ANALISIS PENGENDALIAN MUTU BETON PADA PROYEK RUMAH SUSUN PIK PULO GADUNG DENGAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL*

(Skripsi)

Oleh:

MOCH SOFYAN SETIADI

NPM 1815011057

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

ABSTRAK

ANALISIS PENGENDALIAN MUTU BETON PADA PROYEK RUMAH SUSUN PIK PULO GADUNG DENGAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL*

Oleh

MOCH SOFYAN SETIADI

Pengendalian mutu beton pada proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung dilakukan dengan penentuan nilai kuat tekan beton yang berpengaruh pada mutu beton yang dihasilkan. Penelitian ini adalah mengenai cara pengendalian mutu beton dengan melakukan pengujian kekuatan tekan beton. Data-data hasil pengujian dianalisis dengan metode *statistical quality control* (SQC). Hasil analisis berupa *control chart* yang terdiri dari garis rata-rata/target sasaran, *upper control limit* (UCL)/batas atas, dan *lower control limit* (LCL)/batas bawah.

Dari hasil analisa diperoleh hasil bahwa mutu beton dari pelat, balok dan kolom lantai 8 sampai 16 telah memenuhi mutu rencana. Berdasarkan *X-chart* untuk fc' 30 MPa memenuhi target 11,11%-44,44%, dibawah target 11,11%-55,56%, keluar UCL 33,33%-55,56%, keluar LCL 20%-60%. Untuk fc' 40 MPa memenuhi target 50%-75%, dibawah target 25%-75%, keluar UCL 25%. Berdasarkan *R-chart* untuk fc' 30 MPa memenuhi target 22,22%-60%, dibawah target 40%-66,67%, keluar UCL 11,11%. Untuk fc' 40 MPa memenuhi target 50%, dibawah target 50%.

Kata Kunci: Mutu Beton, Pengendalian Mutu, *SQC*

ABSTRACT

ANALYSIS OF CONCRETE QUALITY CONTROL IN PIK PULO GADUNG FLATS PROJECT USING STATISTICAL QUALITY CONTROL METHOD

By

MOCH SOFYAN SETIADI

Concrete quality control in the PIK Pulo Gadung Flats project is carried out by determining the concrete compression strength which affects the quality of the concrete produced. This research is about how to control the quality of concrete by testing the compressive strength of concrete. The test results data were analyzed using statistical quality control (SQC) method. The results of the analysis are in the form of a control chart consisting of the average/target line, upper control limit (UCL), and lower control limit (LCL).

From the results of the analysis was found that the quality of the concrete from the slabs, beams and columns of floors 8 to 16 was in accordance with the quality of the plan. Based on the X-chart for fc' 30 MPa on target 11.11%-44.44%, below target 11.11%-55.56%, out UCL 33.33%-55.56%, out LCL 20%-60%. For fc' 40 MPa on target 50% -75%, below the target 25%-75%, out UCL 25%. Based on the R-chart for fc' 30 MPa on target 22.22% -60%, below the target of 40%-66.67%, out UCL 11.11%. For fc' 40 MPa on target 50%, below the target 50%.

Keywords: Concrete Quality, Quality Control, SQC

ANALISIS PENGENDALIAN MUTU BETON PADA PROYEK RUMAH SUSUN PIK PULO GADUNG DENGAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL*

Oleh:

Moch Sofyan Setiadi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi	:	**ANALISIS PENGENDALIAN MUTU BETON PADA PROYEK RUMAH SUSUN PIK PULO GADUNG DENGAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL***
Nama Mahasiswa	:	Moch Sofyan Setiadi
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1815011057
Program Studi	:	Teknik Sipil
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19720513 200312 1 002

Ir. Surya Sebayang, M.T.
NIP 19580124 198703 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D.** .....

Sekretaris : **Ir. Surya Sebayang, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Ika Kustiani, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **04 September 2023**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan yang tidak sesuai, maka saya siap dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 2023

Moch Soryan Setiadi

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lebak, 11 Oktober 1999. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Nurdin dan Ibu Siti Sopiah. Jenjang akademis penulis dimulai dari sekolah dasar di SDN 2 Malingping Utara pada tahun 2006. Pada 2012 melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 1 Malingping. Pada tahun 2015 melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMAN 1 Malingping dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menjadi anggota dari Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota Departemen Penelitian dan Pengembangan pada periode tahun 2019/2020 dan Ketua Divisi Pengembangan Departemen Penelitian dan Pengembangan periode tahun 2020/2021. Selama perkuliahan penulis melakukan kegiatan pertukaran pelajar pada program kampus merdeka, yaitu program PERMATA KITA, Pertukaran Mahasiswa Nusantara Kerjasama FT Unila dan Untirta Tahun 2021. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Sawarna, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Banten selama 40 hari pada program KKN Mandiri Putra Daerah. Selama perkuliahan penulis telah melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung Jakarta Timur selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Analisis Pengendalian Mutu Beton pada Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung dengan Metode *Statistical Quality Control*.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahhirabbilalamin dengan ridho Allah SWT akhirnya saya dapat menyelesaikan sebuah karya yang semoga menjadikan saya insan yang berguna dan bermanfaat bagi banyak orang.

Untuk kedua orang tua saya, Emak dan Bapak yang sangat saya sayangi serta adik saya yang selama ini telah menjadi pemacu semangat saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Untuk para dosen yang tak pernah hentinya memberikan ilmu pengetahuan, arahan dan bimbingannya.

Untuk pasangan, teman dan sahabat yang selama ini telah mendukung dan menjadi tempat berbagi keluh kesah.

MOTO HIDUP

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya

(QS. Al-Baqarah:286).

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, kecuali mereka mengubah keadaan mereka sendiri

(QS. Ar-Rad:11)

Kuliah itu adalah sebuah medan perang yang terlalu indah untuk diakhiri dengan kata menyerah

(Alitt Susanto)

The secret of getting ahead is getting started

(Mark Twain)

Selesaikan apa yang sudah kamu mulai

(Anonim)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia dan anugerah-Nya sehingga skripsi berjudul "Analisis Pengendalian Mutu Beton Pada Proyek Rumah Susun Pik Pulo Gadung Dengan Metode *Statistical Quality Control*" ini dapat diselesaikan.

Pada penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, kepercayaan, dan semangat baik moral maupun materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
5. Bapak Muhammad Karami, S. T., M. Sc., Ph. D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung.
6. Bapak Kristianto Usman. S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 1.
7. Bapak Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2.
8. Ibu Ir. Ika Kustiani, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji.
9. Bapak (Alm) Ir. Edi Purwanto, Bapak Ir. Surya Sebayang, M.T., dan Ibu Yuda Romdania, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Akademik.

10. Fera Yuniar sebagai pasangan yang selalu memberikan semangat dan dukungan, para sahabat dan teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan solusi serta seluruh rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2018 yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi berbagai pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, 2023

Penulis

MOCH SOFYAN SETIADI

DAFTAR ISI

Hal.

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 5

II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Pengendalian Mutu *(Quality Control)* 6
2.2 Beton 7
2.3 Kuat Tekan Beton 7
2.4 Evaluasi Mutu Beton Menurut SNI 12
2.4.1 Jumlah dan Frekuensi Pengambilan Benda Uji 12
2.4.2 Pasangan Benda Uji 13
2.4.3 Evaluasi dan Penerimaan Mutu Beton 13
2.4.4 Tindakan Jika Mutu Beton Tidak Memenuhi Syarat 13
2.5 Statistical Quality Control 14
2.5.1 Langkah-langkah membuat X-Chart 17
2.5.2 Langkah-langkah membuat R-Chart 18
2.6 Penelitian Terdahulu 24
2.7 Perbandingan Dengan Penelitian Yang Terdahulu 28

III. METODOLOGI PENELITIAN 32

3.1 Lokasi Penelitian 32

3.2 Populasi dan Sampel 32

3.2.1 Populasi 32

3.2.2 Sampel 32

3.3 Teknik Pengumpulan Data 33

3.4 Teknik Analisis Data 33

3.5 Diagram Alir Penelitian 34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 35

4.1 Gambaran Umum Proyek 35

4.2 Data Penelitian 45

4.3 Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Tower C3 45

4.3 Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Tower C2 60

4.4 Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Tower C1 68

V. KESIMPULAN DAN SARAN 78

5.1 Kesimpulan 78

5.2 Saran 79

DAFTAR PUSTAKA 80

LAMPIRAN A (DATA KUAT TEKAN)

LAMPIRAN B (HASIL ANALISIS PERHITUNGAN C3)

LAMPIRAN C (HASIL ANALISIS PERHITUNGAN C2)

LAMPIRAN D (HASIL ANALISIS PERHITUNGAN C1)

LAMPIRAN E (DOKUMENTASI)

LAMPIRAN F (GAMBAR KERJA)

LAMPIRAN G (LEMBAR ASISTENSI)

DAFTAR GAMBAR

Hal.

Gambar 1. Benda Uji Kuat Tekan Beton. 9
Gambar 2. Uji Kuat Tekan Beton. 10
Gambar 3. Bentuk Kehancuran Pada Benda Uji. 11
Gambar 4. Rentang pengaruh variasi pada kuat tekan beton. 12
Gambar 5. Contoh Control Charts. 15
Gambar 6. X-Chart hasil perhitungan (contoh). 22
Gambar 7. R-chart hasil perhitungan (contoh). 23
Gambar 8. Lokasi Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung. 32
Gambar 9. Diagram Alir Penelitian 34
Gambar 10. Lokasi Proyek Pembangunan Rusun PIK Pulo Gadung. 35
Gambar 11. Perspektif Bangunan 36
Gambar 12. Site Plan Tower C1, C2 dan C3 37
Gambar 13. Pembagian Zona Pengecoran 44
Gambar 14. Subgrup area sampel Pelat dan Balok lantai 8 C3 7 hari 46
Gambar 15. X-chart Pelat dan Balok Lantai 2 C3 Umur 7 Hari 48
Gambar 16. R-chart Pelat dan Balok Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 49
Gambar 17. Subgrup area sampel Kolom lantai 8 C3 7 hari 50
Gambar 18. X-chart Kolom Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 50
Gambar 19. R-chart Kolom Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 51
Gambar 20. X-chart Total Pelat dan Balok C3 umur 28 hari 52
Gambar 21. R-chart Total Pelat dan Balok C3 umur 28 Hari 53
Gambar 22. X-chart Total Kolom C3 umur 28 hari fc’ 40 MPa 54
Gambar 23. R-chart Total Kolom C3 fc' 40 MPa umur 28 Hari 54
Gambar 24. X-Chart Total Kolom C3 Umur 28 Hari Fc’ 30 Mpa 55
Gambar 25. R-chart Kolom C1 fc' 30 MPa umur 28 Hari 56
Gambar 26. X-chart Total Pelat dan Balok C2 umur 28 hari 60

Gambar 27. R-chart Total Pelat dan Balok C2 umur 28 hari 61
Gambar 28. X-chart Total Kolom C2 umur 28 hari fc’ 40 MPa 62
Gambar 29. R-chart Total Kolom fc’ 40 MPa C2 umur 28 hari 62
Gambar 30. X-chart Total Kolom C2 Umur 28 Hari Fc’ 30 Mpa 63
Gambar 31. R-chart Total Kolom fc’ 30 MPa C2 umur 28 hari 64
Gambar 32. X-chart Total Pelat dan Balok C1 umur 28 hari 68
Gambar 33. R-chart Total Pelat dan Balok C1 umur 28 hari 69
Gambar 34. X-chart Total Mutu Kolom C1 umur 28 hari fc’ 40 MPa 70
Gambar 35. R-chart Total Kolom C1 fc' 40 MPa umur 28 hari 70
Gambar 36. X-chart Total Mutu Kolom C1 umur 28 hari fc’ 30 MPa 71
Gambar 37. R-chart Total Kolom C1 fc' 30 MPa umur 28 hari 72

DAFTAR TABEL

Hal.

Tabel 1. Konversi umur kekuatan beton 11
Tabel 2. Nilai Faktor *Control Chart Limits* 19
Tabel 3. Contoh data perhitungan 20
Tabel 4. Contoh Hasil data perhitungan 20
Tabel 5. Hasil Perhitungan X-chart 22
Tabel 6. Hasil perhitungan R-chart 23
Tabel 7. Perbandingan Penelitian Terdahulu 29
Tabel 8. Luas Bangunan 39
Tabel 9. Ketinggian Bangunan 39
Tabel 10. Dimensi Kolom dan Mutu Beton 40
Tabel 11. Dimensi Balok Induk 42
Tabel 12. Tebal dan Tulangan Pelat Lantai 43
Tabel 13. Analisis Pelat dan Balok Lantai 8 Tower C3 Umur 7 Hari 46
Tabel 14. Data X-chart Pelat dan Balok Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 48
Tabel 15. Data R-chart Pelat dan Balok Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 48
Tabel 16. Analisis Kolom Lantai 8 Tower C3 Umur 7 Hari 49
Tabel 17. Data X-chart Kolom Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 50
Tabel 18. Data R-chart Kolom Lantai 8 C3 Umur 7 Hari 51
Tabel 19. Rekap Mutu Pelat dan Balok C3 fc’ 30 MPa umur 28 hari 52
Tabel 20. Rekap Mutu Kolom C3 fc' 40 MPa umur 28 hari 53
Tabel 21. Rekap Mutu Kolom C3 fc' 30 MPa umur 28 hari 55
Tabel 22. Rekap Perhitungan X-chart Tower C3 57
Tabel 23. Rekap Perhitungan R-chart Tower C3 58
Tabel 24. Rekap Mutu Pelat dan Balok C2 fc’ 30 MPa umur 28 hari 60
Tabel 25. Rekap Mutu Kolom C2 fc' 40 MPa umur 28 hari 61
Tabel 26. Rekap Mutu Kolom C2 fc' 30 MPa umur 28 hari 63
Tabel 27. Rekap Perhitungan X-chart Tower C2 65

Tabel 28. Rekap Perhitungan R-chart Tower C2 66
Tabel 29. Rekap Mutu Pelat dan Balok C1 fc’ 30 MPa umur 28 hari 68
Tabel 30. Rekap Mutu Kolom C1 fc' 40 MPa umur 28 hari 69
Tabel 31. Rekap Mutu Kolom C1 fc' 30 MPa umur 28 hari 71
Tabel 32. Rekap Perhitungan X-chart Tower C1 73
Tabel 33. Rekap Perhitungan R-chart Tower C1 74
Tabel 34. Daftar Harga Ready mix 76
Tabel 35. Rekap Perbedaan Harga Beton 77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi gedung di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Banyak sekali proyek pembangunan gedung yang dilakukan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Proyek pembangunan gedung di Indonesia dilihat dari berbagai aspek diantaranya yaitu biaya, mutu dan waktu (Husen, 2011). Dengan banyaknya pembangunan gedung di Indonesia, tentunya harus disertai dengan mutu yang baik dari bangunan gedung yang dihasilkan, Untuk menciptakan suatu bangunan dengan kualitas tinggi tentunya harus diperhatikan kesesuaian mutu yang direncanakan, agar tidak terjadinya cacat pada pekerjaan yang akan menurunkan kualitas dari bangunan tersebut (Setyawan & Suryanto HS, 2018)

Akan tetapi dalam pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi di Indonesia banyak dijumpai kegagalan dimana salah satu penyebabnya adalah tidak sesuainya pelaksanaan konstruksi dengan standar mutu yang ditetapkan. Kegagalan konstruksi yang terjadi ini banyak diakibatkan karena standar mutu yang tidak diterapkan dalam pelaksanaan pekerjaan dan tidak sesuainya mutu pekerjaan sebagaimana yang sudah tertera dalam dokumen spesifikasi teknis masing-masing pekerjaan (Manabung et al., 2018).

Salah satu proyek pembangunan konstruksi gedung di Indonesia yaitu Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung. Rumah Susun ini terdiri dari 3 Tower dengan masing-masing terdiri dari 16 lantai. Pembangunan rumah susun ini memiliki konsep gedung bertingkat untuk tempat tinggal dan juga tersedia berbagai fasilitas umum yang memadai. Pembangunan rumah susun ini diharapkan dapat mempermudah masyarakat dari kalangan menengah ke bawah untuk memiliki tempat tinggal yang layak, nyaman dan dengan fasilitas yang memadai serta

mewujudkan daerah DKI Jakarta menjadi lebih baik lagi dari pemukiman kumuh dan bangunan-bangunan liar.

Hingga pada tahun 2021 Pemerintah DKI Jakarta telah banyak membangun rumah susun yang jumlahnya yakni terdiri dari 51 Tower, 183 Blok dan 28.766 Unit (BPS Provinsi DKI Jakarta, 2021). Dengan banyaknya rumah susun yang telah dibangun ini diharapkan dapat memfasilitiasi masyarakat berpenghasilan rendah untuk dapat tempat tinggal yang layak. Pembangunan rumah susun yang begitu banyak tersebut harus disertai dengan mutu bangunan yang baik pula agar bangunan ini bisa aman dan nyaman untuk ditinggali.

Mutu dalam dunia konstruksi adalah kesesuaian hasil yang diinginkan oleh pelanggan. Mutu merupakan salah satu indikator dari kesuksesan suatu proyek konstruksi. Dengan hal ini mutu menjadi tujuan dan juga indikator kesuksesan suatu proyek konstruksi, sehingga dianggap sebagai elemen kunci dari metode dan teknik manajemen konstruksi (Artha et al., 2013).

Salah satu mutu produk yang harus terjaga dan sesuai dengan yang direncanakan adalah mutu beton. Mutu beton yang digunakan dalam pembangunan suatu proyek harus sesuai dengan rencana untuk menghasilkan suatu bangunan yang berkualitas. Mutu beton yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan itu akan menurunkan kualitas pada suatu bangunan, sehingga bisa terjadi kegagalan pada konstruksi tersebut karena tidak tercapainya mutu yang direncanakan (Artha et al., 2013)

Proses pengendalian mutu salah satunya dapat menggunakan metode *Statistical Quality Control (SQC)* atau pengendalian kualitas statistik yaitu dengan memasukkan data dari mutu suatu produk ke dalam sebuah *Control charts*. *Control charts* terbagi menjadi 2 jenis yaitu *X-charts* dan *R-chart*, dimana *X-chart* parameternya yaitu rata-rata dari suatu kumpulan data sedangkan *R-chart* memiliki parameter Rentang atau jangkauan dari suatu data. X-chart dan R-chart keduanya memiliki batas kendali yaitu batas kendali atas *(upper control limit/UCL)* dan *(lower control limit/LCL).*

Metode *Statistical Quality Control (SQC)* dapat diterapkan dalam menganalisa pengendalian mutu beton, dalam tugas akhir ini pengendalian mutu beton

menggunakan metode SQC akan dilakukan pada Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung di Jakarta Timur yang memiliki 3 Tower yaitu Tower C1, C2 dan C3 dengan masing-masing tower memiliki 16 lantai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Apakah mutu beton dari komponen struktur gedung (pelat, kolom, balok) sudah sesuai dengan yang direncanakan?
b. Apakah faktor yang mempengaruhi mutu beton dari komponen struktur gedung sesuai/tidak dengan rencana?
c. Bagaimana menkonversi hasil uji kuat tekan beton menjadi sebuah *control charts* untuk bisa dianalisis?
d. Apakah mutu beton dari komponen struktur gedung sesuai dengan target berdasarkan *x-chart?*
e. Apakah *range* dari mutu beton komponen struktur gedung sesuai dengan target berdasarkan *R-chart*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

a. Lokasi studi kasus yang dibahas pada Tugas Akhir ini adalah Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung, Jakarta Timur.
b. Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu data historis dari proyek pembangunan rumah susun PIK Pulo Gadung.
c. Analisa mutu beton yang dilakukan yaitu per lantai mulai dari lantai 8 sampai dengan lantai 16 pada Tower C1, C2 dan C3, dari data kuat tekan periode Januari – Juni 2021.
d. Analisa mutu beton hanya dilakukan pada Kolom, Balok dan Pelat.
e. Analisa mutu beton dilihat melalui Uji Kuat Tekan Beton.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

a. Untuk mengetahui kesesuaian mutu beton dari komponen struktur gedung dengan yang direncanakan.
b. Mengetahui faktor-faktor yang mungkin menyebabkan mutu beton sesuai/tidak sesuai dengan rencana.
c. Mengetahui cara konversi hasil uji kuat tekan beton menjadi sebuah *control charts* yang bisa dianalisis
d. Mengetahui mutu beton dari komponen struktur gedung apakah sudah sesuai target berdasarkan *x-charts.*
e. Mengetahui *range* mutu beton dari komponen struktur gedung apakah sudah sesuai target berdasarkan *R-charts*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penyusunan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Manfaat bagi Penulis

   Dengan adanya penelitian ini, penulis berharap agar dapat mengembangkan kemampuan dan pengetahuan penulis tentang pengendalian mutu beton dan juga kemampuan menganalisa dengan metode *Statistical Quality Control (SQC).*
b. Manfaat bagi Perusahaan

   Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pembanding dalam upaya pengendalian mutu beton pada proyek konstruksi gedung dan juga menjadi masukan kepada kontraktor dan konsultan manajemen konstruksi untuk memperhatikan pengendalian mutu di proyek tersebut.
c. Manfaat bagi Pembaca

   Penelitian ini dapat dijadikan sumber referensi untuk penelitian yang lainnya berkaitan dengan tema pengendalian mutu pada proyek konstruksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari 6 bab yaitu sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

   Bab yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelirian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

   Bab yang terdiri atas penjelasan dasar teori yang berhubungan dengan isi penulisan Tugas Akhir yaitu Pengendalian Mutu Beton dengan Metode *Statistical Quality Control.*

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

   Bab yang terdiri atas penjelasan objek dan lokasi penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisa dan tahap penelitian.

d. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

   Bab yang terdiri atas Analisa data yang didapatkan dari hasil pengujian serta pembahasan berdasarkan data – data yang didapatkan.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

   Bab yang terdiri atas kesimpulan dari keseluruhan penelitian dan saran sebagai pelengkap dari tugas akhir ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Mutu *(Quality Control)*

Pengendalian Mutu adalah sebuah teknik dan manajemen untuk mengukur kualitas dari suatu produk atau jasa untuk kemudian dibandingkan hasil pengukuran tersebut dengan spesifikasi yang direncanakan serta melakukan tindakan peningkatan kualitas apabila terdapat perbedaan antara pengukuran dan spesifikasi (Bakhtiar et al., 2013).

Pengendalian Mutu dilihat secara statistik dapat digunakan untuk menemukan kesalahan yang terjadi pada suatu produk atau jasa sehingga dapat diambil tindakan lebih lanjut untuk mengatasinya. Pengendalian Mutu memiliki 7 alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk melakukan pengendalian mutu yaitu check sheets, cause-and-effect diagram, flow charts, pareto charts, scatter diagram, histogram dan control charts (Poovaragavan & Sekar, 2016).

Pengendalian Mutu dilakukan untuk memonitor agar produk yang dihasilkan merupakan produk yang berkualitas, dan juga dilakukan setelah ada produk yang dihasilkan oleh proyek dapat berupa produk pada milestone ataupun produk akhir proyek. Output utama dalam Pengendalian Mutu diantaranya yaitu:

a. Keputusan baik/tidaknya proyek berjalan berdasarkan baseline quality ataupun rencana pengendalian
b. Saran tindakan korektif atau preventif (jika ada)
c. Saran perbaikan aturan, prosedutr ataupun proses.

2.2 Beton

Beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan pada pembangunan dalam bidang teknik sipil seperti bangunan gedung, jembatan, bendung dan konstruksi lainnya. Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar (split atau kerikil), semen, air, dengan atau tanpa bahan tambahan untuk membentuk massa padat (SNI 2847:2019).

Secara umum bahan dasar pembuatan beton terdiri atas semen sebagai perekatnya, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (split atau kerikil) sebagai bahan pengisi dan air sebagai pereaksi serta bila perlu ditambahkan bahan tambahan (admixture). Beton dapat dibuat dengan mutu yg bervariasi, hal ini dapat dilakukan dengan merancang adonan sehingga dihasilkan beton dengan perbandingan tertentu dari masing-masing bahan dasarnya (Asroni, 2010).

Salah satu hal yang dapat menentukan beton berkualitas atau tidak adalah dilihat dari kuat tekannya, dimana kuat tekan ini diperoleh dari hasil pengujian benda uji beton yang sudah dirawat selama 28 hari dari saat pengecoran. Untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka diperlukan perencanaan campuran, jika kuat tekan sudah sesuai dengan rancangan maka campuran tersebut digunakan sebagai pedoman pembuatan campuran, sebaliknya jika kuat tekan belum sesuai dengan rancangan yang diinginkan maka diperlukan perubahan pada perencanaan campuran sehingga didapatkan perbandingan campuran yang baru.

Dalam proyek konstruksi, kuat tekan adalah kriteria yang paling penting dalam menilai penerimaan batch beton yang dipasok oleh pabrik tertentu. Variabilitas dalam kekuatan tekan beton dari setiap pabrik tidak bisa dihindari. Sumber variabilitas tersebut berkisar dari kesalahan dalam pengukuran proporsi bahan hingga variasi sifat bahan-bahan ini (Day et al., 2013).

2.3 Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SNI 1974:2011 Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan dalam satu satuan permukaan luas. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh komposisi dari perbandingan antara agregat kasar, agregat halus,

semen dan air. Dalam pelaksanaannya dilapangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

a. Nilai faktor air semen.

   Jika terlalu banyak air yang digunakan maka kualitas beton akan menurun. Nilai faktor air semen yang baik adalah minimal 0,35 dan maksimal 0,60. Jika nilai faktor air semen lebih dari 0,60 akan mengakibatkan kualitas beton menjadi kurang baik.

b. Rasio agregat-semen.

   Pasta semen berfungsi sebagai perekat agregat. Semakin besar rasio agregat-semen makan semakin buruk kualitas beton yang akan dihasilkan karena kuantitas pasta semen yang menyelimuti agregat berkurang.

c. Derajat kepadatan.

   Semakin baik cara pemadatan beton maka semakin baik pula kualitas beton yang dihasilkan. Pemadatan di lapangan biasanya dilakukan dengan alat bantu *vibrator*.

d. Umur beton.

   Semakin lama umur beton maka semakin meningkat kuat tekan beton. Beton memiliki kuat tekan beton yang baik di umur 14 hari dan akan mencapai kuat tekan 100% di umur 28 hari.

e. Cara perawatan.

   Perawatan beton di laboratorium dilakukan dengan cara perendaman, sedangkan di lapangan biasa dilakukan dengan menutup dengan karung basah atau menyiram air ke permukaan beton.

f. Jenis semen.

   Jenis semen berpengaruh pada kekuatan beton. Semen tipe I lebih cepat bereaksi dibanding PPC.

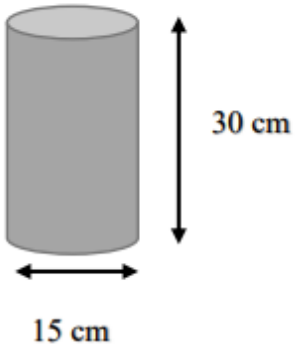
g. Kualitas agregat.

   Meliputi gradasi, tekstur permukaan, bentuk, kekuatan, kekakuan dan ukuran maksimum agregat.

Menurut SNI 1974:2011 Hasil nilai uji kuat tekan yang dihasilkan akan tergantung pada ukuran dan bentuk benda uji, penimbangan, prosedur pencampuran, metode pengambilan contoh, pencetakan dan umur, temperatur dan kondisi kelembaban

selama perawatan. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk pengendalian mutu dari komposisi campuran beton, proses pencampuran dan kegiatan pengecoran beton.

Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan beton yaitu berupa beton yang berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Benda Uji Kuat Tekan Beton.

Proses pembuatan benda uji di lapangan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

a. Meletakan cetakan pada permukaan yang datar, bersihkan cetakan dari kotoran yang menempel lalu dilumasi dengan minyak
b. Menuangkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sendok semen dalam 3 lapis, dengan masing-masing lapisan memiliki volume yang sama
c. Memadatkan beton dengan cara ditusuk menggunakan batang penusuk pada tiap lapisan sebanyak 25 kali. Penusukan harus merata untuk setiap lapisan. Khusus lapisan pertama, penusukan jangan sampai mengenai dasar cetakan.
d. Meratakan permukaan beton dengan roskam atau sendok semen.
e. Memindahkan benda uji ke tempat atau ruangan yang lembab.
f. Mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah 24 jam dari pencetakan.
g. Membersihkan benda uji dari kotoran yang melekat kemudian beri tanda atau nama agar tidak tertukar dengan benda uji yang lain.
h. Melakukan curing atau perawatan pada benda uji.

Setelah benda uji sudah siap maka prosedur pengujian kuat tekan beton dapat dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut:

a. Meletakan benda uji pada mesin tekan.
b. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2-4 kg/cm^2 per detik.
c. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
d. Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
e. Menggambar/mendokumentasikan bentuk kerusakan benda uji.
f. Mencatat keadaan benda uji.
g. Menghitung kuat tekan beton, yaitu besarnya beban per satuan luas.

Gambar 2. Uji Kuat Tekan Beton.

Cara menentukan nilai kuat tekan beton menggunakan rumus berikut:

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

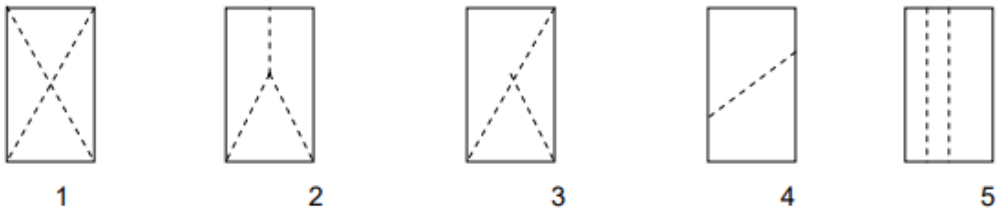
Keterangan:

f'c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas Penampang benda uji (mm^2)

Menurut SNI 1974:2011 pada umumnya benda uji mengalami kerusakan/kehancuran setelah dilakukan pengujian. Bentuk kehancuran pada benda uji bisa dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Bentuk Kehancuran Pada Benda Uji.

Keterangan:

1 Bentuk kehancuran kerucut

2 Bentuk kehancuran kerucut dan belah

3 Bentuk kehancuran kerucut dan geser

4 Bentuk kehancuran geser

5 Bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar).

Kuat tekan beton yang dihasilkan dari umur beton selain 28 hari perlu dilakukan konversi seperti ketentuan PBI 1971 dengan faktor yang ditetapkan seperti pada Tabel 1 berikut.

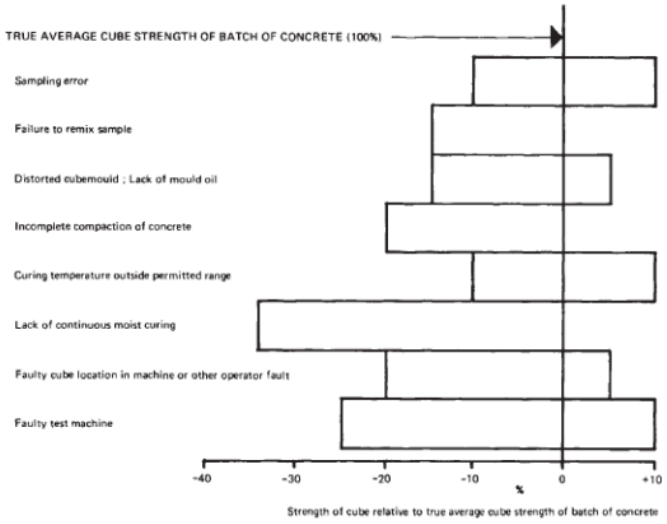
Tabel 1. Konversi umur kekuatan beton

Sifat Beton	**Umur beton (hari)**						
	3	7	14	21	28	90	365
Beton menggunakan semen portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Beton menggunakan semen portland dengan kekuatan awal tinggi.	0,55	0,75	0,9	0,95	1,00	1,15	1,20

2.4 Evaluasi Mutu Beton Menurut SNI

Evaluasi mutu beton berdasarkan SNI ini mengacu pada SNI 2847:2013. Mutu beton, baik itu mutu beton fasa segar (misal: nilai slump) maupun mutu beton keras (misal: nilai kuat tekan) akan menghasikan nilai yang bervariasi. Variasi yang diijinkan terjadi dalam pembuatan beton adalah (lihat juga Gambar 4)

a. Variasi Material
b. Variasi Metode Pencampuran
c. Variasi Transportasi
d. Variasi pengecoran
e. Variasi Perawatan
f. Variasi Pengujian Kekuatan Sampel



Gambar 4. Rentang pengaruh variasi pada kuat tekan beton.

2.4.1 Jumlah dan Frekuensi Pengambilan Benda Uji

Jumlah minimum benda uji per hari pelaksanaan pengecoran = 1 benda uji Frekuensi pembuatan benda uji, diambil kondisi yang paling dulu dipenuhi (SNI 1974:2011):

a. 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 120 m3 beton
b. 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m2 plat lantai beton
c. 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m2 dinding beton

Jumlah total benda uji minimum = 5 buah per mutu beton.

Jika dari frekuensi pembuatan benda uji yang diatur di atas menghasilkan jumlah benda uji kurang dari 5 buah, maka harus dilakukan randomisasi dengan interval volume pengujian yang sama, supaya diperoleh minimal sejumlah 5 buah benda uji. Toleransi untuk jumlah total pengecoran kurang dari 40 m3, diperbolehkan tidak dilakukan sampling dan pembuatan benda uji, jika dapat dijamin dan bukti terpenuhinya kuat tekan diserahkan dan disetujui oleh Pengawas.

2.4.2 Pasangan Benda Uji

Suatu uji kekuatan tekan harus merupakan nilai kekuatan tekan rata-rata dari paling sedikit dua silinder 150 kali 300 mm atau paling sedikit tiga silinder 100 kali 200 mm yang dibuat dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur beton 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan fc'. ((SNI 2847-2013-5.6.2.4) - (SNI-2002-7.6.2.4))

2.4.3 Evaluasi dan Penerimaan Mutu Beton

Penerimaan mutu beton untuk benda uji yang dirawat di laboratorium:

a. Rata-rata dari 3 (tiga) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh ada yang kurang dari nilai *fc'*
b. Rata-rata dari 2 (dua) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh kurang dari nilai *(fc' -3,5 MPa)* (SNI 2847:2013-5.6.3.3)

Ketentuan untuk mutu beton dari benda uji yang dirawat di lapangan, adalah tidak boleh kurang dari 85% kuat tekan atau mutu beton yang dirawat di laboratorium. (SNI 2847:2013-5.6.4.4)

2.4.4 Tindakan Jika Mutu Beton Tidak Memenuhi Syarat

Tindakan yang diambil jika terjadi hasil evaluasi menunjukkan mutu beton tidak memenuhi syarat:

a. Analisis untuk menjamin bahwa tahanan struktur dalam memikul beban masih dalam batas aman (analisa kemampuan beban layan aktual)
b. Jika analisis menunjukkan bahwa struktur berkurang kekuatannya secara signifikan, dilakukan uji contoh beton inti (coring) pada lokasi yang bermasalah, sebanyak minimal 3 contoh uji beton inti pada tiap nilai yang bermasalah

Penerimaan mutu beton dari pengujian beton inti (coring), dianggap **memenuhi syarat** jika:

a. Tidak ada nilai hasil pengujian dengan beton inti yang kurang dari (75% fc')
b. Tidak ada nilai kuat tekan rata-rata dari 3 (tiga) sample beton inti yang kurang dari (85% fc') (SNI 2847:2013-5.6.5.4)

Jika dari hasil pengujian beton inti (coring) masih tidak memenuhi syarat, maka langkah yang bisa dilakukan:

a. Dilaksanakan uji beban jika diperintahkan oleh Pengawas atau Perencana
b. Ditambah perkuatan pada struktur yang bermasalah, jika memungkinkan dan diijinkan oleh Pengawas
c. Struktur yang bermasalah dibongkar dan dicor ulang.

2.5 Statistical Quality Control

Statistic Quality Control (SQC) atau Pengendalian Kualitas Statistik adalah teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, menganalisis, mengendalikan, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode statistik (Dorothea, 2003).

Control Charts memiliki batas kendali yang ditetapkan pada nilai sedemikian rupa sehingga prosesenya terkendali, hampir semua titik akan berada dalam batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). *Upper Control Limit* (UCL) atau batas kendali atas adalah maksimum yang dapat diterima variasi dari rata-rata untuk sebuh proses dalam pengendalian. *Lower Control Limit* (LCL) atau batas kendali bawah adalah minimum yang dapat diterima variasi dari rata-rata untuk sebuah proses dalam pengendalian (Usman & Widyawati, 2011).

Statistic Quality Control (SQC) digunakan pada penelitian ini karena metode ini memiliki beberapa kelebihan dibanding metode yang lain, diantaranya:

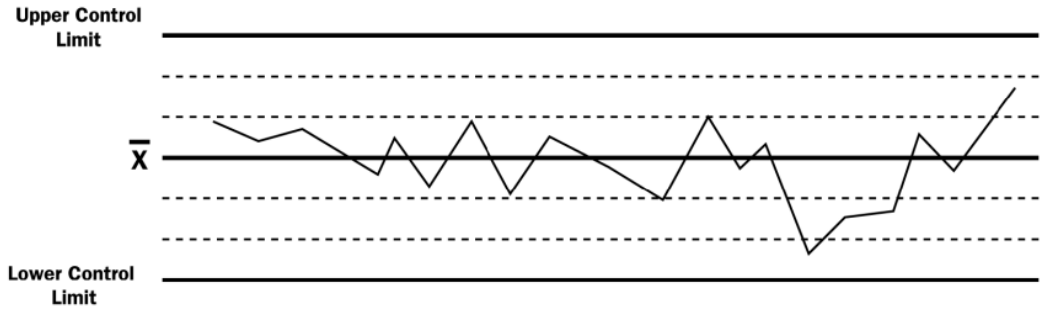
a. Bekerja berdasarkan data/fakta yang objektif dan bukan berdasarkan opini yang subjektif karena menggunakan *sampling* di lapangan.
b. Dapat memantau kinerja mutu mulai dari awal hingga akhir, sehingga keputusan yang diambil benar-benar akurat berdasarkan analisa dan pengolahan berbagai data yang ada.
c. Dapat menggambarkan ketidaknormalan mutu dan melihat pola kecenderungan peningkatan/penurunan mutu dalam volume besar, sehingga bisa diambil tindakan perbaikan bahkan tindakan pencegahan sebelum masalah tersebut benar-benar terjadi.
d. Dapat menggambarkan variabilitas dalam karakteristik kualitas/mutu dari suatu produk.

Konsep terpenting dalam *Statistic Quality Control* adalah Variabilitas, diantaranya yaitu:

a. Variabilitas antar sampel (misalnya rata-rata atau nilai tengah)
b. Variabilitas dalam sampel (misalnya range atau standar deviasi)

Selanjutnya penyelesaian masalah dalam *Statistical Quality Control* mencakup 2 hal, antara lain:

a. Melebihi batas pengendalian, jika proses dalam kondisi diluar kendali.
b. Tidak melebihi batas pengendalian, jika proses dalam kondisi terkendali.



Gambar 5. Contoh Control Charts.

Sumbu x dari semua diagram kendali terdiri dari nomor sampel (biasanya waktu sampel). Bagan kendali memiliki tiga garis umum:

a. Garis tengah, ditandai dengan "X" yang memberikan rata-rata (x) dari data proses.
b. Garis atas yang menunjukkan batas kendali atas (UCL), digambar pada jarak yang dihitung di atas garis tengah, menunjukkan kisaran atas data yang dapat diterima
c. Garis bawah menunjukkan batas kendali bawah (LCL), yang menunjukkan kisaran bawah dari suatu data yang dapat diterima.

Titik-titik di luar UCL dan LCL menunjukkan bahwa proses tersebut tidak terkendali dan/atau tidak stabil.

Control Chart dibagi menjadi 2 yaitu :

a. *Control chart* rata-rata (x chart)
   Peta kendali ini digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa.
b. *Control chart* rentang (R chart)
   Peta kendali ini digunakan untuk mengetahui besarnya rentang atau selisih antara nilai pengukuran antara nilai pengukuran yang terbesar dengan nilai pengukuran yang terkecil di dalam sub grup yang diperiksa.

Bagan pengendalian mutu digunakan untuk pengendalian kualitas melalui sebuah penelitian atau pengujian pada variabel proses, seperti waktu proses pengerjaan produk dan ukuran produk (diameter, panjang, berat atau isi). Kesesuaian dengan standar mutu dinilai dari 2 sudut penilaian, yaitu ukuran rata-rata sampel serta rentang *(range)* dari ukuran sampe yang diteliti. Keakuratan proses diteliti dengan menggunakan *X-chart*. Sedangkan untuk presisi ukuran produk diteliti dengan menggunakan *R-chart*.

Langkah-langkah control chart data variabel

a. Pemilihan karakteristik kualitas (berat, panjang, waktu dsb)
b. Pemilihan sub kelompok
c. Pengumpulan data

d. Penentuan garis pusat *(center line)* dan *control limit*
e. Penyusunan revisi terhadap garis pusat dan batas-batas pengendalian
f. Interpretasi terhadap pencapaian tujuan.

2.5.1 Langkah-langkah membuat X-Chart

Langkah-langkah dalam membuat X-chart yaitu sebagai berikut:

a. Hitung rata-rata data dari tiap subgrup ($\bar{X}$) dan rata-rata dari $\bar{X}$ ($\bar{\bar{x}}$) dengan rumus sebagai berikut:

   Rata-rata *(Mean)*

   $$\bar{\bar{x}} = \frac{\Sigma \bar{X}}{n} \quad \text{.....(1)}$$

   Keterangan:

   $\bar{\bar{x}}$ atau CL = Rata-rata (Garis tengah)

   $\Sigma \bar{X}$ = Jumlah rata-rata dari Xi

   n = Banyak sampel

b. Standar Deviasi

   $$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{.....(2)}$$

   Keterangan:

   σ = Standar Deviasi

   Xi = Sampel *i*

   $\bar{X}$ = Rata-rata dari Xi

c. Hitung batas pengendali *(control limit)* untuk *X-Bar Charts*

a. *Upper Control Limit* (UCL)

   $$UCL = \bar{\bar{x}} + z\,\sigma_x \quad \text{.....(3)}$$

b. *Lower Control Limit* (LCL)

   $$LCL = \bar{\bar{x}} - z\,\sigma_x \quad \text{.....(4)}$$

   $$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{.....(5)}$$

d. *Control limits* untuk *X-Bar Charts* menggunakan sampel *Range* sebagai faktor perubahan perhitungan

a. *Upper Control Limit* (UCL)

UCL = $\bar{\bar{x}}$ + A_2 $\bar{R}$ .....(6)

b. *Lower Control Limit* (LCL)

LCL = $\bar{\bar{x}}$ - A_2 $\bar{R}$ .....(7)

Keterangan:

$\bar{\bar{x}}$ = Rata-rata (garis tengah)

A2 = Koefisien untuk batas kontrol rata-rata

$\bar{R}$ = Rata-rata *(Range)*

e. Lakukan plot data untuk semua data dengan menggunakan UCL X, $\bar{\bar{x}}$, dan LCL X.

2.5.2 Langkah-langkah membuat R-Chart

a. Hitung selisih antara data terbesar dengan data terkecil (R) pada tiap subgrup
b. Hitung total R (ΣR) dari seluruh subgrup
c. Hitung rata-rata R dengan rumus:

$$\bar{R} = \frac{\Sigma \bar{R}}{n} \quad \text{.....(8)}$$

Keterangan:

$\bar{R}$ = Rata-rata (Garis tengah)

$\Sigma \bar{R}$ = Jumlah rata-rata dari R

n = Banyak sampel

d. Hitung batas pengendali *(control limits)* untuk *R-Charts*

a. *Upper Control Limit* (UCL)

UCL = D_4 $\bar{R}$ .....(9)

b. *Lower Control Limit* (LCL)

LCL = D_3 $\bar{R}$ .....(10)

Keterangan:

D3 dan D4 = Koefisien untuk batas kontrol *Range*

$\bar{R}$ = Rata-rata *(Range)*

e. Lakukan plot seluruh data dengan menggunakan UCL R, $\bar{R}$, dan LCL R.

Tabel 2. Nilai Faktor *Control Chart Limits*

Sample Size n	***Factor for $\bar{x}$-Chart***	***Factors for R-Chart***	
	A2	**D3**	**D4**
2	1,88	0	3,268
3	1,023	0	2,574
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,115
6	0,483	0	2,00
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	0,29	0,26	1,74
12	0,266	0,284	1,716
13	0,25	0,31	1,69
14	0,235	0,329	1,671
15	0,22	0,35	1,65
16	0,212	0,364	1,636
17	0,20	0,38	1,62
18	0,194	0,392	1,608
19	0,19	0,40	1,60
20	0,18	0,414	1,586
21	0,17	0,43	1,58
22	0,17	0,43	1,57
23	0,16	0,44	1,56
24	0,16	0,45	1,55
25	0,153	0,459	1,541

Contoh perhitungan untuk membuat X-Chart dan R-Chart

Misalnya dalam sebuah proyek didapatkan data kuat tekan beton pada sebuah kolom dengan mutu fc’ 30 MPa, terdapat 10 subgrup dengan masing-masing subgrup terdapat 2 sampel seperti pada tabel 3 data ini kemudian dihitung sesuai dengan menggunakan rumus sesuai dengan langkah-langkah yang sudah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya.

Tabel 3. Contoh data perhitungan

Sample number	**x1**	**x2**
1	33	35
2	29	32
3	30	33
4	31	32
5	28	30
6	29	35
7	30	34
8	31	34
9	33	34
10	34	37

Tabel 4. Contoh Hasil data perhitungan

Subgroup	**x1**	**x2**	$\bar{x}$	**σ**	**R**
1	33	35	34	1,4142	2
2	29	32	30,5	2,1213	3
3	30	33	31,5	2,1213	3
4	31	32	31,5	0,7071	1
5	28	30	29	1,4142	2
6	29	35	32	4,2426	6
7	30	34	32	2,8284	4
8	31	34	32,5	2,1213	3
9	33	34	33,5	0,7071	1
10	34	37	35,5	2,1213	3
		$\bar{\bar{x}}$	**32,2**	**1,9799**	**2,8**

LANGKAH-LANGKAH MEMBUAT *X-CHART*

a. Menghitung nilai rata-rata $\bar{\bar{x}}$

Untuk menghitung rata-rata menggunakan persamaan (1), misal untuk subgrup number 1 didapat hasil

$\bar{X} = \frac{33+35}{2} = 34$

Lakukan perhitungan yang sama pada semua sampel, sehingga didapat hasil seperti pada tabel 4 untuk nilai $\bar{X}$. Hasil dari perhitungan rata-rata tiap

subgrup lalu dirata-ratakan kembali untuk memperolah nilai $\bar{\bar{x}}$ dengan menggunakan persamaan (1) sehingga didapat hasil

$$\bar{\bar{x}} = \frac{34+30{,}5+31{,}5+31{,}5+29+32+32+32{,}5+33{,}5+35{,}5}{10} = 32{,}2$$

b. Menghitung Standar Deviasi

Untuk menghitung standar deviasi menggunakan persamaan (2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{(33-34)^2+(35-34)^2}{2-1}} = 1{,}4142$$

lakukan perhitungan dengan cara yang sama pada semua subgrup, kemudian hitung rata-rata dari standar deviasi. hasil untuk subgrup selanjutnya tertera pada tabel 4. didapat rata-rata standar deviasi yaitu 1,9799.

c. Menghitung *control limit*

Perhitungan batas kendali dengan menggunakan nilai dari standar deviasi seperti pada persamaan 3 dan 4

UCL = 32,2 + (3 x 1,9799) = 38,1397

LCL = 32,2 - (3 x 1,9799) = 26,2603

Perhitungan batas kendali juga bisa dilakukan dengan menggunakan nilai Range sebagai faktor perubahan, dengan nilai faktor (A_2) seperti yang terdapat pada tabel 2, Sampel yang terdapat pada tiap subgrup berjumlah 2 sehingga digunakan nilai faktor pada n=2 yaitu 1,88. dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) maka didapat hasil

UCL = 32,2 + (1,88 x 2,8) = 37,4640

LCL = 32,2 - (1,88 x 2,8) = 26,9360

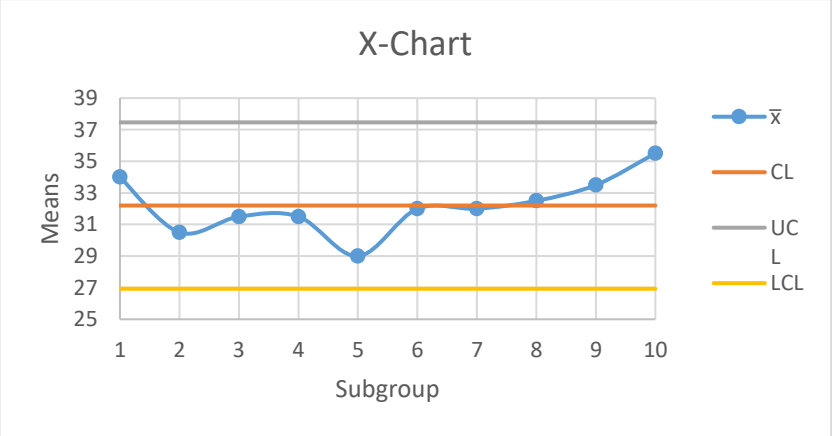
d. Plot data untuk semua data dengan menggunakan UCL X, $\bar{\bar{x}}$, dan LCL X.

Setelah didapatkan nilai dari rata-rata dan juga batas kendali, maka selanjutnya adalah membuat grafik dengan memasukkan semua nilai yang telah di hitung. Hasil perhitungan terdapat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan X-chart

Subgroup	$\bar{x}$	CL	UCL	LCL
1	34	32,2	37,4640	26,9360
2	30,5	32,2	37,4640	26,9360
3	31,5	32,2	37,4640	26,9360
4	31,5	32,2	37,4640	26,9360
5	29	32,2	37,4640	26,9360
6	32	32,2	37,4640	26,9360
7	32	32,2	37,4640	26,9360
8	32,5	32,2	37,4640	26,9360
9	33,5	32,2	37,4640	26,9360
10	35,5	32,2	37,4640	26,9360

Dari hasil tabel diatas maka dibuat X-Chart



Gambar 6. X-Chart hasil perhitungan (contoh).

LANGKAH-LANGKAH MEMBUAT R-*CHART*

a. Menghitung selisih antara data terbesar dan data terkecil pada tiap subgrup

Subgrup 1 → R = 35 – 33 = 2

Dan seterusnya pada subgrup selanjutnya, hasil terdapat pada tabel 4.

b. Menghitung rata-rata dari hasil perhitungan R

Setelah hasil R dihitung pada semua subgrup, selajutnya adalah menghitung rata-ratanya dengan menggunakan persamaan (8)

$$\bar{R} = \frac{2+3+3+1+2+6+4+3+1+3}{10} = 2{,}8$$

c. Menghitung *control limits*

Setelah rata-rata didapatkan nilainya, maka tahap selanjutnya adalah menghitung batas kendali untuk R-chart. Perhitungan batas kendali menggunakan persamaan (9) dan (10) dengan nilai faktor D_3 dan D_4 dapat dilihat pada tabel 2.

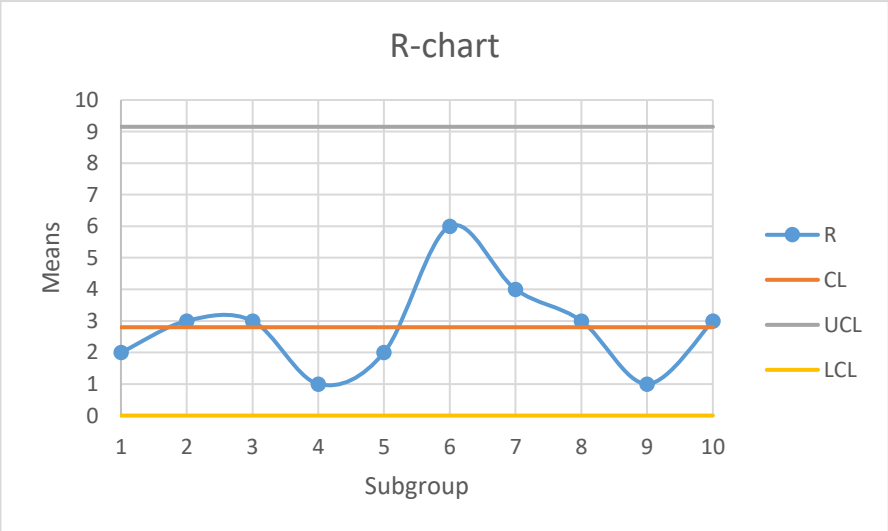
UCL = 3,268 x 2,8 = 9,1504

LCL = 0 x 2,8 = 0

d. Plot seluruh data dengan menggunakan UCL R, $\bar{R}$, dan LCL R.

Tabel 6. Hasil perhitungan R-chart

Subgroup	R	CL	UCL	LCL
1	2	2,8	9,1504	0
2	3	2,8	9,1504	0
3	3	2,8	9,1504	0
4	1	2,8	9,1504	0
5	2	2,8	9,1504	0
6	6	2,8	9,1504	0
7	4	2,8	9,1504	0
8	3	2,8	9,1504	0
9	1	2,8	9,1504	0
10	3	2,8	9,1504	0



Gambar 7. R-chart hasil perhitungan (contoh).

2.6 Penelitian Terdahulu

Untuk mencapai hasil penelitian yang lebih baik maka perlu dilakukan tinjauan pustaka yang mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pengendalian Mutu Beton *Ready Mix* Pada *Batching Plant* Dengan Menggunakan *Statistical Quality Control*

   Penelitian Usman dan Widyawati (2011) dengan judul "Pengendalian Mutu Beton *Ready Mix* Pada *Batching Plant* Dengan Menggunakan *Statistical Quality Control*" merupakan penelitian mengenai cara pengawasan dan pengendalian mutu beton *ready mix* pada *batching plant* dengan melakukan pengujian slump dan kuat tekan beton yang bertujuan untuk mengetahui apakah pengujian yang dilakukan sudah sesuai dengan kekuatan beton yang direncanakan. Metode penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung pada *batching plant*. Pengamatan dilakukan terhadap material dan bahan yang digunakan pada pencampuran beton *ready mix*, proses pencampuran beton *ready mix* dan juga pada pengujian-pengujian yang dilaksanakan di *batching plant*, kemudian dilakukan pengumpulan data-data hasil pengujian. Setelah pengujian selesai dilaksanakan dan data hasil pengamatan diperoleh, kemudian dilakukan analisa terhadap hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan pada batching plant dengan menggunakan *Statistical Quality Control* dengan cara *Descriptive Statistics*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa penerapan ISO 9000 sudah mulai dilakukan dan penelitian mutu beton terhadap uji kuat tekan dengan sampel umur 28 hari dapat disimpulkan bahwa K-225 sesuai target ≥ 50%, sedangkan K-300 dan K350 tidak sesuai target.

b. Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode *Design of Experiment* (DOE)

   Penelitian Suwandi (2012) dengan judul "Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode *Design of Experiment* (DOE)" bertujuan untuk mengetahui hal apa saja yang dapat mempengaruhi sifat kuat tekan maksimum dari beton. Ada 3 langkah dalam penelitian ini yaitu Eksperimen, Desain dan Analisis. Dari penelitian ini didapat

kesimpulan yaitu nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor penyiraman dan waktu pengeringan. Semakin sering penyiraman semakin meningkatkan nilai kuat tekan beton. Semakin lama pengeringan maka semakin beton akan semakin matang yang akan menghasilkan nilai kuat tekan beton secara signifikan.

c. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) Pada CV. Multi Bangunan Jember.

Penelitian Prihatiningtias dkk (2014) dengan judul "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) Pada CV. Multi Bangunan Jember" bertujuan untuk menganalisis tingkat kerusakan paving block pada bulan april 2014 dan menentukan faktor penyebab kerusakannya. Teknik yang digunakan dalam pengambilan sampel yaitu *Simple Random Sampling.* Sampel yang diambil sebanyak 100 paving setiap produksi untuk kemudian dilakukan analisis data dengan alat bantu *Statistical Quality Control* (SQC). Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa proses produksi sudah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Namun masih terdapat fluktuasi dan terjadi terus menerus, hal ini mengindikasikan bahwa masih terjadi penyimpangan pada produksi dan diperlukan perbaikan untuk mengurangi cacat yang terjadi.

d. *Statistical Analysis of Concrete Strength Variability for Quality Assessment: Case Study of a Saudi Construction Project.*

Penelitian Aichouni et al. (2017) dengan judul "*Statistical Analysis of Concrete Strength Variability for Quality Assessment: Case Study of a Saudi Construction Project"* bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kesempatan untuk meningkatkan atau perbaikan proses produksi beton dan metode pembuatan beton. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dengan melihat kuat tekan dari beton dengan mengamati variabilitas pada kekuatan tekan beton. Data yang diperoleh kemudian dilakukan evaluasi terhadap variabilitas yang ada dan kemudian mementukan proses menggunakan *Statistical Proccess Control* dan *Control Charts*. Control charts yang digunakan untuk menilai variabilitias dari proses penelitian ini yaitu *individual, moving range, Xbar-R charts, CUSUM* dan *EWMA Charts*. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa manajemen harus menetapkan prosedur sistematis menggunakan alat pengendali kualitas seperti histogram, *control charts* dan *fishbone diagrams* untuk menganalisis data kekuatan beton dan mendeteksi variasi yang abnormal.

e. Pengendalilan Mutu Beton Dengan Metode *Control Chart* (SPC) Dan *Process Capability (Six-Sigma)* Pada Pekerjaan Konstruksi.

Penelitian Gardjito (2017) dengan judul "Pengendalilan Mutu Beton Dengan Metode *Control Chart* (SPC) Dan *Process Capability (Six-Sigma)* Pada Pekerjaan Konstruksi" bertujuan untuk mengetahui faktor pengendalian mutu beton yang berpengaruh terhadap pencapaian kinerja proyek. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai kuat tekan beton sebanyak 241 sampel yang kemudian diuji dengan metode SPC dan Six-Sigma. Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa nilai hasil tes kuat tekan beton 241 sampel masih memenuhi standar yang diharapkan meskipun proses masih memiliki kapabilitas hampir tidak cukup.

f. Pengendalian Kualitas dengan SPC *(Statistical Process Control)* untuk Mutu Beton pada Proyek Apartemen Biz Square.

Penelitian Hutomo (2018) dengan judul "Pengendalian Kualitas dengan SPC *(Statistical Process Control)* untuk Mutu Beton pada Proyek Apartemen Biz Square" bertujuan untuk menganalisis dan menggambarkan pengendalian proses mutu beton pada proyek apartement Biz Square serta menganalisa tren mutu yang terjadi dan menentukan langkah koreksinya *(corrective action).* Sampel penelitian kuat tekan berupa benda uji beton yang berasal dari proyek pada pekerjaan balok, kolom dan pelat lantai. Sampel yang dikumpulkan setiap kali melakukan pengecoran atau disebut *batch* sehingga setiap harinya ada kemungkinan terjadi lebih dari satu *batch* pengecoran. Benda uji berjumlah minimal 3 sampel setiap batch dengan 6 buah jumlah benda uji. Metode yang digunakan adalah metode SPC *(Statistical Process Control).* Data hasil penelitian berupa data kuat tekan beton dan data slump sebagai variabel mutu beton yang akan digunakan sebagai bahan analisa kualitas dan proses produksi pada proyek apartemen tersebut. Hasil dari penelitian ini didapat bahwa variabilitas kuat tekan tergolong baik karena menghasilkan

kekuatan beton yang relatif seragam dan bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima sebagai beton fc 24,06 Mpa atau setara K-300.

g. Pengendalian Mutu Produk Semen Melalui Pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC)

Penelitian Saputra dkk (2018) dengan judul "Pengendalian Mutu Produk Semen Melalui Pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC)" bertujuan untuk mengetahui pengendalian mutu PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk dalam mengurangi risiko ketidaksesuaian produk. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi periode bulan Januari – Februari 2018 dan data produk yang tidak sesuai standar yang terdapat dibagian *Quality Control* meliputi 5 parameter yang terdiri dari Blaine, Residu 45 μm, SO_3, FcaO dan LOL. Berdasarkan hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa pengendalian PT. Semen Baturaja sudah diluar kendali statistik yang artinya didalam pengendalian mutu perusahaan masih terdapat penyimpangan.

h. Pengendalian Kualitas Produk Baja Menggunakan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) Dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) Di PT. XYZ

Penelitian Andri (2018) dengan judul "Pengendalian Kualitas Produk Baja Menggunakan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) Dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) Di PT. XYZ" bertujuan untuk menganalisis kecacatan dengan diagram pareto dan mencari faktor penyebab kecacatan dengan *Cause and Effect Diagram*, menentukan risiko kegagalan proses produksi dan menentukan usulan tindakan perbaikan kualitas menggunakan seven tools dan FMEA. Berdasarkan hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa proporsi kecacatan produk masih berada dalam batas normal. Penyebab terjadinya kecacatan yaitu faktor mesin, manusia dan material.

i. Pengendalian Kualitas Genteng Beton Menggunakan Metode *Statistical Quality Control.*

Penelitian Putri dan Soares (2019) dengan judul "Pengendalian Kualitas Genteng Beton Menggunakan Metode *Statistical Quality Control"* bertujuan untuk mengetahui mutu dari genteng beton apakah sudah sesuai atau ada kecacatan pada produk tersebut. Proses penelitian ini yaitu mengumpulkan data jumlah produksi dan kerusakan produk setiap harinya, lalu kemudian

membuat histogram, membuat peta kendali p, membuat diagram sebab akibat dan membuat usulan perbaikan. Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa semua data dalam batas kendali dan penyebab terjadinya cacat yaitu faktor manusia, material, metode dan mesin.

j. Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode *Statistical Process Control.*

Penelitian Huda dkk (2021) dengan judul "Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode *Statistical Process Control"* bertujuan untuk mengetahui apakah beton ready mix di Adhimix RMC Indonesia untuk proyek transmart bekasi telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis. Data yang dipakai adalah data pengujian kuat tekan beton yang kemudian dianalisa dengan metode SPC yaitu bagan kendali rata-rata (x-chart) dan kendali rentang (R-Chart). Dari penelitian ini didapat hasil bahwa produk beton ready mix pada Adhimix RMC Indonesia di Plant Bekasi Timur telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis berdasarkan hasil *control chart* masuk dalam kategori terkendali dan tingkat pengerjaannya baik karena kekuatan beton relatif seragam.

2.7 Perbandingan Dengan Penelitian Yang Terdahulu

Adapun beberapa perbandingan yang ada antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian yang terdahulu dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Aspek yang ditinjau	Metode	Hasil Penelitian
1	Usman dan Widyawati	2011	Pengendalian Mutu Beton *Ready Mix* Pada *Batching Plant* Dengan Menggunakan *Statistical Quality Control*	Beton ready mix	SQC	Penerapan ISO 9000 sudah mulai dilakukan dan penelitian mutu beton terhadap uji kuat tekan dengan sampel umur 28 hari dapat disimpulkan bahwa K-225 sesuai target ≥ 50%, sedangkan K-300 dan K350 tidak sesuai target. (Usman & Widyawati, 2011)
2	Suwandi	2012	Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode *Design of Experiment* (DOE)	Beton ready mix	DOE	Nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor penyiraman dan waktu pengeringan. Semakin sering penyiraman semakin meningkatkan nilai kuat tekan beton. Semakin lama pengeringan maka semakin beton akan semakin matang yang akan menghasilkan nilai kuat tekan beton secara signifikan. (Suwandi, 2012)
3	Prihatiningtias dkk	2014	Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) Pada CV. Multi Bangunan Jember	Paving Block	SQC	proses produksi sudah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Namun masih terdapat fluktuasi dan terjadi terus menerus, hal ini mengindikasikan bahwa masih terjadi penyimpangan pada produksi dan diperlukan

						perbaikan untuk mengurangi cacat yang terjadi. (Prihatiningtias, 2014)
4	Aichouni et al.	2017	*Statistical Analysis of Concrete Strength Variability for Quality Assessment: Case Study of a Saudi Construction Project*	Beton ready mix	SPC dan Control Charts	Manajemen harus menetapkan prosedur sistematis menggunakan alat pengendali kualitas seperti histogram, *control charts* dan *fishbone diagrams* untuk menganalisis data kekuatan beton dan mendeteksi variasi yang abnormal. (Aichouni et al., 2017)
5	Gardjito	2017	Pengendalilan Mutu Beton Dengan Metode *Control Chart* (SPC) Dan *Process Capability (Six-Sigma)* Pada Pekerjaan Konstruksi	Beton ready mix	SPC dan Six-Sigma	nilai hasil tes kuat tekan beton 241 sampel masih memenuhi standar yang diharapkan meskipun proses masih memiliki kapabilitas hampir tidak cukup. (Gardjito, 2017)
6	Hutomo	2018	Pengendalian Kualitas dengan SPC *(Statistical Process Control)* untuk Mutu Beton pada Proyek Apartemen Biz Square	Beton ready mix	SPC	Variabilitas kuat tekan tergolong baik karena menghasilkan kekuatan beton yang relatif seragam dan bisa dikategorikan memenuhi syarat. (Hutomo, 2018)
7	Saputra dkk	2018	Pengendalian Mutu Produk Semen Melalui Pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC)	Semen OPC dan PCC	SQC	Pengendalian PT. Semen Baturaja sudah diluar kendali statistik yang artinya didalam pengendalian mutu perusahaan masih terdapat penyimpangan. (Saputra & Renilaili, 2019)
8	Andri	2018	Pengendalian Kualitas Produk Baja	Baja tulangan sirip	SQC dan FMEA	Proporsi kecacatan produk masih berada dalam batas normal. Penyebab terjadinya kecacatan

			Menggunakan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) Dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) Di PT. XYZ			yaitu faktor mesin, manusia dan material. (Andri, 2018)
9	Putri dan Soares	2019	Pengendalian Kualitas Genteng Beton Menggunakan Metode *Statistical Quality Control*	Genteng Beton	SQC	Semua data dalam batas kendali dan penyebab terjadinya cacat yaitu faktor manusia, material, metode dan mesin. (Putri & Soares, 2019)
10	Huda dkk	2021	Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode *Statistical Process Control*	Beton ready mix	SPC	Produk beton ready mix pada Adhimix RMC Indonesia di Plant Bekasi Timur telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis berdasarkan hasil *control chart* masuk dalam kategori terkendali dan tingkat pengerjaannya baik karena kekuatan beton relatif seragam. (Huda et al., 2021)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada tugas akhir ini adalah pada Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung di Jalan Penggilingan Raya, Komplek PIK RT. 006, RW. 006, Kelurahan Penggilingan, Jakarta Timur. Peta lokasi Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung dapat dilihat pada gambar 8 berikut.

Gambar 8. Lokasi Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung.

3.2 Populasi dan Sampel

3.2.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah pekerjaan pengecoran beton *ready mix* pekerjaan Pelat, Balok dan Kolom pada Tower C1, C2 dan C3 dari lantai 8 sampai 16 dalam Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung, Jakarta Timur.

3.2.2 Sampel

Sampel data yang diambil dalam penelitian ini adalah hasil pengujian Kuat Tekan Beton yang berasal dari populasi setiap pengecoran. Sampel penelitian kuat tekan beton berupa benda uji yang dilakukan pengujian di Laboratorium yang berasal dari

Proyek Rumah Susun PIK Pulo Gadung pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai dari lantai 8 sampai 16. Beton yang digunakan merupakan produksi salah satu produsen *ready mix concrete* di PT. Adhimix RMC Indonesia. Berdasarkan spesifikasi teknis mutu beton rencana yaitu fc' 30 MPa dan fc' 40 MPa. Sedangkan benda uji beton berupa silinder dengan ukuran 150 x 300 mm. sampel beton yang digunakan untuk perhitungan pada 1 lantai berjumlah 8 sampel untuk masing-masing umur 7, 14 dan 28 hari. 8 sampel tersebut dibagi menjadi 4 area pada tiap lantai dengan setiap area berisi 2 sampel.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan mengumpulkan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumbernya. Data ini dapat berupa data yang diperoleh dari kajian pustaka yang berdasarkan pada buku, jurnal atau situs internet. Data sekunder pada penelitian ini berupa gambar kerja dan data hasil uji kuat tekan beton yang diuji pada laboratorium yang berasal dari Proyek Pembangunan Rumah Susun PIK Pulo Gadung.

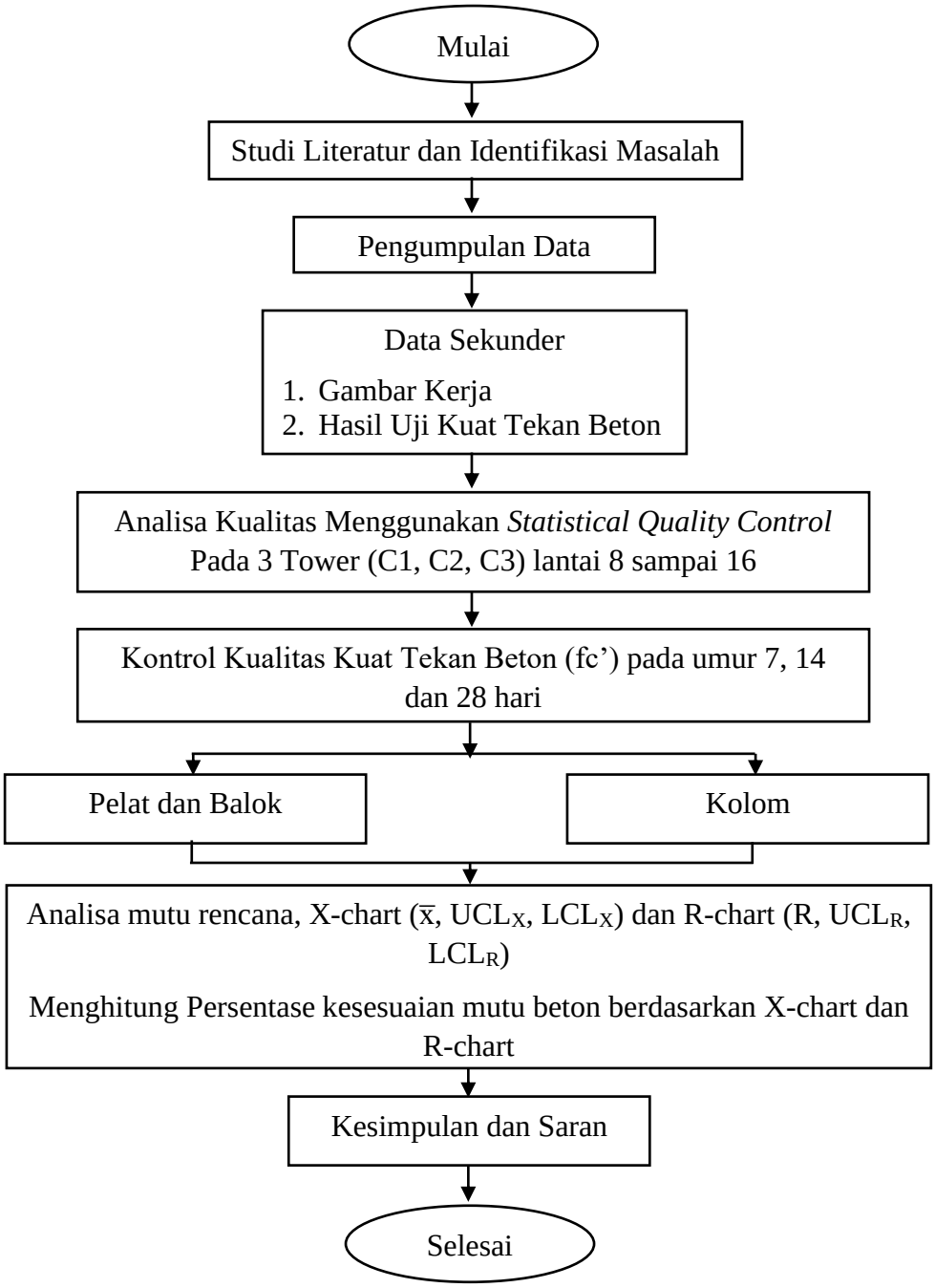
3.4 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini penulis mengevaluasi standar mutu dari beton khususnya mutu beton pada kolom, balok dan pelat lantai dengan mengevaluasi hasil uji kuat tekan beton. Data-data yang diperoleh dari hasil uji kuat tekan beton tersebut kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Statistical Quality Control.* Data-data yang ada akan disajikan dalam sebuah *Control Charts* untuk melihat tren yang terjadi dan melihat variabilitas yang terjadi pada semua sampel untuk kemudian dilakukan analisis dan evaluasi dari tren dan variabilitas yang terjadi pada *control charts.* Dengan dilakukannya analisa variabilitas kuat tekan beton kita akan mengetahui besarnya nilai-nilai data yang bervariasi dengan nilai tingkat sasaran. Besarnya perbedaan atau penyimpangan yang terjadi dari nilai data-data tersebut diartikan sebagai variabilitas. Semakin jauh data dengan nilai tingkat sasarannya maka semakin buruk juga kualitas beton pada bangunan tersebut, begitu pula

sebaliknya apabila data yang ada semakin mendekati nilai tingkat sasarannya maka semakin baik kualitas beton yang ada pada bangunan tersebut.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian menunjukkan proses dari penelitian ini dari awal sampai akhir. Proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

a. Mutu beton dari komponen struktur gedung yaitu Pelat, Balok dan Kolom pada Tower C1, C2 dan C3 umur 28 hari lantai 8 sampai 16 telah memenuhi mutu rencana Fc' 30 MPa dan 40 MPa atau memenuhi mutu rencana sebesar 100%.
b. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan didapat bahwa mutu beton pada Pelat, Balok dan Kolom sudah sesuai dengan mutu rencana dan terkendali tidak ada penyimpangan, akan tetapi ada inkonsistensi terhadap mutu beton yang telah diuji, hal ini diindikasikan terjadi karena beberapa hal diantaranya Faktor Air Semen (FAS), Perawatan beton (curing) dan Kualitas pelaksanaan yang kurang sempurna sehingga menyebabkan terjadinya inkonsistensi pada mutu beton.
c. Data hasil uji kuat tekan beton dikonversi menjadi sebuah *control charts* dengan menghitung nilai rata-rata, batas atas *(upper control limit/UCL)* dan batas bawah *(lower control limit/LCL)*
d. Berdasarkan X-chart untuk pelat, balok dan kolom fc' 30 MPa memenuhi nilai target rata-rata sebesar 11,11%-44,44%, dibawah target 11,11%-55,56%, keluar batas atas (UCL) 33,33%-55,56%, keluar batas bawah (LCL) 20%-60%. Kolom fc' 40 MPa memenuhi nilai target rata-rata 50%-75%, dibawah target 25%-75%, keluar UCL 25%.
e. Berdasarkan R-chart untuk pelat, balok dan kolom fc' 30 MPa memenuhi nilai target rata-rata sebesar 22,22%-60%, dibawah target 40%-66,67%, keluar batas atas (UCL) 11,11%. Kolom fc' 40 MPa memenuhi nilai target rata-rata 50%, dibawah target rata-rata 50%.

5.2 Saran

a. Pada perhitungan SQC sebaiknya dilakukan pada semua lantai mulai dari dasar sampai atas dengan menganalisis area yang lebih banyak pada setiap lantai agar analisa yang dilakukan dapat menyeluruh di setiap gedungnya.
b. Analisa mutu beton dilakukan pada struktur yang lainnya seperti pondasi atau *shear wall* dan struktur lainnya tidak hanya dilakukan pada pelat, balok dan kolom.
c. Memperhatikan hal-hal yang dapat menyebabkan inkonsistensi mutu beton seperti Faktor air semen, perawatan beton dan proses pelaksanaan sehingga mutu beton yang dihasilkan dapat konsisten.
d. *Statistical Quality Control (SQC)* untuk selanjutnya dapat diterapkan tidak hanya pada perhitungan beton struktur gedung tetapi bisa diterapkan pada semua bidang di Teknik Sipil dengan dikombinasikan pemodelan struktur pada masing-masing bidang yang akan diteliti.
e. Terdapat perbedaan harga beton dikarenakan berbedanya mutu rencana dan pelaksanaan, dengan mutu pelaksanaan di lapangan jauh lebih tinggi dibanding dengan mutu rencana. Total harga perbedaan mutu rencana dan lapangan yaitu sebesar Rp. 213.055.373. Sehingga dengan hal ini perlu diperhatikan pelaksanaan pengecoran agar sesuai dengan rencana akan tetapi tidak jauh melebihi yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aichouni, M., Messaoudene, N. A., Touahmia, M., & Al-ghonamy, A. (2017). *International Journal of Advanced and Applied Sciences Statistical analysis of concrete strength variability for quality assessment : Case study of a Saudi construction project*. *4*(7), 101–109.

Andri, N. (2018). *Pengendalian Kualitas Produk Baja Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di PT. XYZ*.

Artha, P. G. B., Adnyana, I. B. R., & Widhiawati, I. A. R. (2013). *IMPLEMENTASI SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001: 2008 PADA PROYEK ALAYA RESORT UBUD*. *2*(1), 1–8.

Asroni, A. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang* (Edisi Pert). Yogyakarta : Graha Ilmu.

Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 2493 : 2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 03-1974-2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI - 2847 - 2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional

Bakhtiar, S., Tahir, S., & Hasni, R. A. (2013). Analisa Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC). *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, *2*(1), 29–36. https://103.107.186.27/miej/article/viewFile/26/17

BPS Provinsi DKI Jakarta. (2021). Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2021. *BPS Provinsi DKI Jakarta*, 842. https://jakarta.bps.go.id/publication/2021/02/26/bb7fa6dd5e90b534e3fa6984/provinsi-dki-jakarta-dalam-angka-2021.html

Departemen Pekejaan Umum, 1971. “Peraturan Umum bahan Bangunan Indonesia (PBI)”, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1982. Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Gardjito, E. (2017). Pengendalian Mutu Beton Dengan Metode Control Chart (Spc) Dan Process Capability (Six- Sigma) Padapekerjaan Konstruksi. *UKaRsT*, *1*(2), 110–119.

Gulo, W. (2002). *Metodologi Penelitian*. Jakarta : Gramedia Widiasarana Indonesia.

Huda, M., Safitri, W., Hartati, N., Bangsa, U. P., Metode, M., Process, S., Jurnal, C., & Kantor, A. (2021). *Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control*. *9*(2), 173–182.

Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek. edisi revi*(manajemen proyek), 253.

Hutomo, P. P. (2018). *Pengendalian Kualitas dengan SPC (Statistical Process Control) untuk Mutu Beton pada Proyek Apartment Biz Square*.

Manabung, N., Dundu, A. K. T., & Walangitan, D. R. O. (2018). Sistem Pengawasan Manajemen Mutu Dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Laboratorium Fakutas Teknik Unsrat). *Jurnal Sipil Statik*, *6*(12), 1079–1084.

Maulani, S. (2014). *Rumah Susun Milik Di Jakarta Dengan Penenkanan Desain Modern - Green*. 1–7.

Poovaragavan, E., & Sekar, C. K. (2016). Continuous Process Improvement in Ready Mix Concrete Plants. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *7*(4), 154–159. http://www.ijser.org

Prihatiningtias, I. (2014). *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Statistical Quality Control (Sqc) Pada Cv. Multi Bangunan Jember*. http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/58475

Putri, D. O., & Soares, M. (2019). Pengendalian Kualitas Genteng Beton menggunakan Metode Statistical Quality Control. *Journal of Industrial View*, *1*(1), 25–34. https://doi.org/10.26905/jiv.v1i1.2998

Saputra, D., & Renilaili, R. (2019). Pengendalian Mutu Produk Semen Melalui Pendekatan Statistical Quality Control (SQC) (Studi Kasus Di PT. Semen Baturaja). *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *4*(1), 24. https://doi.org/10.32502/js.v4i1.2095

Setyawan, A. P., & Suryanto HS, M. (2018). Study Penerapan Sistem Manajemen Mutu Iso 9001:2015 Pada Kontraktor Pt. Wijaya Karya Bangunan Gedung Dalam Proyek Pembangunan Transmart Carrefour Sidoarjo. *Rekayasa Teknik Sipil*, *3*(3), 1–11.

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.

Suwandi, A. (2012). Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode Design Of Experiment (DOE). *Jurnal Inovisi*^{TM}, *8*(1), 30–41.

Usman, K., & Widyawati, R. (2011). Pengendalian Mutu Beton Ready Mix Pada Batching Plant Dengan Menggunakan Statistical Quality Control. *jurnal Rekayasa*, *15*(3).