

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKAN DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi mengenai perbedaan antara penelitian dahulu yang pernah dilakukan, dimana memiliki permasalahan dan metode yang serupa dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang digunakan sebagai referensi menggunakan beberapa jurnal yang menerapkan metode *seven steps* dan juga jurnal yang berhubungan dengan perbaikan kualitas.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Satrijo dkk (2014) melakukan perbaikan kualitas pada proses produksi di PT. Catur Pilar Sejahtera (CPS) yang terletak di Sidoarjo. Produk yang dihasilkan di CPS ialah tas yang berbahan *polypropylene*. Permasalahan yang ada pada perusahaan ini ialah adanya *defect* pada tas berupa sablon yang tidak sempurna, serta adanya hasil pemotongan yang tidak sesuai. Oleh karena itu dilakukan penelitian perbaikan kualitas untuk menurunkan cacat / *defect* pada tas yang dihasilkan. Perbaikan yang dilakukan berfokus pada departemen pemotongan dan departemen penyablonan saja. Metode yang digunakan untuk permasalahan yang ada ialah metode DMAIC *Six Sigma*, sedangkan *tools* yang digunakan untuk melakukan pendataan dan pengambilan keputusan ialah *FMEA*, *checksheet*, *control chart*, serta *fishbone diagram*. Hasil yang didapatkan dari metode dan *tools* yang digunakan ialah peningkatan nilai *sigma* pemotongan dari 4,9 menjadi 5,2 serta nilai *sigma* untuk penyablonan dari 3,9 menjadi 4,5. Selain peningkatan nilai *sigma*, persentase *defect* dari 5% mengalami penurunan juga.

Hudaya dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh material cetakan *silicon rubber* dan temperatur tuang lilin, terhadap kualitas pola lilin *investment casting*. Jenis lilin yang digunakan pada penelitian ini adalah *parafin wax* yang memiliki titik cair 53°C hingga 74°C. Penggunaan cetakan dengan bahan metal masih menjadi suatu ketergantungan, dimana waktu pembuatan cetakan metal terbilang cukup lama dan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Ketergantungan tersebut merupakan dasar dilakukannya penelitian untuk mencari pengganti material metal pada cetakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimen, dimana cetakan *silicon rubber* diuji coba dengan beberapa parameter temperatur berbeda dan kemudian dianalisa

pengaruhnya terhadap *linear shrinkage* & *volumetric shrinkage*. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa semakin rendah temperatur penuangan, maka *linear shrinkage* yang terjadi juga akan semakin kecil, namun hal ini tidak berpengaruh terhadap diameter inlet. *Linear shrinkage* rata-rata pada temperatur 55°C adalah 0,65%, pada temperatur 65°C adalah 0,91%, sedangkan pada temperatur 75°C adalah sebesar 1,22%. Persentase *volumetric* pada temperatur 55°C adalah 7,59%, pada temperatur 65°C adalah 8,03%, dan pada temperatur 75°C adalah sebesar 8,35%.

Sugijopranoto (2014) telah melakukan penelitian di suatu perusahaan yang bergerak pada bidang Industri Barang Plastik Lembaran dan Industri Kemasan dari Plastik. Penelitian ini membahas mengenai peningkatan kualitas plastik untuk menurunkan *defect* yang ada tiap harinya. Permasalahan yang ada pada perusahaan tersebut ialah adanya *defect* pada plastik berkualitas 1 untuk didistribusikan ke luar negeri. Persentase *defect* yang ada tiap harinya mencapai 22,5% , oleh karena itu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode *seven steps* yang dibantu dengan *tools* berupa *old & new seven tools*. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode dan *tools* tersebut menghasilkan penurunan persentase *defect* dari awalnya 22,5% menjadi 17,7% per harinya.

Riyanto (2015) juga melakukan penelitian untuk menurunkan tingkat *defect* pada produk yang dihasilkan di suatu perusahaan yang memproduksi pelek mobil aluminium. *Defect* yang terjadi di perusahaan tersebut merupakan masalah yang serius, karena disana terdapat kompleksitas jenis cacat yang terjadi. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan data bahwa persentase *defect* tertinggi diakibatkan adanya kebocoran pada produk. Permasalahan tersebut kemudian diselesaikan dengan menggunakan metode QCC (Quality Control Circle) / Tim Gugus Mutu yang menggunakan *tools* berupa *Critical to Quality* dan *Seven Tools*. Tim Gugus Mutu sendiri adalah suatu kelompok dalam industri yang bertugas untuk melakukan perbaikan berkelanjutan di perusahaan. Menggunakan metode tersebut, kemudian didapatkan bahwa letak permasalahan kebocoran pada produk ialah menurunnya kemampuan mesin LT (*Leakage Tester*) yang dimiliki perusahaan tersebut. Hasil dari penelitian ini adalah penurunan persentase kebocoran dari awalnya 1,86% menjadi 0,77%.

Penelitian yang dilakukan oleh Surijanto dkk (2017) membahas mengenai implementasi metode *PDCA Seven Step* untuk menekan frekuensi gangguan

missalignment pada mesin *cooler* Tuban-2 yang ada di perusahaan yang bergerak dalam bidang industri persemenan. Perbaikan yang ingin dilakukan di perusahaan ini ialah melakukan peningkatan efisiensi dan efektifitas di perusahaan. Salah satu hal yang bisa dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut ialah dengan mengurangi *downtime* dari peralatan dan mesin yang ada. Metode yang digunakan disini ialah *PDCA Seven Step*, serta menggunakan *brainstorming* dan *7 tools* untuk mendata dan pengambilan keputusan. Dari penelitian yang dilakukan, kemudian ditentukan bahwa penurunan *down time* akan dilakukan pada mesin *cooler*. Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan metode dan *tools* yang ada, didapatkan hasil penurunan frekuensi *downtime* pada *cooler* dari 9 kali menjadi hanya 1 kali saja. Penurunan *downtime* dari awalnya 181,66 jam menjadi 91,36 jam saja.

Khamdulin dan Respati (2019) melakukan penelitian di perusahaan yang memproduksi sabuk transmisi di Indonesia. Penelitian yang dilakukan mengenai penerapan metode QCC untuk menurunkan jumlah sisa *sample* pengujian *compound*. Permasalahan yang ditemukan pada perusahaan ini ialah pada produktivitasnya yang terhambat. Setiap pergantian *shift* kerja, masih terdapat sisa sampel yang harus diuji sebanya 36,44%. Berdasarkan masalah tersebut kemudian dilakukan penelitian menggunakan metode 8 *steps* QCC dan 7 *tools*. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini ialah penurunan persentasi sisa sampel yang harus diuji dari 36,44% menjadi 21,97%.

Penelitian-penelitian yang pernah dilakukan diatas menunjukkan bahwa perbaikan kualitas pada suatu proses baik untuk diterapkan, baik itu perusahaan yang tergolong kecil hingga perusahaan besar. Metode yang digunakan dalam melakukan perbaikan juga beragam, mulai dari *six sigma* hingga *seven steps*. Oleh karena itu perbaikan kualitas dengan menggunakan *seven steps* baik untuk diterapkan, demi mendapatkan keuntungan dari segi kualitas produk atau jasa hingga dari segi finansial.

2.1.2 Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang ialah perbaikan kualitas proses penuangan yang ada pada *training unit* lab otomasi UAJY. Perbaikan kualitas proses penuangan yang dimaksud adalah berupa upaya perbaikan pada proses penuangan parafin, sehingga akan mendapatkan hasil massa parafin yang lebih stabil dan seragam. Permasalahan proses penuangan saat ini adalah ketidakstabilan massa parafin

yang semakin menurun, antara hasil penuangan pertama dengan penuangan selanjutnya. Perbaikan dilakukan dengan menggunakan metode *seven steps*.

2.2 Dasar Teori

Dasar teori berisi mengenai beberapa topik yang berhubungan dengan penelitian yang akan digunakan.

2.2.1 Kualitas

Kualitas dapat diartikan kedalam berbagai pengertian, diantaranya adalah suatu kecocokan atau kesesuaian terhadap suatu persyaratan yang ada (Juran dan Gryna, 1993). Persyaratan yang dimaksud ialah apa yang diinginkan oleh *customer*/ pelanggan. Seperti yang dijelaskan oleh Juran dan Godfrey (1998) bahwa kualitas ialah pertemuan antara kebutuhan dengan kepuasan dari pelanggan. Sedangkan menurut Mitra (1998) kualitas suatu produk maupun jasa ialah kesesuaian dari produk atau jasa, untuk dapat memenuhi tujuan penggunaan seperti yang diharapkan oleh pelanggan.

Berdasarkan pengertian kualitas yang telah dijelaskan oleh para ahli tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kualitas merupakan suatu kesesuaian dari produk maupun jasa terhadap apa yang diinginkan oleh *customer*, sehingga akan memberikan kepuasan terhadap pelanggan.

2.2.2 Karakteristik Kualitas

Mitra (1998) menjelaskan bahwa karakteristik kualitas merupakan satu atau lebih elemen yang menentukan tingkat kualitas yang diinginkan dari suatu produk atau jasa. Karakteristik kualitas terbagi menjadi 4, pertama adalah *structural kualitas* seperti panjang dimensi produk, massa produk, viskositas cairan, dll. Kedua adalah *sensory characteristics* yang meliputi rasa sebuah makanan, bau suatu parfum, kecantikan model, dll. Ketiga adalah *time-oriented characteristics* yang mencakup pengukuran kemampuan suatu produk atau jasa untuk dapat memiliki fungsi berkelanjutan, seperti kemudahan perawatan, garansi, dll. Keempat ialah *ethical characteristics* yang meliputi penilaian etik seperti kesopanan, keramahan, kejujuran, dll.

Mitra (1998) juga menjelaskan bahwa karakteristik kualitas dapat dibedakan terhadap pengukurannya. Karakteristik yang dapat diukur secara numerik atau dapat terukur dengan angka disebut dengan karakteristik kualitas variabel,

sedangkan karakteristik yang tidak dapat dinyatakan secara numerik disebut dengan atribut. Karakteristik kualitas variabel mencakup pengukuran seperti panjang benda, temperatur suatu produk, sudut kemiringan, dll. Sedangkan karakteristik kualitas atribut meliputi kehalusan produk, bau wangi parfum, rasa suatu makanan, dll.

2.2.3 Dimensi Kualitas

Garvin (1988) menjelaskan bahwa terdapat 8 kategori dimensi kualitas yang dapat diidentifikasi, yaitu:

a. *Performance*

Performansi merupakan karakteristik utama dari suatu produk, yang mengacu pada fungsi utama dari produk tersebut.

b. *Features*

Fitur yang dimaksud disini adalah karakteristik tambahan atau sekunder yang menambah fungsi utama dari produk

c. *Reliability*

Reliabilitas berhubungan dengan kemungkinan suatu produk menjadi tidak berfungsi lagi pada suatu periode waktu tertentu. Reliabilitas juga dapat diartikan sebagai konsistensi dari performansi suatu produk dalam periode waktu yang tertentu.

d. *Conformance*

Conformance atau kesesuaian merupakan ukuran penyimpangan yang terjadi antara produk yang dihasilkan, dengan rancangan atau standar yang harus dipenuhi.

e. *Durability*

Daya tahan merupakan ukuran masa keawetan produk untuk dapat memiliki performansi selama periode waktu tertentu.

f. *Serviceability*

Pelayanan adalah ukuran kemudahan, kesopanan, serta kecakapan dalam melakukan perbaikan atau reparasi produk.

g. *Aesthetics*

Estetika adalah ukuran subyektif terhadap suatu produk, mengenai seperti apa produk tersebut terlihat, terasa, tercium, atau terdengar.

h. *Perceived Quality*

Persepsi merupakan ukuran subyektif, mengenai seperti apa suatu produk tersebut menurut penilaian konsumen.

2.2.4 Defect

Pengertian dari *defect* ialah suatu kondisi dimana produk atau jasa mengalami kesalahan atau ketidaksesuaian terhadap fungsinya (Juran dan Godfrey, 1998). Maka ketika suatu produk atau jasa yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi yang diminta, produk atau jasa tersebut dapat dikatakan *defect*.

2.2.5 Pengendalian Kualitas

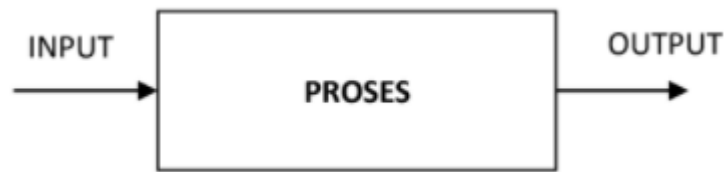
Pengendalian Kualitas menurut Ahyari (1994) adalah suatu kegiatan dari jajaran manajemen untuk menjaga dan memastikan kualitas produk atau jasa tetap terarah dan dapat dipertahankan sesuai yang diharapkan. Selain itu menurut Price (2017), dalam suatu pengendalian kualitas terdiri dari kegiatan-kegiatan yang tidak jauh dari pengukuran, penghitungan, dan aktivitas lain yang sederhana dan masuk akal. Kegiatan ini dapat dilakukan oleh siapapun selama ada standar pelaksanaan yang jelas. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas merupakan suatu kegiatan yang meliputi perhitungan hingga pengukuran yang berasal dari arahan jajaran manajemen perusahaan, untuk memastikan dan mengarahkan suatu kualitas produk maupun jasa tetap sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

2.2.6 Sistem Kendali

Sistem kontrol atau sistem kendali menurut Allu dan Toding (2018) adalah suatu proses pengendalian terhadap satu atau lebih besaran variabel atau parameter, sehingga akan berada pada suatu *range* atau harga tertentu. Contoh suatu variabel antara lain adalah tekanan, aliran, ketinggian, suhu, kecepatan, dan sebagainya.

Allu dan Toding (2018) juga menjelaskan bahwa, ada beberapa istilah yang perlu dipahami dalam sistem kendali yaitu pengertian tentang sistem, proses, dan juga kendali. Sistem adalah gabungan dari beberapa komponen yang saling bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan. Proses merupakan suatu perubahan berurutan yang berlangsung secara kontinyu dan tetap hingga mencapai kondisi akhir tertentu. Sedangkan kendali atau kontrol adalah suatu tindakan atau bentuk kerja untuk mengendalikan, mengawasi, serta mengatur sesuatu. Gambaran

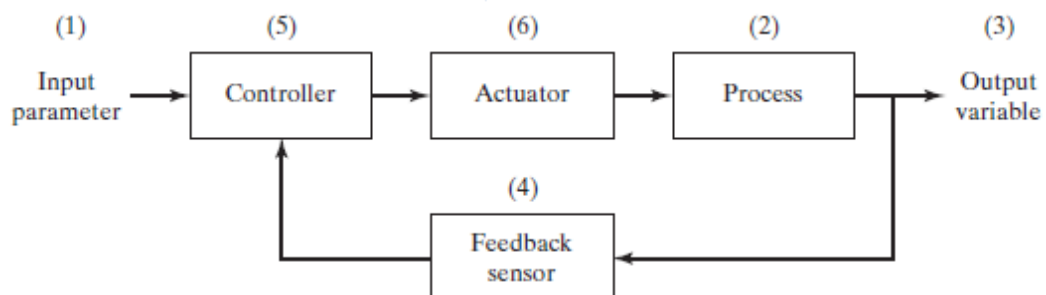
hubungan antara sistem dan proses adalah seperti pada ilustrasi pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Blok Diagram Sistem (Toding, 2018)

Urutan kerja dari sistem kendali secara garis besar ada 3, yaitu melakukan pengukuran, perbandingan, dan perbaikan. Contoh sistem kendali yang menjelaskan mengenai urutan kerja tersebut adalah seperti pengendalian volume air yang dilakukan oleh operator. Operator membaca atau mengukur ketinggian volume dalam tangki, kemudian dibandingkan dengan batas volume yang diharapkan, kemudian mengatur ketinggian tersebut dengan membuka atau menutup katup pengisian dan pembuangan pada tangki tersebut.

Groover (2015) menjelaskan bahwa pada sistem kendali dapat berupa sistem kendali lingkaran tertutup (*Closed loop*) atau sistem kendali lingkaran terbuka (*Open loop*). Sistem kendali *closed loop* biasa juga disebut dengan *feedback control system*, hal ini dikarenakan keluaran variabel pada sistem akan dibandingkan terhadap parameter masukan sistem, yang mana hasil perbandingan tersebut akan digunakan untuk menyesuaikan hasil keluaran terhadap masukan yang ada. Blok diagram sistem kendali *closed loop* menurut Groover (2015) adalah seperti pada Gambar 2.2 berikut:

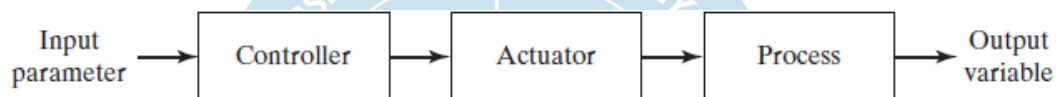


Gambar 2.2. Blok Diagram Sistem Kendali *Closed Loop* (Groover, 2015)

Input parameter (1) pada Gambar 2.2 diatas adalah sebagai masukan nilai keluaran yang diinginkan, jika diibaratkan sebagai sebuah *Air Conditioner* maka *input parameter* adalah pengaturan temperatur yang diinginkan. *Process* (2)

merupakan suatu operasi atau fungsi yang dikendalikan. *Output variable* (3) merupakan nilai keluaran yang dikendalikan dalam perulangan (*loop*). *Feedback sensor* (4) disebut demikian karena menggunakan sensor yang berguna untuk mengukur nilai keluaran dan menutup *loop* antara masukan dan keluaran. *Controller* (5) berperan untuk membandingkan keluaran dan masukan, yang kemudian membuat penyesuaian pada proses untuk mengurangi perbedaan diantara keduanya. Penyesuaian yang dilakukan pada *controller* akan dapat tercapai dengan menggunakan satu atau lebih *actuator* (6), seperti misalnya dengan menggunakan motor elektrik.

Sistem kendali *open loop* bekerja tanpa adanya *feedback loop* atau pengulangan umpan balik. *Control* beroperasi tanpa adanya pengukuran terhadap keluaran, sehingga tidak ada perbandingan terhadap parameter masukan pada sistem. Blok diagram sistem kendali *open loop* adalah seperti pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3. Blok Diagram Sistem Kendali *Open Loop* (Groover, 2015)

Sistem kendali *open loop* memiliki resiko bahwa *actuator* tidak akan memberikan hasil seperti yang diharapkan pada bagian keluaran, hal ini dikarenakan tidak adanya umpan balik antara masukan dan keluaran. Keuntungan dari penggunaan sistem kendali ini adalah bahwa sistem kendali ini lebih sederhana dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan sistem kendali *closed loop*

2.2.7 Sensor

Sensor merupakan nama generik suatu perangkat yang dapat mendeteksi nilai absolut kuantitas fisik atau perubahan nilai kuantitas fisik dan merubahnya menjadi sebuah sinyal yang berguna sebagai suatu indikator (Cubberly,1988). Sedangkan menurut Zandin (2004), sensor merupakan suatu perangkat yang mendeteksi variabel fisik yang diinginkan. Berdasarkan penjelasan diatas, dapat diartikan bahwa sensor merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur variabel fisik yang diinginkan, menjadi sinyal yang berguna sebagai suatu indikator.

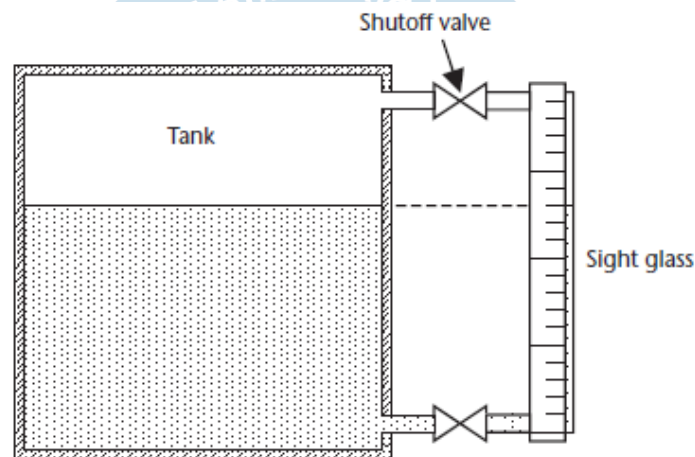
Dunn (2005) menjelaskan bahwa variabel fisik yang biasa diukur menggunakan suatu sensor antara lain seperti, tekanan, aliran, suhu, kelembaban, dan juga

ketinggian (*level*). Menurut Dunn (2005) perangkat sensor ketinggian terbagi menjadi 4 jenis yaitu, *direct sensing*, *indirect sensing*, *single point measurement*, serta *free-flowing solid level sensing*.

a. *Direct Sensing*

Direct sensing sesuai dengan namanya merupakan metode pengukuran menggunakan sensor yang menampilkan tingkat ketinggian secara aktual. Beberapa teknik yang biasa digunakan untuk pengukuran ini antara lain adalah pengukuran secara langsung menggunakan gelas ukur (*sight glass*), sensor apung (*float sensor*), serta dengan menggunakan sensor *ultrasonic*.

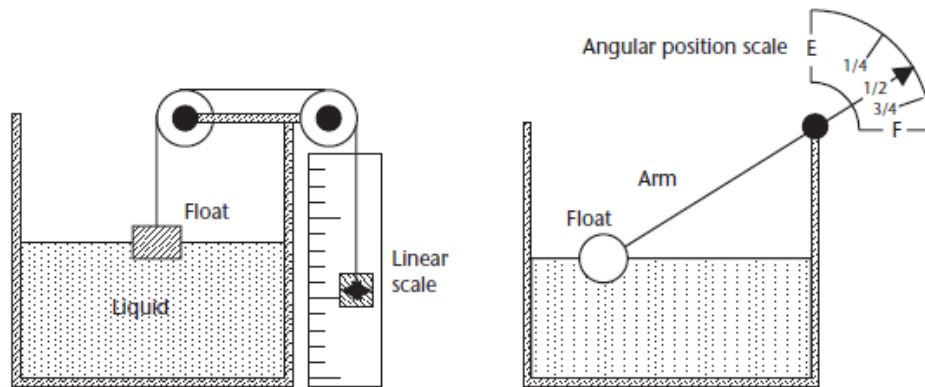
Pengukuran menggunakan *sight glass* merupakan metode yang paling sederhana untuk menampilkan ketinggian secara aktual. Ilustrasi pengukuran *direct sensing* menggunakan *sight glass* dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Pengukuran cairan dengan *Sight Glass* (Dunn, 2005)

Bagian ujung gelas terhubung dengan bagian atas dan bawah tangki melalui *shutoff valve*, yang nantinya biasa digunakan dengan tangki bertekanan, tanki dengan cairan yang mudah menguap, hingga mudah terbakar. Penggunaan *sight glass* ini tergolong murah, namun mudah rusak, selain itu juga tidak direkomendasikan untuk cairan yang berbahaya dan beracun.

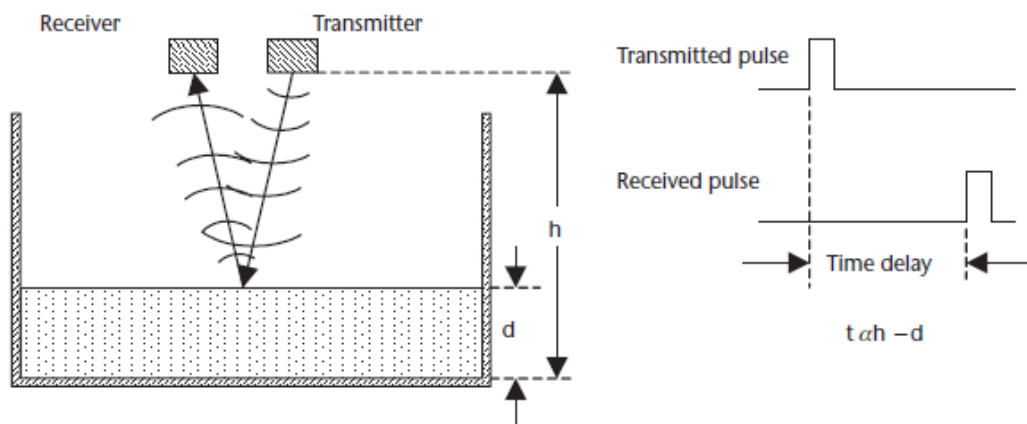
Pengukuran dengan menggunakan sensor apung terbagi menjadi dua metode, yaitu menggunakan lengan sudut (*angular arm*) dan menggunakan sabuk (*pulley*). Ilustrasi metode pengukuran dengan sensor apung dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Pengukuran cairan dengan *Float Sensor* (Dunn, 2005)

Material apung yang digunakan pada metode ini harus memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada cairan yang akan diukur, sehingga material apung yang digunakan akan selalu berada diatas permukaan cairan. Kelebihan dari metode ini adalah tidak bergantung pada kepadatan zat cair yang diukur, hasilnya akurat, serta memiliki hasil pengukuran yang linear terhadap perubahan ketinggian cairan. Kekurangan dari metode ini adalah akurasi pengukuran dapat berubah dikarenakan adanya penambahan material asing pada bagian pelampungnya, seperti misalnya karat, reaksi kimia, serta gesekan yang terjadi pada katrol.

Metode pengukuran yang selanjutnya adalah dengan menggunakan sensor *ultrasonic*. Cara kerja metode ini adalah gelombang *ultrasonic* akan di keluarkan oleh transmitter menuju ke permukaan benda yang akan diukur, selanjutnya gelombang tersebut akan memantul kembali dan akan diterima oleh receiver untuk diukur jaraknya. Jarak yang terukur berasal dari jeda waktu dari gelombang dikeluarkan dan diterima kembali oleh sensor. Ilustrasi pemasangan sensor *ultrasonic* ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:

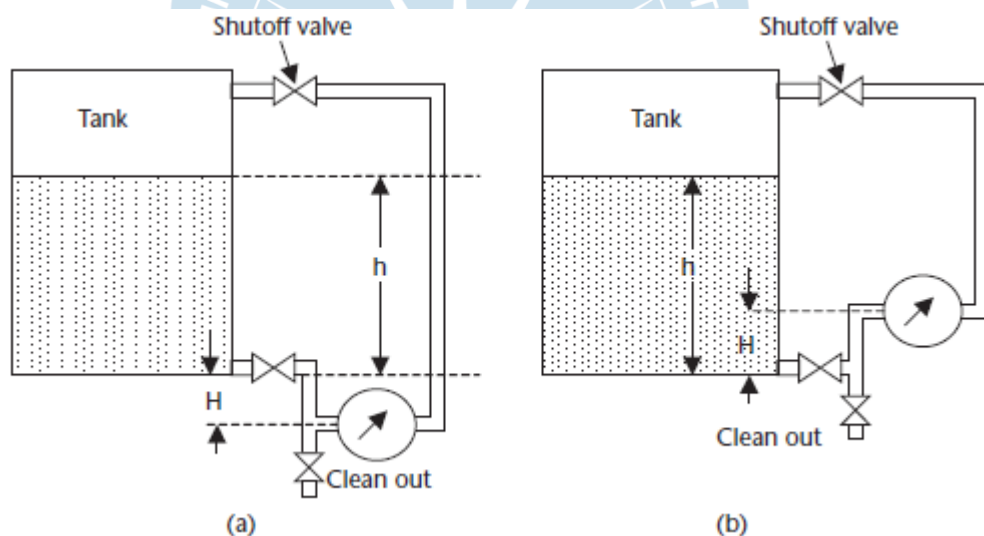


Gambar 2.6. Pengukuran cairan dengan Sensor *Ultrasonic* (Dunn, 2005)

Metode pengukuran ini tergolong tanpa kontak, sehingga dapat digunakan untuk benda yang solid, bersifat *corrosive*, serta yang mudah menguap. Kelebihan lain dari metode ini adalah *reliable*, akurat, serta tergolong murah. Selain itu juga dapat digunakan pada kelembaban tinggi, tidak ada komponen yang bergerak, serta tidak terpengaruh dengan massa jenis dan konduktivitas material. Kekurangan dari metode ini adalah terpengaruh oleh getaran, debu yang melewati jalur gelombang dapat menyebabkan sinyal palsu pada sensor, serta komponen sensor tidak boleh berada pada tempat dengan suhu yang melebihi batasan komponen-komponen pada sensornya.

b. *Indirect Sensing*

Metode ini merupakan metode *sensing* yang biasa dijumpai pada pengukuran tekanan hidrostatik yang terjadi pada bagian bawah tanki. Pengukuran didapatkan dari tekanan yang ada serta massa jenis cairan pada suatu tangki. Salah satu contoh instalasi pengukuran tekanan dengan metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7. Instalasi Pemasangan Sensor Tekanan (Dunn, 2005)

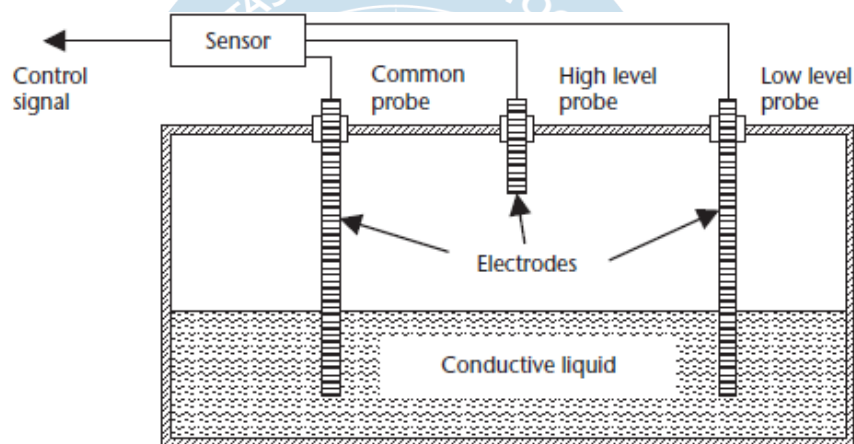
Gambar instalasi sensor tekanan pada Gambar 2.12 diatas terbagi menjadi dua, yaitu dengan memasang sensor pada bagian bawah dasar tangki (gambar a) dan pemasangan sensor diatas permukaan dasar tangki (gambar b). Ketika posisi sensor berada pada bagian bawah dasar tangki, maka perlu adanya *zero suppression* untuk kalibrasi nilai nol yang muncul akibat jarak “H” pada Gambar 2.12 a. Sedangkan untuk pemasangan sensor diatas dasar tangki maka perlu

adanya *zero elevation* untuk kalibrasi nilai nol yang muncul akibat jarak “H” pada Gambar 2.12 b. *Shutoff valve* diperlukan untuk kegiatan *maintenance*, sedangkan *cleanout plugs* digunakan untuk mengeluarkan kotoran.

c. *Single Point Measurement*

Metode ini biasa digunakan untuk mengetahui tingkat ketinggian suatu cairan dengan membaca pada titik tertentu, misalkan pada kondisi ketinggian minimum dan maksimum saja. Beberapa sensor yang biasa digunakan untuk kasus ini antara lain adalah *conductive probes*, *thermal probes*, dan *beam breaking probes*.

Pengukuran dengan menggunakan *conductive probes* dapat digunakan untuk cairan yang bersifat konduksi dan tidak mudah menguap, mengingat dapat terjadi percikan listrik. Contoh instalasi *conductive probes* adalah seperti pada Gambar 2.8 berikut:

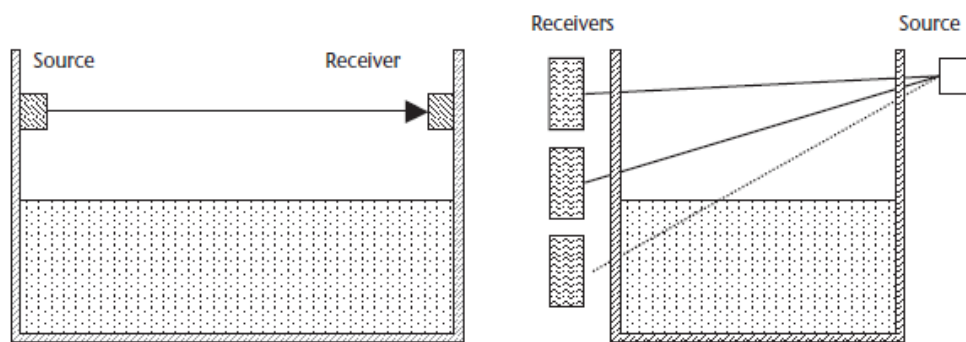


Gambar 2.8. Instalasi *Conductive Probes* (Dunn, 2005)

Cara kerja dari sensor ini adalah ketika ketiga probe terkena cairan, maka menandakan bahwa itu berada pada titik maksimal, kemudian jika hanya probe kiri dan kanan yang terkena cairan maka itu menunjukkan bahwa cairan berada pada rentang ketinggian minimum dan maksimum, dan ketika ketiga probe tidak terkena cairan maka itu menunjukkan bahwa ketinggian cairan berada pada titik ketinggian minimum.

Thermal probes digunakan mengukur temperatur zat cair namun hanya pada satu titik tertentu saja. Misalkan di probe diatur untuk mendeteksi ketika temperatur zat cair sudah mencapai 70°C, maka nanti probe akan mengirimkan sinyal tersebut ke sistem atau program untuk menjalankan aksi selanjutnya, misalkan mematikan pemanas atau yang lainnya.

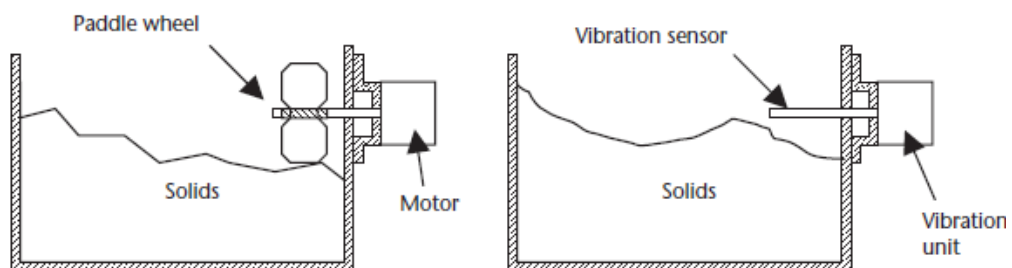
Beam breaking probes biasa digunakan pada tangki bertekanan, dimana metode ini membutuhkan *transmitter* dan *detector*. Sinyal yang ditembakkan dari *transmitter* dapat berupa sinar, gelombang *sonic*, atau juga berupa *radiasi*. Kelebihan dari metode ini adalah dapat digunakan untuk cairan dengan suhu tinggi ataupun yang bersifat korosif, serta konstruksi pemasangan yang sederhana. Namun untuk sinyal dengan radiasi membutuhkan biaya yang tergolong mahal, membutuhkan *engineer* yang ahli, dan penanganan khusus terhadap bahan radioaktif yang digunakan. Contoh konstruksi pemasangan metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Instalasi *Beam Breaking Probes* (Dunn, 2005)

d. *Free-Flowing Solid Level Sensing*

Metode ini digunakan untuk mengukur ketinggian beberapa bahan yang tergolong dalam *free-flowing solid*, diantaranya adalah dalam bentuk bubuk, butiran, hingga biji-bijian. Untuk mendeteksi level ketinggian bahan-bahan tersebut dapat digunakan *paddle wheel* atau *vibration sensor* seperti pada Gambar 2.10.



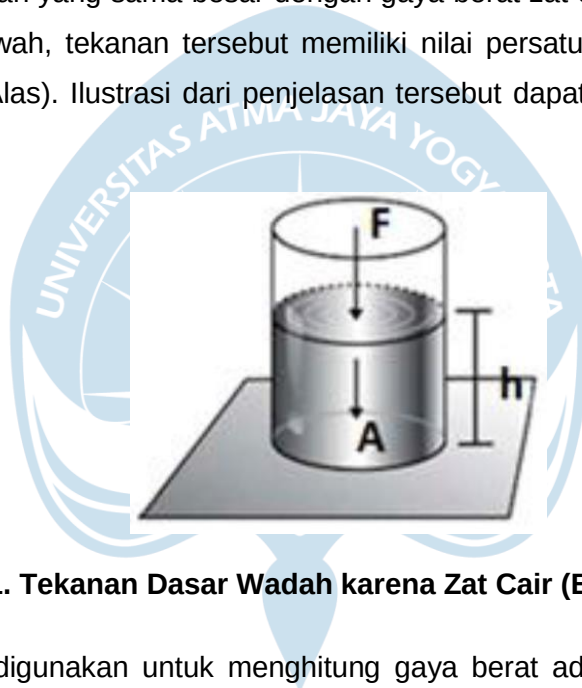
Gambar 2.10. *Paddle Wheel* dan *Vibration Sensor* (Dunn, 2005)

Cara kerja dari sensor ini adalah ketika *paddle wheel* atau *vibration sensor* tidak terkena material apapun, maka dia akan bergerak dengan torsi ataupun frekuensi getaran sesuai dengan penggerakannya. Namun ketika terkena suatu material maka

terjadi perubahan torsi atau frekuensi yang akan menjadi sinyal, untuk menandakan bahwa level ketinggian material telah berada pada bagian *paddle wheel* atau *vibration sensor*. Penggunaan *paddle wheel* tergolong murah namun kemampuan baca dari sensor ini rentan terhadap getaran maupun hentakan kejut. Dunn (2005) menjelaskan bahwa penggunaan *vibration sensor* baiknya digunakan ketika massa jenis dari material telah melebihi 12 kg/m^3 .

2.2.8 Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang terjadi pada suatu zat cair dalam keadaan diam (Ermawati dkk, 2014). Dasar dari wadah yang berisi air akan memiliki tekanan yang sama besar dengan gaya berat zat cair yang memberinya tekanan kebawah, tekanan tersebut memiliki nilai persatuan luas dasar wadah (Gaya/ Luas Alas). Ilustrasi dari penjelasan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.11. berikut:



Gambar 2.11. Tekanan Dasar Wadah karena Zat Cair (Ermawati dkk, 2014)

Rumus yang digunakan untuk menghitung gaya berat adalah massa dikalikan dengan gaya gravitasi seperti pada Rumus 1.1 berikut:

$$F = m \cdot g \quad (1.1)$$

Keterangan:

F : Gaya berat (N)

m : Massa (kg)

g : Gaya Gravitasi (m/s^2)

Massa yang ada pada Rumus 1.1 diatas dirumuskan dalam persamaan massa jenis seperti pada Rumus 1.2.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.2)$$

Keterangan:

ρ : Massa Jenis (kg/m^3)

m : Massa (kg)

v : Volume (m^3)

Sedangkan volume yang ada pada Rumus 1.2 dapat dirumuskan kedalam persamaan seperti Rumus 1.3 berikut:

$$v = A \cdot h \quad (1.3)$$

Keterangan:

v : Volume (m^3)

A : Luas Permukaan (m^2)

h : Kedalaman permukaan zat cair (m)

Berdasarkan penjabaran dari Rumus 1.1 hingga Rumus 1.3 diatas, maka diperoleh persamaan untuk menghitung besarnya tekanan hidrostatik yang terjadi. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Rumus 1.4.

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.4)$$

Keterangan:

P : Tekanan Hidrostatik (Pa)

ρ : Massa Jenis (kg/m^3)

g : Gaya Gravitasi (m/s^2)

v : Volume (m^3)

Berdasarkan persamaan pada Rumus 1.4 maka dapat dipahami bahwa semakin besar nilai massa jenis, gaya gravitasi, serta kedalaman permukaan zat cair, maka akan semakin besar pula nilai tekanan hidrostatik yang terjadi.

2.2.9 Metode Seven Steps

Metode *seven step* merupakan metode yang berisi mengenai langkah-langkah sistematis yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah atau untuk melakukan perbaikan pada suatu proses. Menurut Mitra (1998), metode *seven step* diterapkan guna membuat suatu proses dapat berjalan dengan baik. Sesuai dengan namanya, metode *seven step* memiliki 7 langkah aktivitas yaitu :

- a. Menentukan permasalahan yang ada
- b. Menganalisa kondisi yang ada saat ini
- c. Melakukan analisa sebab akibat

- d. Merencanakan dan implementasi perbaikan
- e. Mengevaluasi hasil dari implementasi
- f. Menetapkan standar dari perbaikan yang dilakukan
- g. Menentukan perbaikan selanjutnya

Metode yang digunakan ini biasa digunakan dalam perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Pada dunia industri biasanya akan ada tim gugus mutu yang bertugas untuk melakukan perbaikan berkelanjutan demi mendapatkan peningkatan dan perbaikan ke arah yang lebih baik dari hari ke hari. Tim gugus mutu tersebut biasanya akan menggunakan metode ini dalam proses perbaikannya.

2.2.10 Seven Tools

Seven tools merupakan *tools* dasar yang dapat digunakan untuk membantu perusahaan dalam menyelesaikan suatu permasalahan atau untuk membantu untuk melakukan suatu perbaikan (Neyestani, 2017). Penemu dari *seven tools* ini ialah Dr. Kaoru Ishikawa yang berasal dari Jepang, *tools* ini pertama kali di bagikan dalam bukunya yang berjudul "*Genba no QC Shuho*". *Seven tools* terdiri dari *cheksheet*, *flowchart*, *histogram*, *pareto charts*, *cause and effect diagram*, *scatter diagram*, dan yang terakhir adalah *control chart*.

a. *Cheksheet*

Cheksheet atau lembar periksa merupakan *tools* yang paling sederhana dalam 7 *tools*. lembar periksa ini biasa digunakan untuk pengambilan data dalam suatu kegiatan. Pendataan lembar periksa disajikan dalam bentuk tabel yang nantinya akan digunakan untuk pengolahan selanjutnya menggunakan *tools* yang lain. Keuntungan dari penggunaan lembar periksa ini adalah kemudahan dalam penggunaan dan kemudahan untuk dipahami. Hasil dari penggunaan lembar periksa ini ialah gambaran yang jelas dari situasi dan kondisi tempat kerja saat ini.

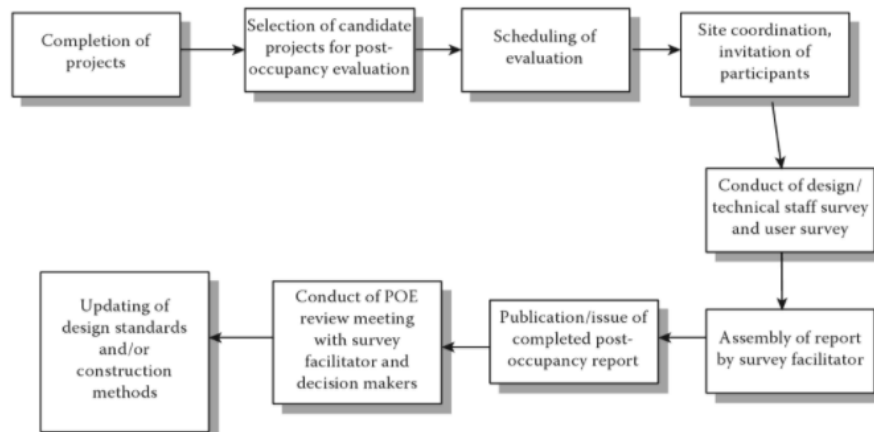
Gambar 2.12 merupakan contoh bentuk dari lembar periksa atau *cheksheet*.

Reason	Day					
	Mon	Tues	Wed	Thurs	Fri	Total
Wrong number						20
Info request						10
Boss						19
Total	12	6	10	8	13	49

Gambar 2.12. *Cheksheet* Interupsi Ttelepon (Neyestani, 2017)

b. *Flowchart*

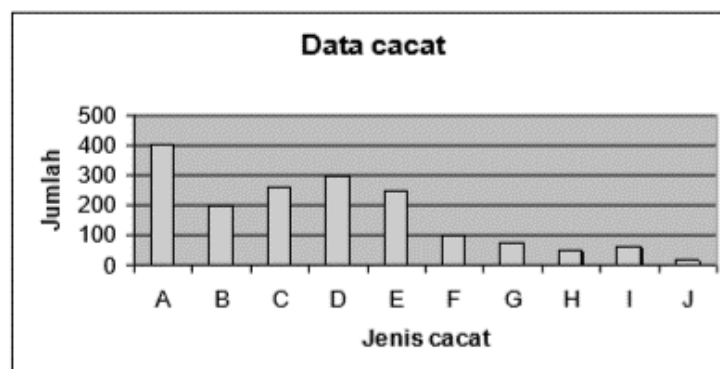
Flowchart atau diagram alir adalah *tools* yang digunakan untuk mengetahui alur atau aliran suatu operasi. Diagram ini dapat digunakan untuk pemecahan suatu masalah, dengan diagram yang alir yang telah dibuat kemudian dapat dilakukan penjelasan operasi yang ada pada keseluruhan aliran. Dari penjelasan operasi yang ada, akan dapat ditemukan area mana yang berpotensi mengalami suatu permasalahan (Forbes dan Ahmed, 2011). Contoh *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.13. *Flowchart* (Forbes dan Ahmed, 2011)

c. *Histogram*

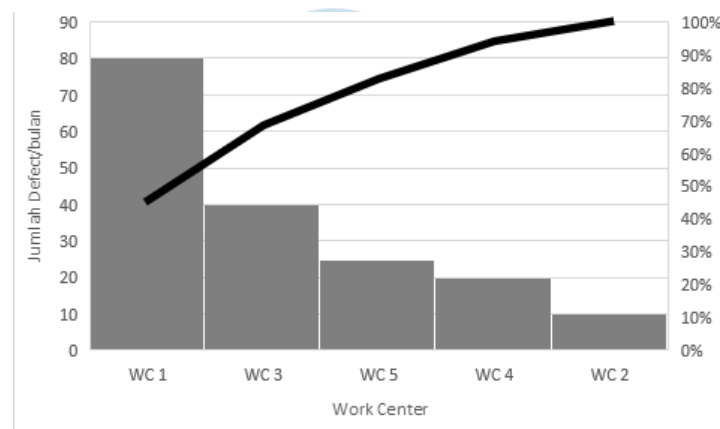
Histogram adalah *tool* yang sangat berguna untuk mengetahui distribusi dari suatu variabel yang sedang diamati (Neyestani, 2017). Pembuatan histogram berasal dari data yang sebelumnya telah di rekap kedalam bentuk tabel , dari data tersebut kemudian dibuat grafik batang maka akan terbentuk *histogram* seperti pada Gambar 2.14. Sumbu vertikal yang ada pada *histogram* biasanya mempresentasikan mengenai jumlah observasi pada tiap kelas.



Gambar 2.14. *Histogram* (Riyanto , 2015)

d. *Pareto charts*

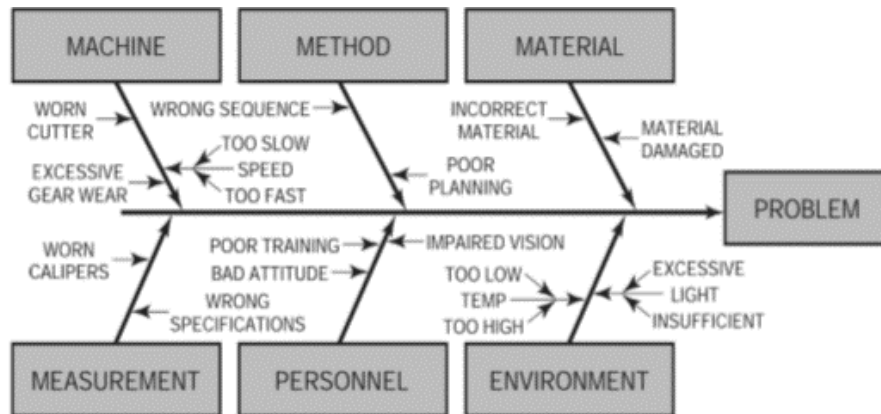
Pareto chart atau diagram pareto merupakan *tools* yang ditemukan oleh Alfredo Pareto yang berasal dari Italia. Diagram ini menunjukkan mengenai masalah berdasarkan pada urutan banyak jumlah suatu kejadian. Sanny dan Amalia (2015) menjelaskan bahwa dengan menggunakan diagram pareto, maka penyelesaian masalah dapat difokuskan berdasarkan nilai permasalahan tertinggi. Pada grafik seperti pada Gambar 2.15 ditunjukkan bahwa grafik batang dengan nilai tertinggi berada di paling kiri, kemudian menurun ke arah kanan dengan grafik batang yang memiliki nilai terkecil berada di bagian paling kanan. Maka *Work Centre* 1 merupakan letak permasalahan yang harus segera diperbaiki.



Gambar 2.15. Pareto Chart

e. *Cause and effect diagram*

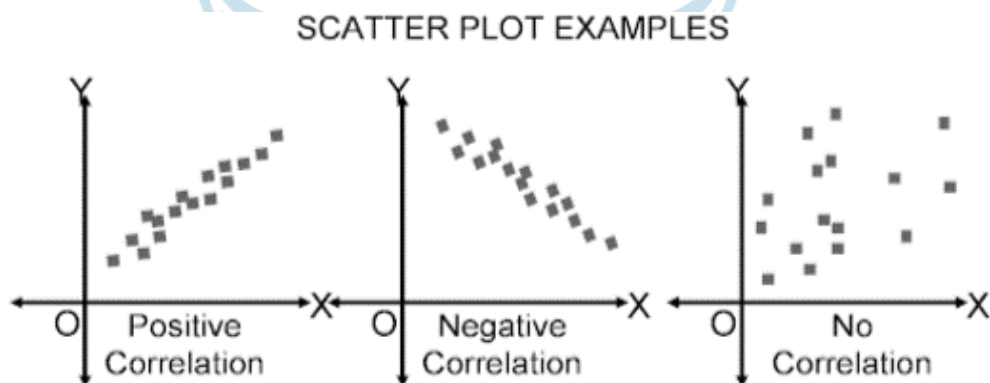
Cause and effect diagram atau diagram sebab akibat biasanya juga disebut dengan istilah *fishbone diagram*. *Tools* ini biasa digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara sebab dan akibat sehingga dapat menemukan akar dari suatu permasalahan. Selain digunakan untuk mencari akar permasalahan, *tool* ini juga dapat digunakan untuk mendapatkan ide – ide yang dapat digunakan sebagai solusi dari permasalahan yang sedang dihadapi. Seperti yang dijelaskan oleh Zandin (2004) bahwa jumlah ide yang dapat muncul dari para pekerja ialah tak terbatas. Contoh *fishbone diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Fishbone Diagram (Neyestani , 2017)

f. *Scatter diagram*

Scatter diagram atau diagram sebar ialah alat yang ampuh digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa hubungan dari 2 variabel yang berbeda. Bentuk dari diagram sebar ini berupa titik-titik yang membentuk suatu pola. Pola tersebut nantinya akan menjelaskan seperti apa hubungan yang ada pada 2 variabel tersebut. Semakin terpusat titik yang ada ke dalam garis lurus, maka hubungannya akan semakin kuat, sebaliknya jika semakin pencar titik yang ada maka hubungan antara kedua variabel semakin lemah. Macam bentuk yang mungkin terjadi dalam diagram sebar dapat dilihat pada Gambar 2.17 berikut:

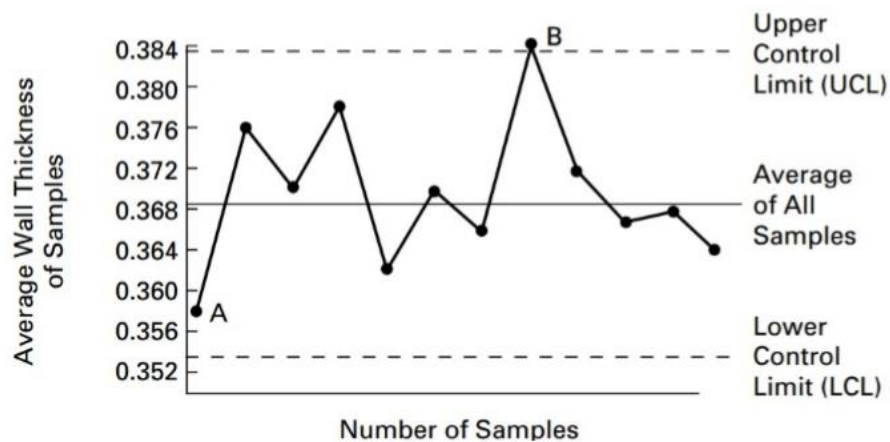


Gambar 2.17. Scatter Diagram (Neyestani , 2017)

g. *Control chart*

Control chart atau peta kendali adalah suatu grafik yang digunakan untuk mengetahui dan memantau perilaku dari sebuah proses operasi. *Control chart* juga bisa diartikan sebagai peta yang dapat memperlihatkan terjadinya suatu perubahan dari waktu ke waktu (Idris dkk, 2018). Pada diagram kontrol terdapat batas atas yang biasa disebut dengan *Upper Control Limit (UCL)*, *Center Line (CL)*

dan batas kendali bawah yang biasa disebut dengan *Lower Control Limit (LCL)*. Contoh peta kendali dapat dilihat pada Gambar 2.18 berikut:

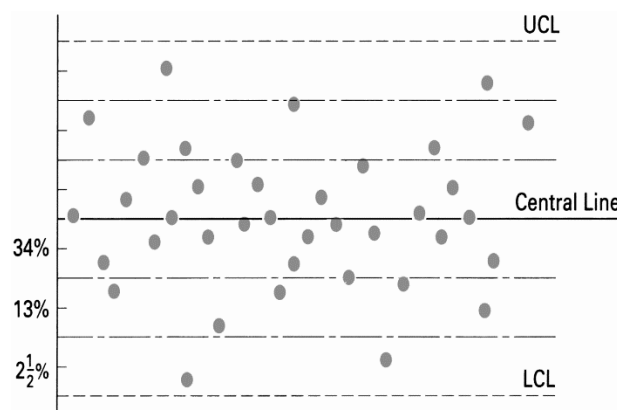


Gambar 2.18. Control Chart (Neyestani , 2017)

Besterfield (2012) menjelaskan bahwa manfaat dari penggunaan *control chart* antara lain adalah:

- i. Sebagai alat peningkat mutu.
- ii. Untuk menentukan suatu proses.
- iii. Untuk mengatur spesifikasi produk
- iv. Untuk menentukan kapan harus melakukan perbaikan atau bisa diabaikan
- v. Untuk menentukan jenis perbaikan yang harus dilakukan

Suatu proses dikatakan terkendali ketika penyebab khusus telah dieliminasi dari proses, serta semua titik yang diplotkan pada peta kendali berada diantara batas kendali (Besterfield, 2012). Ketika suatu proses terkendali, maka akan terjadi pola variasi yang alami seperti pada Gambar 2.19.

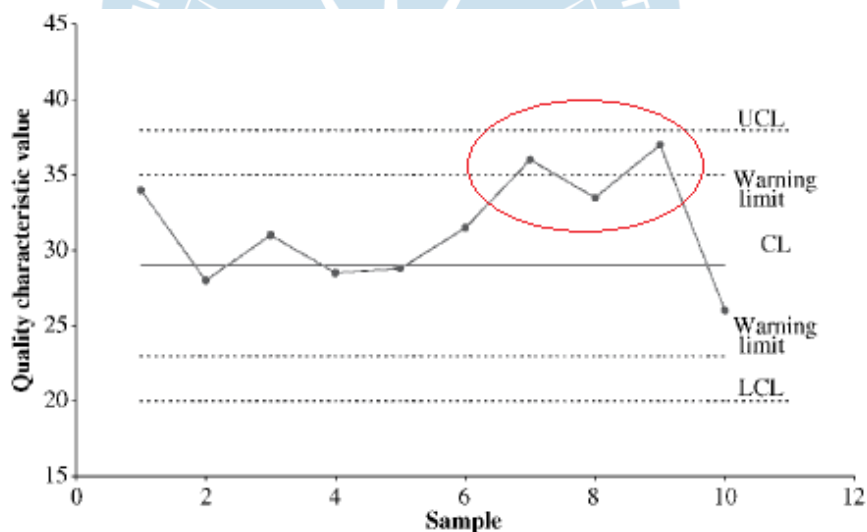


Gambar 2.19. Pola Variasi Alami pada Peta Kendali (Besterfield, 2017)

Keuntungan yang didapatkan ketika suatu proses terkendali antara lain adalah:

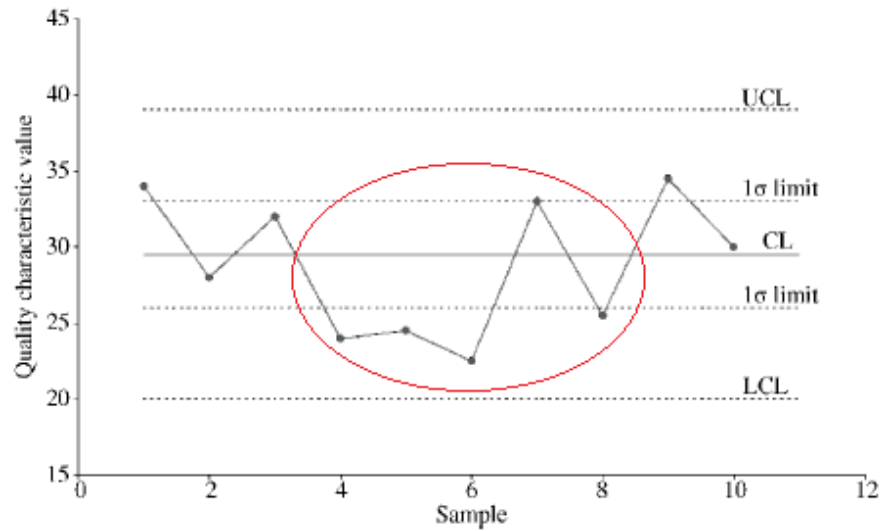
- i. Produk atau jasa akan menjadi lebih seragam.
- ii. Cukup dengan sedikit sampel untuk menilai kualitas karena lebih seragam.
- iii. Kemampuan proses atau penyebaran proses mudah dicapai pada 6σ .
- iv. Suatu masalah akan dapat diantisipasi sebelum terjadi
- v. Persentase produk yang baik akan dapat diprediksi dengan baik.
- vi. Memungkinkan konsumen untuk menggunakan data dari produsen.
- vii. Sebagai indikator kinerja operator yang memuaskan.

Proses akan dikatakan tidak terkendali atau *out of control* ketika sebuah titik dari nilai sub grup berada diluar batas kendali. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat perubahan proses yang terjadi oleh karena penyebab khusus, dan perlu diidentifikasi penyebabnya. Mitra (1998) menjelaskan bahwa meskipun semua titik sudah berada dalam batas kendali (3σ), suatu proses akan dapat dikatakan tidak terkendali diantaranya jika, terdapat dua dari tiga titik yang berurutan jatuh diluar batas peringatan 2σ seperti pada Gambar 2.20.



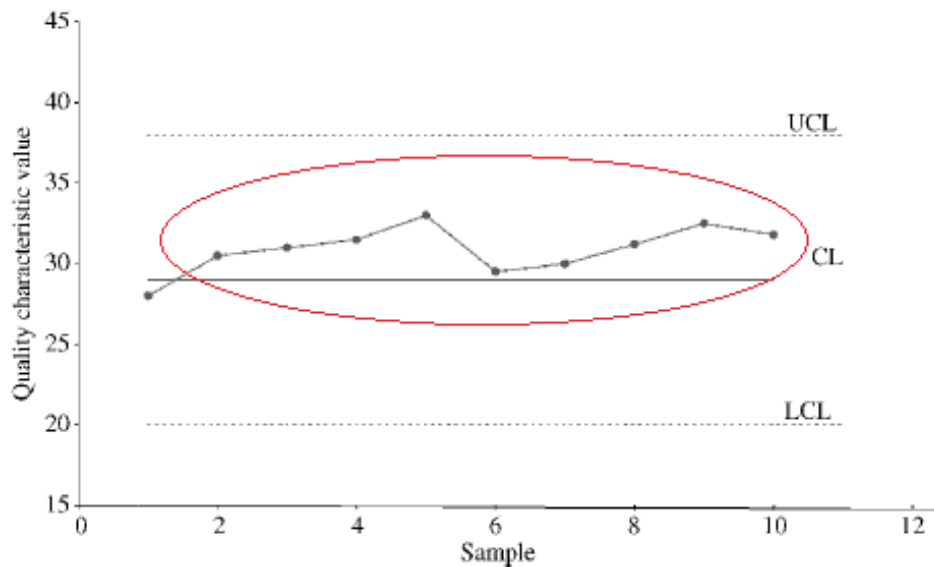
Gambar 2.20. Kondisi *Out of Control* 1 (Mitra, 1998)

Ketika terdapat empat dari lima titik berurutan berada di luar batas peringatan 1σ pada sisi yang sama juga berarti tidak terkendali, seperti pada Gambar 2.21.



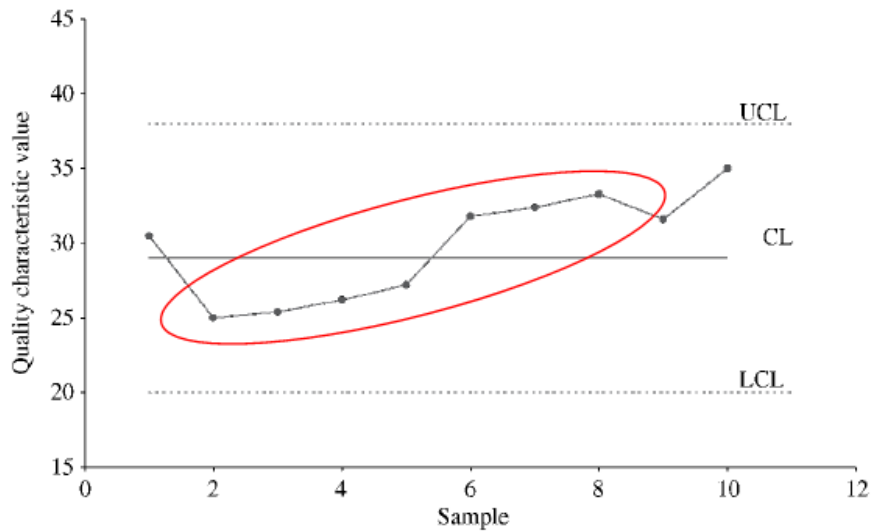
Gambar 2.21. Kondisi *Out of Control* 2 (Mitra, 1998)

Kondisi peta kendali dengan delapan atau lebih titik yang berurutan jatuh pada satu sisi dari garis tengah juga dikatakan tidak terkendali, seperti pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Kondisi *Out of Control* 3 (Mitra, 1998)

Ketika terdapat 6 atau lebih titik yang secara bertahap semakin naik atau turun juga menunjukkan bahwa proses tersebut tidak terkendali, seperti pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23. Kondisi *Out of Control* 4 (Mitra, 1998)

2.2.11 Uji Korelasi

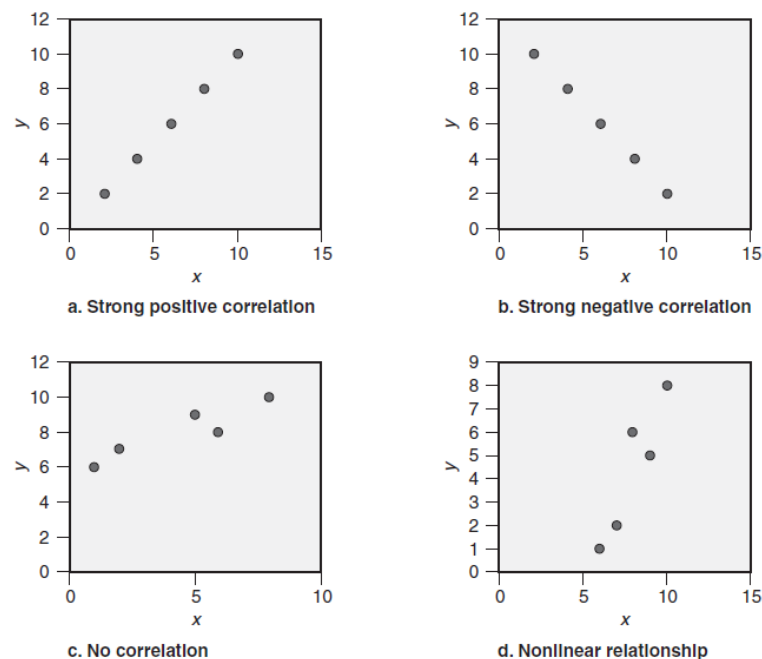
Korelasi diartikan sebagai menemukan relasi/hubungan antara dua atau lebih kumpulan data, sedangkan uji korelasi merupakan pengujian kuantitatif untuk mengukur nilai korelasi antara kumpulan data yang diuji. Uji korelasi harus mengidentifikasi variabel yang menjadi variabel *independent* (x) dan variabel *dependent* (y). Variabel *independent* merupakan variabel yang akan mempengaruhi hasil variabel *dependent*, dan tidak terpengaruh oleh variabel lain. Sedangkan variabel *dependent* adalah variabel yang mengalami perubahan akibat perubahan variabel *independent*.

Koefisien korelasi (r) merupakan nilai yang didapatkan dari pengujian korelasi yang kemudian akan diinterpretasikan ke dalam tingkat hubungannya, apakah termasuk hubungan lemah, sedang, atau kuat. Nilai koefisien korelasi adalah antara -1,0 sampai +1,0, dimana jika nilai r semakin mendekati nilai 1 maka korelasi akan semakin kuat. Interpretasi tingkat hubungan korelasi dapat dilihat pada Gambar 2.24.

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,000-0,199	Sangat rendah
0,200-0,399	Rendah
0,400-0,599	Cukup
0,600-0,799	Kuat
0,800-1,000	Sangat Kuat

Gambar 2.24. Interpretasi Tingkat Hubungan Korelasi (Sugiyono, 2009)

Hasil pengujian yang menghasilkan r bernilai negatif akan disebut dengan korelasi negatif, dan jika bernilai positif maka akan disebut korelasi positif. Korelasi negatif berarti ketika nilai variabel x mengalami penurunan, maka nilai variabel y akan meningkat dan berlaku sebaliknya. Korelasi positif berarti ketika nilai variabel x meningkat, maka nilai variabel y juga akan ikut meningkat dan berlaku sebaliknya. Tipe korelasi terbagi menjadi 4 jenis ketika disajikan dalam diagram persebaran data, yaitu korelasi positif kuat, korelasi negatif kuat, tidak ada korelasi, dan korelasi tidak linear. Gambar tiap tipe korelasi tersebut adalah seperti pada Gambar 2.25 berikut:



Gambar 2.25. Tipe Korelasi dalam Diagram Persebaran (Sugiyono, 2009)

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai koefisien korelasi (r) adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (1.5)$$

Keterangan :

- $\bar{x}$: Rata-rata sampel variabel x
- S_x : Standar deviasi variabel x
- $\bar{y}$: Rata-rata sampel variabel y
- S_y : Standar deviasi variabel y
- n : Jumlah sampel

Perhitungan koefisien korelasi juga bisa dihitung dengan menggunakan *Microsoft Excel*, dengan rumus “=correl(Array1;Array2)”. Kekurangan menggunakan rumus tersebut adalah tidak bisa menunjukkan arah korelasi negatif ataupun positif, sehingga harus membuat diagram persebaran datanya untuk mengetahui jenis korelasinya.

2.2.12 Uji Keseragaman

Uji Keseragaman merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah suatu data bersifat seragam dan berada di antara batas kendali atas dan bawah atau tidak. Ketika data yang diambil bersifat kuantitatif dan dapat diukur menggunakan suatu alat ukur tertentu, maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali variabel. Besterfield (2012), menjelaskan bahwa penggunaan peta kendali variabel dapat digunakan untuk perbaikan kualitas, penentuan kapabilitas/kemampuan proses, dan hal yang lainnya.

Peta kendali $\bar{X}$ bar akan dapat digunakan untuk memantau distribusi suatu variabel dalam hal pemusatannya, selain itu juga untuk mengetahui apakah proses saat ini masih berada pada batas-batas pengendalian, serta untuk mengetahui kesesuaian rata-rata produk yang dihasilkan dengan standar yang telah ditentukan. Sedangkan Peta kendali R akan dapat digunakan untuk memantau perubahan dalam hal penyebarannya, serta memantau tingkat akurasi proses yang diukur dengan cara mencari rentang/*range* dari sampel yang diambil.

Prosedur yang digunakan untuk membuat peta kendali $\bar{X}$ bar dan juga peta kendali R menurut Besterfield (2012) adalah:

1. Tentukan karakteristik kualitas yang akan diukur.
2. Tentukan jumlah dan ukuran sample *subgroup*.
3. Kumpulkan data yang dibutuhkan
4. Tentukan *center line* atau garis pusat serta *control limit* atau batas kendali awal.
Plot kan data kemudian lakukan analisis
5. Tetapkan revisi *center line* dan *control limit* (jika ada).
6. Gunakan peta kendali sesuai dengan tujuan.

Analisa dan perhitungan yang dilakukan untuk pembuatan peta kendali $\bar{X}$ bar dan R adalah menggunakan Rumus 1.6 hingga 1. 12.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \quad (1.6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{R}_i}{g} \quad (1.7)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (1.8)$$

$$UCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (1.9)$$

$$LCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (1.10)$$

$$UCL \bar{R} = D_4 \bar{R} \quad (1.11)$$

$$LCL \bar{R} = D_3 \bar{R} \quad (1.12)$$

Keterangan:

$\bar{\bar{X}}$: Nilai rata-rata dari rata-rata tiap *sub group*

$\bar{X}_i$: Rata-rata dari *sub group* ke *i*

g : Jumlah *sub group*

$\bar{R}$: Rata-rata dari *range/rentang sub group*

R_i : Rentang pada *sub group* ke *i*

$\hat{\sigma}$: Standar deviasi

d_2 : Faktor pengali standar deviasi (lihat lampiran 3)

UCL : Batas kendali atas

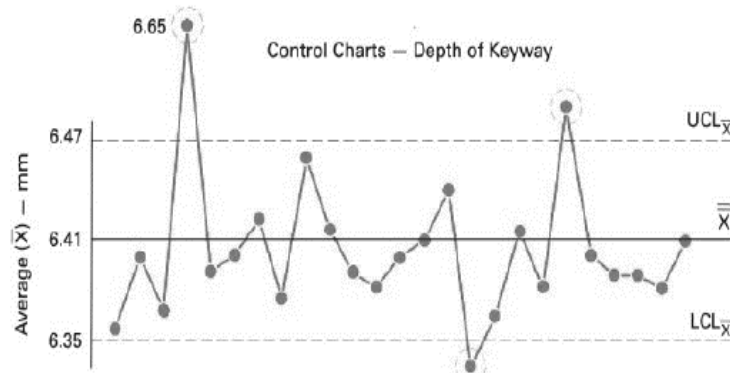
LCL : Batas kendali bawah

A_2 : Faktor pengali batas kendali (lihat lampiran 3)

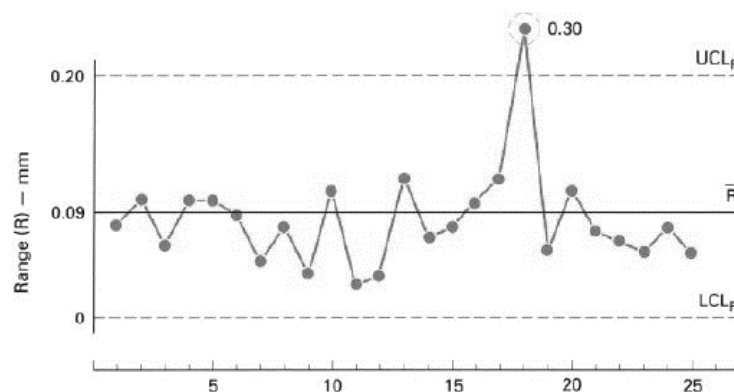
D_3 : Faktor pengali batas kendali *range* (lihat lampiran 3)

D_4 : Faktor pengali batas kendali *range* (lihat lampiran 3)

Penyajian perhitungan peta kendali biasa disajikan dalam bentuk tabulasi, karena hal ini akan dapat lebih mempermudah proses perhitungan. Hasil perhitungan yang telah dilakukan selanjutnya akan di buat kedalam bentuk grafik untuk dapat lebih mudah di pahami. Contoh grafik peta kendali dapat dilihat pada Gambar 2.26 dan Gambar 2.27.



Gambar 2.26. Grafik Peta Kendali X bar



Gambar 2.27. Grafik Peta Kendali R

Suatu sebaran data akan dikatakan seragam ketika tidak ada data yang berada di luar batas kendali atas ataupun batas kendali bawah. Gambar 2.26 diatas menunjukkan bahwa terdapat 2 sub grup data yang berada di atas batas kendali atas, dan ada 1 sub grup yang berada di bawah batas kendali bawah. Oleh karena itu sebaran data pada Gambar 2.10 dikatakan belum seragam dan *out of control*.

Suatu kasus atau kondisi tertentu akan dapat menyebabkan keterbatasan pengambilan data, misalkan karena ongkos yang mahal, pengujian yang bersifat merusak, atau karena laju produksi yang lambat (Besterfield, 2012). Sama seperti yang dijelaskan oleh Mitra (1998), kondisi ini menyebabkan ukuran sampel yang harus digunakan adalah 1, dan tidak bisa lebih dari 1. Peta kendali yang dapat digunakan untuk kasus ini biasa disebut dengan *control chart for individual unit*. Rumus yang digunakan tidak begitu berbeda dengan rumus peta kendali sebelumnya, yang membedakan disini adalah *range* yang digunakan adalah *moving range* (MR). MR pada data pertama bernilai 0, kemudian MR pada data kedua didapatkan dari selisih antara data ke 1 dan ke 2, selanjutnya MR pada data

ketiga merupakan selisih antara data ke 2 dan ke 3, begitu seterusnya hingga data terakhir. Rumus yang digunakan untuk pembuatan peta kendali rata-rata dan peta kendali *moving range* adalah seperti pada Rumus 1.13 hingga Rumus 1.18 berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{g} \quad (1.13)$$

$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{g} \quad (1.14)$$

$$UCL X = \bar{X} + 2,660\bar{R} \quad (1.15)$$

$$LCL X = \bar{X} - 2,660\bar{R} \quad (1.16)$$

$$UCL MR = 3,267\bar{R} \quad (1.17)$$

$$LCL MR = (0)\bar{R} \quad (1.18)$$

Keterangan:

$\bar{X}$: Rata-rata data, sama dengan garis tengah (CL)

g : Jumlah data

$\overline{MR}$: Rata-rata dari *moving range*

UCL : Batas kendali atas

LCL : Batas kendali bawah

2.2.13 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis adalah suatu teknik dalam dunia industri yang dapat digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, serta menghilangkan potensi kegagalan, masalah, ataupun kesalahan pada suatu sistem, desain, proses, ataupun layanan sebelum mencapai pelanggan. (Omdahl, 1988)

FMEA secara singkat dapat diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan juga mencegah suatu mode kegagalan. Mode kegagalan merupakan segala faktor yang dapat menyebabkan kecacatan/ kegagalan produk yang berhubungan dengan fungsi produk tersebut.

FMEA terdiri dari beberapa jenis tergantung dengan penggunaannya, namun menurut Carlson (2004) FMEA yang paling sering digunakan adalah FMEA sistem, FMEA desain, dan FMEA proses. FMEA sistem digunakan untuk menganalisa kekurangan yang ada pada sistem, yang meliputi sistem *safety*, sistem integrasi, *interfaces* atau interaksi antara subsistem dengan sistem lain, interaksi terhadap

lingkungan sekitar, interaksi antar orang, atau permasalahan lain yang dapat menyebabkan kegagalan sistem untuk bekerja dengan semestinya.

FMEA desain berfokus pada desain suatu produk, yang biasanya berada pada level komponen pada produk tersebut. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa proses pembuatan produk akan aman dan memungkinkan untuk dilakukan.

FMEA proses berfokus pada proses manufaktur atau suatu proses perakitan. Analisis yang dilakukan menekankan pada bagaimana suatu proses manufaktur dapat ditingkatkan, serta memastikan bahwa produk dibuat sesuai dengan standar yang diminta, aman, pengerjaan dengan downtime minimal, serta dengan pengerjaan ulang (*rework*) yang minimal.

FMEA dibuat dalam bentuk tabulasi dengan beberapa elemen utamanya yaitu:

a. Jenis produk atau proses

Elemen ini berisi pengkategorian tiap mode masalah yang ada, setiap jenis produk atau proses bisa terdiri lebih dari 1 mode masalah.

b. Mode kegagalan (*Mode of Failure*)

Mode kegagalan merupakan wujud atau kondisi yang menunjukkan bahwa terdapat masalah pada proses atau produk, yang mana akan berdampak pada ketidak sesuaian dengan spesifikasi yang diminta.

c. Penyebab kegagalan (*Cause of Failure*)

Elemen ini merupakan akar permasalahan dari suatu mode kegagalan, dimana penyebab kegagalan pada suatu produk atau proses bisa berisi lebih dari 1 penyebab.

d. Dampak kegagalan (*Effect of Failure*)

Dampak kegagalan berisi suatu kondisi atau bentuk ketidak sesuaian keluaran proses atau produk terhadap spesifikasi yang diminta.

e. Frekuensi kejadian (*Frequency of occurrence*)

Elemen ini berisi mengenai tingkat munculnya kegagalan yang dinilai dengan skala 1 hingga 10. Interpretasi nilai 1 hingga 10 menyesuaikan dengan standar jumlah produk cacat yang diperbolehkan bagi perusahaan. Contoh interpretasi nilai frekuensi kejadian menurut *Dyadem Press* (2007) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai Frekuensi Kejadian

Peluang Terjadinya Penyebab Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Skor
Sangat Tinggi	1 dari 2	10
	1 dari 3	9
Tinggi	1 dari 8	8
	1 dari 20	7
Sedang	1 dari 80	6
	1 dari 400	5
Rendah	1 dari 2000	4
	1 dari 15000	3
Sangat Rendah	1 dari 150000	2
	1 dari 1500000	1

f. Tingkat keparahan (*Degree of Severity*)

Elemen ini berisi skor atau nilai tingkat keparahan dampak kegagalan dari suatu mode kegagalan. Skala penilaian tingkat keparahan adalah dari 1 hingga 10. Semakin tinggi dampak yang diberikan, misalkan hingga berhubungan dengan keselamatan kerja dan ketidaksesuaian dengan keinginan pelanggan, maka nilai tingkat keparahan akan semakin tinggi. Interpretasi nilai tingkat keparahan menurut Dyadem (2007) adalah seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Interpretasi Nilai Tingkat Keparahannya

Efek	Kriteria Keparahannya	Skor
Berbahaya tanpa peringatan	Dapat membahayakan operator/konsumen	10
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Tidak ada peringatan	
Berbahaya dengan peringatan	Dapat membahayakan operator/konsumen	9
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Terdapat peringatan	
Sangat tinggi	Mengganggu kelancaran produksi	8
	sebagian besar menjadi scrap, sisanya dapat di sortir untuk di rework	
	Customer tidak puas	
Tinggi	Sedikit mengganggu kelancaran produksi	7
	sebagian besar menjadi scrap, sisanya dapat di sortir untuk di rework	
	Customer tidak puas	
Sedang	Sebagian kecil menjadi scrap, sisanya dapat di sortir untuk di rework	6

Tabel 2.2. Lanjutan

Efek	Kriteria Keparahannya	Skor
Rendah	seluruh produk tidak lolos uji masih dapat di rework	5
	Cacat produk pasti diketahui oleh customer	
Sangat Rendah	Sebagian perlu rework, dan sebagian sudah baik	4
	Sebagian customer akan mengetahui adanya cacat produk	
Minor	Sebagian besar produk sudah baik, sedikit sisanya bisa di rework	3
	Sebagian customer akan mengetahui adanya cacat produk	
Sangat minor	Customer yang jeli akan mengetahui cacat dan akan komplain	2
Tidak ada	Tidak berefek pada customer	1

g. Kemampuan deteksi (Chance of Detection)

Kemampuan deteksi pada FMEA berhubungan terhadap seberapa baik kontrol yang dilakukan terhadap deteksi penyebab kegagalan (*cause of failure*). Skala penilaian pada elemen ini juga sama dengan tingkat keparahan dan frekuensi kejadian, yaitu antara 1 hingga 10. Semakin tinggi kemampuan deteksi terhadap penyebab kegagalan, maka semakin rendah nilai kemampuan deteksi dan berlaku sebaliknya. Interpretasi nilai kemampuan deteksi menurut Carlson (2014) adalah seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3. Interpretasi Nilai Kemampuan Deteksi

Kemampuan Deteksi	Nilai
Tidak ada kontrol saat ini yang dapat mendeteksi atau menganalisa	10
Mode kegagalan/penyebab kegagalan sulit untuk dideteksi	9
Mode kegagalan baru dideteksi saat proses berjalan oleh operator (visual, diraba, atau lewat suara)	8
Mode kegagalan terdeteksi di sumber masalah oleh operator (visual, diraba, atau lewat suara)	7
Mode kegagalan baru dideteksi saat proses berjalan oleh operator menggunakan alat ukur	6
Mode kegagalan terdeteksi di sumber masalah oleh operator menggunakan alat ukur atau sistem kendali otomatis	5
Mode kegagalan terdeteksi di sumber masalah oleh sistem kendali otomatis, pencegahan proses berlanjut dilakukan secara manual	4
Mode kegagalan terdeteksi di sumber masalah oleh sistem kendali otomatis, secara otomatis akan menghentikan bagian yang bermasalah	3
Mode kegagalan terdeteksi di sumber masalah oleh sistem kendali otomatis, sistem akan menghentikan proses sebelum berjalan	2
Mode kegagalan mudah terdeteksi dari hasil desain fixture, desain mesin, dan juga desain part	1

h. *Risk Priority Number (RPN)*

RPN merupakan hasil perkalian dari nilai frekuensi deteksi, tingkat keparahan, dan kemampuan deteksi dari tiap mode kegagalan yang ada. Nilai RPN adalah antara 1 hingga 1000, semakin tinggi nilainya menunjukkan bahwa mode masalah tersebut memiliki dampak buruk dan harus segera diselesaikan. RPN juga dapat menunjukkan prioritas perbaikan yang harus terlebih dahulu dilakukan, dari seluruh mode kegagalan yang ditemukan.

