

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Pada Penelitian ini, penulis memiliki beberapa referensi dari penelitian penelitian terdahulu yang berhubungan, diantaranya:

NO	Nama Penulis Tahun	Judul Penelitian	Sumber Referensi	Hasil Penelitian
1.	Anggica Helena, 2020	Penerapan Metode SPC Sebagai pengendalian Kualitas Mortar	Jurnal Nasional	Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa permasalahan mutu yang sering terjadi adalah kuat tekan dengan persentase sebanyak 27,45%. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan tersebut terdapat pada metode yang digunakan untuk menentukan kisaran analisa ayakan yang dirasa memiliki kisaran terlalu besar yaitu 70-85%.
2.	Diana Putri Aprilia 2019	Penerapan Metode Statistical Process Control Sebagai Pengendalian mutu Panel lantai	Jurnal Nasional	Hasil penelitian menunjukkan penerapan SPC untuk mencegah terjadinya gompal dan retak yang menjadi permasalahan mutu yang sering terjadi pada panel lantai berhasil dilakukan dengan memperhatikan waktu Setting Time selama 3 jam 36 menit, hal tersebut mengakibatkan batas kendali yang semula Out of Control menjadi In control, nilai Cpk yang semula kurang dari 1 menjadi lebih dari 1,33 yang

				berarti menunjukkan proses menghasilkan produk ideal sesuai dengan spesifikasi, penurunan presentase permasalahan mutu gompal retak yang semula 30,25% menjadi 14,30%.
3.	Widya Putri, 2020	Penerapan Statistical Process Control control Sebagai Pengendalian mutu bata Ringan	Jurnal Nasional	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gompal dan retak merupakan permasalahan mutu tertinggi pada bata ringan dengan prosentase sebesar 1,7%. Penyebab dari gompal dan retak ini adalah standar setting time saat produksi bata ringan yang berbeda-beda. Sehingga langkah perbaikan yang diambil adalah menetapkan standar waktu setting time menjadi 3 jam 35 menit. Setelah menerapkan langkah perbaikan angka kecacatan gompal dan retak mengalami penurunan sebesar 45,84%, yang awalnya memiliki prosentase 1,7% kemudian turun menjadi 0,78.
4.	Mifthakul Jannah, 2018	Pengendalian Mutu Genteng Beton Menggunakan Statustical Process Control Di PT. Varia Usaha Beton	Jurnal Nasional	Hasil penelitian menunjukkan penerapan statistical process control berhasil diterapkan dengan mengubah proporsi campuran pasir dari 1% menjadi 2% maka terjadi perubahan pada mix design genteng
5.	IndiraSurya Kumala, 2018	Analisis Pengendalian Kualitas Produk Batako dengan Menggunakan Statistical Process Control (SPC) pada PT. Varia Usaha Beton	Skripsi	Hasil penelitian menunjukkan penerapan SPC berhasil diterapkan dengan melakukan penyesuaian antara jumlah air pada produksi batako dengan proporsi campuran yang telah ditetapkan sebelumnya dan membatasi jumlah air antara

				24,776 L/m ³ –25,393 L/m ³ . Hal tersebut yang mengakibatkan indeks kapabilitas proses sebelum langkah perbaikan memiliki nilai 0,263 menjadi 0,751 yang berarti terjadi peningkatan indeks kapabilitas proses yang cukup signifikan.
6.	Arief Suwandi, 2018	Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan dengan Metode Design Of Experiment (DOE) Dan Statistical Process Control	Jurnal Nasional	Dalam hal ini kuat tekan beton merupakan gambaran mutu beton yang kaitannya dengan struktur beton, alasan lain kuat tekan beton merupakan parameter penting karena beton tahan terhadap tekanan daripada tarikan. Rata-rata nilai kuat tekan beton sebesar 175,33. Ini berarti kualitas beton yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan
7	Agung Cahyono Utomo, 2018	Pengendalian Mutu Beton Menggunakan Metode Statistical Procces Control (SPC) Pada Proses Produksi Beton Precast (Studi Kasus PT.Wijaya Karya Beton	Jurnal Nasional	.Hasil penelitian: (1) Secara statistik tidak terjadi penyimpangan pada proses penulangan, placing, compacting dan curing. (2) Secara statistik pada proses batching dan mixing dikatakan tidak terkendali; enam indikator diagram kendali menunjukkan terjadinya penyimpangan, sebagian besar terjadi pada shift malam; penyebabnya adalah 3M (man, machine, method); metode pengkondisian material dalam keadaan SSD menjadi indikasi utama terjadinya penyimpangan. (3) Kontrol proses produksi

				berdasarkan uji slump dan S uji kuat tekan secara statistik terkendali. (4) Metode SPC terbukti mampu mengukur kinerja proses produksi agar terhindar dari penyimpangan.
8.	Sonia Ariyanti, 2017	Penerapan Statistical Process Control Untuk pengendalian mutu Beton Di PT Adhi PCI Beton	Jurnal Nasional	Penelitian menunjukkan penerapan SPC mengubah faktor semen dari 0.36 menjadi 0.39 sehingga menghasilkan nilai slump dari 10-13cm menjadi 12-15 cm dan nilai kuat tekan dari 42.49-52.68 MPa menjadi 36.43-38.58 MPa maka terjadi perubahan pada mix design K 250. Hal tersebut yang mengakibatkan indeks kapabilitas proses memiliki nilai 1.68 menjadi 2.05 yang berarti proses cukup mampu memenuhi spesifikasi menjadi sangat mampu memenuhi spesifikasi yang direncanakan.
9.	Nur Aini, 2017	Pengendalian Mutu Produk Precast Dengan Menggunakan Metode Statistical Procces Control Di PT. Wika beton Plant pasuruan (Nur Aini, 2017).	Jurnal Nasional	Dari hasil penelitian ini kemampuan proses produksi balok girder dengan mutu beton K-500 dengan panjang 30,8 meter dan tinggi 2,1 meter setelah dilakukan perbaikan mempunyai nilai Cp sebesar 5,36 yang berarti memuaskan karena memiliki nilai Cp lebih dari 1,33.

10.	Sriyanto, 2017	Penerapan Statistical Procces Control (SPC) untuk Meningkatkan Produksi White Body (Studi Kasus Departemend PT Sango Ceramics Indonesia)	Jurnal Nasional	Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa cacat yang sering terjadi adalah cacat Tobi dengan persentase 34,5%.
11.	Arga Wahyu Saputra, 2021	Analisa Penerapan Statistical Process Control Untuk Pengendalian Mutu Beton Readimix PT Waskita Beton Precast Proyek Jalan Tol Krian Legundi Bunder Manyar	Skripsi	Hasil penelitian menunjukkan penerapan statistical process control berhasil diterapkan dengan mengubah faktor air/semen dari 0.36 menjadi 0.38 sehingga menghasilkan nilai slump dari 10-13 cm menjadi 12-16 cm dan nilai kuat tekan dari 42.20-52.80 MPa menjadi 36.93-38.98 MPa maka terjadi perubahan pada mix design K-350. Hal tersebut yang mengakibatkan indeks kapabilitas proses memiliki nilai 1.77 menjadi 2.03 yang berarti proses berada diantara tidak dan cukup mampu memenuhi spesifikasi menjadi sangat mampu memenuhi spesifikasi yang direncanakan

2.2 Teori Dasar yang digunakan

A. Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Pengendalian mutu proses konstruksi harus diarahkan pada upaya untuk memenuhi persyaratan dan segenap kebutuhan pemberi tugas. Seperti diketahui kebutuhan tersebut dinyatakan dalam bentuk kriteria perencanaan yang akan memandu keseluruhan proses rekayasa, perencanaan, dan penyusunan spesifikasi teknis. Pengendalian mutu bersifat mendasar dan harus diterapkan pada seluruh tahapan proyek, baik pada perencanaan maupun konstruksi fisiknya. Agar upaya pengendalian mutu secara menyeluruh dapat terlaksana dengan baik maka seluruh tahapan perencanaan dan pengambilan keputusan, langkah demi langkah dihubungkan dengan titik-titik kontrol perencanaan yang sedang dikembalikan ditinjau secara formal. Pentingnya dilakukan pembahasan pada setiap akhir atau selang di antaranya. Kesempatan pembahasan selain merupakan titik-titik kontrol atau saat untuk menguji fakta yang terungkap, juga sekaligus digunakan untuk melaksanakan fungsi koordinasi serta pengendalian mutu melalui pemantauan dan pengawasan.

Sebagai azas pengendalian secara umum, prosesnya mencakup kegiatan-kegiatan:

1. Menetapkan standar untuk menilai kemajuan konstruksi biasanya melalui perencanaan dan spesifikasi teknis.
2. Upaya pengukuran penyimpangan terhadap standar sedini mungkin.
3. Tindak lanjut perbaikan atau meminimalkan dampak yang merugikan.

4. Merevisi perencanaan dalam rangka menyempurnakan standar.

Metodologi yang dipakai sejak upaya mendokumentasikan peraturan-peraturan yang berlaku, penetapan spesifikasi teknis perencanaan yang profesional, sampai prosedur pengambilan sampel untuk berbagai keperluan pengujian. Sudah selayaknya apabila upaya pengendalian mutu mendapatkan cukup perhatian karena keterkaitan erat dengan segi-segi pembiayaan, perencanaan, pengadaan dan rekayasa nilai. Semakin tinggi tuntutan mutu, memerlukan pembiayaan kegiatan yang meningkat pula.

Sedangkan pada tahap pelaksanaan konstruksi fisik upaya penerapan pengendalian mutu diwujudkan melalui metode pelaksanaan konstruksi, pengawasan dan inspeksi pekerjaan. Pada prinsipnya maksud pengendalian mutu adalah:

1. Mengarahkan agar pelaksanaan konstruksi sesuai dengan spesifikasi teknis dan dokumen kontrak.
2. Mencakup pertimbangan ekonomi dalam penetapan jenis material dan metode konstruksi yang dipakai dengan memastikan bahwa perencanaannya telah memenuhi syarat peraturan bangunan. Unsur utama sebagai pengendalian mutu selama tahap konstruksi fisik adalah pengawasan lapangan, yang mana bertanggungjawab agar kegiatan harian kontraktor member hasil akhir sesuai dengan spesifikasi teknik kontrak, (Lutfi Mardiansyah, 2009).

B. *Statistical Process Control (SPC)*

Pengawasan Proses Dengan Statistik (*Statistical Process Control–SPC*) sebuah cara yang memungkinkan operator menentukan apakah suatu proses sedang memproduksi, dan mungkin terus memproduksi keluaran yang sesuai. Hal tersebut dapat dicapai dengan menilai parameter kunci atas sebuah contoh keluaran kecil yang dihasilkan pada saat interval sementara proses itu terus berjalan.

Menghasilkan produk yang hanya berdasarkan spesifikasi dapat dipahami saat ini, tetapi setiap variasi dari nilai nominal sasaran mungkin menyebabkan penolakan dan pengerjaan ulang lebih panjang di dalam mata rantai. Variasi-variasi dari nilai nominal dapat juga menyebabkan masalah-masalah yang berarti dalam pengertian saling ketergantungan komponen di dalam produk yang rumit. SPC memungkinkan bisnis untuk secara tetap memperbaiki kinerja proses agar dapat mengurangi variasi keluaran. Kemampuan mengurangi variasi dari nilai nominal ini dapat memberikan suatu keunggulan persaingan yang dapat dibedakan, dan dapat memungkinkan harga tambahan dibebankan kepada produk.

Agar dapat menjalankan sebuah lingkungan SPC, syarat-syarat berikut ini harus dipenuhi:

1. Persyaratan proses harus ditentukan.
2. Proses harus disusun sehingga mampu di produksi keluaran yang sesuai.
3. Operator harus dilengkapi dengan perlengkapan yang digunakan untuk memantau tanda-tanda proses rawan sementara keluaran sedang

diproduksi. Informasi memungkinkannya untuk menilai apa selanjutnya proses tetap memproduksi keluaran yang memenuhi kebutuhan.

4. Operator harus dilatih untuk dapat melakukan penyesuaian yang perlu pada proses atau masukannya kalau proses itu bergeser jauh dari menghasilkan produk yang sesuai dengan ketentuan nominal.
5. Proses harus terus-menerus dipantau. Hal ini akan memungkinkan operator untuk memahami sepenuhnya, sehingga kesempatan-kesempatan memperbaiki kinerja proses (dengan mengurangi variasi keluaran dan meningkatkan kesesuaian ke tingkat ketentuan nominal yang diperlukan) dapat ditandai dan diterapkan.

W. Edwards Deming (1950) adalah orang yang pertama kali menganjurkan penggunaan SPC dalam pengendalian mutu agar perusahaan dapat membedakan penyebab yang berkenaan dengan sistem (*systemic cause*) dan penyebab khusus (*special causes*).

SPC dapat digunakan untuk mengatasi berbagai masalah pengendalian mutu, antara lain:

1. Kesesuaian antara mutu dan spesifikasi.
2. Perbedaan antara proses dan produk.
3. Mengukur variasi yang terjadi dalam proses dan produk.
4. Mengidentifikasi pola urutan dari variasi.
5. Mengetahui penyebab-penyebab mampu terka.
6. Mengetahui dan mengontrol variasi yang terjadi.

Variasi didefinisikan sebagai ketidakseragaman produk atau jasa yang dihasilkan atau produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi standar yang ditetapkan. Variasi dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis:

1. Variasi terkendali (*controllable variation*), diakibatkan oleh penyebab mampu terkena (*assignable cause*) adalah variasi yang dapat dikendalikan atau dapat dihilangkan atau dapat diminimalisir jika dilakukan aktivitas-aktivitas perbaikan: sifatnya stabil, konsisten, kemungkinannya random, terprediksi, terjadi secara alamiah, inheren, sebab-sebab acak. Contoh: kurang homogennya bahan baku, kurang cermatnya operator, dan lain-lain.
2. Variasi tidak terkendali (*Uncontrollable Variation*), disebabkan oleh penyebab yang kebetulan (*chance causes*) adalah variasi yang tidak dapat dikendalikan: sifatnya tidak stabil, tidak konsisten, tidak terprediksi dan umumnya terjadi karena faktor alam atau lingkungan, sehingga menyebabkan abnormalitas terhadap sistem dan dapat diperbaiki secara lokal. Contoh: kelembaban udara, suhu ruang yang berubah-ubah, perubahan tegangan listrik, dan lain-lain.

Penerapan SPC menawarkan keuntungan-keuntungan berarti bagi banyak jenis bisnis:

1. SPC mengurangi jumlah keluaran yang tidak sesuai. Memusatkan perhatian pada proses itu sendiri daripada pada penelitian setelah proses, juga mengurangi jumlah waktu dan bahan baku yang terbuang sebagai penggunaan tambahan dalam pengerjaan ulang dan pengulangan proses;

upaya pemeriksaan yang diperlukan; dan memperbaiki mutu lingkungan kerja. Hal ini dapat berdampak positif pada moral para pegawai kalau ditangani dengan benar. Tidak seorang pun menyukai proses pengerjaan ulang atau berulang-ulang yang tidak cukup diawasi sejak pertama kali.

2. Kebanyakan proses pengawasan luput mengawasi beberapa keluaran yang tidak sesuai. Bahkan di mana semua keluaran diperiksa, kadang-kadang 15 persen kesalahan yang timbul biasanya luput dari pengawasan. Produk-produk yang tidak sesuai ini kemudian akan dijual kepada pelanggan. Degan mencegah keluaran yang tidak sesuai timbul sejak pertama kali, kemungkinan bisnis bersaing dalam pengertian kinerja dan harga, (Lesley Munro-Faure dan Malcolm Munro-Faure, 1996).

Dalam penerapannya SPC menggunakan tujuh alat (*seven tools controls*) untuk pengendalian mutu yang terdiri dari *flow chart*, *check sheet*, diagram pareto, diagram sebab akibat, histogram, diagram pencar dan diagram kendali.

1. *Flow Chart*

Diagram alir (*Flow Chart*) merupakan langkah pertama dalam memahami sebuah proses, baik administrasi maupun manufaktur.

Simbol-simbol *flow chart* antara lain:

- a. *Flow Direction Symbols*, yaitu simbol yang dipakai untuk menghubungkan antara simbol yang satu dengan simbol lainnya atau disebut juga *connecting line*.
- b. *Processing Symbols*, yaitu simbol yang menunjukkan jenis operasi pengolahan dalam suatu prosedur.

c. *Input Output Symbols*, yaitu simbol yang dipakai untuk menyatakan jenis peralatan yang digunakan sebagai media input atau output.

d. *Flow Direction Symbols*

→ Arus/Flow Penghubung antara prosedur/proses
←

○ *Connector* Simbol keluar/masuk prosedur atau proses dalam lembar/halaman yang sama

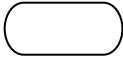
◡ *Off-line Connector* Simbol keluar/masuk prosedur atau proses dalam lembar/halaman yang sama


▪ *Processing Symbols*

□ *Process* yang menunjukkan *Symbol* pengolahan yang dilakukan Komputer.


◇ *Decision* Simbol untuk kondisi yang akan menghasilkan beberapa kemungkinan jawaban atau aksi.


⬡ *Predefined Process* Simbol untuk mempersiapkan penyimpanan yang akan digunakan sebagai tempat pengolahan sebagai tempat pengolahan didalam *storage*.

 Terminal Simbol untuk permulaan atau akhir dari suatu program.

 *Manual Input* Simbol untuk pemasukan data secara manual *on-line keyboard*.

▪ *Input Output Symbols*

 *Input-Output* Simbol yang mengatakan proses *input* dan *output* tanpa tergantung dengan jenis peralatannya.

 *Document* Simbol yang menyatakan *input* berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau *output* di cetak dikertas.

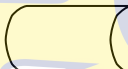
 *Disk and On-Line* Simbol untuk menyatakan *input Storage* berasal dari *disk* atau *output* di simpan ke *disk*.

Diagram Alir dipergunakan sebagai alat analisis untuk:

- a. Mengumpulkan data mengimplementasikan data juga merupakan ringkasan visual dari data itu sehingga memudahkan dalam pemahaman.
- b. Menunjukkan *output* dari suatu proses.
- c. Menunjukkan apa yang sedang terjadi dalam situasi tertentu sepanjang waktu.
- d. Menunjukkan kecenderungan dari data sepanjang waktu.

- e. Membandingkan dari data periode yang satu dengan periode lain, juga memeriksa perubahan-perubahan yang terjadi, (Faiz Al Fakhri, 2010).

2. *Check Sheet*

Check Sheet adalah alat yang memungkinkan pengumpulan data sebuah proses mudah, sistematis dan teratur. Alat ini berupa lembar kerja yang telah dicetak sedemikian rupa sehingga data dapat dikumpulkan dengan mudah dan singkat serta dapat digunakan sebagai masukan data untuk alat kualitas yang lain. Tujuan digunakan alat ini adalah untuk mempermudah proses pengumpulan data bagi tujuan-tujuan tertentu dan menyajikannya dalam bentuk yang komunikatif sehingga dapat dikonversikan menjadi informasi, (Fandy Tjiptono dan Anastasia Diana, 2001).

Terdapat 4 tipe utama *check sheet*, yaitu:

- a. *Defective Item Check Sheet*, digunakan untuk mengidentifikasi jenis masalah/cacat dalam proses.
- b. *Defective Location Check Sheet*, digunakan untuk mengidentifikasi lokasi cacat produk.
- c. *Defective Cause Check Sheet*, digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah/cacat.
- d. *Defective Confirmation Check Sheet*, digunakan untuk memastikan bahwa prosedur yang tepat sedang diikuti.

Adapun manfaat dipergunakannya *check sheet* yaitu sebagai alat untuk:

- a. Mempermudah pengumpulan data terutama untuk mengetahui bagaimana suatu masalah terjadi.
- b. Mengumpulkan data tentang jenis masalah yang sedang terjadi.
- c. Menyusun data secara otomatis sehingga lebih mudah untuk dikumpulkan.
- d. Memisahkan antara opini dan fakta, (Faiz Al Fakhri, 2010).

3. Diagram Pareto

Pareto's Diagram adalah suatu diagram batang yang disusun secara berjenjang mulai dari yang paling tinggi sampai yang paling rendah disertai dengan kurva komulatifnya (Kurva Pareto). Ditemukan oleh Vilfredo Pareto (Ekonom Italia: 1848-1923) dengan ketentuan 80/20 yang artinya 80% akibat (kegagalan) hanya disebabkan oleh 20% penyebab (kesalahan).

Diagram Pareto untuk pengendalian mutu dikembangkan pertama kali oleh Dr. J.M. Juran, yang terdiri dari:

- a. Diagram Pareto Berdasarkan Gejala, berhubungan dengan hasil yang diinginkan dari proses dan produknya, seperti kerusakan, kegagalan, kecelakaan, dan lain-lainnya.
- b. Diagram Pareto Berdasarkan Penyebab, berhubungan dengan sebab dalam sebuah proses dan mutu produk, seperti mesin, operator, bahan baku, metode, dan lain sebagainya.

Langkah pembuatan Diagram Pareto adalah:

- a. Catat masalah yang terjadi dan jumlah kejadiannya pada lembar periksa ke dalam tabel rekapitulasi hasil pemeriksaan.
 - b. Aturlah urutan data dari yang terbesar ke yang terkecil dan lengkapi tabel dengan jumlah komulatif, persentase jumlah dan presentase komulatif.
 - c. Gambarlah sumbu horizontal dan bagilah sesuai banyaknya item masalah.
 - d. Gambarlah sumbu vertikal pada sisi kiri dan kanan sumbu horizontal. Sisi kiri dengan skala 0 sampai dengan total jumlah dengan nama jumlah. Sisi kanan dibagi dengan skala 0%-100% dengan nama presentase komulatif.
 - e. Buatlah diagram batang berupa empat persegi panjang dengan dasar item masalah dan tinggi sesuai dengan jumlah item masalah.
 - f. Gambarlah kurva kumulatif dengan menandai nilai kumulatif (presentasi kumulatif) setiap item masalah pada bagian atas interval item masalah yang bersangkutan dan hubungkan titik-titik tersebut dengan garis.
 - g. Tulislah keterangan lain yang diperlukan seperti judul, nama item masalah (interval), jumlah serta riwayat data lainnya.
4. Diagram Sebab akibat

Diagram ini sering sering pula disebut diagram tulang ikan (*fishbone diagram*). Alat ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1950 oleh

seorang pakar kualitas Jepang, yaitu Kaoru Ishikawa. Diagram sebab dan akibat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu proses atau situasi dan menemukan kemungkinan penyebab suatu persoalan/masalah yang terjadi.

Alat ini merupakan satu-satunya alat dari 7 alat SPC yang tidak didasarkan pada statistika. Manfaat diagram ini adalah dapat memisahkan penyebab dari gejala, memfokuskan perhatian pada hal-hal yang relevan, serta dapat diterapkan pada setiap masalah, (Fandy Tjiptono dan Anastasia Diana, 2001).

Merupakan alat yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur suatu proses untuk menentukan sumber-sumber potensial penyebab penyimpangan proses dan produk. Dengan menggunakan diagram sebab akibat dapat ditentukan struktur atau hubungan sebab akibat antara karakteristik mutu dan unsur-unsurnya yang terlibat melalui pengamatan secara sistematis.

Terdapat 3 metode berpikir dalam mengorganisasikan penyebab karakteristik mutu untuk menghasilkan diagram sebab akibat:

a. Metode Analisis Dispersi

Mengarahkan alur pemikiran untuk menemukan penyebab mengapa disperse terjadi, kemudian menyusun hubungan sebab dan karakteristik mutu (akibat) sesuai logika.

b. Metode Klarifikasi Proses Produksi

Alur pemikiran diarahkan mengikuti urutan proses produksi dan kemudian semua penyebab yang dapat mempengaruhi karakteristik mutu ditambahkan ke tahapan proses produksi tersebut.

c. Metode Penghitungan Penyebab

Semua penyebab yang mungkin didaftarkan secara sederhana tidak berdasarkan kedua metode sebelumnya.

Pembuatan Diagram Sebab Akibat umumnya dilakukan melalui *brainstorming* dengan langkah:

- a. Tentukan karakteristik mutu yang akan diperbaiki.
- b. Tulis karakteristik mutu tersebut di sebelah kanan, kemudian gambarlah tulang ikan besar berupa tanda panah yang menuju ke karakteristik mutu tersebut. Jika menggunakan metode berpikir proses produksi maka tulang ikan besar merupakan urutan proses.
- c. Tulis faktor utama yang mempengaruhi karakteristik mutu dan hubungkan dengan tulang ikan besar melalui tulang ikan sedang berupa tanda panah, umumnya faktor utama ini adalah berupa sumber daya (5M).
- d. Tulislah sebab kedua, ketiga dan seterusnya yang merupakan bagian dari sebab sebelum dan dihubungkan melalui tulang ikan yang lebih kecil berupa tanda panah.
- e. Jika sebab-sebab telah lengkap maka tandailah sebab yang dirasa penting dan sangat berpengaruh terhadap karakteristik mutu untuk diperbaiki.

- f. Tulislah informasi lain yang dianggap perlu, seperti judul, produk, tanggal, dan lain sebagainya.

5. Histogram

Histogram merupakan suatu diagram yang dapat menggambarkan penyebaran atau standar deviasi suatu proses. Data frekuensi yang diperoleh dari pengukuran menunjukkan suatu puncak pada suatu nilai tertentu. Variasi ciri khas kualitas yang dihasilkan disebut distribusi. Angka yang menggambarkan frekuensi dalam bentuk batang disebut *histograin*. Alat tersebut terutama digunakan untuk menentukan masalah dengan memeriksa bentuk dispersi, nilai rata-rata, dan sifat dispersi, (Fandy Tjiptono dan Anastasia Diana, 2001).

Histogram adalah sebuah grafik batang yang menunjukkan distribusi data dan karakteristik data yang dikumpulkan dari sebuah hasil produksi baik berupa barang maupun jasa.

Langkah pembuatan Histogram adalah:

a. Pembuatan Tabel Frekuensi

1) Perhitungan Kisaran atau *Range* (R)

Dapatkan nilai maksimum (X_L) dan minimum (X_S) data, kemudian

hitunglah kisanan dengan menggunakan rumus:

$$R = X_L - X_S$$

2) Penentuan Interval Kelas (h)

Interval kelas ditentukan sedemikian rupa sehingga kisaran dimana termasuk nilai terbesar dan terkecil dan dibagi dengan lebar yang sama, dengan rumus:

$H = R/K$; dimana h = bilangan bulat; K = Jumlah Kelas K akan menentukan jumlah batang pada Histogram yang ditentukan berdasarkan jumlah data:

$<50 \rightarrow 6-7$; $50-100 \rightarrow 6-10$; $100-250 \rightarrow 7-12$; \rightarrow

$>250 \rightarrow 10-20$ (Kaoru Ishikawa).

3) Penentuan Batas Kelas

Tentukan batas bawah (B_b) kelas pertama dan tambahkan dengan h untuk mendapatkan batas atas (B_a) kelas pertama yang selanjutnya akan menjadi batas bawah kelas kedua dan seterusnya. Pastikan bahwa kelas pertama telah memuat data yang paling kecil dan kelas terakhir telah memuat data yang paling besar. Harus dihindari sedemikian rupa agar data tidak jatuh pada batas kelas, dengan cara mengambil satuan nilai batas kelas sebagai setengah dari satuan ukuran sebenarnya.

4) Penentuan Nomor Kelas

Nomor kelas ditentukan secara berurutan, dari batas terkecil sampai terbesar dengan menggunakan angka arab ($1,2,\dots,n$) gunanya untuk memberikan nama pada setiap kelas, sehingga mudah dalam untuk dilihat kembali jika diperlukan.

5) Penentuan Titik Tengah Kelas (T)

Titik tengah kelas (T) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$T_i = (Ba_i + Bb_i) / 2 \text{ atau } T_i = T_{i-1} + h$$

dimana: T_i = titik tengah kelas ke-i

Ba_i = batas atas kelas ke-i

Bb_i = batas bawah kelas ke-i

T_{i-1} = titik tengah kelas sebelumnya

6) Persiapan Formulir Tabel Frekuensi

Formulir Tabel Frekuensi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Formulir Tabel Frekuensi

No. Kelas	atas Kelas	Titik Tengah Kelas (T)	Talli Frekuensi	Frekuensi
Total				

7) Mendapatkan talli frekuensi

Bacalah nilai data satu demi satu dengan tulislah pada kolom talli frekuensi yang jatuh pada setiap kelas dimana data itu berada dengan menggunakan tanda talli (turus=1) yang ditulis pada Tabel Frekuensi, dimana setiap grup terdiri dari lima tanda lurus.

8) Mendapatkan frekuensi

Kolom frekuensi pada tabel diisi dengan menghitung banyaknya turus frekuensi yang tercatat.

9) Total frekuensi

Diisi dengan menjumlahkan seluruh frekuensi, dimana hasilnya haruslah sama dengan banyaknya data. Jika tidak, maka terdapat kesalahan.

10) Penulisan keterangan

Tambahkan keterangan lain yang diperlukan seperti hari/tanggal, produk, data, Dan lain-lainnya.

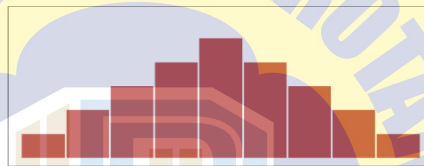
b. Penggambaran Histogram

- 1) Buatlah sumbu horizontal dengan skala yang merupakan ukuran dari data yang dari tabel frekuensi adalah interval kelas. Panjang sumbu horizontal disesuaikan dengan jumlah interval kelas, dengan menyisakan ruang kosong pada sisi kelas pertama dan terakhir.
- 2) Buatlah sumbu vertikal di sebelah kiri sumbu horizontal dengan panjang berdasarkan skala frekuensi. Tinggi kelas dengan frekuensi maksimum sebaiknya 0,5-2 kali jarak antara nilai maksimum dan minimum pada sumbu horizontal.
- 3) Tandai sumbu horizontal dengan nilai batas interval kelas atau nilai titik tengah kelas.
- 4) Dengan menggunakan interval kelas sebagai garis datar gambarlah segi empat yang tingginya sesuai dengan frekuensi kelas tersebut.
- 5) Gambarlah garis putus-putus pada grafik yang merupakan nilai rata-rata dari data dan garis putus-putus lainnya yang menggambarkan batas spesifikasi.

- 6) Pada daerah yang kosong tulislah keterangan lainnya seperti jumlah data (n), nilai rata-rata (μ), deviasi standar (σ), nama histogram, batas bawah spesifikasi (LSL), batas atas spesifikasi (USL), interval kelas atau titik tengah kelas, frekuensi, dan lain-lain.

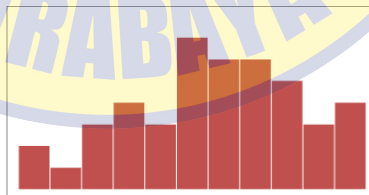
Berikut ini merupakan tipe-tipe histogram:

- a. Tipe umum yang mengikuti kurva distribusi normal dimana μ berada di tengah kisaran data, frekuensi tertinggi berada di tengah dan berangsur menurun ke kiri dan kanan secara simetris.



Gambar 2.1 Tipe Umum

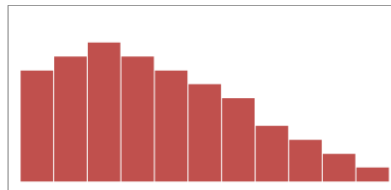
- b. Tipe sarang tawon (*multi modal*) yang bentuknya tidak normal, dimana setiap kelas lainnya mempunyai frekuensi rendah. Tipe ini dapat terjadi karena jumlah unit data dalam kelas bervariasi. Cek kembali cara pengukuran, pembulatan, atau bilangan pengali satuan ukuran.



Gambar 2.2 Tipe Sarang Tawon

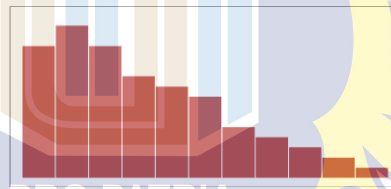
- c. Tipe miring positif (negatif), dimana μ terdapat di kiri (kanan) dari tengah kisaran. Frekuensi berkurang secara drastis dari kiri (kanan) dan halus dari ke kanan (kiri), sehingga bentuknya tidak simetris. Terjadi bila batas bawah (atas) dikendalikan secara

teoritis dengan spesifikasi, bila lebih rendah (tinggi) dari nilai tertentu sebenarnya tidak terjadi.



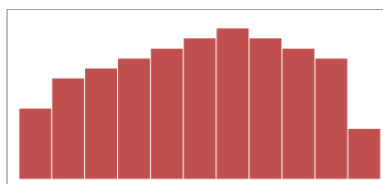
Gambar 2.3 Tipe Miring Positif (Negatif)

- d. Tipe tanjakan kiri (kanan), bentuknya tidak simetris dengan μ terletak jauh ke kiri (kanan) dan berkurang secara halus ke kanan (kiri). Terjadi jika penyaring 100% telah dilakukan, sebab kemampuan proses rendah dan juga bila kemiringan positif (negatif) sangat ekstrim.



Gambar 2.4 Tipe Tanjakan Kiri (Kanan)

- e. Tipe bukit, dimana frekuensi setiap kelas membentuk bukit, sebab kelas kurang lebih memiliki frekuensi yang sama kecuali pada akhir. Terjadi karena pencampuran dari beberapa kelompok data dengan μ yang berbeda, sehingga data perlu distratifikasi kembali.



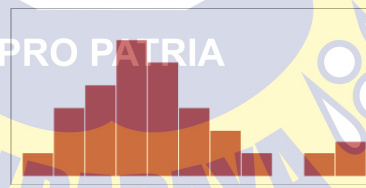
Gambar 2.5 Tipe Bukit

f. Tipe dua puncak (*bimodal*), dimana frekuensi rendah terletak dekat dengan tengah kisaran data, dan ada puncak pada sisi lainnya. Terjadi karena beberapa kelompok data dengan riwayat yang berbeda diambil bersama-sama, dengan μ masing-masing berbeda jauh.



Gambar 2.6 Tipe Dua Puncak

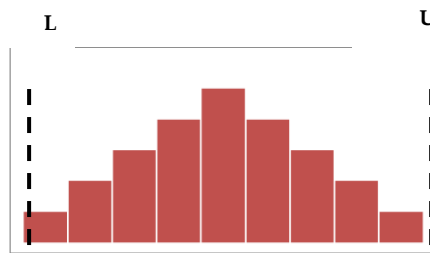
g. Tipe puncak terisolasi, dimana terdapat puncak kecil terisolasi sebagai tambahan pada histogram tipe umum. Terjadi jika terdapat masukkan kecil data dari data lainnya, dikarenakan proses yang tidak normal atau kesalahan pengukuran.



Gambar 2.7 Tipe Puncak Terisolasi

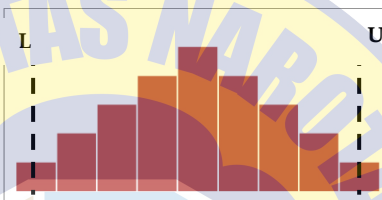
Kasus-kasus histogram terhadap garis batas spesifikasi:

- a. Histogram yang memenuhi spesifikasi, sehingga keadaan saat itu harus terus dipelihara.



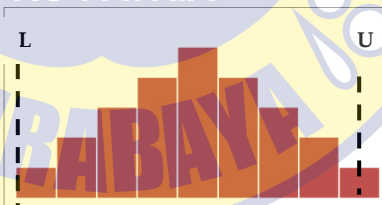
Gambar 2.8 Tipe a

- b. Histogram menunjukkan bahwa spesifikasi memenuhi standar, namun tidak ada batas yang lebih, sehingga sebaiknya proses diperbaiki untuk mengurangi variasi dengan tingkat yang rendah.



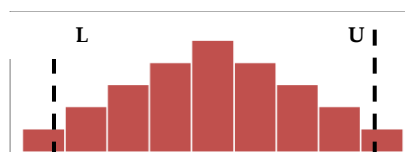
Gambar 2.9 Tipe b

- c. Menunjukkan histogram yang tidak memenuhi spesifikasi, sehingga proses harus diperbaiki dengan membawa nilai tengah (μ) lebih dekat ke tengah spesifikasi.



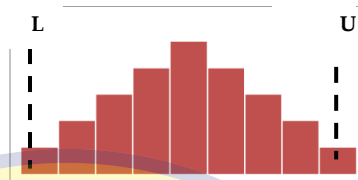
Gambar 2.10 Tipe c

- d. Histogram menunjukkan bahwa sebaran data terlalu besar sehingga tidak memenuhi spesifikasi, hal ini membutuhkan tindakan perbaikan untuk mengurangi variasi yang terjadi.



Gambar 2.11 Tipe d

- e. Merupakan gabungan kasus c dan d dimana histogram menunjukkan bahwa proses dan produk sangat tidak memenuhi spesifikasi, sehingga dibutuhkan tindakan untuk membawa μ lebih dekat ke tengah spesifikasi dan mengurangi variasi dengan memperbaiki proses dan produk yang ada.



Gambar 2.12 Tipe e

6. Diagram Pencar

Dua buah variabel yang sesuai dipetakan dalam sebuah diagram sebar (*scatter*). Hubungan antara titik-titik yang diperlukan menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut. Alat ini berguna dalam mempelajari dan mencari faktor-faktor yang berpengaruh. Pada umumnya ada berbagai bentuk *scatter diagram*, (Fandy Tjiptono dan Anastasia Diana, 2001).

Diagram Pencar/Diagram Tebar (*Scatter Diagram*) adalah suatu grafik dari nilai karakteristik vs karakteristik lainnya yang saling mempengaruhi. Diagram Pencar digunakan untuk mempelajari/mengkaji hubungan/korelasi yang mungkin antara dua variabel (variabel bebas dan variabel terikat). Dalam pengendalian mutu diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi korelasi yang mungkin antara karakteristik mutu dan faktor yang mungkin mempengaruhinya, berupa:

- Satu karakteristik mutu dan satu hasil yang mempengaruhinya.
- Dua karakteristik mutu yang saling berkaitan.

- c. Dua faktor yang saling berkaitan untuk satu karakteristik mutu.

Teknik pembuatan diagram pencar:

- a. Kumpulkan pasangan data yang akan diketahui hubungannya (minimal 30 pasangan) dan aturlah dalam sebuah tabel (pasangan data hendaklah memiliki hubungan yang logis berdasarkan fakta dan kajian ilmiah).
- b. Gambarlah sumbu vertikal dan horizontal dengan skala, sehingga panjang antara keduanya hampir sama, sesuai dengan nilai maksimum dari pasangan data. Biasanya sumbu horizontal adalah penyebab dan sumbu vertikal adalah akibat.
- c. Gambarlah tanda pasangan data pada salib sumbu yang telah disediakan, jika didapat akibat yang sama dari penyebab yang lain, maka berilah tanda yang berbeda.
- d. Tulislah keterangan lain dan riwayat data yang di rasa perlu, seperti judul grafik, jumlah pasangan data, judul sumbu, dan lain-lain.
- e. Hubungan antara pasangan data pada Diagram Pencar dapat diketahui melalui analisa korelasi, dengan rumusan:

$$r = \frac{S_{(xy)}}{\sqrt{S_{(xx)} \cdot S_{(yy)}}}$$

Dengan:

$$S_{(xy)} = \sum_{i=1}^d x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^d x_i)(\sum_{i=1}^d y_i)}{d}$$

$$S_{(xx)} = \sum_{i=1}^d x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^d x_i)^2}{d}$$

$$S_{(yy)} = \sum_{i=1}^d y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^d y_i)^2}{d}$$

Dimana:

r = koefisien korelasi ($-1 \leq r \leq 1$)

x_i = nilai data Sumbu X ke-i

y_i = nilai data Sumbu Y ke-i

d = jumlah pasangan data

koefisien korelasi terdapat dalam kisaran $-1 \leq r \leq 1$, dengan ketentuan:

- 1) Jika lebih dari nilai absolute 1 maka terdapat kesalahan perhitungan.
- 2) Jika semakin mendekati angka -1 dan 1 menunjukkan hubungan antara pasangan data semakin kuat.
- 3) Jika semakin menjauh dari angka -1 dan 1 menunjukkan hubungan antara pasangan data semakin lemah, yang berarti terdapat faktor lain yang mempengaruhi karakteristik mutu.

Secara statistik interpretasi nilai r dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Interval Koefisien r dan Tingkat Hubungan

Interval Koefisien r	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Lemah
0,20-0,399	Lemah
0,40-0,599	Cukup
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

Jika hubungan antara pasangan data sangat kuat, maka selanjutnya hubungan tersebut dapat analisis secara lebih mendalam dengan menggunakan analisa regresi, melalui persamaan:

$$A = \alpha + \beta.P$$

Dengan:

$$\beta = \frac{S_{(xy)}}{S_{(xx)}} \text{ dan } \alpha = \bar{A} - \beta \cdot \bar{P}$$

Dimana:

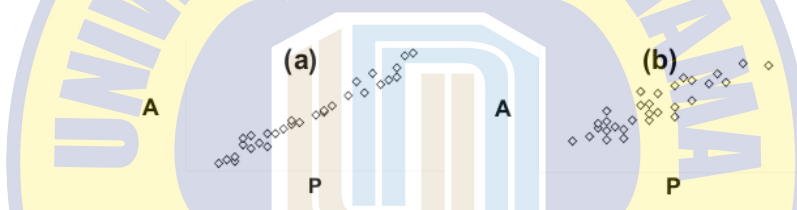
A = akibat

P = penyebab

α = faktor pengaruh akibat

β = faktor pengaruh sebab

Diagram pencar dapat digunakan untuk memahami keterkaitan antara sebab dan akibat sehingga dapat diambil tindakan untuk pengendalian mutu dengan membaca pola pencarnya, sebagai berikut:



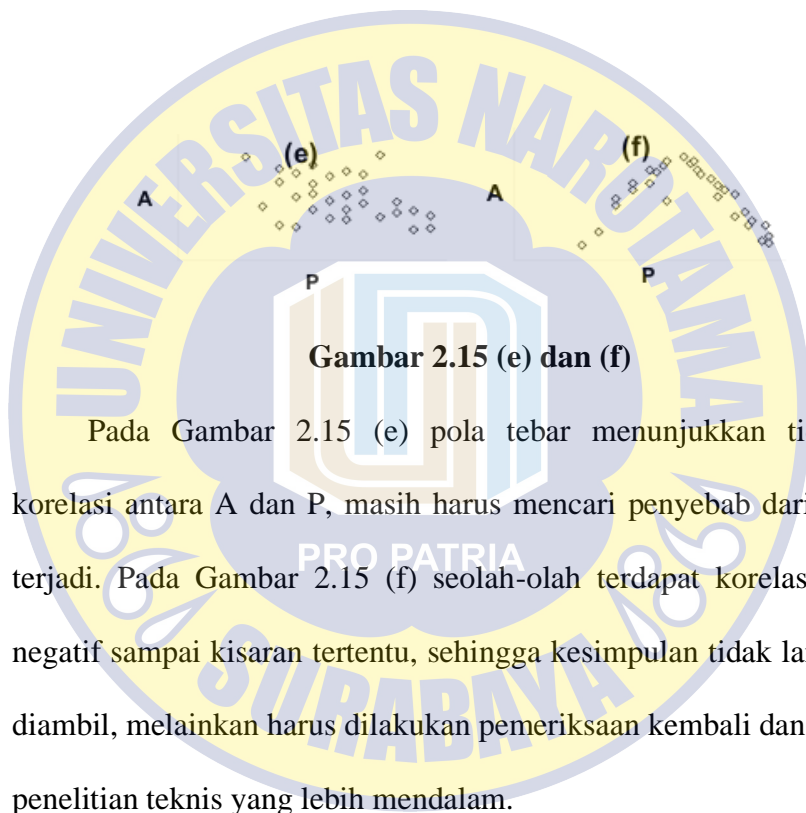
Gambar 2.13 (a) dan (b)

Pada Gambar 2.13 (a) dan (b) menunjukkan korelasi positif, dimana A akan bertambah jika P bertambah. Pada Gambar (a) menunjukkan korelasi yang sangat kuat, dimana jika P dikendalikan maka A secara otomatis akan ikut terkendali. Pada Gambar (b) menunjukkan korelasi tapi lemah, jika P dikendalikan maka seolah-olah A ikut terkendali, namun kelihatannya ada faktor lain yang ikut mempengaruhinya.



Gambar 2.14 (c) dan (d)

Pada Gambar (c) dan (d) menunjukkan korelasi negatif, dimana A akan berkurang jika P bertambah. Pada Gambar (c) menunjukkan korelasi yang sangat kuat, dimana jika P dikendalikan maka A secara otomatis akan ikut terkendali. Pada Gambar (d) menunjukkan korelasi tapi lemah, jika P dikendalikan maka seolah-olah A ikut terkendali, namun kelihatannya ada faktor lain yang ikut mempengaruhinya.



Agar penggunaan Diagram Pencar dapat benar-benar tepat dan sesuai, maka hal-hal yang harus diperhatikan antara lain:

- a. Skala penggambaran harus benar-benar diperhatikan sehingga tidak menimbulkan kesalahan informasi.
- b. Jika terdapat sedikit titik yang tidak mengikuti pola tebar, maka titik-titik tersebut dapat diabaikan.

- c. Pasangan data yang memerlukan stratifikasi, sebaiknya dilakukan dengan memberikan tanda yang berbeda untuk setiap kategori pasangan data, sehingga korelasi dapat diketahui dengan jelas.
- d. Temukan kisaran dan skala yang tepat, sehingga korelasi dapat dilihat dengan jelas.

7. Diagram Kendali

Diagram kendali/peta kendali merupakan suatu gambaran urutan waktu yang menunjukkan nilai statistika dan digambarkan dengan lini sentral (*central limit-CL*) dan lini batas kendali (*derived control limit-UCL, LCL*) melalui penurunan secara statistik.

Penggunaan Peta Kendali dalam pengendalian mutu:

- a. Mendeteksi penyebab mampu terka yang mengakibatkan produk tidak memenuhi spesifikasi.
- b. Memperkirakan ukuran dari sebuah proses guna memperkirakan kemampuan proses.
- c. Mengembangkan proses untuk mengurangi variasi yang terjadi di dalam proses.

Peta Kendali memiliki beberapa tipe:

- a. Peta Kendali \bar{x}

Data kontinyu dalam proses diperoleh pada selang waktu yang lama atau pembuatan subgrup data dirasa kurang efektif, maka setiap data

digambar dan digunakan sebagai peta kendali. Karena tidak terdapat subgrup dan nilai R tidak dihitung, maka kisaran gerak (Rs) dari data berurutan digunakan untuk menghitung batas kendali.

b. Peta Kendali \bar{x} -R

Digunakan untuk mengendalikan dan menganalisa proses yang menggunakan data bernilai kontinu (variabel) dan karakteristik mutu yang dapat diukur serta memberikan jumlah informasi terbanyak mengenai proses. Nilai rata-rata subgrup adalah \bar{x} dan kisaran subgrup adalah R. Sebuah peta_R digunakan dalam kombinasi dengan peta x untuk mengendalikan variasi dalam subgrup.

c. Peta Kendali p dan pn

Digunakan jika karakteristik mutu digambarkan dengan jumlah unit rusak dan bagian unit rusak sebagai data diskrit. Untuk sampel data yang berukuran sama peta kendali pn tentang jumlah unit rusak digunakan, sedangkan untuk jumlah sampel yang berbeda digunakan peta kendali p.

d. Peta Kendali u dan c

Digunakan untuk mengendalikan dan menganalisis proses berdasarkan cacat produk, seperti goresan, ketidaksempurnaan dan lain-lain sebagai data diskrit. Peta Kendali c digunakan untuk jumlah cacat pada produk yang berukuran sama sedangkan peta kendali u digunakan untuk produk dengan ukuran yang berbeda.

Penyusunan subgrup dalam Peta Kendali didasarkan pada:

- a. Operasi harus dilakukan pada kondisi yang hampir sama secara teknis.
- b. Data yang dikumpulkan hendaknya dalam periode waktu yang relatif pendek.

Batas kendali dan batas spesifikasi peta kendali berbeda:

- a. Batas kendali ialah kalkulasi dari ukuran produk yang dihasilkan suatu proses dan merupakan dasar penyebaran ukuran masing-masing subgrup bukan ukuran produk secara individual. Batas kendali didorong oleh variabilitas alami dari proses yang diukur dari deviasi standar proses.
- b. Batas spesifikasi adalah sebuah perincian gambaran, dokumen, susunan, dan lain sebagainya dari sebuah produk yang diperoleh dari konsumen, manajemen, peraturan yang menentukan produk diterima atau tidak.

Penentuan batas kendali yang terdiri dari Batas Kendali Atas (UCL), Garis Pusat (CL), dan Batas Kendali Bawah (LCL) didasarkan pada Hukum 3 Sigma dari Kurva Distribusi Normal sebagai berikut:

- a. Untuk Peta Kendali \bar{x}

$$UCL = \bar{x} + 2,66 R_s$$

$$CL = \bar{x}$$

$$LCL = \bar{x} - 2,66 R_s$$

Dimana: \bar{x} = Nilai rata-rata sampel

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

n = jumlah data

x_i = data ke- i

R = Kisaran

$$= X_L - X_S$$

X_L = nilai maksimum data

X_S = nilai minimum data

s = deviasi standar sampel

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

b. Untuk Peta Kendali \bar{x}

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$CL = \bar{\bar{x}}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Dimana: $\bar{\bar{x}}$ = Rata-rata total

$$= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i$$

k = jumlah subgrup

\bar{x}_i = nilai rata-rata subgrup ke-i

A_2 = koefisien berdasarkan jumlah data dalam subgrup

\bar{R} = nilai rata-rata kisaran

$$= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

R_i = kisaran subgrup ke-i

c. Untuk Peta Kendali R

$$UCL = D_4 \bar{R}$$

$$CL = \bar{R}$$

$$LCL = D_3 \bar{R}$$

Dimana: D_4, D_3 = koefisien berdasarkan jumlah data subgrup

\bar{R} = nilai rata-rata kisaran

d. Untuk Peta Kendali p

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$CL = \bar{p}$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dimana: \bar{p} = rata-rata rusak

$$= \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

p_i = jumlah rusak subgrup ke-i

n = ukuran subgrup

n_i = ukuran subgrup ke-i

k = jumlah subgrup

e. Untuk Peta Kendali pn

$$UCL = \bar{p}n + 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$$

$$CL = \bar{p}n$$

$$LCL = \bar{p}n - 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$$

Dimana: \bar{p} = rata-rata rusak

n = ukuran sub grup

f. Untuk Peta Kendali u

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$CL = \bar{u}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Dimana: \bar{u} = rata-rata jumlah unit

$$= \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

c_i = jumlah cacat subgrup ke-i

n = ukuran subgrup

n_i = ukuran subgrup ke-i

k = jumlah subgrup

g. Untuk Peta Kendali c

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$CL = \bar{c}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Dimana: \bar{c} = rata-rata jumlah cacat

$$= \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{n'}$$

c_i = jumlah cacat subgrup ke-i

n' = jumlah subgrup

Pada peta kendali p dan u, UCL dan LCL berubah-ubah mengikuti perubahan ukuran subgrup dan jika LCL bernilai negatif maka batas kendali bawah tersebut tidak akan digunakan. Batas kendali (UCL dan LCL) yang menggunakan prinsip 3σ adalah merupakan batas pengambilan tindakan ketika mulai terdapat titik yang berada di luarnya, dengan mencari penyebab mampu terka. Penggunaan Peta Kendali disarankan juga memakai batas peringatan yang menggunakan 2σ dan $1,5\sigma$. Jika satu atau lebih titik berada pada batas 3σ dan 2σ , maka keadaan proses harus mulai dicurigai, demikian pula jika banyak titik berada pada daerah antara 2σ dan $1,5\sigma$.

Teknik pembuatan Peta Kendali:

- a. Kumpulkan data yang diperlukan (minimal 100 agar dapat lebih dipercaya). Untuk Peta Kendali x data tidak perlu dibuat subgrup, dan untuk Peta Kendali yang lainnya bagilah data tersebut ke dalam subgrup sesuai dengan kondisi teknis dan sifat yang sama. Sebaiknya data-data tersebut dimasukkan ke dalam tabel.

- b. Hitunglah nilai-nilai yang diperlukan sesuai dengan jenis peta kendali yang akan dibuat berdasarkan rumus-rumus tersebut di atas.
- c. Tentukan batas kendali atas (UCL), garis pusat (CL), batas kendali bawah (LCL), dan batas peringatan (2σ dan $1,5\sigma$).
- d. Gambarlah sumbu horisontal dengan skala sesuai jumlah data/subgrup dan sumbu vertikal di bagian kirinya sesuai dengan data yang ada pada subgrup.
- e. Gambarlah garis batas kendali, garis penuh untuk CL dan garis putus-putus untuk UCL dan LCL, serta garis berbeda lainnya untuk garis peringatan.
- f. Plot data yang ada, dengan menggambarkan titik-titik pada daerah sumbu yang telah dibuat. Untuk titik yang berada di luar daerah UCL dan LCL atau membentuk pola tertentu sebaiknya diberi tanda yang berbeda.
- g. Hubungkanlah titik-titik yang telah diplotkan dengan garis.
- h. Tuliskan keterangan lain yang diperlukan seperti nama peta, nama proses, ukuran subgrup.

Proses yang berada dalam keadaan terkendali (penyebab mampu terka telah dihilangkan) dapat diasumsikan mempunyai ukuran rata-rata subgroup yang didistribusikan dalam bentuk kurva distribusi normal, dengan karakteristik:

- a. Tidak ada titik yang terletak di luar batas kendali.
- b. Titik-titik berdistribusi secara acak dalam rata-rata proses.

- c. Terdapat 2-3 titik berada dekat garis rata-rata proses (CL).
- d. Beberapa titik berada di dekat batas kendali.

Jika proses berada dalam keadaan tidak terkendali (terdapat penyebab mampu terka), maka keadaan ini dapat dilihat dengan membaca (interpretasi) titik-titik yang telah diplotkan pada Peta Kendali, sebagai berikut:

- a. Terdapat titik yang terletak di luar batas kendali

Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

- 1) Operator: baru, kurang berpengalaman, salah menghitung batas kendali.
- 2) Material: perbedaan bahan baku.
- 3) Metode: tidak sesuai standar operasi yang telah ditetapkan.
- 4) Mesin: standar operasi berubah.
- 5) Lingkungan: perubahan fisik.

- b. Lari

Keadaan ini terjadi bila titik-titik muncul secara kontinyu pada satu sisi garis pusat, dan jumlah titik-titiknya disebut panjang lari. Keadaan tidak normal jika:

- 1) Panjang larinya 7 titik.
- 2) Minimal 10 dari 11, 2 dan 14, 16 dari 20 titik yng berurutan terjadi pada satu sisi garis pusat.

Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

- 1) Operator: orang yang berbeda.

- 2) Material: kurang sama dari biasanya.
- 3) Metode: kesalahan produksi.
- 4) Mesin: terjadi kerusakan atau perbedaan ukuran.
- 5) Lingkungan: terjadi pencemaran.

c. Kecenderungan

Keadaan ini terjadi bila titik-titik membentuk kurva kontinyu ke atas/bawah lebih dari 7 titik yang berurutan. Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

- 1) Operator: kesalahan perhitungan ketika membuat peta kendali.
- 2) Material: kurang sama dari biasanya.
- 3) Metode: terjadi perubahan standar operasi.
- 4) Mesin: penyetelan mesin berubah-ubah.
- 5) Lingkungan: terjadi pencemaran.

d. Mendekati garis kendali

Keadaan ini terjadi bila 2 dari 3 titik berada di antara daerah batas peringatan 2σ dan daerah batas kendali 3σ . Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

- 1) Operator: tidak mengetahui standar operasi.
- 2) Material: selalu berubah-ubah.
- 3) Metode: tidak tepat.

4) Mesin: penyetelan mesin berubah-ubah.

5) Lingkungan: terjadi pencemaran.

e. Mendekati garis pusat

Bila kebanyakan titik terletak pada daerah antara kedua garis batas peringatan $1,5\sigma$. Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

1) Operator: memilih sampel yang baik dari populasi.

2) Material: tidak sesuai dengan standar.

3) Metode: tidak sesuai dengan spesifikasi.

4) Mesin: penyetelan mesin berubah-ubah setelah memperhatikan produk.

5) Lingkungan: perubahan fisik yang terjadi secara tiba-tiba.

f. Gerak periodik

Keadaan ini terjadi bila titik-titik yang membentuk kurva berulang-ulang menunjukkan kecenderungan naik dan turun pada selang yang sama. Kemungkinan penyebab mampu terkanya adalah:

1) Operator: cara menjalankan proses berbeda.

2) Material: bahan baku memiliki variasi yang sangat lebar.

3) Metode: penggunaan standar yang berbeda dalam menjalankan operasi, memeriksa dan mengukur sebuah produk.

4) Mesin: proses pemeriksaan peralatan berbeda-beda.

5) Lingkungan: terjadi perbedaan temperature atau kelembaban.

Dari interpretasi peta kendali ini dapat dilihat bahwa bila peta kendali dalam keadaan terkendali, maka variasi disebabkan oleh

penyebab kebetulan (*chance cause*), sebaliknya apabila peta kendali berada dalam keadaan tidak terkendali maka variasi disebabkan oleh penyebab mampu terka (*assignable causes*) yang dapat dihilangkan.

8. Kapabilitas/Kemampuan Proses

Kapabilitas/kemampuan proses adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui apakah proses kerja yang sedang berjalan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak. Proses disebut *capable* bila mampu menghasilkan hampir 100% output sesuai dengan spesifikasi. Kapabilitas proses dapat diukur dengan menghitung indeks kapabilitas proses berdasarkan histogram atau peta kendali. Indeks c_p adalah indeks yang menunjukkan kemampuan sistem memenuhi batas/limit spesifikasi.

Peta kendali yang berada dalam keadaan terkendali dapat diasumsikan bahwa distribusi normal, sehingga indeks kapabilitas proses dapat dihitung dengan menaksir:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$c_p = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \text{ atau } \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}$$

dimana:

\bar{x} = nilai rata-rata

σ = taksiran standar deviasi populasi

d_2 = koefisien berdasarkan jumlah data dalam subgrup

\bar{R} = rata-rata kisaran subgrup

c_p = kemampuan proses

USL= batas atas spesifikasi

LSL= batas bawah spesifikasi

Nilai standar sigma untuk c_p dapat dikelompokkan dalam 3 kategori:

- a. $c_p \geq 2$, berarti proses sangat mampu memenuhi spesifikasi.
- b. $1 \leq c_p < 2$, berarti proses berada antara tidak mampu sampai cukup mampu.
- c. $c_p < 1$, berarti proses sangat tidak mampu mencapai target spesifikasi, (Vincent Gasperz, 2002).

9. Penerapan *Statistical Process Control* (SPC)

Siklus Deming ini dikembangkan untuk menghubungkan antara produksi suatu produk dengan kebutuhan pelanggan, dan memfokuskan sumber daya semua departemen (riset, desain, produksi, pemasaran) dalam suatu usaha kerjasama untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Tahap-tahap dalam Siklus Deming terdiri dari:

- a. Mengadakan riset konsumen dan menggunakannya dalam perencanaan produk (*plan*).
- b. Menghasilkan produk (*do*).
- c. Memeriksa produk apakah telah dihasilkan sesuai dengan rencana (*check*).
- d. Memasarkan produk tersebut (*act*).
- e. Menganalisis bagaimana produk tersebut diterima di pasar dalam kualitas, biaya dan kriteria lainnya (*analyze/action*), (Fandy Tjiptono dan Anastasia Diana, 2001).

Jika dikaitkan dengan Siklus PDCA, maka penggunaan ketujuh alat tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Siklus PDCA

DEMING CYCLE	8 STEPS	7 TOOLS
Plan	1. Menentukan masalah	<i>Check Sheet</i>
		Diagram Pareto
		Diagram Kendali
		Histogram
	2. Menemukan penyebab	Diagram Sebab Akibat
	3. Mempelajari faktor yang berpengaruh	Diagram Pareto
		Diagram tebar
	4. Merencanakan langkah perbaikan	5W-2H
Do	Menerapkan langkah perbaikan	
Check	6. Meneliti hasil (perbaikan sesuai rencana?)	Check Sheet
		Diagram Pareto
		Diagram Kendali
		Histogram
Action	Mencegah timbulnya masalah	Standarisasi SOP (<i>flow chart</i>)
	Memperhatikan persoalan baru	Diagram Pareto

C. Beton Ready Mix

1. Pengertian Beton Ready Mix

Kata “*concrete*” dalam bahasa Inggris berarti menggabungkan menjadi suatu benda padat karena agregat mirip tulang-tulang hewan, maka dalam bahasa Jepang menjadi “*kotau-zai*” artinya material-material seperti tulang. Kata “*Beton*” dalam bahasa Indonesia berasal dari bahasa Belanda.

Beton pada dasarnya adalah campuran dari dua bagian yaitu *agregat* dan *mortal*. Mortal terdiri dari semen Portland dan air yang mengikat agregat (pasir dan kerikil/batu pecah) menjadi suatu massa seperti batuan ketika pasta tersebut mengeras akibat reaksi kimia dari semen dan air, (Ir Paulus Nugraha, 1989).

Menurut Aman Subakti, Mudji Irmawan dan Bambang Piscesa (2012), beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus dan kadang-kadang ditambahkan *additive* atau *admixture* bila diperlukan.

Beton/*ready mix concrete* adalah cor beton curah siap pakai (*instant*) atau biasa disebut beton *ready mix* yang diproduksi di pabrik olahan beton atau *batching plant*. *Ready mix* ini banyak dipilih oleh proyek-proyek berskala menengah ke atas, karena ketepatan campuran dan waktu pengaplikasian yang lebih hemat jika dibandingkan dengan pengecoran

secara manual. Beberapa sarana yang biasa terlibat dari mulai tahap produksi sampai dengan pengecoran.

Keunggulan *ready mix concrete* adalah sebagai berikut:

- a. Mutu dan Volume Beton selalu terkontrol dan terjamin.
- b. Pekerjaan lebih cepat, mudah dan efisien karena pengecoran menggunakan pompa beton/*concrete pump*.
- c. Tidak memerlukan banyak lahan dan tempat di lokasi pembangunan.
- d. Dapat dikirim ke berbagai lokasi.
- e. Anda tidak perlu menyediakan banyak tenaga supervisi ahli.
- f. Sistem administrasi dan prosedur yang mudah.

D. Evaluasi Mutu Beton

Evaluasi dilakukan untuk menjamin terjaganya komposisi dari campuran, tingkat kemudahan pengerjaan dan kekuatan beton nantinya. Evaluasi ini meliputi pengaruh suhu, lingkungan setempat (*environment*), pengaruh dari lokasi pengerjaan, dan hal-hal lain yang menyebabkan sifat-sifat dari beton segar berubah, yang pada akhirnya akan menyebabkan pengaruh terhadap kekuatan struktur, (Tri Mulyono, 2003).

1. Pengukuran *Workability* (*Slump Test*)

Istilah workabilitas dipakai untuk berbagai sifat beton segar dan dipengaruhi banyak faktor. Disarankan workabilitas haruslah mengukur sedikitnya 3 sifat beton:

- 1) *Compactible*, kemudahan beton untuk didapatkan dan rongga-rongga udara dihilangkan.

- 2) Mobilitas, kemudahan beton untuk mengalir kebentuknya dan diantara tulangan-tulangan.
- 3) Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap stabil, homogen selama pencampuran, penggetaran tanpa segregasi.

Telah banyak dilakukan tes workabilitas, tetapi kebanyakan dari pengetesan itu hanyalah secara empiris. Hanya sedikit yang memenuhi standart. Sebagai tambahan, semua dari tes itu berupa “*a single point test*” jadi tidak dapat untuk menerangkan sifat-sifat beton yang mengikuti Bingham model. Tes-tes yang tersedia tidak dapat dibandingkan satu sama lainnya karena mereka mengukur sifat-sifat beton yang berbeda.

Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas. Kebanyakan dari metode yang tersedia menyediakan informasi yang bervariasi tentang workabilitas dan karena itu penting untuk kontrol kualitas. Juga penting diutarakan bahwa metode-metode tadi hanya dapat digunakan untuk *range* yang sempit dari workabilitas. Pengukuran workabilitas yang telah berkembang ialah *subjective assessment, slump test, compaction test, flow test, remolding test, penetration test, mixer test, dan miscelaneous test.*

Slump test merupakan metode tertua dan banyak dipakai. Pertama kali muncul dalam ASTM 1922 dan sekarang dicantumkan dalam ASTM C-143. Tes ini terdiri dari wadah berbentuk kerucut terpancung dengan dimensi seperti pada gambar. Wadah itu diisi beton dalam 3 lapisan yang sama dimana masing-masing dirojok 25 kali dengan 16 mm diameter batang

perojok. Wadah itu kemudian diangkat vertikal dan *slump* diukur dengan menentukan perbedaan tinggi antara wadah dan tinggi beton setelah wadah diangkat. Jika terjadi geser pada salah satu sisi pada beton maka tes harus diulangi. Bila terjadi terus maka beton tidak cocok dengan metode ini.

Bergantung pada campurannya maka 3 tipe *slump* dapat terjadi: “*True*” *slump* merupakan penurunan umum dari masa ‘*shear*’ *slump* mengindikasikan kurangnya kohesi biasanya pada campuran kasar dan yang terjadi segregasi, ‘*collapse*’ *slump* mengindikasikan campuran yang basah.

Hal ini dapat dilihat dimana untuk beton yang paling atas adalah campuran yang kasar dengan minimum agregat halus dan air. Sedangkan campuran yang dibawahnya adalah kohesif dan plastis. Jadi, beton tadi tidak dapat digunakan untuk tujuan yang sama walaupun demikian memiliki *slump* yang sama. Beton dengan *slump* kurang dari 25 mm harus dities dengan cara lain. Salah-satunya dengan penggetaran yang diperlukan untuk memadatkan beton kaku. Seperti yang telah dijelaskan dalam hubungan antara workabilitas dan waktu maka *slump* dapat bervariasi tergantung berapa lama setelah pencampuran, baru tes dilakukan.

Walaupun begitu tes ini dapat menyediakan informasi yang baik. Pada umumnya beton dengan *slump* yang sama dapat digunakan untuk tujuan yang sama. Yang lebih penting, *slump* tes adalah alat kontrol kualitas yang baik. Perubahan *slump* dalam pekerjaan beton menandakan

perubahan dalam jumlah agregat dan air. Ini menandakan sesuatu terjadi pada campuran dan membutuhkan perhatian, (Aman Subakti, dkk, 2012).

2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Evaluasi ini bertujuan untuk menguji apakah kekuatan beton telah tercapai sesuai rencana atau belum dan untuk menentukan langkah-langkah preventif dengan tidak mengesampingkan nilai-nilai ekonomis. Pengujian dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm atau kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm. Evaluasinya selalu dalam bentuk pengujian silinder. Jika data dihasilkan dari benda uji berbentuk kubus atau ukuran yang lebih kecil dari standar maka harus dilakukan konversi ke dalam silinder. Satuan yang digunakan adalah N/m^2 atau MPa.

Berikut ini prosedur pengujian kuat tekan beton:

- a. Ambil benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekanan dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain pelembab. benda uji dapat menggunakan bentuk kubus ukuran 15cm x 15 cm atau silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
- b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris. sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekan beton.
- d. Jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban konstan berdasar 2 sampai 4 kg/cm^2 per detik.

- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- f. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan pada saat beton berumur 3, 7, 14 dan 28 hari lalu diambil rata-rata.
- g. Untuk menghitung kekuatan beton pada umur hari kesekian dapat membaca artikel yang khusus membahas tentang tabel konversi beton umur 3 sampai dengan 28 hari.
- h. Beton yang sering digunakan untuk pekerjaan bangunan antara lain K-225, K-250, K-300, K-350, K-400, K-450, K-500 dan berbagai ukuran kuat tekan lain menyesuaikan dengan kebutuhan kekuatan struktur.

Setelah dilakukan pengetesan pada benda uji maka dilakukan perhitungan kuat tekan beton sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Standar Nasional Indonesia telah memberikan langkah-langkah untuk melakukan evaluasi beton keras ini, dengan memperhatikan hasil uji kekuatan tekan silinder beton. Dalam SNI 2847-2013 tercantum bahwa, pelaksanaan beton dapat diterima jika hasil kekuatan tekan betonnya memenuhi dua syarat yang diberikan, nilai-nilainya sebagai berikut:

- a. Setiap nilai rata-rata aritmatika dari semua 3 uji kekuatan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f_c' .

- b. Tidak ada uji kekuatan di bawah f_c' dengan lebih dari 3.5 MPa jika f_c' sebesar 35 MPa atau kurang, atau dengan lebih dari $0.10 f_c'$ jika f_c' lebih dari 3.5 MPa.

Jika langkah pertama tidak terpenuhi, maka diambil tindakan perbaikan untuk meningkatkan kekuatan tekan. Jika langkah kedua yang tidak terpenuhi tindakan yang diambil adalah dengan menguji apakah kekuatan struktur masih cukup kuat dengan nilai kekuatan aktual, dengan cara menganalisa ulang struktur menggunakan kekuatan tekan aktualnya atau dengan menguji cara uji tidak merusak.

Menurut SNI 2847: 2013 bahwa kekuatan rata-rata perlu f_{cr}' yang digunakan sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan dari Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kekuatan Tekan Rata-rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia Untuk Menetapkan Deviasi Standar Benda Uji

Kekuatan Tekan Disyaratkan, MPa	Kekuatan Tekan Rata-rata Perlu, MPa
$f_c' < 21$	$f_{cr}' = f_c' + 7,0$
$21 \leq f_c' \leq 35$	$f_{cr}' = f_c' + 8,3$
$f_c' > 35$	$f_{cr}' = 1,10f_c' + 5,0$

Sumber: Standar Nasional Indonesia

E. Proses Pemesanan, Praproduksi, Produksi dan Pascaproduksi Beton Ready Mix di PT Waskita Beton Precast

1. Pemesanan Beton *Ready Mix*

Prosedur pemesanan beton oleh *costumer* ke PT Waskita Beton Precast adalah sebagai berikut:

- a. *Costumer* mengirim *purchas order* (PO) ke marketing. PO bisa dilakukan secara langsung atau melalui *e-mail*.
- b. Kemudian diproses oleh *sales order* dan diberikan kepada admin untuk dibuatkan *schedule*.
- c. *Schedule* tersebut kemudian diberikan kepada bagian *quality control*, produksi dan pengiriman. Agar dari setiap *departement* dapat memroses sesuai dengan pekerjaan masing-masing.

2. Proses Praproduksi, Produksi dan Pascaproduksi Beton *Ready Mix*

PT Waskita Beton Precast memiliki proses praproduksi, produksi dan pascaproduksi. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.16.

a. Praproduksi

1) Pengambilan Sampel Material

Untuk pengambilan sampel material dilakukan dengan pengambilan sampel secara acak/rendem. Hal ini dilakukan dengan mengambil dari truk yang urutan kedatangannya ganjil. Untuk setiap truk diambil sampel secara acak minimal 3 titik yang berbeda. Berikut ini teknik pengambilan sampel pada agregat dengan teknik *quarry*:

- a) Saat material datang ke plant sebelum material disimpan material pada truk diambil sebagian untuk diuji. Bagian atas material ditinggirkan.
- b) Lalu mengambil sampel material di beberapa titik secara acak. Minimal diambil dari tiga titik yang berbeda.
- c) Kemudian semua material tersebut dijadikan satu dan dicampur.
- d) Material tersebut diletakkan di tempat yang datar kemudian dibentuk bulat dan diratakan permukaannya.
- e) Membagi bulatan tersebut menjadi 4 bagian kemudian diambil 2 bagian secara menyilang untuk dijadikan sampel pengujian material

Teknik ini digunakan untuk pengujian di laboratorium PT Waskita Beton Precast maupun di laboratorium independen. Untuk pengambilan sampel air, *fly ash* dan semen dilakukan secara langsung tanpa menggunakan teknik *quarry* kemudian dikirim ke laboratorium independen.

2) Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan di laboratorium PT Waskita Beton Precast dan laboratorium independen. Pengujian material yang dilakukan di laboratorium independen meliputi:

- a) Pengujian agregat halus (pasir)

Pengujian yang dilakukan yaitu uji alkali dan desof silika, uji sulfat dan Cl, gradasi, kadar lumpur, kadar air dan berat jenis.

b) Pengujian agregat kasar (kerikil)

Pengujian yang dilakukan adalah uji kepipihan, uji keusan, uji alkali dan desof silika, uji sulfat dan Cl, gradasi, kadar lumpur, kadar air dan berat jenis.

c) Pengujian semen

Pengujian semen yang dilakukan adalah kandungan semen, waktu ikat dan lain sebagainya.

d) Pengujian air

Pengujian air yang dilakukan yaitu pengujian air untuk embuatan beton. Sehingga yang di uji adalah kandungan air.

Pengujian material yang dilakukan di PT Waskita Beton Precast meliputi pengujian agregat:

a) Pengujian gradasi dan kadar lumpur

Material yang diperlukan sebanyak 1,5 kg dan air bersih. Peralatan yang digunakan yaitu saringan, loyang, timbangan, sekop, kompor, wajan, spatula, lap dan timbah. Pengujian ini dilakukan oleh 1 orang teknisi.

Langkah-langkah dalam pengujian gradasi dan kadar lumpur adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan.

- Menimbang agregat yang akan diuji sebanyak 1,5 kg.
- Meletakkan agregat pada alat analisa saringan. Kemudian digoyang-goyangkan selama beberapa menit.
- Menimbang agregat yang tertahan di masing-masing nomor saringan.
- Mencatat hasil pengujian pada *form* pengujian gradasi.
- Memasukkan agregat yang tertahan di saringan ke dalam timba menggunakan air bersih. Mencuci agregat harus sampai bersih.
- Menimbang agregat yang telah dicuci.
- Mengeringkan agregat dengan menggunakan penggorengan.
- Menganalisis hasil pengujian

Rumus untuk kadar lumpur:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat contoh kering

B = berat contoh yang tertahan di saringan no. 200

Syarat kadar lumpur pada pasir maksimal sebesar 3% sedangkan kadar lumpur pada batu 1/1 (ukuran 5mm-10mm) dan 1/2 (ukuran 10mm-25mm) maksimal 1%.

Rumus untuk nilai modulus kehalusan (FM):

$$FM = \text{total berat komulatif (\%)} : 100$$

Syarat FM pasir 2,6-2,7, FM batu 1/1 (ukuran 5mm-10mm) 5-6,
FM batu 1/2 (ukuran 10mm-25mm) 6-7.

b) Pengujian berat jenis (*specific gravity*) dan kadar air

Material yang diperlukan sebanyak 1,5 kg. peralatan yang digunakan yaitu saringan, pan (Loyang), timbangan, sekop, kompor, wajan, spatula, lap dan timbah. Pengujian ini dilakukan oleh 2 teknisi. Durasi pengerjaan selama 2 hari.

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan kadar air pada agregat adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan.
- Menimbang agregat yang akan diuji sebanyak 1,5 kg.
- Merendam sampel pada timba yang berisi air bersih selama 24 jam.
- Sampel yang sudah ditimbang kemudian ditimbang di dalam air.
- kerikil tersebut dilap dengan kain agar agregat dalam kondisi SSD sedangkan pasir diangin-anginkan.
- Menimbang agregat dalam kondisi SSD.
- Mengeringkan agregat tersebut dengan menggoreng di wajan.
- Agregat yang telah dikeringkan ditimbang.
- Menganalisis hasil

3) Perencanaan *Mix Design*

Metode yang digunakan untuk *mix design* adalah metode ACI. Perencanaan *mix design* dilakukan oleh *general manager quality control*. Bila *mix design* yang membuat adalah koordinator maka harus dikoreksi oleh *general manager quality control*. Untuk pengajuan *mix design* harus disetujui oleh manajer *quality control* atau *general manager quality control*. Sebelum membuat *mix design* harus mengetahui hasil pengujian material bila hasil pengujian sama seperti sebelumnya maka *mix design* yang digunakan sesuai dengan riset yang sebelumnya tetapi bila hasil pengujian material berbeda maka harus dihitung kembali *mix design* beton menggunakan metode ACI. Untuk perhitungan *mix design* sesuai dengan metode ACI. Langkah-langkah perhitungan *mix design* dan *mix* proporsi beton 1 m³ kondisi SSD dapat dilihat pada lampiran.

4) *Trial*

Trial dilakukan ketika *mix design* sudah ditentukan. Tujuan dari *trial* adalah untuk mengetahui apakah spesifikasi beton yang direncanakan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan untuk riset perusahaan. *Trial* ini dilakukan oleh teknisi dan dipantau langsung oleh *general manager quality control*.

Perlengkapan yang dibutuhkan untuk *trial* adalah sebagai berikut:

- a) ekop beton
- b) Timbangan

- c) Gerobak dorong
- d) Nampan
- e) Tong untuk air
- f) Miniport
- g) *Slump cone*
- h) Matras
- i) Rojokan
- j) Palu karet
- k) Cetakan benda uji
- l) *Trowel*

Langkah-langkah dalam melakukan *trial* adalah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan semua alat dan bahan sesuai dengan *mix* proporsi beton yang akan *ditrial*.
- b) Memasukkan semen, *fly ash* (bila beton FA), dan pasir ke dalam *miniport* kemudian dicampur dengan memutar *miniport*.
- c) Memasukkan kerikil ke dalam *miniport* dibiarkan sampai tercampur secara sempurna.
- d) Kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit dan *additive*. Untuk penambahan *additive* harus dicampur dengan air agar *additive* dapat tercampur merata.
- e) Setelah itu, beton siap diuji *slump* dan dibuat benda uji.

Bila *trial* sesuai dengan spesifikasi maka *mix* proporsi beton dapat digunakan. Dan bila tidak sesuai dengan spesifikasi maka harus dilakukan analisa ulang agar menghasilkan *mix* proporsi beton yang sesuai.

b. Proses Produksi

Proses produksi beton di PT Waskita Beton Precast menggunakan *batching plant*. Dimana *batching plant* terdapat dua jenis yaitu *dry mix* dan *wet mix*. Yang membedakan hanyalah proses penambahan airnya saja. Untuk jenis *dry mix* air ditambahkan secara manual setelah semua material dimasukkan ke dalam *truck mixer*. Sedangkan untuk jenis *wet mix* penambahan air dilakukan langsung di *pan mixer batching plant* sehingga saat masuk ke *truck mixer* dalam bentuk beton segar. Petugas yang mengoperasikan *batching plant* disebut *batching plant operator*. Untuk kapasitas *batching plant* dalam sekali takar maksimal 4 m³ dalam waktu \pm 4 menit.

Berikut ini proses produksi beton menggunakan *batching plant* tipe *dry mix*:

- 1) Material diangkut oleh *loader* ke tempat penampungan pasir dan kerikil.
- 2) *Truck mixer* bersiap di bawah *batching plant*.
- 3) Data (*job mix*) diinput oleh *batching plant operator* untuk persiapan penimbangan material.

- 4) Semua material ditimbang sesuai *batchcard*. Dimana dalam *batchcard* merupakan *mix design* beton untuk 1 m³ saja sehingga untuk proses produksi lebih dari 1 m³ *batching plant operator* harus mengalikan berat yang ada pada *batchcard* dengan volume *loading*.
- 5) Lalu semua material ditimbang lalu pasir, semen dan *fly ash* (bila beton FA) dimasukkan ke dalam *truck mixer* dan dicampur secara merata dengan memperhatikan putaran *mixer* pada *truck mixer*.
- 6) Kemudian dilanjutkan dengan penambahan kerikil dan dicampur secara merata.
- 7) Berikutnya ditambahkan *admixture*. Untuk penambahan harus dicampur air saat proses pencampuran di *truck mixer* agar *admixture* tercampur secara merata pada beton.
- 8) Setelah semua material masuk ke dalam *truck mixer*, *batching plant operator* menekan sirine sebagai tanda bahwa semua material telah masuk ke dalam *truck mixer*.
- 9) Lalu *truck mixer* pindah ke tempat penambahan air. Dan air ditambahkan secara manual sesuai dengan slump rencana. Untuk proses ini diperlukan pekerja yang sudah terampil untuk melihat *visual slump*.
- 10) Beton segar siap untuk dikirim ke *costumer*.

Berikut ini proses produksi beton menggunakan *batching plant* tipe *wet mix*:

- 1) Material diangkut oleh *loader* ke tempat penampungan pasir dan kerikil.
- 2) *Truck mixer* bersiap di bawah *batching plant*.
- 3) Data (*job mix*) diinput oleh *batching plant operator* untuk persiapan penimbangan material.
- 4) Semua material ditimbang sesuai *batchcard*. Dimana dalam *batchcard* merupakan *mix design* beton untuk 1 m³ saja sehingga untuk proses produksi lebih dari 1 m³ *batching plant operator* harus mengalikan berat yang ada pada *batchcard* dengan volume *loading*.
- 5) Kemudian dilanjutkan dengan penambahan kerikil dan dicampur secara merata.
- 6) Berikutnya ditambahkan *admixture* dan air secara bersamaan. Untuk penambahan harus dicampur air saat proses pencampuran di *pan mixer* agar *admixture* tercampur secara merata pada beton.
- 7) Setelah semua material dimpur ke dalam *pan mixer* maka beton segar dimasukkan ke dalam *truck mixer*.
- 8) *Batching plant operator* menekan tombol sirine sebagai penanda bahwa beton segar siap untuk dikirim ke *costumer*.

c. Pascaproduksi

1) *Visual Slump*

Visual slump merupakan istilah untuk pengecekan slump dengan cara melihat dalam *mixer* yang terdapat di *truck mixer*. *Visual slump* dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu di tower *mixer* dan pada saat penimbangan. Hal ini, bertujuan agar beton yang dikirim ke lokasi pengecoran memiliki nilai *slump* yang sesuai dengan permintaan *costumer*. *Visual slump* dilakukan oleh teknisi yang telah memiliki pengalaman agar tidak terjadi kesalahan pada produk yang akan dikirim. Bila *visual slump* tidak sesuai (terlalu halus/kasar) maka beton harus diperbaiki lagi di *batching plant operation*. Untuk proses perbaikan ini beton sebanyak $0,5 \text{ m}^3$ dikeluarkan dari *truck mixer* kemudian ditambahkan lagi dengan $0,5 \text{ m}^3$ beton baru yang komposisinya sudah dihitung.

2) Penimbangan

Penimbangan dilakukan dengan menggunakan jembatan timbang. Hal ini dilakukan untuk mengontrol volume beton yang akan dikirim. Penimbangan ini dilakukan oleh bagian *purchas*. Berikut ini merupakan proses penimbangan volume beton dalam *truck mixer*:

- a) *Truck mixer* yang telah melewati proses *loading* dan *visual slump* menuju ke jembatan timbang.

b) Lalu diproses oleh operator jembatan timbang dengan komputer yang dihubungkan dengan internet. Data-data yang dimasukkan adalah sebagai berikut:

- No. *Record* (*Nomer Surat Jalan*)
- Customers
- No. Pol./LMB
- Material
- Masuk
- Keluar
- Bruto dengan satuan kg (berat *truck mixer* yang tendon air terisi penuh)

c) Untuk berat tara diinput oleh computer secara langsung karena jembatan timbang terhubung langsung dengan komputer.

d) Lalu komputer memproses netto dengan rumus:

$$\text{Netto} = \text{tara} - \text{bruto}$$

Dimana:

$$\text{Netto} = \text{Berat beton (kg)}$$

$$\text{Tara} = \text{Berat } \textit{truck mixer} \text{ dengan tangki air terisi penuh} + \text{berat beton (kg)}$$

Bruto = Berat *truck mixer* dengan tangki air
terisi penuh (kg)

Setelah netto diketahui maka bisa dihitung volume beton dengan
rumus:

$$\text{Volume} = \frac{\text{Netto}}{\text{Berat Volume beton}}$$

Dimana:

Volume = Volume beton (m³)

Netto = Berat beton (kg)

Berat volume beton = 2400 kg/m³

Jika volume beton sesuai maka operator menekan sirine sebagai tanda bahwa beton siap untuk dikirim ke *costumer*. Dalam proses ini bila tidak sesuai maka harus ditambahkan lagi volume beton sesuai dengan *batch card*.

3) Pengangkutan

Pengangkutan beton segar dari plant menuju tempat pengecoran dilakukan menggunakan *truck mixer*. Dalam pengiriman harus diperhatikan putaran *mixer* yaitu 14 rpm. Untuk proses pengangkutan ini yang bertugas adalah sopir *truck mixer* dan teknisi. Sebelum berangkat teknisi harus membawa surat jalan, doket, *sampling record* dan form penitipan benda uji serta perlengkapan untuk *slump test* dan pembuatan benda uji. Dimana surat penitipan

terdapat 2 lembar yang berwarna putih untuk pihak PT Waskita Beton Precast Beton dan yang kuning untuk *costumer*.

4) Pengambilan Sampel Beton Segar

Pengambilan sampel beton segar ini dilakukan ketika beton yang diangkut oleh *truck mixer* sampai di proyek. Pengambilan sampel ini digunakan untuk *slump test* dan pembuatan benda uji.

Perlengkapan yang digunakan untuk mengambil sampel beton segar yaitu sebagai berikut:

- a) Gerobak, Jika tidak ada gerobak, maka menggunakan timba yang sudah ditetapkan departemen QC, yaitu suatu timba dengan diameter atas \varnothing 32 cm dan diameter bawah \varnothing 30 cm.
- b) Sekop beton sampel.

Berikut ini langkah-langkah mengambil sampel beton segar sesuai dengan standart ASTM C 172 - 90:

- a) *Mixer* datang, kemudian naik ke mixer untuk melihat visual slump dan kasar halus beton.
- b) Lakukan homogenitas beton segar dengan memutar mixer selama 3 menit dalam jumlah putaran 14 rpm. *homogenitas*: Proses campuran beton yang sudah dicampur secara merata.

rpm (rotary per menit): Jumlah putaran mixer dari titik nol ke nol dalam satu putaran dalam satu menit.

Kemudian mixer yang sudah diputar, beton segar segera dituangkan ke gerobak dan lakukan homogenitas dengan menggunakan sekop dalam kurun waktu 2 menit.

5) *Slump Test*

Slump test dilakukan untuk quality control spesifikasi beton yang telah dipesan oleh customer. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan permintaan customer atau tidak dan untuk mengetahui *workability* beton.

Peralatan yang digunakan untuk slump test adalah sebagai berikut:

a) Gerobak, Jika tidak ada gerobak, maka menggunakan timba yang sudah ditetapkan departemen QC, yaitu suatu timba dengan diameter atas \varnothing 32 cm dan diameter bawah \varnothing 30 cm.

b) *Slump cone*

c) Alas slump

d) Rojokan

e) Sekop beton sampel

f) Meteran 3 m

Berikut ini langkah-langkah dalam melakukan *slump test* sesuai dengan standar ASTM C 143 - 90a:

a) Beton yang ada di *mixer* dituangkan ke gerobak.

- b) Lakukan homogenitas beton segar dengan menggunakan sekop dalam kurun waktu 2 menit.
- c) Cari tempat yang rata, aman dan bebas dari getaran untuk melekukan *slump*.
- d) Letakkan alas *slump* pada area rata tersebut, jika masih goyang maka di ganjel supaya alas *slump* tidak goyang.
- e) Letakkan alat *slump* dengan posisi diameter besar di bawah sedangkan diameter kecil di atas.
- f) Injak kupingan alat *slump* bagian bawah kanan kiri dengan kuat-kuat.
- g) Masukkan beton segar ke dalam *slump* tersebut yaitu 1/3 dari tinggi alat *slump* yaitu 10 cm, kemudian rojok beton segar kedalam alat *slump* sebanyak 25 kali secara melingkar seperti obat nyamuk.
- h) Isi layer kedua setinggi 1/3 dari tinggi dalam *slump* yaitu 10 cm, kemudian rojok layer kedua tersebut tembus layer pertama ± 1 cm ke dalam alat *slump* sebanyak 25 kali melingkar seperti obat nyamuk.
- i) Isi layer ketiga sampai volume meluber, kemudian rojok layer ketiga tersebut tembus layer kedua ± 1 cm ke dalam alat *slump* sebanyak 25 kali melingkar seperti obat nyamuk.

- j) Setelah selesai di rojok kemudian diratakan dengan menggunakan stik rojokan sampai merata.
- k) Setelah itu bersihkan beton segar bagian bawah dan atas dengan tangan dalam keadaan kupingan alat *slump* dibawah tetap diinjak supaya alat slump tidak bergeser.
- l) Kemudian tekan kupingan alat *slump* bagian kanan atas dengan tangan kanan, lalu lepas injakan kupingan bagian kanan bawah alat *slump* dengan menggunakan kaki kanan, kemudian lakukan hal yang sama yaitu tekan kupingan alat *slump* bagian kiri atas dengan tangan kiri, lalu lepas injakan kupingan bagian kiri bawah alat *slump* dengan menggunakan kaki kiri.
- m) Tarik alat *slump* tersebut perlahan-lahan secara vertikal dalam waktu ± 5 detik dengan gaya angkatan tanpa gerakan menggeser atau memutar.
- n) Untuk mengukur *slump* yang terjadi letakkan alat slump diameter besar diatas sedangkan diameter kecil *slump* berada di bawah.
- o) Taruh stik rojokkan pada bagian alat *slump* diatas, kemudian ukur beda tinggi *slump* tersebut.

Untuk pelaksanaan *slump test* di lapangan sesuai dengan ketentuan. *Slump test* dilakukan maksimal 3 kali. Bila *slump test*

dilakukan lebih dari 3 kali maka beton dapat dilakukan salah satu tindakan di bawah ini:

- a) Beton dapat direject sehingga beton akan dikembalikan ke plant dan akan diperbaiki.
- b) Bila hasil *slump test* beton lebih tinggi daripada ketentuan (terlalu kental) bisa ditambahkan air semen atau *admixture*.
- c) Bila hasil *slump test* beton lebih rendah daripada ketentuan (terlalu encer) bisa ditambahkan semen atau *admixture*.

Untuk penambahan air semen/semen/*admixture* harus disetujui oleh costumer dan mengisi form penambahan air semen/semen/*admixture*. Penambahan air semen/semen/*admixture* ditanggung oleh PT Waskita Beton Precast. Bila hal tersebut terjadi untuk semen bisa meminjam dari pihak costumer dan nantinya akan diganti oleh PT Waskita Beton Precast. Untuk hal ini PT Waskita Beton Precast memberikan jaminan bahwa mutu dari beton tidak mengalami penurunan.

6) Membuat Benda Uji

Benda uji dibuat setelah *slump test* dilakukan dan memenuhi ketentuan. Untuk banyaknya benda uji minimal 1 set (minimal 3 silinder). Membuat benda uji bisa dilakukan di plant atau di proyek. Hal tersebut dilakukan sesuai permintaan costumer.

Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji:

- a) Gerobak, Jika tidak ada gerobak, maka menggunakan timba yang sudah ditetapkan departemen QC, yaitu suatu timba dengan diameter atas \varnothing 32 cm dan diameter bawah \varnothing 30 cm.
- b) Trowel
- c) Sekop beton sampel
- d) Palu karet
- e) Rojokan
- f) Cetakan benda uji yang sebelumnya sudah diberi oli. Hal ini bertujuan agar beton tidak menempel pada cetakan dan saat cetakan dibuka benda uji mudah dikeluarkan.

Berikut ini langkah-langkah membuat benda uji silinder menurut standart ASTM C 192:

- a) Beton yang ada di *mixer* dituangkan ke gerobak.
- b) Lakukan homogenitas beton segar dengan menggunakan sekop dalam kurun waktu 2 menit.
- c) Cari tempat yang rata, aman dan bebas dari getaran untuk membuat benda uji.
- d) Isi beton segar ke cetakan, dalam lapisan pertama yaitu setinggi 1/3 dari tinggi cetakan benda uji yaitu 10 cm, kemudian dirojok secara melingkar seperti lingkaran obat nyamuk sebanyak 25 kali,

setelah itu kita getarkan dengan menggunakan palu karet dari arah samping kanan, kiri depan dan belakang sebanyak 20 kali, dari setiap sisi yaitu 5 kali, lakukan hal yang sama pada cetakan lain dalam satu set pembuatan benda uji, satu set benda uji yaitu pembuatan beberapa benda uji (2 atau 3 atau lebih) yang dilakukan sekali buat dalam beton yang sama.

- e) Lakukan homogenitas sisa yang ada di gerobak untuk kedua kalinya dengan menggunakan sekop selama 2 menit.
- f) Isi layer kedua yaitu setinggi 10 cm, kemudian lakukan tahapan sesuai arahan dari point ke 4.
- g) Lakukan homogenitas sisa yang ada di gerobak untuk ketiga kalinya dengan menggunakan sekop selama 2 menit.
- h) Isi layer ketiga sampai meluber, kemudian lakukan tahapan sesuai arahan dari point ke 4.
- i) Tunggu beberapa saat ± 10 menit (sampai cetakan hampir kering).
- j) Kemudian ratakan benda uji tersebut dengan menggunakan *trowel* sampai merata.
- k) Setelah itu kita tempel benda uji sesuai dengan arahan kode tempelan kertas yang telah disediakan.

l) Tutupi benda uji tersebut dengan menggunakan triplek supaya benda uji tidak terkena air.

m) Akhir dari pengecoran serah terimakan benda uji tersebut kepada personil proyek yang berwenang (pelaksana/logistik) dan konfirmasikan benda uji tersebut diambil oleh tim kolektor PT Waskita Beton Precast.

Untuk jumlah benda uji yang dibuat disesuaikan dengan SNI 03-2847-2002 yaitu:

a) *Truck mixer* (TM) 1 dibuat 1 set benda uji (4 silinder).

b) *Truck mixer* (TM) 2-5 dibuat 1 set benda uji (4 silinder).

c) *Truck mixer* (TM) 6-10 dibuat 1 set benda uji (4 silinder).

7) Pengambilan Benda Uji di Proyek

Pengambilan benda uji dilakukan satu hari setelah pengecoran di proyek. Hal ini bertujuan agar benda uji kering dan tidak rusak. Pengambilan benda uji dilakukan oleh PT Waskita Beton Precast ke proyek. Saat pengambilan kolektor harus membawa form penitipan benda uji. Dalam proses ini menggunakan mobil *pick up* karena jumlah benda uji banyak dan dilakukan pada pagi hari.

8) Pembukaan Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji dibuka setelah benda uji diambil dari proyek oleh kolektor. Pembukaan cetakan dilakukan oleh teknisi yang berada di plant.

Langkah-langkah membuka cetakan benda uji adalah sebagai berikut:

- a) Letakkan cetakan yang berisi benda uji di permukaan yang datar.
- b) Buka semua baut yang ada pada cetakan menggunakan kunci nomor 15.
- c) Buka cetakan secara perlahan dan ambil benda uji dalam cetakan.

9) Perawatan (*Curing*)

Perawatan benda uji dilakukan setelah benda uji diambil dari lokasi pengecoran kemudian dibuka dari cetakan. Perawatan yang diterapkan di PT Waskita Beton Precast yaitu dengan merendam benda uji ke dalam bak curing yang berisi air. Berikut ini proses perawatan (*curing*) pada benda uji:

- a. Mampu menempatkan benda uji ke bak curing yaitu:

Teknisi mampu merawat benda uji dalam bak curing yang intinya benda uji itu harus terendam seluruhnya dimana dengan kondisi bak curing harus terhindar dari panas.

- b. Air yang digunakan adalah air yang bebas dari zat kimia/air yang bersih.
- c. Benda uji harus terendam seluruhnya di dalam air.
- d. Benda uji diangkat dari bak *curing* satu hari sebelum dilakukan uji kuat tekan.

10) *Capping* Permukaan Benda Uji

Capping benda uji merupakan proses pelapisan permukaan benda uji dengan belerang. Hal tersebut bertujuan untuk membuat permukaan benda uji rata sehingga benda uji mendapatkan beban secara merata saat pengujian berlangsung. Sebelum benda uji dicapping, benda uji harus ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat dari benda uji. Penimbangan menggunakan neraca elektronik.

Peralatan yang diperlukan untuk *capping* permukaan benda uji, yaitu:

- a) Kompor
- b) Wajan
- c) Sendok
- d) Alat *capping*
- e) Kuas
- f) Tempat oli

Berikut ini proses *capping* permukaan benda uji:

- a) Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan.
- b) Mengambil benda uji ke tempat pengcappingan dimana sebelumnya telah diangkat dari bak *curing*.
- c) Tuangkan belerang bubuk ke dalam wajan dan nyalakan kompor untuk mencairkan belerang.
- d) Oleskan oli ke alat *capping* agar belerang tidak menempel ketika mengeras.
- e) Tuangkan belerang cair dengan sendok ke permukaan alat *capping*.
- f) Ambil benda uji dan letakkan di atas alat *capping* yang sudah terisi belerang cair.
- g) Biarkan belerang mengeras lalu angkat benda uji setelah belerang mengeras.

11) Pengujian Kuat Tekan di Laboratorium

Pengujian kuat tekan merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah mutu beton yang diproduksi sesuai dengan mutu beton yang direncanakan. Untuk pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium, yaitu: laboratorium PT Waskita Beton Precast dan laboratorium independen. Alat kuat tekan hidrolis yang digunakan di keempat laboratorium berbeda pada hasil satuan kuat

tekan. Tetapi untuk hasilnya tidak berbeda jauh. Hal tersebut dikarenakan untuk konversi satuan pada alat berbeda. Benda uji yang akan diuji harus diambil dari bak *curing* satu hari sebelum pengujian dilakukan. Untuk umur pengujian disesuaikan dengan permintaan customer tetapi umur yang pasti diuji adalah 28 hari. Begitu pula dengan banyaknya benda uji yang diuji disesuaikan permintaan customer.

Berikut ini langkah-langkah pengujian benda uji:

- a) Siapkan benda uji yang telah *dicapping*.
- b) Nyalakan alat pengujian kuat tekan dengan menekan tombol *power*.
- c) Letakkan benda uji pada tempat benda uji yang terdapat pada alat.
- d) Kemudian tekan tombol hidrolis untuk pembebanan.
- e) Amati beban maksimal dari indikator beban.
- f) Catat hasil pengujian.
- g) Hitung hasil tes apakah sudah sesuai mutu yang direncanakan atau tidak dengan rumus:

- Bila alat menggunakan satuan ton

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P \times 1000 \times g}{A}$$

Dimana:

P = beban (ton)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

A = luas penampang benda uji (mm)

- Bila alat menggunakan satuan KN

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P \times 1000}{A}$$

Dimana:

P = beban (KN)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

A = luas penampang benda uji (mm)

12) Evaluasi/Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton ke *Costumer*

Evaluasi merupakan laporan dari PT Waskita Beton Precast kepada costumer mengenai hasil pengujian kuat tekan beton. Dari evaluasi ini dapat diketahui apakah mutu beton sesuai rencana atau tidak. Evaluasi dilakukan sesuai permintaan costumer. Sehingga waktu evaluasi bervariasi ada yang setiap bulan (untuk proyek besar yang memesan beton ke PT Waskita Beton Precast secara berkelanjutan) dan lain sebagainya. Meskipun demikian evaluasi selalu dibuat oleh admin QC untuk semua costumer sesuai usia pengujian kuat tekan beton.

Kriteria penerimaan mutu beton berdasarkan SNI 2847-2013:

- a) Setiap nilai rata-rata aritmatika dari semua 3 uji kekuatan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f_c' .
- b) Tidak ada uji kekuatan di bawah f_c' dengan lebih dari 3.5 MPa jika f_c' sebesar 35 MPa atau kurang, atau dengan lebih dari 0.10 f_c' jika f_c' lebih dari 3.5 MPa.

Jika hasil pengujian umur beton 28 hari tidak sesuai dengan salah-satu atau kedua kriteria di atas maka mutu beton tidak diterima. Sehingga harus dilakukan pengujian lanjutan yaitu:

- a) Pengujian cara tidak merusak (*nondestructive test*) yaitu *hammer test*. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran nilai kuat tekan pada area pengecoran yang merasa perlu dilakukan tes *hammer* (terlampir).
- b) Pengujian cara merusak (*destructive test*) yaitu *core drill*. Tes *core drill* yaitu tes yang dilakukan pada area perlu dilakukan *core drill* jika hasil tes dari benda uji dari beton terpasang saat diambil dalam keadaan *fresh concrete* terevaluasi tidak masuk berdasarkan SNI Beton 2847-2013 dan/atau jika hasil hamer tes pada area beton yang terpasang terevaluasi kurang dari syarat nilai minimum *hammer test* pada PBI 1971 (terlampir), (PT Waskita Beton Precast, 2016).