

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada sub bab tinjauan pustaka akan dibahas semua penelitian terdahulu berkaitan dengan pengendalian kualitas.

2.1.1. Penelitian terdahulu

Cunha dan Dominguez (2015) melakukan penelitian terkait kualitas pelayanan garansi oleh dealer mobil di Portugal. Penelitian ini menggunakan proyek *Six Sigma* dengan metode DMAIC. Permasalahan yang dihadapi dealer mobil adalah standar untuk kesepakatan garansi dengan perusahaan utama mobil belum terpenuhi. Tagihan yang diminta kepada konsumen dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan mobil berbeda. Perbedaan ini diakibatkan karena standar yang tidak terpenuhi oleh dealer mobil saat dilakukannya audit oleh perusahaan mobil. Hal ini mengakibatkan aliran keuangan negatif dan bisa merugikan dealer mobil. Penelitian ini dimulai dengan fase *define* untuk mengetahui kondisi saat ini dan menganalisis standar yang diinginkan perusahaan mobil. Dari tahap ini lanjut ke tahap *measure* (pengukuran). Pengukuran dilakukan tanpa menggunakan statistik yang rumit melainkan hanya menggunakan histogram metrik keuangan. Selanjutnya masuk ke tahap *analyze* (analisa). Analisa dilakukan dengan menggunakan teknik pertanyaan *5Whys*. Selain itu, akar masalah dianalisis juga dengan *fishbone diagram*. Dari akar masalah tersebut, maka dibuatlah perbaikan-perbaikan seperti pembuatan *Google form* untuk pelayanan garansi dan mendesain ulang *form filled in*. Hal ini masuk pada tahap *improve* dan *control*. Hasil dari perbaikan adalah meningkatnya persentase waktu pemenuhan dari 24% menjadi 64% dalam waktu 7 bulan.

Indrawati dan Ridwansyah (2015) melakukan penelitian terkait kualitas di Industri bijih besi. Pada Industri bijih besi, kapabilitas proses penting untuk keberlangsungan perusahaan. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah tidak terpenuhinya target produksi akibat banyaknya pemborosan (*waste*). Dari permasalahan ini, metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah adalah *lean six sigma*. *Lean manufacturing* merupakan sebuah pendekatan untuk mengurangi pemborosan. Jenis pemborosan menurut Shigeo Shingo diklasifikasikan menjadi 7, yakni : produksi berlebihan, produk cacat, inventori yang tidak perlu, proses

berlebihan, transportasi berlebihan, menunggu dan gerakan yang tidak penting. *Six sigma* merupakan metode yang bisa memberikan nilai tambah untuk konsumen terutama dalam peningkatan kualitas produk. Metode *lean* menggunakan *process activity mapping* (PAM). PAM digunakan untuk mengelompokkan setiap aktivitas. Aktivitas tersebut dikelompokkan menjadi 3 kategori, yakni : aktivitas yang memiliki nilai tambah (*value added*), aktivitas yang diperlukan tanpa nilai tambah (*necessary non value added*). Metode *six sigma* menggunakan metode DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*). Pada tahap *define* diidentifikasi jenis *waste* dan CTQ (*critical to quality*) untuk produk cacat. Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan persentase jumlah setiap dan nilai sigma untuk proses kapabilitas sebesar 2,96. Pada tahap *analyze* ditentukan mode kegagalan dan seberapa besar efek dari kegagalan tersebut. Pada tahap ini juga dihitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk melihat mode kegagalan mana yang terparah sehingga lebih diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Pada tahap *improve* dilakukan beberapa perbaikan, yakni : membuat WI (*Work Instruction*) untuk proses penimbangan, melakukan instalasi vibrometer, dan melakukan instalasi *plant* nitrogen. Hasilnya target produksi bisa dicapai karena pengurangan jumlah cacat.

Srinivasan, dkk (2014) melakukan penelitian terkait kualitas di perusahaan otomotif bagian sok breker. Penelitian berfokus untuk menjadikan perusahaan tersebut menjadi perusahaan yang mampu menguasai pasar dengan memberikan produk berkualitas tinggi kepada konsumen tingkat akhir. Fokus penelitian ini adalah pada proses pewarnaan sok breker karena ada beberapa cacat yang menyebabkan kualitas produk menjadi buruk. Penelitian ini dikerjakan dengan metode *six sigma* dengan tahap awal membentuk tim yang terdiri dari manajer produksi, operator pada proses pewarnaan, dan anggota dari departemen kualitas. Metode *six sigma* meliputi tahap *define, measure, analyze, improve, dan control*. Tahap *define* merupakan tahap untuk mengidentifikasi suara konsumen dan mengidentifikasi jenis cacat yang ada. Tahap ini menggunakan *pareto chart* untuk mengetahui jenis cacat yang paling besar. Dari *pareto chart* didapatkan hasil bahwa jenis cacat yang paling besar adalah cat terkelupas dan melepuh dengan persentasi sebesar 81% dari keseluruhan cacat pada proses pewarnaan sok breker. Selanjutnya, proses pewarnaan dihitung nilai kapabilitasnya untuk mengetahui berapa nilai sigma dari proses tersebut untuk saat ini. Perhitungan nilai proses kapabilitas dilakukan dengan menggunakan software *Minitab 16*. Hasil

perhitungan menggunakan *minitab16* menunjukkan bahwa nilai sigma untuk proses pewarnaan sok breker saat ini adalah 3,31. Setelah perhitungan proses dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah tahap *analyze*. Tahap ini merupakan tahap untuk mencari penyebab warna terkelupas dan melepuh. Alat yang digunakan adalah *cause effect diagram*. Selain itu, pada tahap ini dilakukan juga pengisian kuisioner untuk mengetahui penyebab mana yang paling mempengaruhi warna terkelupas dan melepuh. Kuisioner diberikan kepada 50 orang terdiri dari operator proses pewarnaan, anggota dari departemen *quality assurance*, serta konsumen internal dan eksternal. Hasil kuisioner akan ditampilkan menggunakan *likert scale*. Dari *likert scale*, maka didapat pengaruh paling besar adalah suhu pembersihan, suhu fosfat, dan pH fosfat. Dari faktor tersebut, maka dilakukan *improve* menggunakan pendekatan statistika, *taguchi experimental L27 orthogonal array* dan ANOVA untuk mengetahui pengaturan optimum untuk setiap faktor. Hasil untuk pengaturan optimum adalah suhu pembersihan = 70 °C, pH fosfat = 3,5, dan suhu fosfat = 60 °C. Untuk mengontrol perbaikan tersebut dapat berjalan terus menerus, maka dibuat SOP. Dari proyek *six sigma* ini, maka nilai sigma perusahaan meningkat dari 3,31 menjadi 4,5.

Jonny dan Christyanti (2012) melakukan penelitian terkait kualitas seng di PT. BBI. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah adanya keluhan dari konsumen tentang kualitas seng yang diterima khususnya seng asbes dengan tipe MHN14. Dari permasalahan ini, maka perusahaan membentuk tim untuk menjalankan proyek *six sigma*. Proyek ini dimulai dengan tahap *define*. Pada tahap *define*, tim mengumpulkan data produk cacat. Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk *pareto chart* untuk mengetahui produk mana yang memiliki cacat paling tinggi. Hasil *pareto* menunjukkan bahwa produk yang memiliki cacat paling banyak adalah seng asbes tipe MHN14. Jenis cacat yang paling sering terjadi adalah adanya permukaan seng yang datar. Pada tahap ini juga dianalisis aliran material untuk membuat produk mulai dari supplier, input, proses, output, sampai ke konsumen akhir. Selanjutnya, tim melakukan perhitungan statistik untuk mengetahui level sigma saat ini. *Software* yang digunakan adalah *Minitab16* dengan nilai sigma 4,91. Ini berarti bahwa dari 1.000.000 produk terdapat produk cacat sebanyak 200. Setelah mengetahui nilai sigma, maka tahap selanjutnya adalah menganalisis penyebab terjadi cacat. Tahap ini disebut juga dengan tahap *analyze*. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah *fish bone diagram* dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). *Fish bone diagram* digunakan untuk mencari

masalah-masalah penyebab cacat dan FMEA digunakan untuk melihat masalah mana yang memiliki pengaruh paling besar. Dari hasil *fish bone* dan FMEA, maka didapatkan bahwa masalah penyebab cacat yang paling besar pengaruhnya adalah kecepatan produksi. Tim kemudian melakukan rencana perbaikan untuk melakukan pengaturan pada kecepatan produksi. Tahap ini disebut dengan tahap *improve*. Pengaturan kecepatan produksi dilakukan dengan membuat perancangan eksperimen. Perancangan eksperimen yang dilakukan melibatkan 2 faktor, yakni suhu dan lama produksi dengan setiap faktor terdiri dari 2 level. *Tools* yang digunakan untuk mengetahui pengaturan optimum adalah *cube plot* dan didapatkan pengaturan optimum yaitu pada suhu 350 °C dengan waktu selama 4 jam. Setelah menerapkan pengaturan tersebut, maka dihitung kembali nilai sigma. Hasil menunjukkan sebuah peningkatan. Nilai sigma meningkat dari 4,91 menjadi 5,02. Nilai sigma 5,02 berarti bahwa dari 1.000.000 produk, maka terdapat 180 produk cacat. Pekerjaan tentu belum langsung selesai. Tim perlu memastikan bahwa situasi ini bisa terus berlangsung untuk waktu yang lama. Salah satu tindakan yang dilakukan adalah membuat *Standard Operational Procedure (SOP)* untuk mengontrol hasil peningkatan tersebut.

Erbiyik dan Saru (2015) melakukan penelitian untuk melihat kualitas dari *supply chain* di perusahaan otomatis di Turki. Perusahaan ingin dapat bersaing dengan perusahaan lainnya. Produk yang dihasilkan perusahaan melalui banyak proses, diantaranya pemesanan bahan baku. Bahan baku dipesan ke supplier lalu di proses dan dijual ke konsumen. Hal ini yang menjadi objek yang ingin diteliti. Metode yang digunakan adalah metode *six sigma*. Pada tahap *define* diidentifikasi jenis masalah yang biasa dihadapi selama aliran produk di rantai pasok, diantaranya tidak ada segel, tidak ada klip, ada *part* yang rusak, barang hancur, barang tidak utuh (bengkok), dan pesanan tercampur dengan pesanan konsumen lain. Masalah-masalah ini kemudian dianalisa menggunakan *pareto chart* untuk mengetahui jenis cacat mana yang paling sering terjadi. Tahap ini disebut dengan tahap *measure*. Hasil dari *pareto* menunjukkan bahwa jenis cacat yang paling banyak adalah pesanan tercampur dan segel rusak. Pada tahap *analyze* dilakukan analisa mengenai biaya yang hilang akibat adanya cacat (*poor quality cost of defect*). Selanjutnya dilakukan perbaikan dan peningkatan dengan menerapkan ISO 16949 untuk menjamin kualitas produk di sepanjang aliran rantai pasok.

Pugna, dkk (2016) melakukan penelitian kualitas pada proses perakitan di industri otomotif. Permasalahan pada penelitian ini adalah banyaknya cacat pada proses

pembuatan klakson. Penelitian ini dimulai dengan melakukan tahap *define*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi jenis cacat dan membuat analisis aliran material menggunakan SIPOC (*Supplier Input Process Output Consumer*) diagram. Selanjutnya setiap jenis cacat dihitung jumlah cacat terbesar menggunakan *pareto diagram*. Hasil menunjukkan bahwa jenis cacat paling besar adalah tinggi keling yang tidak standar dengan jumlah cacat 391 dari jumlah cacat keseluruhan sebanyak 801 dengan nilai sigma 2.9. Tahap selanjutnya adalah menganalisis penyebab tinggi keling yang tidak standar menggunakan *fish bone diagram*. Selain itu penyebab cacat juga dianalisis menggunakan *5Whys* untuk mengetahui rencana perbaikan apa yang memungkinkan. Sebelum melakukan perbaikan, penyebab cacat juga dianalisis menggunakan FMEA untuk mengetahui penyebab mana yang memiliki nilai prioritas paling tinggi. Penyebab cacat yang memiliki nilai prioritas tertinggi yang akan dilakukan perbaikan. Perbaikan yang dilakukan pada penelitian ini adalah membuat desain *hand tool* lebih lembut, memasang *poka-yoke*, dan menerapkan metode AHP untuk pemilihan supplier. Hasil perbaikan dikontrol dengan menggunakan *Xbar* dan *R chart*. Setelah perbaikan, nilai sigma meningkat dari 2,9 menjadi 5,2.

Assareh, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai kualitas di perusahaan medis. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah perusahaan kesulitan untuk mengolah data pasien. Perusahaan juga ingin mengevaluasi prosedur pelayanan saat ini. Metode yang digunakan adalah metode ASPs (*Acceptance Sampling Plans*) dan SPC (*Statistical Process Control*). Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data pasien dan masalah terkait dengan data tersebut. Masalah tersebut kemudian dianalisis untuk dapat menentukan tindakan perbaikannya. Tindakan perbaikan pada kasus ini berupa implementasi desain baru untuk pengumpulan data pasien. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penurunan nilai UCL yang berarti bahwa variansi semakin kecil.

Darestani dan Nasiri (2016) melakukan penelitian terkait kualitas piston pada perusahaan piston di Konya. Penelitian bertujuan untuk melakukan pengukuran pada diameter *ring* piston sekaligus melihat apakah ada proses yang *out of control*. Pendekatan yang digunakan adalah SPC (*Statistical Process Control*) dengan pengembangan. Pengembangan dilakukan dengan model *fuzzy Xbar – S chart*. Penggunaan *fuzzy* untuk melihat variansi proses lebih fleksibel sehingga membantu perusahaan untuk mengambil tindakan atas proses yang *out of control*.

Mirzaei, dkk (2016) melakukan penelitian terkait kualitas pelayan di restaurant di Cyprus. Penelitian ini bertujuan untuk membantu perusahaan mengetahui apakah pelayanan yang diberikan sudah memberi kepuasan kepada konsumen. Pendekatan yang digunakan adalah *SERVQUAL* dan *SPC (Statistical Process Control)*. Tahap pertama dimulai dengan membuat model *SERVQUAL*. Model ini akan membandingkan pelayanan yang dirasakan langsung oleh konsumen dengan pelayanan yang diharapkan oleh pemilik. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data untuk melihat variansi proses menunggu antrian. Dari model *SERVQUAL*, maka dianalisa penyebab perbedaan antara pelayanan yang dirasakan langsung oleh konsumen dengan pelayanan yang diharapkan oleh pemilik. Langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan-perbaikan, membersihkan restaurant secara rutin, memastikan bahwa material yang berasal dari suplier masih bagus, dan melakukan pelatihan pada pelayan. Peningkatan ini langsung memberikan dampak positif, yakni meningkatnya kepuasan konsumen. Kepuasan konsumen diketahui melalui kuisisioner yang berupa 26 pertanyaan terkait pelayanan di restaurant tersebut.

Taylan dan Darrab (2016) melakukan penelitian terkait kualitas di perusahaan karpet. Permasalahan yang dihadapi adalah perusahaan belum mengontrol variasi proses yang terjadi dan belum memenuhi standar kualitas dari konsumen. Karakteristik kualitas yang dijadikan permasalahan pada penelitian ini adalah berat karpet. Metode yang digunakan adalah *SPC (Statistical Process Control)*. Tahap awal adalah mengumpulkan data berat karpet. Data ini kemudian diolah untuk dihitung *UCL (Upper Spesification Limit)*, *Xbar*, dan *LCL (Lower Spesification Limit)*. Tahap selanjutnya dilakukan pengembangan menggunakan model *fuzzy*. Hasil model ini membuat *Xbar chart* lebih fleksibel dan didapatkan standar baru yang sesuai dengan standar dari konsumen.

Berikut adalah ringkasan mengenai metode-metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah kualitas pada penelitian terdahulu :

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis (tahun)	Permasalahan	Metode	Hasil
1	<i>A DMAIC project to improve warranty billing's operations : a case study in a Portuguese car dealer</i>	Cunha dan Dominguez (2015)	Standar kesepakatan garansi mobil belum terpenuhi	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Pemenuhan standar meningkat dari 24% menjadi 72% dalam waktu 7 bulan.
2	<i>Manufacturing Continious Improvement Using Lean Six Sigma : An Iron ores Industry Case Application</i>	Indrawati dan Ridwansyah (2015)	Target produksi tidak terpenuhi karena banyak produk cacat	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Target produksi terpenuhi setelah jumlah cacat berkurang
3	<i>Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases</i>	Srinivasan, dkk (2014)	Perusahaan ingin menguasai pasar sehingga kualitas perlu ditingkatkan	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Jumlah cacat berkurang. Nilai sigma meningkat dari 3.31 menjadi 4.5
4	<i>Improving The Quality of Asbestos Roofing at PT BBI Using Six Sigma Methodology</i>	Jonny dan Christyanti (2012)	Konsumen mengeluh tentang kualitas seng asbes	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Jumlah cacat berkurang. Nilai sigma meningkat dari 4.91 menjadi 5.02
5	<i>Six Sigma Implementations in Supply Chain : An Application for an Automotive Subsidiary Industry in Bursa in Turkey</i>	Erbiyik dan Saru (2015)	Ditemukan produk cacat selama aliran rantai pasok	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Jumlah cacat berkurang

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu (lanjutan)

6	<i>Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company</i>	Pugna , dkk (2016)	Ditemukan banyak produk cacat dalam pembuatan klakson	<i>Six Sigma (DMAIC)</i>	Jumlah cacat berkurang. Nilai sigma meningkat dari 2.9 menjadi 5.2
7	<i>Data Quality Improvement in Clinical Database Using Statistical Quality Control : Review and Case Study</i>	Assareh , dkk (2013)	Variansi data konsumen besar	<i>ASPs dan SPC</i>	Variansi data konsumen lebih kecil
8	<i>Fuzzy Xbar - S control chart and process capability indices in normal data environment</i>	Darestani dan Nasiri (2013)	Variansi proses tinggi	<i>SPC</i>	Variansi rendah
9	<i>Application of Statistical Process Control in Service Industry: A Case Study of the Restaurant Sector</i>	Mirzaei , dkk (2016)	Pelayanan yang dirasakan konsumen belum sesuai dengan harapan pemilik	<i>SPC</i>	Peningkatan kepuasan konsumen
10	<i>Fuzzy control charts for process quality improvement and product assessment in tip shear carpet industry</i>	Taylan dan Darrab (2012)	Standar yang ada belum sesuai dengan keinginan konsumen	<i>SPC</i>	Adanya standar baru yang lebih sesuai dengan keinginan konsumen

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan pada industri plastik di PT. MAPI. Permasalahan yang dihadapi adalah perusahaan belum mampu mengelola kualitas dengan baik sehingga masih banyak ditemukan produk cacat. Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan metode *six sigma*, DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*). Metode ini dipilih karena bisa mengatasi masalah yang kompleks dan

lebih rinci. Selain itu, metode ini juga menyediakan banyak *tools* untuk penyelesaian masalah. Penyelesaian masalah perlu didiskusikan dengan *General Manager* sehingga dibutuhkan banyak pilihan untuk rencana perbaikan. Beberapa hal ini yang menjadi pertimbangan untuk pemilihan metode *six sigma*. Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi jenis cacat menggunakan CTQ (*Critical to Quality*) *tree*. Setelah mengetahui jenis cacat, maka dihitung setiap jenis cacat dan ditentukan jenis cacat paling besar menggunakan *pareto chart*. Dari jenis cacat tersebut, maka dicari penyebab cacat tersebut dengan menggunakan *fish bone diagram* dan FMEA untuk melihat nilai prioritas terbesar dari penyebab masalah cacat. Dari penyebab cacat tersebut, maka akan didiskusikan rencana perbaikan dengan *general manager* PT. MAPI.

2.2. Dasar Teori

Pada sub bab dasar teori akan dijelaskan mengenai pengertian kualitas, *six sigma* dan metodologi pelaksanaan *six sigma*.

2.2.1. Teori Kualitas

Berikut beberapa teori kualitas menurut para ahli (Foster,2007) :

a. W. Edwards Deming

Deming merupakan ahli kualitas yang menerapkan perbaikan kualitas untuk industri Jepang dan Amerika. Deming menyatakan bahwa konsumen bisa dikatakan puas apabila produk dan pelayanan yang diberikan sudah baik. Deming terkenal dengan semboyan " *Continual Neverending Improvement* " dan teorinya mengenai manajemen kualitas adalah *Deming's 14 Points for Management*.

b. Joseph M. Juran

Juran merupakan ahli kualitas yang terkenal dengan teori *The Juran Trilogy*. Teori tersebut merupakan 3 teori dasar untuk mengelola perbaikan kualitas, yakni : perencanaan, pengendalian, dan perbaikan. Menurut Juran kualitas adalah kesesuaian produk dengan kebutuhan konsumen.

c. Kaoru Ishikawa

Ishikawa merupakan ahli kualitas untuk perkembangan kualitas di Jepang. Ishikawa memperkenalkan *statistical quality control* untuk perbaikan kualitas. Alat ini hanya akan berhasil jika setiap orang yang terlibat dalam perbaikan mampu menganalisis dan menginterpretasi statistika.

d. Philip Crosby

Crosby merupakan direktur kualitas di International Telephone and Telegaram. Berbeda dengan Ishikawa, Crosby lebih meningkatkan aspek perilaku dan motivasi dalam peningkatan kualitas. Teori kualitas yang dipaparkan oleh Crosby adalah *Crosby's 14 Steps*.

e. Genichi Taguchi

Taguchi merupakan ahli kualitas yang menerapkan metodenya pertama kali di perusahaan AT&T. Taguchi tidak setuju dengan adanya kelonggaran dari suatu spesifikasi produk. Menurutnya akan terjadi kerugian jika ada kelonggaran pada suatu variasi produk. Hal tersebut yang melatarbelakangi Taguchi untuk membuat metode *Robust Design* untuk perbaikan kualitas.

2.2.2. Pengertian Six Sigma

Konsep *Six sigma* mulai diperkenalkan di perusahaan *Motorola* pada tahun 1984 oleh Bill Smith. *Six sigma* selanjutnya dikembangkan oleh beberapa tokoh seperti Harry dan Schroeder (2000), Pande, dkk (2000) dan organisasi *American Society of Quality*. Kelompok ini menjelaskan bahwa *six sigma* berkaitan dengan pencapaian situasi dimana produk cacat (*unacceptable products*) yang dihasilkan oleh sistem adalah kurang dari 3,4 per satu juta kemungkinan.

Berikut adalah pengertian *six sigma* menurut beberapa ahli :

a. Linderman, dkk (2003) mengartikan *six sigma* sebagai metode pemecahan masalah yang terorganisasi dan sistematis untuk perbaikan sistem strategis dan produk baru dan pengembangan layanan yang mengandalkan metode statistik dan metode ilmiah untuk mengurangi tingkat cacat yang didefinisikan oleh pelanggan dan / atau peningkatan variabel keluaran.

b. Park, Lee, dan Chung (1999) mengartikan *six sigma* sebagai sebuah strategi baru dari manajemen inovasi untuk keberlangsungan hidup perusahaan di abad ke-21 ini, yang menyiratkan 3 hal : pengukuran statistik, manajemen strategi dan budaya mutu.

c. Harry dan Schroeder (2000) mengartikan *six sigma* sebagai metode disiplin menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk mengetahui sumber kesalahan dan cara menguranginya.

d. Kumar, dkk (2008) mengartikan *six sigma* sebagai strategi bisnis berdasarkan pengambilan keputusan yang objektif dan pemecahan masalah, mengandalkan data yang berarti dan nyata untuk mencapai tujuan , menganalisis penyebab cacat,

dan dengan demikian menunjukkan cara-cara untuk menghilangkan kesenjangan antara kinerja yang ada dengan tingkat kinerja yang diinginkan.

e. Goh (2010) mengartikan *six sigma* sebagai suatu kerangka kerja untuk peningkatan kualitas , pendekatan secara keseluruhan yang terdiri dari keselarasan sistematis dan penerapan alat statistik untuk kepuasan pelanggan dan daya saing bisnis.

2.2.3. Tahapan *Six sigma*

Pada awalnya, tahapan *six sigma* yang dikembangkan oleh Motorola terdiri dari 4 tahapan, yakni : *Measure, Analyze, Improve, dan Control* atau dikenal dengan MAIC. Tahapan ini berkembang menjadi 5 tahapan, yakni : *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* atau dikenal dengan singkatan DMAIC. Kwak dan Anbari (2006) menjelaskan bahwa DMAIC merupakan tahapan-tahapan yang berfungsi untuk menghilangkan langkah-langkah tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran dan menerapkan teknologi untuk perbaikan terus menerus.

a. Tahap *Define*

Tahap *define* merupakan tahap awal *six sigma*. Tahap ini berfungsi untuk menetapkan masalah, menentukan tujuan, mengidentifikasi keinginan konsumen dan aliran material mulai dari supplier kemudian diproses menjadi sebuah produk untuk konsumen. Tahap ini penting karena tahapan selanjutnya bergantung pada tahapan ini. Alat-alat (*tools*) yang digunakan pada tahap ini adalah *project charter, CTQ tree (critical to quality)* dan *SIPOC diagram (Suppliers Input Process Output Customer)*.

i. *Project Charter*

Project Charter merupakan dokumen tertulis yang berisi tentang permasalahan yang dihadapi perusahaan, tujuan yang ingin dicapai, tahap-tahap untuk mencapai tujuan , orang-orang yang terlibat dalam proyek serta penjadwalan setiap tahap-tahap. Contoh template *Project Charter* bisa dilihat pada gambar 2.1.

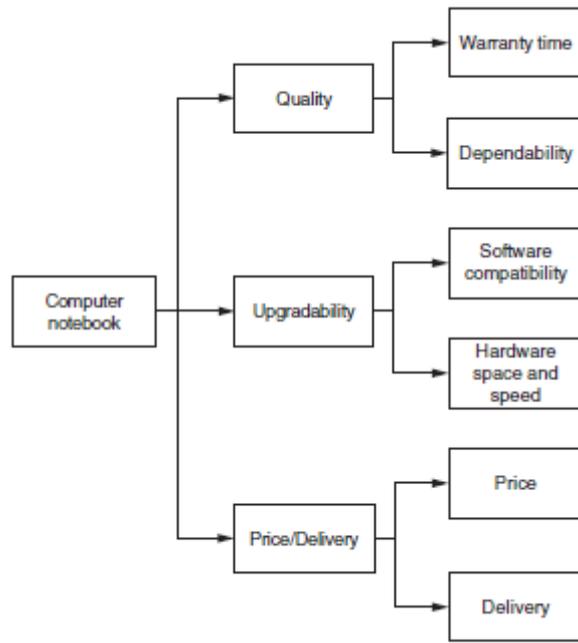
TEAM/PROJECT CHARTER

Project Name:							
Date (Last Revision):							
Prepared By:							
Approved By:							
Business Case:				Opportunity Statement (High Level Problem Statement):			
				Defect Definition:			
Goal Statement:				Project Scope:			
				Process Start Point:			
				Process End Point:			
Expected Savings/Benefits:				In Scope:			
				Out of Scope:			
Project Plan:				Team:			
Task/Phase	Start Date	End Date	Actual End	Name	Role	Commitment (%)	

Gambar 2.1. Contoh project charter

ii. *Critical to Quality (CTQ) tree*

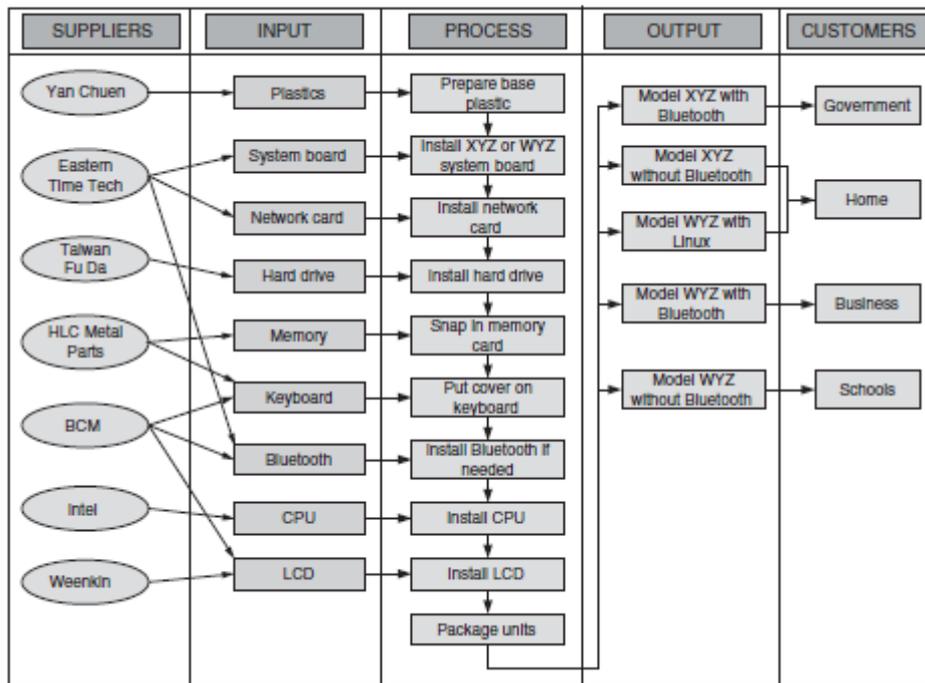
Critical to quality merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui kriteria kualitas menurut pelanggan. *CTQ tree* terdiri dari 3 bagian ,yakni : komponen utama, sub bagian (1st level CTQ) , dan sub-sub bagian (2nd level CTQ). Komponen utama berisi tentang apa yang konsumen inginkan. Sub bagian (1st level CTQ) berisi mengenai kriteria kebutuhan konsumen pada level pertama. Sub-sub bagian (2nd level CTQ) berisi mengenai kriteria kebutuhan konsumen pada level kedua terkait dengan kebutuhan yang sudah dibuat pada level pertama. Contoh *CTQ tree* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Contoh CTQ tree

iii. SIPOC diagram

SIPOC diagram merupakan alat untuk mengidentifikasi aliran proses mulai dari material diterima dari supplier sampai ke tangan konsumen. SIPOC diagram terdiri dari 5 komponen : *suppliers*, *inputs*, *process*, *outputs*, dan *customers*. *Suppliers* adalah pemasok bahan baku yang akan digunakan untuk membuat sesuatu yang bernilai untuk konsumen. *Inputs* merupakan bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan sesuatu yang bernilai untuk konsumen. *Process* berisi kegiatan mengubah input menjadi output yang bernilai bagi konsumen. *Outputs* merupakan nilai dari hasil proses yang sesuai dengan tuntutan konsumen. *Customers* merupakan pengguna nilai yang sudah dihasilkan oleh perusahaan. Contoh template *SIPOC diagram* bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Contoh SIPOC diagram

b. Tahap *Measure*

Tahap *measure* merupakan tahap kedua *six sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran pada tingkat output (menghitung nilai sigma), melakukan validasi pada sistem pengukuran, dan mengidentifikasi penyebab cacat paling potensial. Alat-alat (*tools*) yang digunakan adalah *capability analysis*, *Attribute Measurement System Analysis*, dan *pareto chart*.

i. *Process Sigma Analysis*

Process Sigma Analysis merupakan alat yang digunakan untuk menghitung DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). DPMO menunjukkan jumlah produk cacat dalam satu juta kemungkinan. DPMO dapat dihitung menggunakan rumus :

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000 \quad (2.1)$$

Keterangan :

D = Jumlah produk cacat

U = Jumlah produk yang diperiksa

O = Jumlah kemungkinan cacat

Dari DPMO ini kemudian dikonversi menjadi nilai sigma di *Ms. Excel* dengan logika (Bass dan Lawton,2009) :

=IF(X=0,"",IF((Y/1000000)>0.933199,0,IF((Y/1000000)>0.5,1.5-ABS(NORMSINV(Y/1000000)),ABS(NORMSINV(Y/1000000))+1.5))))

Dengan X adalah jumlah produksi dan Y adalah DPMO.

ii. *Attribute Measurement System Analysis*

Attribute Measurement System Analysis merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui sistem pengukuran terhadap data atribut sudah benar atau belum (Allen,2006). Data atribut adalah data yang bersifat diskrit. Langkah-langkah untuk melakukan *Attribute Measurement System Analysis* adalah sebagai berikut :

- i. Memilih operator sebanyak m , jumlah produk sebanyak n , dan jumlah perulangan sebanyak r dengan persentase produk cacat 60% dan produk baik 40%.
- ii. Membuat urutan pemeriksaan secara acak dengan menggunakan *software Minitab16*.
- iii. Sebelum operator melakukan pemeriksaan produk, maka n produk dimintai standar dari perusahaan.
- iv. Operator diminta melakukan pemeriksaan berdasarkan urutan yang sudah dibuat menggunakan *Minitab16*. Operator tidak diberitahu mengenai standar n produk tadi.
- v. Mencatat data dari operator.
- vi. Melakukan proses pengolah menggunakan *Minitab16*. Proses pengukuran bisa diterima jika memiliki nilai Kappa 0.7 sampai 1 dan tidak bisa diterima jika memiliki nilai Kappa -0.7 sampai -1.

$$Fleiss' Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (2.2)$$

$$P_o = \frac{1}{Nn(n-1)} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k X_{ij}^2 - Nn \right] \quad (2.3)$$

$$P_e = \sum \left[\frac{1}{Nn} \sum_{i=1}^N X_{ij} \right] \quad (2.4)$$

Keterangan :

P_o = proporsi penilai k kali menilai setuju

P_e = proporsi yang diharapkan dari penilai k kali menilai setuju

N = jumlah subjek

- n = jumlah penilai
 k = kateogri skala
 Xij = jumlah penilai yang menugaskan subjek ke-i ke kategori ke-j

iii. *Gauge R&R*

Gauge R&R merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui sistem pengukuran terhadap data variabel sudah benar atau belum (Allen,2006). Data variabel adalah data yang bersifat kontiniu. Dalam *Gauge R&R* ada 2 istilitah penting, yakni *repeatability* dan *reproducibility*. *Repeatability* adalah variasi yang terjadi dalam pengukuran berulang kali oleh operator yang sama menggunakan alat yang sama. *Reproducibility* adalah variasi yang terjadi dalam pengukuran oleh operator yang berbeda menggunakan alat yang sama. Langkah-langkah untuk melakukan *Gauge R&R* adalah sebagai berikut :

- i. Memilih operator sebanyak *m*, jumlah produk sebanyak *n*, dan jumlah perulangan sebanyak *r* dengan persentase produk cacat 60% dan produk baik 40%.
- ii. Membuat urutan pemeriksaan secara acak dengan menggunakan *software Minitab16*.
- iii. Sebelum operator melakukan pengukuran produk, maka *n* produk diukur terlebih dahulu sebagai standar.
- iv. Operator diminta melakukan pengukuran berdasarkan urutan yang sudah dibuat menggunakan *Minitab16*. Operator tidak diberitahu mengenai standar *n* produk tadi.
- v. Mencatat data dari operator.
- vi. Melakukan proses pengolah menggunakan *Minitab16*. Proses pengukuran bisa diterima jika memiliki nilai *%Repeatability* , *%Reproducibility* dan total *%Gauge* < 10% atau 30% dengan pertimbangan.

$$Xbar = \frac{\sum X}{n} \tag{2.5}$$

$$Range (R) = \max X - \min X \tag{2.6}$$

$$Average Xbar = \frac{\sum Xbar}{n} \tag{2.7}$$

$$Rbar = \frac{\sum R}{n} \tag{2.8}$$

$$Average Rbar = \frac{\sum Rbar}{n} \tag{2.9}$$

$$Xbar(Diff) = \max Xbar - \min Xbar \quad (2.10)$$

$$UCL(R) = \text{Average Rbar} \times D4 \quad (2.11)$$

$$LCL(R) = \text{Average Rbar} \times D3 \quad (2.12)$$

$$EV = \text{Average Rbar} \times K1 \quad (2.13)$$

$$AV = \sqrt{(\text{Xbar}(Diff) \times K2)^2 \times \frac{EV^2}{nr}} \quad (2.14)$$

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (2.15)$$

$$PV = Rp \times K3 \quad (2.16)$$

$$Rp = \text{Average Xbar max} - \text{Average Xbar min} \quad (2.17)$$

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (2.18)$$

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \times 100 \quad (2.19)$$

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \times 100 \quad (2.20)$$

$$\%GRR = \frac{GRR}{TV} \times 100 \quad (2.21)$$

Keterangan :

K1 = 4,56 untuk 2 trials

K2 = 2,70 untuk 3 operators

K3 = tergantung jumlah part

Rp = range dari rata-rata part

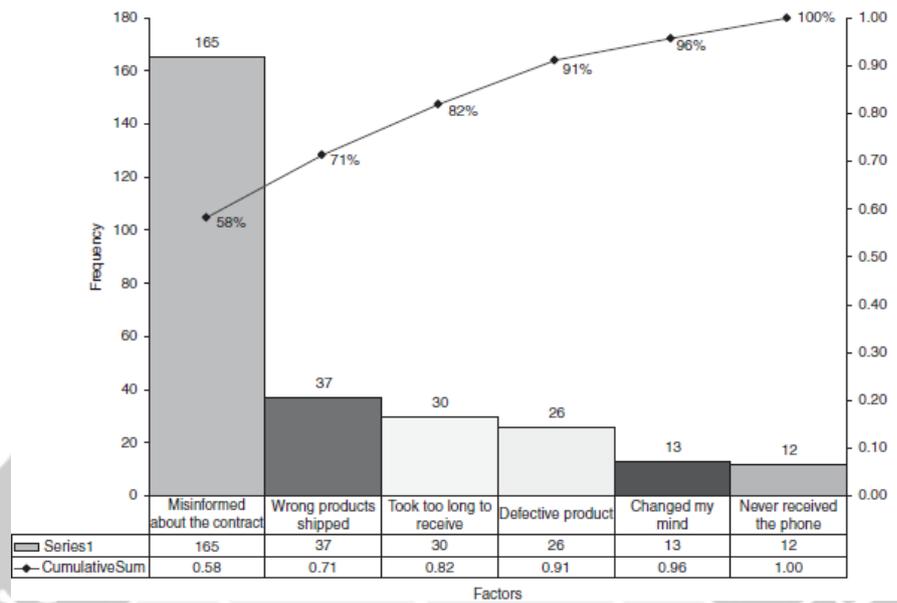
EV = *Equipment variation (repeatability)*

AV = *Appraiser variation (reproducibility)*

GRR = *Gauge Repeatability and Reproducibility*

iv. Pareto Chart

Pareto Chart pertama kali dikenalkan oleh Vilfredo Pareto. Vilfredo Pareto adalah seorang ekonom Italia yang menemukan bahwa 80% dari tanah di Italia hanya dimiliki oleh 20% penduduknya (Bass dan Lawton,2009). Konsep dasar ini yang kemudian diuji oleh Dr. Juran dengan mengatakan bahwa 80% dari ketidakpuasan pelanggan berasal dari 20% cacat. *Pareto Chart* akan menggambarkan cacat dari urutan frekuensi terbesar ke frekuensi terkecil. Tujuan dari pareto adalah untuk mengetahui cacat terbesar sehingga dilakukan tindakan perbaikan pada cacat tersebut. Contoh *pareto chart* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Contoh Pareto Chart

c. Tahap *Analyze*

Tahap *analyze* merupakan tahap untuk menganalisa penyebab cacat paling potensial. Alat (*tool*) yang digunakan adalah *cause and effect diagram*.

i. *Cause and effect diagram*

Cause and Efeect diagram merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari suatu masalah.

d. Tahap *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahap perbaikan dari penyebab masalah yang sudah dianalisa pada tahap *analyze*. Alat (*tool*) yang digunakan adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

i. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA merupakan alat untuk mengidentifikasi mode kegagalan suatu aktivitas atau produk, akibat dari kegagalan tersebut, cara pengendaliannya dan rencana aksi untuk perbaikan. FMEA terdiri dari beberapa bagian :

- i. *Process Step* : proses yang ingin dianalisis.
- ii. *Potensial Failure Modes* : jenis kegagalan yang mungkin terjadi.
- iii. *Potensial Failure Effects* : akibat dari kegagalan yang terjadi.
- iv. *Severity (S)* : tingkat bahaya dari kegagalan tersebut. Nilai berkisar dari 1 (bahaya ringan) sampai 10 (bahaya parah)
- v. *Potensial Causes* : penyebab kegagalan tersebut.

- vi. *Occurrence (O)* : tingkat keseringan terjadinya kegagalan tersebut. Nilai berkisar dari 1 (jarang) sampai 10 (sering).
- vii. *Current Control* : teknik pengendalian kegagalan saat ini.
- viii. *Detection (D)* : tingkat kemudahan untuk mengendalikan kegagalan. Nilai berkisar dari 1 (mudah) sampai 10 (susah).
- ix. RPN (*Risk Priority Number*) : angka prioritas resiko. Nilai RPN didapat dari $S \times O \times D$.
- x. *Future Action* : rencana aksi untuk perbaikan setiap jenis kegagalan.

ii. Uji Statistika Hipotesis dan Anova (*Analysis of Variance*)

i. Uji Hipotesis

Uji Hipotesis merupakan suatu uji yang bertujuan untuk membuktikan kebenaran dari suatu hipotesis (dugaan) tentang parameter 1 populasi atau 2 populasi . Uji hipotesis terdiri dari H_0 (*null hypothesis*) dan H_1 (*alternative hypothesis*). *Null hypothesis* ditandai dengan tanda "=", " \leq ", atau " \geq ", sedangkan *Alternative hypothesis* ditandai dengan tanda " \neq ", "<", atau ">".

Jenis-jenis parameter pada uji hipotesis adalah *mean, variance, proportion*. Langkah-langkah uji hipotesis adalah menentukan parameter, membuat H_0 dan H_1 , menentukan taraf nyata, melakukan uji statistika, membuat keputusan, dan membuat kesimpulan.

Keputusan akan menolak H_0 jika $P\text{-value} \leq \alpha$ (taraf nyata), sebaliknya keputusan akan gagal menolak H_0 jika $P\text{-value} > \alpha$ (taraf nyata).

Syarat untuk melakukan uji hipotesis adalah : data harus berdistribusi normal, independen, dan homogen. Distribusi normal digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Dalam kasus ini, distribusi normal yang digunakan adalah uji Anderson-Darling menggunakan *software Minitab16*. Uji homogenitas adalah uji untuk membandingkan 2 kelompok apakah memiliki varians yang sama atau tidak. Dalam hal ini, uji yang digunakan adalah uji *2-Variiances* menggunakan *software Minitab16*. Uji Independensi merupakan uji untuk mengetahui apakah pengambilan suatu data tidak dipengaruhi oleh data lain (tidak berhubungan). Artinya, uji independensi tidak selalu digunakan.

Jenis-jenis Uji Hipotesis :

1. *Mean test* (Uji rata-rata)

Jika varians diketahui, maka uji yang digunakan lah uji Z untuk 1 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.22) dan untuk 2 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.23).

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (2.22)$$

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (2.23)$$

Jika varians tidak diketahui, maka uji yang digunakan adalah uji T untuk 1 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.24) dan untuk 2 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.25).

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}, \quad v = n-1 \quad (2.24)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad v = n_1 + n_2 - 1 \quad (2.25)$$

$$Sp^2 = \frac{S_1^2(n_1-1) + S_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2.26)$$

Keterangan :

Z : Nilai kritis dalam pengujian statistic

\bar{X} : Rata-rata sampel

μ : Rata-rata populasi

\bar{X}_1 : Rata-rata sampel 1

\bar{X}_2 : Rata-rata sampel 2

$\mu_1 - \mu_2$: perbedaan rata-rata populasi jika diketahui

σ_1 : standar deviasai populasi 1

σ_2 : standar deviasai populasi 2

t : nilai kritis dalam pengujian statistic

Sp^2 : gabungan dari variansi 2 sampel

S_1 : standar deviasi sampel 1

S_2 : standar deviasi sampel 1

n_1 : jumlah sampel 1

n_2 : jumlah sampel 2

2. *Variance test* (Uji varians)

Uji ini terdiri dari uji varians 1 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.27) dan uji varians 2 populasi (dapat dilihat pada rumus 2.28)

$$X^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \quad (2.27)$$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (2.28)$$

Keterangan :

X^2 : titik kritis (*chi square*)

n : jumlah sampel

F : *F-test*

S_1^2 : variansi sampel populasi 1

S_2^2 : variansi sampel populasi 2

3. *Proportion test* (Uji proporsi)

Pada uji proporsi ada 2 kemungkinan kejadian, yakni gagal dan sukses. Uji proporsi terdiri dari uji proporsi 1 arah dan uji proporsi 2 arah.

ii. Uji Anova (*Analysis of Variance*)

Uji Anova digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan rata-rata antara 2 atau lebih populasi. Syarat uji Anova sama dengan uji hipotesis yakni, data harus normal, homogen, dan independen.

Jenis-Jenis uji Anova : Anova 1 arah (dipengaruhi oleh 1 faktor), Anova 2 arah (dipengaruhi oleh 2 faktor dengan interaksi/ tanpa interaksi), dan Anova banyak arah (dipengaruhi oleh banyak faktor). Langkah uji Anova sama dengan uji Hipotesis, yakni : menentukan H_0 dan H_1 , menentukan taraf nyata, melakukan uji Statistik, menetapkan keputusan, dan membuat kesimpulan.

Keputusan akan menolak H_0 jika $P\text{-value} \leq \alpha$ (taraf nyata), sebaliknya keputusan akan gagal menolak H_0 jika $P\text{-value} > \alpha$ (taraf nyata).

Table 2.2. Anova Satu Arah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung
<i>Treatments</i>	SSA	$\alpha-1$	$MSA = \frac{SSA}{\alpha - 1}$	$\frac{MSA}{MSE}$
<i>Error</i>	SSE	$\alpha(n-1)$	$MSE = \frac{SSE}{\alpha(n - 1)}$	
Total	SST	$\alpha n-1$		

Table 2.3. Anova 2 Arah tanpa Interaksi

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung
Faktor A	SSA	a-1	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$\frac{MSA}{MSE}$
Faktor B	SSB	b-1	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	
Error	SSE	(a-1)(b-1)	$MSE = \frac{SSE}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{MSB}{MSE}$
Total	SST	abn-1		

Table 2.4. Anova 2 Arah dengan Interaksi

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung
Faktor A	SSA	a-1	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$\frac{MSA}{MSE}$
Faktor B	SSB	b-1	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$\frac{MSB}{MSE}$
Interaksi	SS(AB)	(a-1)(b-1)	$MS(AB) = \frac{SSE}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{MS(AB)}{MSE}$
Error	SSE	abn-1	$MSE = \frac{SSE}{abn-1}$	
Total	SST	abn-1		

e. Tahap *Control*

Tahap ini merupakan tahap untuk mengendalikan bahwa perbaikan yang sudah diterapkan dapat berlangsung terus menerus. Alat (*tool*) yang digunakan adalah WI (*Work Instruction*) dan Hoshin Kanri X Matriks.

i. WI (*Work Instruction*)

WI merupakan alat yang berisi langkah-langkah prosedural kerja yang detail. WI bertujuan untuk menjaga agar operator bekerja sesuai ketentuan perusahaan dan menciptakan metode kerja yang lebih baik.

ii. Hoshin Kanri X Matriks

Hoshin Kanri berasal dari bahasa Jepang. Hoshin berarti tujuan dan Kanri berarti manajemen. Hoshin Kanri X matriks merupakan bagian dari TPS

(*Toyota Production System*). Matriks ini terdiri dari 4 bagian yang saling berhubungan. Mitchell (2012) menyatakan bahwa Hoshin Kanri merupakan penyebaran kebijakan dengan motto *ship in storm going in the right direction*.

2.2.3. *Visual Display Design*

Anshel (2005) menyatakan bahwa penglihatan adalah hubungan pertama kita dengan dunia dan mata digunakan untuk berinteraksi dengan lingkungan dalam lebih dari sejuta cara setiap detiknya. Interaksi antara mata dengan lingkungannya disebut *visual display* (Anshel,2005). Alat-alat *visual display* harus dirancang agar menghindari cedera atau kelelahan pada penglihatan dan informasi yang diberikan dapat diterima oleh pembaca. North (1993) menyatakan bahwa kemampuan untuk melakukan tugas dengan aman, efisien dan nyaman tergantung pada visibilitas serta pada kemampuan visual dari karyawan. Beberapa faktor untuk perancangan *visual display* adalah :

a. Besarnya tulisan

Besarnya tulisan berpengaruh terhadap kemampuan operator untuk membaca informasi dan besarnya tulisan berhubungan dengan jarak tulisan dengan operator

b. Jarak tulisan dengan operator

Jarak tulisan dengan operator harus diatur agar informasi yang ingin disampaikan dapat dipahami oleh operator. Jika jarak antara tulisan dengan operator jauh, maka gunakan tulisan yang cukup besar, dan begitu sebaliknya.

c. Penerangan

Lingkungan kerja harus dilengkapi dengan penerangan yang cukup agar informasi dari *visual display* bisa dibaca oleh operator.

d. Warna

Penggunaan warna pada tulisan juga harus diperhatikan. Tidak boleh menggunakan warna yang terlalu mencolok dan warna tulisan harus disesuaikan dengan warna *background* tulisan.