup setiap penggetarnya. Sebab penggetar yang berlebihan pula dapat menyebabkan segregasi.

2.2.9 Pengaruh Temperature

Pada proses pembuatan maupun pengecoran beton sebaiknya dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Temperature pada saat pembuatan maupun pengecoran sebaiknya tidak lebih dari 35°C. Hal ini dilakukan untuk mencegah penurunan mutu beton atau menjaga keawetannya. Pengecoran dengan suhu tinggi membutuhkan banyak air sehingga susut beton menjadi besar pula. Untuk menghindari dari suhu tinggi hal bias dilakukan seperti: menggunakan air dingin untuk campuran, dengan caramendinginkan kerikil, melindungi material dari matahari dengan memberikan penutup. Menurut Yulfalentino (2018), menjelaskan mengenai “Pengaruh Perawatan Beton yang Berbeda-beda Terhadap Kekuatan Beton”. Perawatan ialah langkah untuk memberikan kesempatan pada semen/ beton untuk mengembangkan kekuatannya sebaik mungkin demi menghasilkan beton mutu rencana. Proses ini meliputi pemeliharaan kelembapan dan suhu, baik didalam beton maupun di permukaan beton dengan periode tertentu. Dari penelitian ini dilakukan tiga langkah berbeda seperti perawatan dengan penyiraman beton tiga kali sehari, perawatan dengan penyiraman beton dua kali sehari, dan perawatan dengan menutupi beton dengan karung goni. Dari penelitian yang dilakukan, perawatan dengan beton yang diberi banyak air menghasilkan nilai kuat tekan yang baik. Hal ini membuktikan selama proses perawatan beton harus diletakkan atau dirawat kelembapan dan suhunya. Ini

untuk mencegah kehilangan air ketika proses penguapan. Sehingga menghindarkan beton dari proses hydrasi yang tidak sempurna. Sehingga disimpulkan tujuan dari *curing* ialah mencegah kehilangan air saat waktu awal. Menurut Rendi (2022), menjelaskan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap mutu beton seperti umur beton sendiri. Kekuatan beton semakin meningkat bila umur beton bertambah. Semakin bertambah usia beton, maka proses pengerasan pada beton semakin baik hingga kekuatannya semakin tinggi. Hubungan kekuatan beton terhadap umur dapat dilihat (sesuai P31 1971) :

Tabel 2.1 Faktor Koreksi Beton (Sumber SNI-1974-2011)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	35	42
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,28	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,82	0,96	1,00	1,10	1,20

2.3 Tahap Evaluasi Mutu Beton

Menurut Usman, Widyawati (2011), akibat peningkatan kebutuhan beton terhadap berbagai proyek konstruksi, maka salah satu langkah yang biasa dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan ialah dengan memesan adukan beton ready mix. Namun pemakaiannya sendiri perlu adanya evaluasi atau pengendalian terhadap mutu beton. Hal ini guna menciptakan konstruksi yang kokoh. Beberapa langkah yang dilakukan dalam evaluasi mutu beton dalam penelitian ini seperti melakukan uji slump dan juga uji pembebanan terhadap benda uji. Pengendalian mutu dimulai dengan analisis bahan dan material serta alat yang digunakan. Kemudian proses pencampuran beton ready mix, pengambilan sampel dan hasil pengujian. Data hasil pengujian tersebut dianalisa menggunakan statistical quality control (SQL) / pengendalian mutu dengan statistik control chart yang berisi grafik nilai upper control limit (UCL), lower control limit (LCL), dan target limit. Dengan langkah ini dapat diketahui apakah mutu beton mencapai mutu nilai rencana dan menganalisa penyebab beton tidak memenuhi kuat tekan rencana. Di bawah ini akan dijabarkan serangkaian rumus yang digunakan dalam Statistical Quality Control (SQC) :

Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Standar Deviasi

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

Control Limits untuk x-Bar Charts

Upper control limit

$$UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(3)$$

Lower control limit

$$LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(4)$$

Control limits untuk R-Charts

$$UCL = D_4 \bar{R} \dots\dots\dots(5)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan Rumus:

- \bar{X} : Nilai rata-rata pembebanan
- x_i : Nilai pembebanan
- n : Jumlah data
- σ : Standar deviasi
- UCL : Batas kendali atas
- LCL : Batas kendali bawah
- CL : Nilai tengah atau rata-rata dari karakteristik kualitas
- A_2 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali
- D_3 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali
- D_4 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali
- R : Range atau perbedaan nilai terbesar dan terkecil

Tabel 2.2 Tabel Konstanta Peta Kendali

No	A2	D3	D4
2	1,880	0	3,267
3	1,023	0	2,574
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,114
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777
11	0,285	0,256	1,744
12	0,266	0,283	1,717
13	0,249	0,307	1,693
14	0,235	0,328	1,672
15	0,223	0,347	1,653
16	0,212	0,363	1,637
17	0,203	0,378	1,622
18	0,194	0,391	1,608
19	0,187	0,403	1,597
20	0,18	0,415	1,585
21	0,173	0,425	1,575
22	0,167	0,434	1,566
23	0,162	0,443	1,557
24	0,157	0,451	1,548
25	0,153	0,459	1,541

2.3.1 Pengujian Bahan Campuran Beton

Menurut Windi (2017), bahan campuran beton terdiri dari semen, aggregate, dan air. Masing-masing bahan campuran memiliki syarat tersendiri untuk membentuk suatu campuran beton yang baik. Berikut sekilas penjabaran mengenai bahan campuran beton.

2.3.1.1 Semen Portland

Semen yang digunakan pada pekerjaan beton ialah jenis semen Portland yang sesuai standar SNI. Semen Portland sendiri menurut SNI 2049:2015 ialah semen

hidrolis yang dihasilkan melalui penggilingan terak semen Portland yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersamaan dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih senyawa kalsium sulfat yang berbentuk kristal dan dapat ditambahkan bahan tambahan lainnya. Semen Portland sendiri terdiri atas lima macam, yaitu Portland jenis I, II, III, IV, dan V. Yang masing-masing memiliki kegunaan tersendiri seperti berikut:

2.3.1.1.1 Jenis-jenis semen portland

Jenis I : Untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis lain .

Jenis II : Pada penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

Jenis III : Pada penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Dalam pemakaiannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Pada penggunaannya menuntut persyaratan tahan sulfat.

2.3.1.1.2 Pengujian semen portland

Menurut SNI 15-2049-2004 sebelum semen dinyatakan layak dan dapat digunakan sebagai bahan pencampur, semen melalui pengujian. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan, namun sebelum pengujian dilakukan penyiapan benda uji. Penyiapan benda uji dilakukan dengan mengayak semen dengan saringan no. 200. Hal ini supaya contoh tercampur baik, terhindar dari kotoran dan gumpalan semen yang mengeras. Berikut metode pengujian semen :

Metode uji kimia

Metode uji meliputi analisis kimia semen hidrolis mengacu pada ASTM C 114–03, Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement. Metode uji kimia spesifik diberikan untuk kemudahan bagi yang ingin menggunakannya. Metode uji dikelompokkan sebagai metode uji referee dan metode uji alternatif. Metode uji referee merupakan metode uji kimia basah yang telah diterima, yang memberikan suatu skema dasar terpadu dari analisis semen hidrolis. Metode uji alternatif pada umumnya memberikan penentuan individu dari komponen tertentu dan dapat digunakan tersendiri atau sebagai alternatif dan penentuan secara terpadu bila diinginkan oleh analis seperti yang ditunjukkan pada metode individu.

2.3.1.2 Agregate

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Jumlah agregat ini berkisar 70% dari volume mortar atau beton. Agregate merupakan bahan pengisi yang sangat berpengaruh terhadap sifat atau mutu beton. Agregat sendiri terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar sendiri merupakan material dengan ukuran besar, dengan ukuran lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan agregat halus ialah material dengan ukuran butir yang kecil, berukuran kurang dari 4,8 mm. agregat dengan butiran berukuran lebih kecil dari 1,20 mm terkadang disebut pasir halus, dan agregat dengan ukuran butirnya lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, serta yang lebih kecil dari 0,002 disebut lumpur. Agregat digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu: Batu, berukuran >40 mm ; Kerikil, berukuran 5 mm - 40 mm ; Pasir, berukuran 0,15 mm- 5 mm. Selain dibedakan dari ukuran, agregat dapat pula dibedakan berdasar berat jenis, yakni agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan. Agregat dengan berat jenis lebih dari 2,8 biasanya beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis tinggi. Contoh dari agregat ini seperti magnetic (Fe_3O_4), barites (BaSO_4). Agregat ringan

sendiri memiliki berat jenis kurang dari 2,0 , digunakan untuk beton non-struktural. Agregat ini dapat diperoleh alami ataupun buatan. Agregat ringan alami misalnya diatomite, pumice, volcanic cinder. Sedangkan buatan seperti abu terbang, busa terak tanur tinggi, tanah bakar. Terakhir ialah agregat ringan yang memiliki daya serap air tinggi, beton yang dihasilkan pula memiliki kuat tarik rendah, modulus elastisitas rendah. Berikut tabel batasan gradasi aggregate halus dan aggregate kasar.

Tabel 2.3 Batasan Gradasi untuk Agregate Halus Sumber: ASTM C 33-74

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9,5 mm (3/8 in)	100
4,76 mm (No. 4)	95-100
2,36 mm (No. 8)	80-100
1,19 mm (No. 16)	50-85
0,595 mm (No. 30)	25-60
0,300 mm (No.50)	10-30
0,150 mm (No.100)	2-10

Tabel 2.4 Batasan Gradasi untuk Agregat Kasar Sumber : ASTM 1991

Ukuran lubang ayakan	Persentase lolos kumulatif
38,10	95-100
19,10	35-70
9,52	10-30
4,75	0-5

Beberapa tahap pengujian pada bagian ini antara lain dilakukan pada aggregate halus dan aggregate kasar antara lain:

2.3.1.2.1 Agregat Halus

a) Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus (SNI 1970 : 2008)

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan Berat Jenis agregat halus dan penyerapan air agregat halus (Absorption). Berikut rumus yang akan digunakan:

Keterangan:

- A : Berat Piknometer
- B : Air
- Bk : Berat Benda Uji Kering
- BT : Berat Benda Uji

Berat Jenis Kering

$$= BK / (B+500-BT)$$

Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)

$$= 500/(B+500-BT)$$

Berat Jenis Semu

$$= BK/(B+BK-BT)$$

b) Uji Kandungan Lumpur Pada Agregat Halus

Tujuan pengujian ini ialah untuk mengetahui kandungan lempung pada agregat halus yang akan digunakan sebagai campuran beton. Untuk mendapatkan agregat halus yang memenuhi persyaratan fisik campuran beton. Pada tahap ini dilakukan dengan dua metode, dan masing-masing metode memiliki rumusan tersendiri, seperti dibawah ini:

Metode SNI 03-4142-2996

Keterangan:

A : Tinggi pasir dan lumpur (ml)

B : Tinggi pasir (ml)

C : Tinggi lumpur (ml)

D : Persentase kandungan lumpur

$$C = A - B$$

$$D = (C/A) \times 100$$

Metode SNI 03-4142-2996

Keterangan :

A : Berat kering (gr)

B : Berat kering sesudah pencucian di saringan 200

C : Persentase material lolos saringan no 200

$$: ((A - B)/A) \times 100$$

c) Uji gradasi agregat halus

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan mutu agregat halus yang akan digunakan sebagai campuran beton untuk memperoleh agregat halus memenuhi persyaratan fisik campuran beton. Selain itu dari pengujian ini diharapkan mendapat kesimpulan terhadap golongan pasir yang mengacu pada tabel dibawah ini

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33)

Ukuran Saringan				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
Ayakan				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	Agregat Halus
Mm	SNI	AST M	Inch	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Analisis saringan
9,50	9,6	3/8 in	0,3750	100-100	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	No.4	0,1870	90-100	90-100	90-100	95-100	95-100
2,36	2,4	No.8	0,0937	60-95	75-100	85-100	95-100	80-100
1,18	1,2	No.16	0,0469	30-70	55-90	75-100	90-100	50-85
0,60	0,6	No.30	0,0234	15-34	35-59	60-79	80-100	25-60
0,30	0,3	No.50	0,0117	5-20	8-30	12-40	15-50	5-30
0,15	0,15	No.100	0,0059	0-10	0-10	0-10	0-15	0-10

2.3.1.2.2 Agregate Kasar

a) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan berat jenis agregat kasar. Untuk penentuannya digunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan:

BA : Berat Agregat ketika di Air

BK : Berat Agregat Kering dari Oven

Berat Jenis Kering = $BK / (BJ - BA)$

Berat Jenis Kering Permukaan SSD = $BJ / (BJ - BA)$

Berat Jenis Semu = $BK / (BK - BA)$

Penyerapan = $((BJ - BK) / BK) \times 100$

b) Uji Gradasi

Tujuan pengujian ini ialah untuk mengetahui ukuran dari agregat kasar yang ada. Agar sesuai dengan spesifikasi yang ada. Berdasarkan SNI-03-2834-2000, terdapat spesifikasi ukuran agregat. ketentuan ini dapat dilihat dari table di bawah:

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33)

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan / Ayakan		
mm	SN I	AST M	Inch	Ukuran maksimu m	Ukuran Maksimu m	Ukuran Maksimu m
75,0	76	3 in	3,00	10 mm	20 mm	40 mm
37,5	38	1 ½ in	1,50		100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	3/8 in	0,375	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,187	0	0-10	0-5

c) Kadar Lumpur pada Agregat Kasar

Tujuan pengujian ini ialah mengetahui kandungan lumpur dari agregat kasar, sehingga dapat ditentukan agregat kasar yang layak atau tidak untuk campuran beton.

2.3.1.3 Air

Air merupakan salah satu bahan pencampur beton yang berperan sebagai pelumas antara butir agregat agar mudah dipadatkan, dan juga diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Untuk dapat bereaksi dengan semen biasanya hanya membutuhkan air sekitar 25% dari berat semen, namun kenyataannya penggunaan air tetap harus memperhatikan faktor air semen. Hal ini perlu diperhatikan sebab pemakaian banyak air dapat mengakibatkan kekuatan beton rendah dan beton akan porous. Air yang digunakan dalam campuran beton ialah air yang memenuhi syarat untuk diminum. Kekuatan beton sendiri juga dipengaruhi dari kebersihan air.

Kekuatan dan daya tahannya kurang jika air yang digunakan mengandung kotoran. Hal ini berpengaruh pada lamanya ikatan awal beton dan kekuatan setelah mengeras. Beberapa air yang kandungannya dapat menyebabkan kerusakan seperti air yang mengandung sodium iodate, sodium phosphate, sodium arsenat, dan sodium borat dapat menyebabkan kuat awal beton rendah. Berikut ini beberapa persyaratan air yang dapat digunakan untuk campuran beton, yakni: Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter, Tidak mengandung garam (asam, zat organik) lebih dari 15 gram/liter, Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.2.1.4 Bahan Kimia Tambahan

Bahan kimia tambahan ialah bahan kimia (berupa bubuk atau cairan) yang dicampurkan pada adukan beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya (SK SNI S-18-1990-03 Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton). Berdasarkan penggunaan bahan campuran yang sering digunakan ada beberapa tujuan penggunaan tersebut, seperti:

a) Mengurangi pemakaian air (Water-Reducing Admixtures)

Penambahan ini biasanya dilakukan bertujuan untuk menciptakan campuran dengan jumlah air sedikit namun tetap mempertahankan nilai FAS dan kekentalan yang direncanakan. Meski demikian adukan yang dibuat lebih encer, namun tetap memperahankan kuat tekan rencana.

b) Memperlambat proses ikatan campuran beton (*retarder*)

Retarding admixtures, memperlambat kecepatan pengerasan beton, digunakan untuk melawan efek percepatan cuaca panas pada pengerasan beton. Temperatur yang tinggi sering menyebabkan peningkatan tingkat pengerasan yang membuat penempatan dan penyelesaian menjadi sulit. Retarder menjaga beton tetap bisa dikerjakan selama penempatan dan menunda set awal beton.

c) Mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton (*accelerators*)

Percepatan admixture meningkatkan laju pengembangan kekuatan awal, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk perawatan dan perlindungan yang tepat, dan mempercepat dimulainya operasi finishing. Accelerated admixtures sangat berguna untuk memodifikasi sifat-sifat beton pada cuaca dingin.

d) Sebagai Superplasticizer

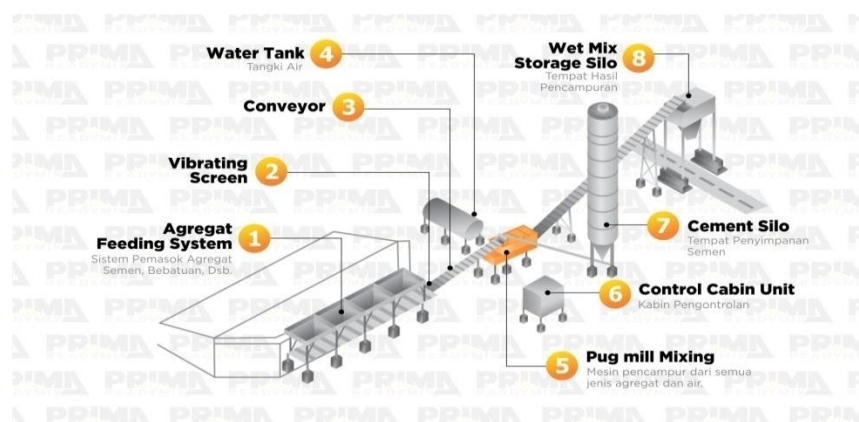
Superplasticizer, juga dikenal sebagai plasticizer atau high-range water reducer (HRWR), mengurangi kadar air sebesar 12 hingga 30 persen dan dapat ditambahkan ke beton dengan rasio slump dan air-semen rendah hingga normal untuk membuat beton mengalir dengan kemerosotan tinggi. Beton mengalir adalah beton yang sangat cair tetapi dapat dikerjakan yang dapat ditempatkan dengan sedikit atau tanpa getaran atau pemadatan. Efek superplasticizer hanya berlangsung 30 hingga 60 menit, tergantung pada merek dan tingkat dosis, dan diikuti dengan hilangnya kemampuan kerja dengan cepat. Sebagai akibat dari slump loss, superplasticizer biasanya ditambahkan ke beton di lokasi kerja.

e) Aditif penghambat korosi

Aditif penghambat korosi termasuk kategori campuran khusus dan digunakan untuk memperlambat korosi baja tulangan dalam beton. Inhibitor korosi dapat digunakan sebagai strategi pertahanan untuk struktur beton, seperti fasilitas laut, jembatan jalan raya, dan garasi parkir, yang akan terkena klorida konsentrasi tinggi. Admixture khusus lainnya termasuk admixture pengurang susut dan inhibitor reaktivitas alkali-silika. Pereduksi susut digunakan untuk mengontrol susut pengeringan dan meminimalkan retak, sementara inhibitor ASR mengontrol masalah daya tahan yang terkait dengan reaktivitas alkali-silika.

2.3.2 Proses Pengolahan Campuran Beton

Setelah serangkaian pemeriksaan bahan campuran dilakukan seperti uraian sebelumnya, selanjutnya menuju proses pengolahan atau pengadukan campuran beton dilakukan. Namun sebelum melakukan pengadukan perlu dilakukan pemeriksaan kembali kondisi dari agregat halus yang akan digunakan. Dalam hal ini dilakukan pengujian terhadap aggregate halus seperti uji kembali kadar lumpur dan juga uji kadar air yang terkandung didalam pasir. Pengujian kadar air sendiri berguna untuk memastikan kembali jumlah kadar air yang akan digunakan dalam campuran. Setelah pengujian kembali agregat halus, selanjutnya beton akan diproses di *Batching Plant*. *Batching plant* sendiri memiliki dua tipe system pencampuran yakni tipe dry mix dan wet mixed. Dari kedua nya memiliki proses pencampuran yang sama. Yang membedakan dari keduanya ialah dari sisi keunggulan. *Batching Plant* tipe wet mix lebih unggul disbanding *Batching Plant* tipe dry mix. *Batching Plant* tipe wet mix dapat mengaduk beton hingga slump rendah, sedangkan *Batching plant* tipe dry mix tidak dapat mengaduk slump maksimum 5. Selain itu *Bathing plant* tipe wet mix cenderung tidak berdebu dari semen dan tidak berisik seperti tipe dry mix. Berikut akan dijabarkan bagian-bagian penting dalam *Batching Plant*, yakni:



Gambar 2.1 Gambar Bagian-Bagian Batching Plant

- a. Cement silo, sebagai tempat penyimpanan semen atau fly ash dan menjaganya agar tetap baik.
- b. Belt conveyor, berfungsi menarik material (agregat kasar dan halus) ke atas dari bin ke storage bin.
- c. Bin, sebagai tempat pengumpulan bahan (agregat kasar dan halus) yang berasal dari penumpukan bahan di base camp dengan bantuan loader untuk ditarik ke atas (storage bin).
- d. Storage bin, sebagai pemisah fraksi agregat. Storage bin dibagi menjadi empat fraksi yakni agregat kasar (split), butir menengah (screening), butir halus (pasir).
- e. Timbangan pada batching plant dibagi empat macam yakni untuk agregat, semen, fly ash dan air.
- f. Dosage pump, digunakan untuk penambahan bahan admixture seperti retarder, superplasticizer dan lain-lain.
- g. Tempat penampungan air, sebagai suplai kebutuhan air pada ready mix.

2.3.2.1 Sistem Pengolahan Beton di Batching Plant

Batching plant dalam melakukan proses produksinya pertama-pertama akan mengisi material-material yang diperlukan dalam campuran beton ke dalam sistem agregat bins. Material-material tersebut kemudian akan ditimbang beratnya bersamaan dengan menimbang air untuk memastikan takaran campuran beton. Selain itu dalam proses pencampuran perlu melakukan penimbangan semen serta juga aditif. Setelah semua hal sudah dilakukan maka semuanya akan dicampur ke dalam mixer sesuai dengan kecepatan yang diinginkan agar semua campuran tersebut dapat membentuk campuran beton yang merata. Semua proses penimbangan dilakukan secara akurat dengan menggunakan alat digital untuk menjamin tingkat keakuratan dari campuran beton. Selain itu lama waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pencampuran juga ditentukan sesuai dengan karakteristik beton yang ingin didapatkan. Hasil yang diproduksi pada sistem produksi beton disesuaikan sesuai dengan kapasitas yang dapat diproses dari

mesin mixer untuk mengaduk adonan beton. Semua hasil ready mix yang telah diproduksi akan ditampung pada truk untuk nantinya akan dikirimkan menuju lokasi yang diinginkan.

2.3.3 Pembuatan Benda Uji Beton

Setelah berhasil melakukan pengadukan campuran beton, beton segar yang dihasilkan dituangkan kedalam truck mixer dan dibawa menuju laboratorium kembali sebelum akhirnya dibawa menuju lokasi pengecoran. Setibanya di laboratorium dilakukan serangkaian kegiatan yakni:

2.3.3.1 Pengujian nilai slump

Pengujian nilai slump ini bertujuan untuk mengetahui nilai kelecakan beton. Dibawah ini merupakan tabel standar tinggi slump dari beberapa item pekerjaan.

Tabel 2.7 Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton

Deskripsi	Nilai Slump	
	Maximum	Minimum
Dinding, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, konstruksi bawah tanah	9,0	2,5
Plat, Balok, Kolom dan Dinding	15,0	7,5
Jalan beton bertulang	7,5	5,0
Beton Massal	7,5	2,5

2.3.3.2 Pencatatan Suhu Ketika Pengecoran

Setelah beton segar dituangkan kedalam truck mixer dan dibawa ke laboratorium , beton akan diperiksa suhunya. Hal ini untuk memastikan suhu ketika pengecoran. Sebab apabila suhu terlalu tinggi memicu keretakan beton. Hal ini telah dijabarkan pada ulasan sebelumnya. pencatatan suhu ini juga tidak hanya dilakukan di laboratorium saja melainkan pencatatan dilakukan di lapangan pengecoran. Berdasar SNI-03-4807-1998 termometer yang digunakan harus mampu mengukur suhu beton segar antara $0,50^{\circ}\text{C}$ dengan ketelitian $0,5^{\circ}\text{C}$. Harus jenis thermometer cairan dalam gelas, dengan syarat thermometer terendam sekurang-kurangnya 75 mm. Berikut langkah untuk menentukan suhu beton segar.

- a. Ambil contoh beton segar sesuai SNI 03-2458-1991 mengenai metode pengambilan sampel beton segar.
- b. Tuang beton segar ke dalam cetakan/ bejana/ alat pengangkut.
- c. Letakkan thermometer sesuai penjabaran diatas yakni kedalaman 75 mm.
- d. Tekan hati-hati permukaan beton di sekeliling thermometer sehingga tidak dipengaruhi suhu luar.
- e. Biarkan thermometer sampai terendam selama dua menit atau sampai suhu konstan.
- f. Baca dan catat hasil pembacaan suhu.

2.3.3.2 Penuangan campuran beton

Penuangan campuran beton dalam bagian ini di bedakan menjadi dua, yakni penuangan campuran guna pembuatan benda uji dan penuangan guna pengecoran badanjalan.

a. Pembuatan benda Uji

Setelah dilakukan uji slump beton segar tadi dituangkan kedalam cetakan balok ataupun silinder. Dalam penuangannya perlu dilakukan penusukan dengan besi maupun dengan penggetar harmer terhadap campuran beton. Setelah cetakan

terisi penuh bagian luar cetakan dipukul menggunakan palu karet agar campuran beton merata dan tidak banyak pori. Setelah itu biarkan beton hingga mengeras, dan diletakan pada suhu yang tidak panas. Berdasarkan SNI 03-4810-1998 dalam proses pemadatan dan penusukan terdapat beberapa syarat sebagai acuan dalam langkah kerja, berikut serangkaian penjabaran beserta tabel petunjuk :

- a. Slump, ≥ 75 mm, dengan penusukan
- b. Slump, 25 mm- 75 mm dengan penusukan dan penggetar
- c. Slump ≤ 25 mm dengan penggetar
- d. Selama pemadatan, penggetar tidak boleh menyentuh dasar atau sisi cetakan.

Tabel 2. 8 Jumlah Lapisan untuk Pembuatan Benda Uji

(Sumber : SNI 03-4810-1998)

No.	Jenis dan Tinggi Benda Uji (mm)	Cara Pemadatan	Jumlah Lapisan	Perkiraan Tebal Lapisan (mm)
Silinder:				
1.	300	Penusukan	3	100
2.	≥ 300	Penusukan	Disesuaikan	100
3.	300-460	Penggetaran	2	Setengah tinggi benda uji
4.	≥ 460	Penggetaran	3 atau lebih	200 sedekat mungkin dengan yang dapat dilakukan
Balok				
1.	150-300	Penusukan	2	Setengah tinggi benda uji
2.	≥ 200	Penusukan	3 atau lebih	100
3.	150-300	Penggetaran	1	Setebal spesimen
4.	≥ 200	Penggetaran	2 atau lebih	Mendekati 200

Tabel 2.9 Jumlah Penusukan Untuk Benda Uji Silinder

(Sumber : SNI 03-4810-1998)

Diameter silinder (mm)	Jumlah penusukan tiap lapis
150	25
200	50
250	75

Begitu juga ketika truck mixer sampai di lokasi pengecoran , tahapan yang dilalui sama dengan tahap yang dilalui di laboratorium. Setibanya truck mixer di lapangan beton segar akan dilakukan pengujian slump sebelum dituang ke jalan yang akan dicor. Setelahnya akan dilakukan pengambilan sampel lapangan.

2.3.4 Perawatan Beton

Mengacu pada SNI 03-4810-1998 dengan ketentuan berikut:

- a. **Penutupan**, benda uji yang sudah dituang dicetakan ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembapan hingga benda uji dilepas dari cetakan.
- b. **Perawatan** , sebagai dasar dalam penerimaan atau pengendalian mutu. Perawatan sendiri dibedakan berdasar tahap dan jenis benda uji, sbagai berikut:
 - 1) Perawatan awal sesudah pencetakan
 - a) Benda uji di simpan dalam suhu 16°C sampai 27°C, dengan menjaga kelembapan dan melindungi dari sinar matahari.
 - b) Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar.
 - c) Jika benda uji tidak diangkut selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam \pm 8 jam dan diberi perawatan standar sampai pengangkutan.
 - 2) Perawatan standar
 - a) Pada waktu 30 menit setelah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab yakni 23°C \pm 1,7°C.
 - b) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C - 30°C.
 - c) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.
 - d) Penyimpanan dalam keadaan basah yaitu dengan perendaman dalam air jenuh atau ditutupi kain basah

2.3.5 Pengujian Benda Uji Beton

Tujuan dilakukan tes ini ialah untuk mengetahui beton saat diberi beban telah mencapai mutu beton yang diinginkan. Setelah dilakukan pengujian tekan untuk benda uji silinder dan pengujian tarik untuk benda uji balok, hasil pembacaan dial dicatat kemudian dilakukan perhitungan untuk menetapkan tercapainya nilai kuat tekan maupun tarik terhadap mutu yang direncanakan.

Perhitungan tersebut menggunakan rumus dengan penjabaran berikut:

Kuat Tekan (N/mm^2)

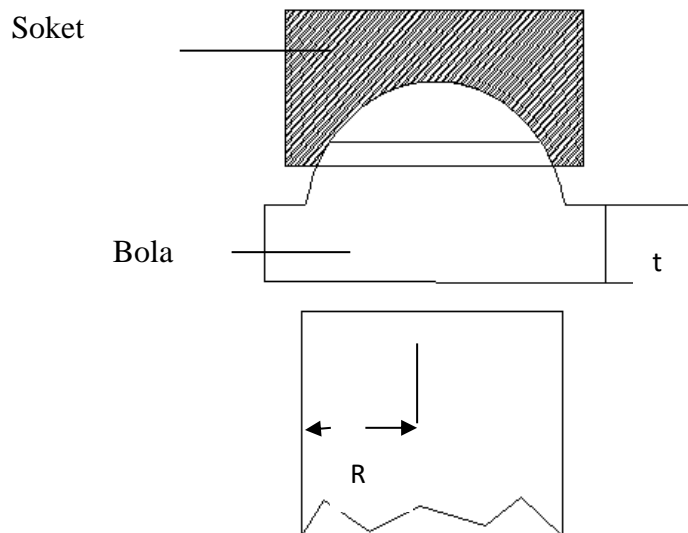
$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

f'_c = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)



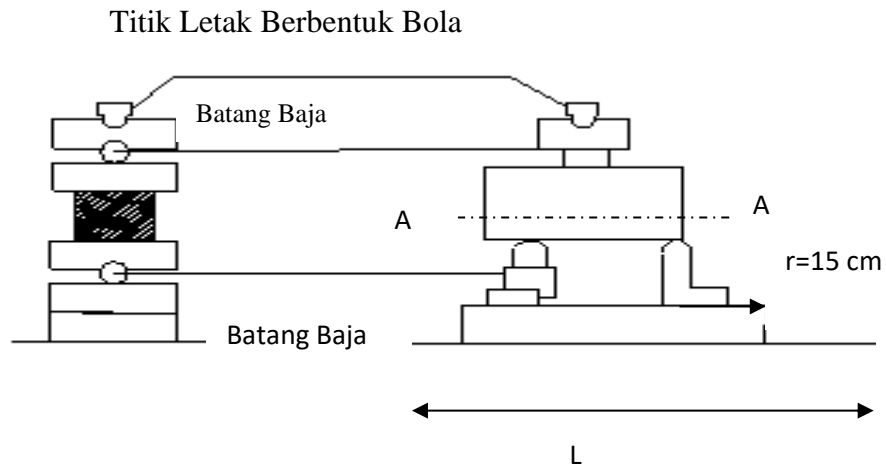
Gambar 2.2 Sketsa landasan tekan yang dapat berputar

Keterangan Gambar :

T : Tebal

R : Jari-jari benda uji

r : Jari-jari Bola



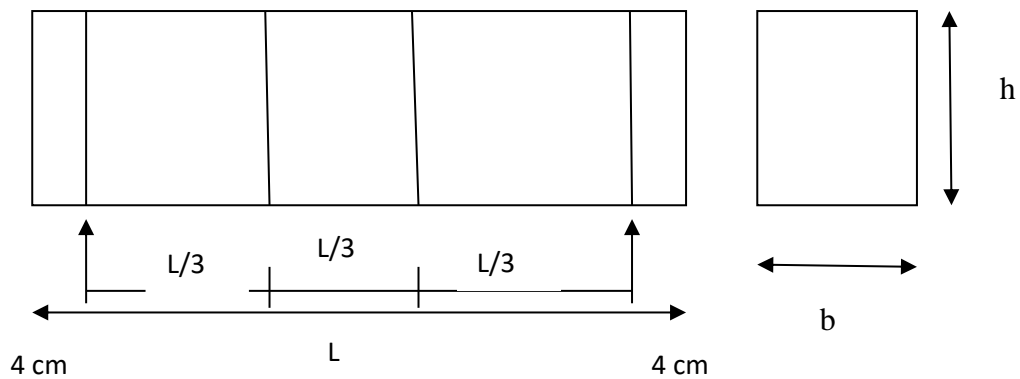
Gambar 2.3 Benda Uji, perletakkan dan pembebanan

Keterangan gambar:

A-A : Sumbu memanjang

B : Titik-titik Perletakkan

C : Titik-titik pembebanan



Gambar 2.4 Garis-garis perletakkan dan pembebanan

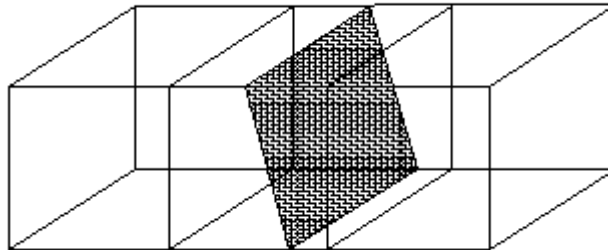
Keterangan gambar:

L : Jarak (bentang) antara dua garis perletakkan (cm)

b : Lebar tampak lintang benda uji (cm)

h : Tinggi tampak lintang benda uji (cm)

P : Beban tertinggi yang ditujukan oleh mesin uji (kg)



Gambar 2.5 Patah pada 1/3 bentang tengah

Kuat Tarik Lentur

$$M = \frac{1}{6} \cdot P \cdot L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot \gamma}{T}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{6} P \cdot L \cdot \frac{1}{2} h \\ &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{12} \cdot P \cdot L \\ &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Keterangan:

P = Beban tertinggi yang ditunjukkan mesin uji

L = Jarak bentang antara dua garis perletakkan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

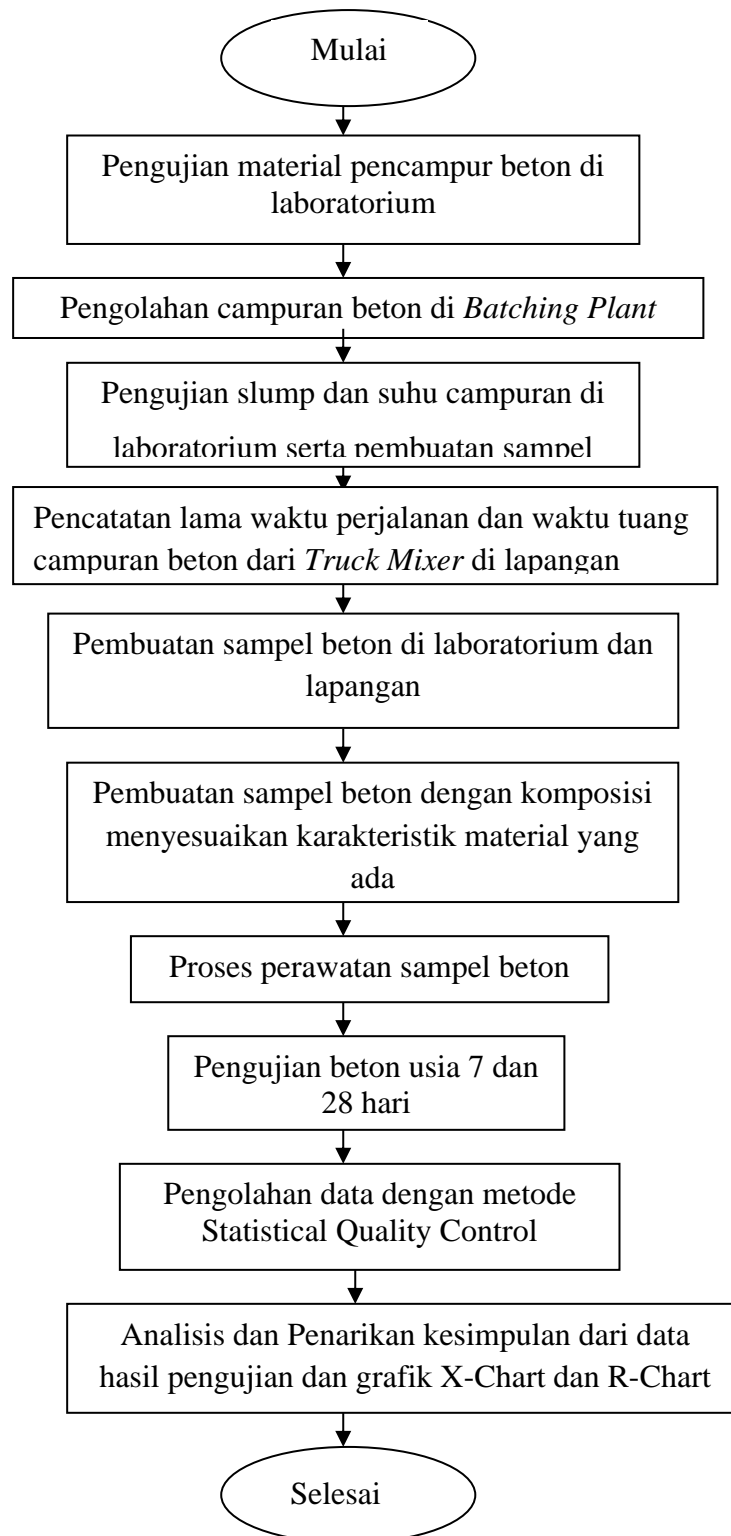
h = Tinggi tampang lintang patah arah vertical (mm)

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metode penelitian ialah suatu langkah ilmiah yang digunakan untuk memperoleh dan mengumpulkan data dengan tujuan tertentu, yakni empiris, rasional, dan sistematis. Penelitian ini disusun dengan mengembangkan penelitian yang sudah ada sebelumnya. Dimana penelitian sebelumnya mengevaluasi kualitas beton yang berasal dari batching plant dengan pengumpulan data berupa hasil slump dan kuat tekan, yang nantinya dianalisis menggunakan sistem *Statistical Quality Control*. Sama halnya dengan penelitian ini, yang tujuannya ialah mengevaluasi mutu beton ready mix dari batching plant menggunakan perhitungan statistik yang sama. Namun yang membedakan dengan penelitian sebelumnya ialah, pada penelitian ini akan ditambahkan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap mutu beton. Baik itu secara internal maupun eksternal. Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif, dimana penelitian ini bersifat deskriptif dan lebih analitis dengan data yang diperoleh secara langsung melalui serangkaian eksperimen di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi dan juga solusi dari permasalahan yang terjadi dengan mengevaluasi segala aspek yang berkaitan dengan mutu beton.

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.3 Tahap-Tahap Penelitian

3.3.1 Pengujian Bahan Campuran Beton

Pengujian ini hanya dilakukan terhadap beberapa material campuran. Diantaranya ialah agregat kasar dan agregat halus saja. Pengujian dari material ini masing-masing akan dilakukan beberapa tahap, seperti:

3.3.1.1 Agregat Halus

Pada agregat halus akan dilakukan beberapa tahap yakni:

a) Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus (SNI 1970 : 2008)

Pemeriksaan berat jenis juga dilakukan pada setiap truk pembawa pasir. Pemeriksaan ini juga mengikuti aturan petunjuk dari SNI 1970-2008. Dilakukan dengan mengisi piknometer dengan air sebagian saja, yang kemudian dimasukkan agregat halus sebanyak (500 ± 10) gram. Lalu tambahkan air sampai 90% kapasitas piknometer. Putar atau guncang piknometer hingga gelembung udara didalamnya hilang. Umumnya untuk menghilangkan gelembung udara membutuhkan 15-20 menit. Pemeriksaan yang dilakukan ini tercantum pada lampiran gambar 1 sampai gambar 6.

b) Uji Kandungan Lumpur Pada Agregat Halus

Pada pemeriksaan terhadap kadar lumpur dilakukan dengan dua metode yakni menggunakan gelas ukur berdasar SNI 8073:2016 dan metode cuci berdasar SNI 03-4142-2996. Pemeriksaan juga dilakukan dalam dua waktu berbeda, yakni pemeriksaan ketika material baru datang, dan pemeriksaan sebelum dilakukannya produksi beton. Sedangkan pemeriksaan ke dua dilakukan dengan mengambil stok material. Pemeriksaan pada bagian ini dicantumkan pada lampiran gambar 7 sampai gambar 12.

c) Uji gradasi agregat halus

Pengujian pada agregat halus dilakukan dalam dua waktu. Waktu pertama dilakukan pada saat material yang berasal dari supplier masuk. Pada waktu pertama ini ketiga tahapan diatas dilakukan. Waktu kedua dilakukan sebelum terjadi pengolahan campuran beton di batching plant. Namun pada tahap kali ini hanya dilakukan gradasi ketika waktu produksi. Pengujian ini dalam tahapannya dapat dilihat pada lampiran gambar 13 dan gambar 14.

d) Uji volume berat agregat halus

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus yang bila diartikan sebagai perbandingan antara berat material kering dan volumenya. Langkah pengujiannya seperti mengisi wadah dengan pasir dalam tiga lapis, yang masing-masing lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat. Ratakan permukaan dan timbang. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran gambar 15 dan gambar 16.

e) Uji kadar air agregat halus

Tujuan pengujian ini ialah untuk mengetahui besaran kandungan air yang terdapat pada agregat halus, hal ini digunakan sebagai pembanding banyaknya air relative terhadap banyaknya semen dalam suatu campuran beton. Semakin besar rasio air semen semakin rendah mutu yang dihasilkan. Seperti disyaratkan ASTM C70-94 kadar air agregat berkisar 0%-1%. Hasil uji tahap ini dapat dilihat pada lampiran gambar 17 dan 18.

3.3.1.2 Agregat Kasar

pada bagian ini dilakukan beberapa tahap pengujian seperti:

a) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berdasar SNI 03-1969-2008 tujuan dari pengujian ini ialah untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis kering, permukaan, berat jenis semu dan besaran angka penyerapan. Dimana pengujian dilakukan terhadap agregat kasar dengan langkah seperti mencuci agregat terlebih dahulu guna menghilangkan debu pada permukaan. Kemudian mengeringkan agregat kasar dengan menggunakan oven, dan dilanjutkan dengan pendinginan. Lalu rendam kembali benda uji selama 24 ± 4 jam. Yang kemudian kita lap kembali benda uji yang telah direndam. Sesudahnya kita lakukan penimbangan terhadap benda uji. Pengujian pada agregat kasar dilakukan dengan pengambilan sampel yang berasal dari material stock. Hal ini dikarenakan selama masa penelitian tidak ada material baru yang masuk. Sehingga pengujian dilakukan dalam satu waktu dengan dua kali pengujian. Pengujian dilakukan terhadap agregat kasar 20-30 mm dan agregat kasar 10-20 mm. Langkah pengujian dapat dilihat pada lampiran gambar 19 sampai dengan gambar 21.

b) Uji Gradasi dan Kadar Lumpur pada Agregat Kasar

Pada agregat kasar pengujian hanya dilakukan pada satu waktu saja, yakni dilakukan jauh sebelum dilakukan pengecoran atau pengolahan beton. Material yang di uji yakni material yang terdapat pada material stock di area batching plant. Pengambilan material dilakukan secara acak di beberapa titik gunungan stock material. Tahap ini terlihat pada lamiran gambar 22.

c) Uji volume berat agregat kasar

Pengujian ini dilakukan sama halnya dengan uji volume agregat halus. Namun jika pada bagian ini dilakukan dua kali pengujian yakni pada agregat 10-20 mm dan 20-30 mm. Tahapan pengujian terlihat pada lampiran gambar 23 dan 24.

3.3.1.3 Semen

Pemeriksaan pada tahap ini terdiri dari pemeriksaan terhadap berat jenis semen dan juga waktu ikat semen. Semen yang digunakan sebagai bahan campuran yakni semen batu raja. Pengujian hanya dilakukan dalam satu waktu, mengingat semen berasal dari sumber yang sama dan merk tetap yakni OPC tipe 1 Batu Raja. Pengujian berat jenis semen sendiri mengikuti aturan SNI 15-2531-1991 dilakukan dengan mengisi labu Le Chatlier kapasitas 24 ml dengan minyak tanah. Meletakkan labu Le Chatlier di ruang bersuhu tetap selama 15 menit, dan mencatat volume awal (V_1). Menimbang semen Portland sebanyak 50 gram, dan dimasukkan ke dalam labu Le Chatlier. Meletakkan kembali Labu Le Chatlier yang berisi minyak tanah dan semen selama 15 menit. Putar benda uji secara perlahan sampai tidak terdapat gelembung udara, jika gelembung udara tidak timbul maka baca kembali volume akhir (V_2) dengan skala yang terdapat pada labu. Sedangkan untuk pengujian waktu ikat semen mengikuti aturan SNI 03-6827-2022. Langkah pertama yang dilakukan dengan membuat sebuah adonan semen yang akan dimasukkan ke dalam kerucut pada alat vicat. Selanjutnya setelah adonan rata permukaan setiap 15 menit kita jatuhkan jarum vicat dengan beban dan kita baca hasil penurunan jarumnya. Pengujian ini dapat dilihat pada lampiran gambar 25 sampai dengan gambar 34.

3.3.2 Pencampuran Material Beton

Pengolahan beton dilakukan pada batching plant, dan dengan proses yang telah di jabarkan pada Bab II dengan sub bab 2.2.2. Dimana seluruh material pencampur akan diangkut oleh alat excavator untuk di bawa ke batching plant. Pada saat proses ini dilakukan, salah satu anggota dari laboratorium akan mengawasi jalannya produksi di batching plant. Hal ini bertujuan untuk memantau pemberian obat pada beton dan juga takaran penimbangan material pencampur beton. Hal ini dilakukan sampai dengan beton tertuang ke dalam truck mixer dan sampai waktu produksi selesai.

3.3.3 Pengujian Slump dan Suhu Campuran Beton

Setelah campuran beton dari batching plant selesai dituang ke dalam truk mixer, campuran beton segar tadi akan dibawa menuju laboratorium. Pada waktu ini campuran tadi akan di uji slump dan derajat suhu campurannya. Setelah dilakukan pengujian, hasilnya akan dicatat dalam format khusus yang ada di laboratorium. Setelah serangkaian proses tersebut selesai, akan dilanjutkan dengan pembuatan benda uji. Campuran beton yang tadi akan dituangkan ke dalam cetakan, sesuai dengan langkah yang tertera pada Bab II sub bab 2.2.3.2.

sedangkan untuk jumlah pembuatan sampel beton dibuat berdasar SNI 2018 revisi 2 divisi 7 menjelaskan bahwa “ Untuk pengecoran hasil produksi ready mix, maka pekerjaan beton dengan jumlah masing-masing mutu $\leq 60 \text{ m}^3$, setiap maksimum pengujian 5 m^3 beton minimum diambil 1 set benda uji dan jumlah hasil pengujian tidak boleh kurang dari empat hasil untuk masing-masing umur dan rancangan campuran. Apabila volume pekerjaan beton $\geq 60 \text{ m}^3$, setelah 60 m^3 tercapai, maka setiap maksimum 10 m^3 beton minimum diambil set benda uji”. Berdasar peraturan tersebut dan berdasar jumlah rencana produksi harian yakni $100 \text{ m}^3 / \text{hari}$. Maka setiap harinya akan dibuat benda uji sebanyak 10 buah benda uji berupa silinder mutu $f_c' 10 \text{ MPa}$ dan 10 benda uji balok mutu $f_s 4,5 \text{ MPa}$. Setelah benda uji diambil ,kemudian truk mixer akan menuju timbangan untuk

ditimbang kembali. Hal yang sama juga dilakukan ketika truk mixer sampai di lapangan. Akan dilakukan uji slump dan pengecekan suhu campuran serta pembuatan benda uji beton. Proses ini dapat dilihat pada lampiran gambar 35 dan 36.

3.3.4 Pencatatan Waktu Pengecoran Beton

Proses ini dilakukan ketika *Truck Mixer* tiba di laboratorium dan dilakukan uji slump, serta suhu campuran beton hingga pembuatan benda uji. Selanjutnya setelah proses penuangan campuran beton di cetakan, *Truck Mixer* akan berangkat menuju lokasi pengecoran. Pada saat inilah tim laboratorium akan mencatat waktu keberangkatan *Truck Mixer*. Setelah tiba di lapangan proses yang sama juga dilakukan seperti di laboratorium. Selanjutnya akan dilakukan pencatatan waktu tiba dan waktu bongkar dari setiap *Truck Mixer*.

3.3.5 Pembuatan Sampel Khusus

Pembuatan sampel khusus ini dilakukan sebagai suatu langkah pembuktian kebenaran dari beberapa hipotesis faktor penyebab penurunan mutu beton. Dimana salah satu indikasi penyebabnya ialah penggunaan komposisi beton yang sama dengan karakteristik material yang berbeda. Sehingga setelah serangkaian tahap pengujian hingga pembuatan sampel selesai, peneliti akan melakukan pembuatan sampel khusus di waktu yang nantinya direncanakan oleh peneliti. Pembuatan sampel khusus ini tentunya akan mengikuti komposisi yang dibuat berdasar karakteristik material yang digunakan. Tahap berikutnya sama halnya dengan sebelumnya, dimana setelah sampel mengeras akan dilakukan perawatan di laboratorium. Hingga usia 7 dan 28 hari akan dilakukan pengujian. Tahap ini terlihat pada lampiran gambar 37.

3.3.6 Proses Perawatan Beton

Proses perawatan beton ini tentunya dilakukan agar kelembapan beton tetap terjaga. Hal ini berguna mencegah keretakan pada permukaan beton dan juga agar tercapainya mutu beton rencana. Perawatan sendiri dilakukan ketika benda uji

beton telah mengering di cetaknya. Kemudian benda uji akan dilepas dari cetakan dan akan direndam ke dalam bak berisi air. Untuk proses perawatan sendiri mengacu pada SNI 03-4810-1998, yang telah diringkas pada bab sebelumnya. Sedangkan untuk benda uji beton yang di buat di lapangan akan setelah mengering , beton akan dibawa kembali ke laboratorium untuk di rendam di dalam bak yang sama. Pada tahap ini juga dilakukan pencatatan tanggal tiba sampel lapangan.³

3.3.7 Pengujian Beton

Pada penelitian ini dilakukan pengujian beton pada usia 7 dan 28 hari. Setelah beton mengalami tahap perawatan , beton akan diangkat dari bak perendaman dan akan di uji pada usia yang telah di tentukan. Begitu juga benda uji yang berasal dari lapangan Dari 10 benda uji berupa silinder dan 10 benda uji berupa balok yang ada, akan dibagi menjadi 2 waktu pengujian. Sehingga didapatkan pengujian usia 7 hari berjumlah 10 benda uji berupa silinder dimana 5 berasal dari sampel laboratorium, dan 5 sampel berasal dari lapangan. Begitu juga dengan balok berjumlah 10 buah yang akan dilakukan pengujian di usia 7 hari. Dimana 5 buah berasal dari sampel lab dan 5 buah berasal dari sampel lapangan. Begitu juga ketika 28 hari, beton akan di uji dengan pola dan jumlah pengujian yang sama ketika usia 7 hari. Berdasar perasturan SNI 2018 revisi 2 divisi 7, pengujian beton yang belum mencapai usia 28 hari hasil uji beton harus mencapai 85% dari hasil uji usia 28 hari.

Pengujian beton untuk benda uji berbentuk silinder dilakukan dengan mesin *Compression Testing Machine* yang telah terkalibrasi. pengujian dilakukan dengan cara meletakkan landasan tekan datar bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap atas pada bidang datar mesin uji secara langsung dibawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas dan bawah serta permukaan benda uji. Lalu letakkan benda uji pada landasan tekan bawah (SNI 1974-2011). Sedangkan untuk benda uji berbentuk balok digunakan mesin *Hydraulic Concrete Beam Testing* . Langkah penggunaannya yakni dengan

meletakkan benda uji di bawah pembeban, dengan posisi peletakan beban $\frac{1}{3}$ panjang bentang. Atur katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan.hentikan pembebanan ketika benda uji patah, dan catat nilai pembebanannya (SNI-4431-2011). Pengujian beton sendiri terlihat pada lampiran gambar 38 dan 39.

3.3.8 Pengolahan Data Beton

Pengolahan data beton akan dilakukan dengan menggunakan metode statistik , seperti yang telah di jabarkan pada Bab II sub bab 2.2. Dimana beton yang telah di uji setiap usia 7 dan 28 hari hasil nya akan di catat ke dalam tabel. Yang kemudian akan dituangkan ke dalam bentuk grafik. Dari hasil angka pengujian yang didapat akan di hitung berdasar tahap yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Nantinya berdasar hasil x-chart yang didapat akan terlihat persentase beton yang sesuai mutu rencana dan yang tidak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis menggunakan *Statistical Quality Control* (SQC) nilai uji baik berupa kuat tekan maupun kuat tarik lentur, baik sampel laboratorium maupun lapangan sama-sama terjadi ketidakkonsistenan data.
2. Penyebab ketidakkonsistenan data tentunya berkaitan dengan mutu beton yang dihasilkan. Dimana ada beberapa sampel beton yang menghasilkan mutu diatas nilai batas kendali atas, namun tidak sedikit pula terdapat sampel beton yang menghasilkan mutu dibawah nilai batas kendali bawah.
3. Penyebab perbedaan mutu yang dihasilkan tersebut tentunya berkaitan dengan faktor penurunan mutu beton. Dimana beberapa material pencampur yang tidak memenuhi spek seperti kadar lumpur pasir yang melebihi dari 5%.
4. Selain dari itu ada indikasi pada bab sebelumnya bahwa waktu perjalanan yang berkaitan dengan temperature dan kelecakan campuran berpengaruh terhadap mutu. Namun pada penelitian ini asumsi tersebut tidak berpengaruh terhadap hasil uji yang tidak jauh berbeda antara sampel laboratorium dan lapangan.
5. Asumsi berikutnya ialah perlakuan sampel di laboratorium dan lapangan. Dimana terjadi pengangkutan sampel lapangan menuju laboratorium dengan usia beton yang berbeda. Asumsi ini tidak berpengaruh dengan hasil uji yang didapat antara laboratorium dan lapangan, yang mana memiliki nilai persentase beda lebih dari 5% hanya sebanyak 3 dari 10 tanggal produksi pada beton mutu $f_c' 10$ MPa dan 4 dari 21 tanggal produksi beton mutu $F_s' 4,5$ MPa usia 7 hari. Sedangkan usia 28 hari hanya ada satu tanggal produksi yang melebihi 5%.

6. Penyebab berikutnya ialah penggunaan komposisi yang sesuai dengan material. Asumsi yang menjadi faktor penurunan mutu beton pada penelitian ini juga didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya. Dimana agregat dengan kadar lumpur tinggi menyebabkan penurunan mutu beton. Selain itu penggunaan bahan *admixture* juga berpengaruh terhadap mutu yang dihasilkan. Seperti yang terjadi pada penelitian ini terjadi perbedaan penggunaan jumlah *admixture* , air, dan agregat halus. Kebenaran asumsi ini juga diperkuat oleh penelitian sebelumnya dimana semakin banyak persentase *admixture* yang digunakan membuat peningkatan kuat tekan awal .

5.2 Saran

Salah satu faktor penyebab kegagalan ialah material pencampur. Sehingga perlu adanya seleksi yang ketat terhadap supplier material yang akan datang. Hal ini terutama terjadi pada material agregat halus, dimana terdapat dua supplier yang berbeda didalamnya. Perlu adanya tindakan tegas dalam penerimaan material yang sesuai kriteria. Dimana ketika material tiba akan diuji oleh anggota dari laboratorium, selanjutnya nilai hasil uji berupa kadar lumpur akan diserahkan kembali kepada pihak logistik selaku unit penerimaan barang.

Faktor selanjutnya yang berpengaruh terhadap mutu ialah penggunaan komposisi pada setiap material yang berbeda. Sehingga untuk selanjutnya pihak perusahaan dapat merubah Standar Operasional Prosedur (SOP) yang ada dengan menyesuaikan karakteristik material yang ada. Selain itu perlu adanya kelancaran penyampaian informasi akan dimulainya waktu produksi. Sehingga pihak laboratorium dapat mempersiapkan komposisi yang akan digunakan melalui pengujian kilat sebelum produksi.

Selain dari itu pihak laboratorium juga dapat mengembangkan penelitian yang tujuannya ialah peningkatan mutu beton ditengah kondisi material yang ada. Dimana jika terjadi material agregat halus yang tidak memenuhi spesifikasi seperti yang terjadi pada penelitian ini pihak laboratorium dapat mensiasati penggunaan komposisi agar tercipta mutu sesuai rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, Ibrahim, & Sulianti, I. (2014). Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton Scc Dengan Bahan Tambah Sp430 Dan Rp260.
- Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder Badan Standardisasi Nasional.* (2011). www.bsn.go.id
- Chopane, A. V., & S. Wayal, D. A. (2016). Evaluation of Quality of Concrete Road Project based on Statistical Quality Control Techniques.
- Firnanda, A., & Kurniawandy, A. (2014). *Kuat Tekan Betondan Waktu Ikut Semen Portland Komposit (PCC).*
- Humaidi, M., Hafizh, D. M. (2011). *Pengaruh Nilai Slump Terhadap Kuat Tekan.*
- Sudjatmiko, A., & Zhuhur, M. (2019). Pengaruh Kadar Lumpur Agregat Halus 12, 5 %, Dan 15 % Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah.
- Lv, P., Wang, X., Liu, Z., Yu, J., & Liu, M. (2017). Porosity- and reliability-based evaluation of concrete-face rock dam compaction quality. *Automation in Construction.*
- Mahadi, R., Prasetyo, Y., Setyawan, A., & Budiarto, A. (2016). *Studi Banding Karakteristik Beton Berpori Antara Benda Uji Di Laboratorium Dengan Benda Uji Di Lapangan (Studi Kasus Pada Bahu Jalan Di Desa Kadokan, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo).*
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.
- Purwanto, E., Noorhidana, V. A., & Junaedi, T. (2022). *Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri Perbandingan Pengaruh Penambahan Naptha E121 dan Nexco Polinex He 500 Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Rigid Pavement. 5.*
- Putri, D. O., & Soares, M. (2019). *Pengendalian Kualitas Genteng Beton Menggunakan Metode Statistical Quality Control.*

- Rahmani, H., Gazali, A., Arsyad, M., & Banjari, A. (2020.). *The Effect of Mixed Material Temperature on Concrete Properties and Quality in the Implementation of Remote Area Drainage in South Kalimantan Province.*
- Usman, K., & Widyawati, R. (2011). *Pengendalian Mutu Beton Ready Mix Pada Batching Plant Dengan Menggunakan Statistical Quality Control.*
- Zain, H. (2019). Pengaruh Waktu Pengangkutan Adukan Beton Ke Tempat Pengecoran Terhadap Kekuatan Tekan.

