

2. TEORI PENUNJANG

2.1. *Six Sigma*

2.1.1. Pengertian *Six Sigma Quality*

Sigma (σ) merupakan huruf alfabet Yunani yang menyatakan tingkat variabilitas. Variabilitas sendiri menyatakan distribusi atau penyebaran terhadap rata-rata proses. Dengan demikian nilai sigma dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk menyatakan baik buruknya *performance* suatu proses.

Tingkat mutu sigma menyediakan indikator-indikator yang menyatakan frekuensi terjadinya kecacatan. Tingkat mutu dengan nilai sigma yang lebih tinggi mengindikasikan proses yang lebih sedikit menghasilkan kecacatan. Pengertian tingkat mutu 6 sigma adalah tingkat mutu dimana proses dengan penyebaran 6 σ terhadap rata-rata proses masih memenuhi spesifikasi. Pengertian ini berdampak pada munculnya pengertian tingkat mutu 6 sigma yang lain yaitu tingkat mutu dimana hanya 3.4 kecacatan dihasilkan dari satu juta kesempatan terjadinya kecacatan (*Defects Per Million Opportunity* (DPMO)) [Breyfogle, 1999], [PQM, 2001].

Dengan tingkat mutu 6 sigma yang dimiliki perusahaan, yang memiliki tingkat DPMO sebesar 3.4, pelanggan boleh mengharapkan bahwa 99.99966 persen dari apa yang diharapkan akan terdapat dalam produk tersebut. Tingkat kualitas 3.4 DPMO biasanya diinterpretasikan secara salah sebagai 3.4 unit *output* yang cacat dari satu juta unit *output* yang diproduksi. Nilai DPMO ini sebenarnya harus diinterpretasikan bahwa dalam satu unit produk tunggal, rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik *Critical to Quality* (CTQ) adalah hanya sebesar 3.4 dari satu juta kesempatan (DPMO).

Konsep *Six Sigma Quality* yang harus diperhatikan:

- *First time quality* yang berarti bahwa produk bebas cacat harus dihasilkan sejak awal proses. Jadi produk bebas cacat tidak dihasilkan setelah melakukan *rework*, melakukan koreksi, menghasilkan *scrap* dan lain sebagainya. Konsep

ini menjadi penting mengingat 100 % inspeksi yang dilakukan perusahaan tidak menjamin bahwa produk yang dihasilkan akan bebas cacat. Belum lagi waktu, tenaga kerja yang dibutuhkan perusahaan untuk melakukan inspeksi tersebut. Inspeksi juga mengandung resiko lolosnya produk cacat yang berdampak terhadap kepuasan pelanggan. Karena itulah menghasilkan produk bebas cacat sejak awal proses pasti akan lebih menguntungkan daripada melakukan 100 % inspeksi tersebut.

- Perubahan difokuskan pada proses untuk menghindari terjadinya kecacatan dan bukan hanya penekanan pada jumlah cacat semata.
- Tingkat kualitas 6 sigma berlaku untuk produk maupun proses, bukan perusahaan. Karena itu perusahaan harus mencapai tingkat kualitas 6 sigma di seluruh aktivitasnya.
- Tingkat kualitas 6 sigma merupakan target *performance* yang berlaku untuk suatu karakteristik mutu, bukan terhadap total produk. Karena itulah sebuah *handphone* yang memiliki tingkat kualitas 6 sigma bukan berarti terdapat 3.4 *handphone* rusak dari satu juta produk *handphone* melainkan bahwa dalam satu unit *handphone* tersebut, rata-rata peluang terjadinya kecacatan atau kegagalan terhadap suatu karakteristik kualitas hanya sebesar 3.4 dari satu juta kesempatan.
- Tingkat mutu 6 sigma merupakan konsep peningkatan mutu terintegrasi (*integrated quality system*) sehingga pelaksanaannya membutuhkan koordinasi yang baik dari seluruh bagian perusahaan, untuk menghasilkan produk maupun jasa yang memenuhi harapan dan kepuasan pelanggan.
- Tingkat kualitas 6 sigma merupakan nilai yang harus ditanamkan di seluruh jajaran organisasi perusahaan.
- Tingkat kualitas 6 sigma dapat diterapkan di perusahaan jasa maupun manufaktur, perusahaan besar maupun kecil.
- Metode *six sigma* yang disebut “*data driven process reengineering methodology*” menuntut perubahan paradigma perusahaan dalam berperilaku, dalam memperlakukan pelanggan dan dalam menghasilkan proses [PQM, 2001].

Penerapan tingkat mutu 6 sigma sangat bermanfaat bagi perusahaan maupun bagi pelanggan. Manfaat bagi perusahaan adalah peningkatan profit, perbaikan proses, perbaikan produk dan jasa, peningkatan hubungan investasi, perbaikan metodologi desain proses, peningkatan hubungan dengan *supplier* dan peningkatan keahlian karyawan dalam memperbaiki proses. Sedangkan manfaat bagi pelanggan adalah peningkatan mutu produk dan jasa yang diikuti dengan penurunan harga produk [PQM, 2001].

2.1.2. Model Implementasi *Six Sigma*

General Electric telah menunjukkan keberhasilan penerapan program *six sigma* melalui suatu proses yang disebut “*The MAIC process at GE*”. MAIC terdiri dari tahapan-tahapan proses yang digunakan General Electric, yang meliputi tahap *measure, analyze, improve* dan *control* [Gaspersz, 2002]. Namun dalam pelaksanaan program-program *six sigma* selanjutnya di banyak perusahaan digunakan model implementasi DMAICS, yang meliputi tahap *define, measure, analyze, improve, control* dan *standardize*.

2.1.2.1. Tahap *Define*

Merupakan tahapan proses untuk mengidentifikasi proyek perbaikan untuk mencapai tingkat kualitas *six sigma*. dan menentukan karakteristik CTQ. Alat-alat bantu yang dapat digunakan pada tahap ini antara lain:

- *Secondary data* misalnya berupa data keuangan dan analisa komponen biaya, *customer data feedback*, hasil *marketing research*, *internal performance metrics*, *internal or external benchmarking* dan lain sebagainya.
- *Quality Function deployment* (QFD)
- *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) [PQM, 2001]

2.1.2.2. Tahap *Measure*

Setelah karakteristik CTQ ditentukan pada tahap *define*, hal-hal penting yang perlu dilakukan dalam proses *measure* adalah:

- Mengidentifikasi *performance* proses dan proses internal kunci yang mempengaruhi karakteristik CTQ.
- Melakukan *mapping* proses.
- Menetapkan metodologi pengumpulan data, termasuk analisa sistem pengukuran yang akan digunakan.
- Melakukan pengukuran untuk mengetahui banyaknya kegagalan yang terjadi berkaitan dengan CTQ yang telah ditentukan secara spesifik di atas. Pengukuran dilakukan menggunakan metrik-metrik yang terdapat dalam program *six sigma*. (Cp, DPMO, dan lain-lain).

Alat-alat bantu yang dapat digunakan pada tahap ini antara lain:

- *Measurement System Analysis (R&R study dan lain-lain)*
- *Basic Statistic*
- *Process Performance Data Variabel*
- *Process Performance Data Discrete [PQM, 2001]*

2.1.2.3. Tahap *Analyze*

Hasil pengukuran yang didapatkan dari tahap *measure* kemudian dianalisa untuk mendeteksi variabel-variabel utama yang mempengaruhi kegagalan dan mendefinisikannya sebagai variasi di luar batas-batas yang berkaitan dengan proses yang benar.

Tahap analisa dapat dilakukan dengan *benchmarking* terhadap *key performance metric*, melakukan *gap analysis* terhadap *performance* perusahaan dibandingkan dengan *performance* perusahaan yang *dibenchmark*. Setelah *benchmarking* kemudian perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor sukses apa yang harus dilakukan perusahaan untuk mewujudkan peningkatan. Penentuan faktor sukses ini perlu diikuti dengan analisa dampak untuk mempelajari dampak program peningkatan terhadap perusahaan. Hal terakhir yang perlu dilakukan adalah menetapkan tujuan program peningkatan yang dilakukan perusahaan.

Alat-alat bantu yang dapat digunakan pada tahap ini:

- *5 why*
- Diagram pareto
- Diagram *fishbone*
- *Correlation*
- *Analysis of Variance* (Anova)
- Analisa regresi [PQM, 2001]

2.1.2.4. Tahap *Improve*

Merupakan tahapan proses untuk memodifikasi proses internal sehingga banyaknya kegagalan dapat diusahakan berada dalam batas-batas toleransi yang telah ditetapkan.

Hal –hal yang perlu dilakukan pada tahap ini antara lain mengidentifikasi *product performance characteristic* yang akan ditingkatkan, melakukan diagnosis terhadap karakteristik tersebut untuk mengetahui sumber utama terjadinya variabilitas. Setelah itu *variabel key process* perlu diidentifikasi kembali dengan melakukan *design of experiment*. Untuk setiap variabel proses yang sangat mempengaruhi *performance* maka perlu menetapkan toleransi atau spesifikasi operasional yang baru. Modifikasi proses internal harus senantiasa diverifikasi untuk meyakinkan bahwa sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Perubahan yang dilakukan harus senantiasa didokumentasikan.

2.1.2.5. Tahap *Control*

Merupakan tahapan proses untuk memantau proses-proses yang mengalami modifikasi untuk menguji dan mengusahakan variabel-variabel di bawah kontrol (*controllable factors*) tetap stabil dalam batas-batas yang ditetapkan.

Pada tahap ini, rencana pengendalian jangka pendek maupun jangka panjang harus disusun dengan baik dengan menetapkan terlebih dahulu metode pengendalian yang akan digunakan. Misalnya pengendalian dapat dilakukan

melalui penerapan *Statistical Process Control* (SPC) atau *Poka-Yoke* (suatu metode untuk mencegah produk cacat lolos inspeksi, contohnya menggunakan sensor). Pelaksanaannya dilakukan dengan memperhatikan bahwa sistem pengendalian yang digunakan harus senantiasa diuji coba, dikalibrasi dan diaudit secara berkala. *Capability product performance* dan target perusahaan juga harus dimonitor secara berkala. Hal yang paling penting bahwa tahap ini membutuhkan penyusunan rencana *continuous improvement* secara sistematis.

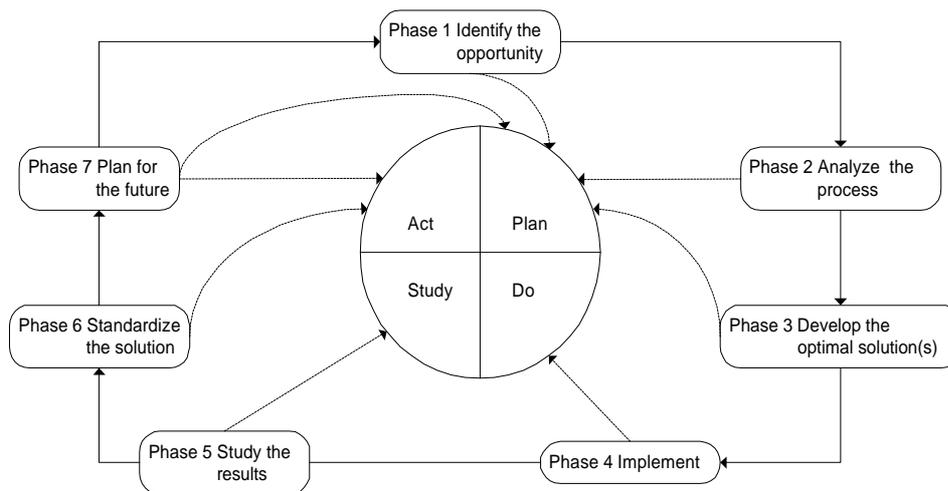
2.1.2.6. Tahap *Standardize*

Tahap standarisasi bertujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan pencapaian hasil sehingga peningkatan yang telah tercapai tidak kembali pada kondisi awal namun justru mengalami kenaikan secara kontinu. Hal ini dilakukan dengan:

- Memastikan bahwa proses selalu diintegrasikan ke dalam *job description*, *performance plan*, *work instruction*, dan lain sebagainya.
- Memberikan training tentang cara kerja yang baru.
- Mendokumentasikan *final report*.
- Melakukan *sharing* atas *lesson learned* dari suatu proyek. [PQM, 2001]

2.1.3. Penerapan *Six Sigma Project* di CV. X

Langkah-langkah penerapan proyek *six sigma* di CV. X disesuaikan dengan teknik pemecahan masalah menggunakan pendekatan siklus PDCA atau PDSA. Siklus PDCA/PDSA terdiri atas tahapan *plan*, *do*, *check* atau *study* dan *action* yang dilaksanakan secara berurutan dan kontinu melalui tujuh tahapan penyelesaian masalah. Hubungan ketujuh tahapan penyelesaian masalah dan siklus PDCA dapat dilihat pada gambar 2.1. Model penyelesaian masalah ini diciptakan oleh Demings dan Shewhart sehingga sering juga disebut dengan Shewhart's cycle. Ketujuh tahap penyelesaian masalah ini akan diuraikan lebih lanjut.



Gambar 2.1. Hubungan siklus PDSA dan tujuh tahapan penyelesaian masalah

Sumber : Total Quality Management, Second Edition

2.1.3.1. Mengidentifikasi Kemungkinan Peningkatan

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi hal-hal yang mungkin ditingkatkan. Dengan ini proses penyelesaian masalah akan lebih diprioritaskan pada hal-hal yang mungkin ditingkatkan tersebut. Tahap ini terdiri atas 3 bagian yaitu mengidentifikasi permasalahan, membentuk tim dan mendefinisikan ruang lingkup permasalahan.

Identifikasi permasalahan harus dapat menjawab pertanyaan “Apakah permasalahan yang sedang terjadi?”. Jawaban atas pertanyaan ini akan memungkinkan tim untuk mengetahui permasalahan yang paling membutuhkan solusi untuk saat ini, yang lebih jauh akan memungkinkan tim untuk menemukan sesuatu yang paling potensial untuk ditingkatkan. Permasalahan dapat diidentifikasi melalui beragam input, contohnya:

- Analisa pareto terhadap sinyal-sinyal eksternal seperti komplain, pengembalian produk oleh pelanggan, kegagalan-kegagalan yang ditemukan oleh pelanggan dan sebagainya.
- Analisa pareto terhadap sinyal-sinyal internal misalnya dari data-data *scrap*, *rework*, *sorting* maupun 100% inspeksi.
- Usulan-usulan yang disampaikan oleh intern perusahaan misalnya manajer, *supervisor* bahkan yang disampaikan oleh serikat pekerja.

- Usulan atau saran-saran yang disampaikan kepada perusahaan.
- Keinginan dan kebutuhan yang disampaikan pelanggan.
- Data *performance* kompetitor, baik yang berasal dari pelanggan maupun hasil pemeriksaan laboratorium yang dilakukan oleh perusahaan sendiri.
- Komentar-komentar yang disampaikan oleh bagian ekstern perusahaan seperti pelanggan, *supplier*, wartawan dan kritikus.
- Komentar yang disampaikan oleh pemerintah atau laboratorium-laboratorium.
- Survei terhadap pelanggan.
- Survei terhadap karyawan perusahaan.
- *Brainstorming* yang dilakukan oleh tim perusahaan. [Besterfield, 1999]

Permasalahan yang layak untuk diidentifikasi sebaiknya memenuhi persyaratan berikut:

- *Performance* yang dilihat pada saat ini menunjukkan perbedaan dengan standar yang ada.
- Adanya perbedaan antara persepsi dan kenyataan.
- Penyebab permasalahan tersebut belum diketahui. Perlu diingat jika penyebab telah diketahui maka suatu hal tidak dapat dinyatakan sebagai suatu permasalahan.

Suatu perusahaan biasanya memiliki banyak permasalahan yang dapat diidentifikasi. Namun pemilihan permasalahan di sini haruslah permasalahan yang menjadi prioritas perusahaan, yaitu permasalahan yang sangat penting dan tidak dangkal, permasalahan yang jika diselesaikan maka solusinya akan berdampak pada tercapainya tujuan perusahaan serta permasalahan yang dapat didefinisikan menggunakan pengukuran secara obyektif. Perlu diperhatikan juga jika perusahaan baru pertama kali melakukan kegiatan peningkatan, permasalahan yang dipilih haruslah permasalahan yang dapat diselesaikan dengan biaya minimum namun memberikan keuntungan secara maksimum kepada perusahaan.

Tim yang dibentuk pada tahap pertama ini, anggotanya bisa terdiri atas orang-orang yang berada dalam satu bagian kerja maupun banyak bagian kerja (*cross-functional team*) jika permasalahan yang akan diselesaikan sifatnya juga multi fungsi. Pimpinan tim juga harus ditentukan dan menjadi penanggung jawab serta pemilik program peningkatan yang dijalankan. Tujuan program peningkatan

harus ditentukan dengan jelas. Akan lebih baik jika tujuan program dibagi-bagi menjadi sub-sub tujuan yang lebih spesifik untuk memudahkan evaluasi tujuan yang dicapai setelah beberapa periode tertentu. Sebelum tim menjalankan tugasnya, dalam tim perlu dibentuk perjanjian yang isinya:

- *Authority*. Siapa yang berwenang atas tim?
- *Objective and scope*. Output apa yang diharapkan dan area spesifik mana yang akan ditingkatkan?
- *Composition*. Siapa saja anggota tim yang ada, yang siapakah yang harus bertanggung jawab terhadap suatu proses dan sub proses tertentu?
- *Direction and control*. Apa yang mendasari operasi-operasi internal yang akan dilakukan oleh tim?
- *General*. Metode apa yang akan digunakan oleh tim, sumber-sumber apa yang akan digunakan dan kriteria pencapaian sub tujuan tertentu apa yang akan digunakan? [Besterfield, 1999]

Pendefinisian ruang lingkup permasalahan menjadi hal yang sangat penting. Kegagalan dalam pemecahan suatu masalah kebanyakan disebabkan karena ketidakmampuan dalam mendefinisikan permasalahan yang ada kedalam sebuah *statement* yang jelas. Pernyataan terhadap suatu permasalahan yang baik harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Pernyataan harus mudah dimengerti dan secara jelas mendeskripsikan permasalahan yang terjadi.
- Pernyataan yang dibuat harus menyatakan dampak, artinya pernyataan permasalahan harus menjelaskan apakah kesalahan yang sedang terjadi serta kapan dan dimana hal itu terjadi, bukannya menjelaskan mengapa kesalahan itu terjadi dan siapakah yang harus bertanggung jawab atas kesalahan tersebut.
- Pernyataan yang dibuat harus berfokus pada apa yang diketahui, apa yang tidak diketahui dan apa yang perlu dilakukan.
- Pernyataan permasalahan dibuat berdasarkan fakta yang ada, bukan sekedar penentuan semata.
- Pernyataan yang dibuat harus menekankan dampak suatu permasalahan terhadap pelanggan.

2.1.3.2. Menganalisa Proses Awal

Tahap ini bertujuan untuk mempelajari proses yang ada dan bagaimana *performance* dari proses tersebut. Kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut meliputi:

- Pendefinisian batasan proses, batasan output dan pelanggan, batasan input dan supplier serta batasan aliran proses.
- Penentuan tingkat kepuasan konsumen dan penentuan pengukuran yang perlu dilakukan.
- Pengumpulan data.
- Pengidentifikasian akar penyebab masalah.

Langkah awal yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah membuat diagram aliran proses. Diagram ini berfungsi menerjemahkan suatu proses yang kompleks ke dalam bahasa grafik yang mudah dimengerti sehingga setiap anggota tim dapat dengan mudah mendapatkan penjelasan mengenai permasalahan yang terjadi dalam keseluruhan proses.

Langkah kedua adalah mendefinisikan target ukuran *performance*. Jika pengukuran baru dilakukan oleh tim untuk pertama kalinya maka tim harus menentukan ukuran *performance* yang berkaitan dengan kebutuhan dan harapan pelanggan, menentukan data-data apa saja yang diperlukan dalam program peningkatan yang dilakukan, mengusahakan untuk mendapatkan *feedback* dari pelanggan maupun *supplier*, serta menentukan pengukuran terhadap kualitas, biaya dan batasan waktu dari input dan output.

Setelah target ukuran *performance* ditentukan, barulah proses pengumpulan data dapat dilakukan pada langkah ketiga. Pengumpulan data berguna untuk:

- Membantu mengonfirmasi keberadaan permasalahan.
- Membantu tim untuk bekerja berdasarkan kenyataan.
- Memungkinkan untuk menciptakan dasar kriteria suatu pengukuran.
- Membantu tim untuk menilai efektivitas solusi permasalahan yang diimplementasikan.

Hanya data-data yang diperlukan dan data-data yang tepat, yang akan dikumpulkan untuk program peningkatan ini. Pengumpulan data dapat dilakukan

dengan bantuan *check sheet* yang telah dirancang terlebih dahulu. Melalui pengumpulan data tim juga dapat mengetahui kebutuhan dan harapan pelanggan. Data-data yang biasanya dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- Informasi pelanggan seperti keluhan dan data survei terhadap pelanggan.
- Informasi desain seperti spesifikasi produk, gambar serta fungsi produk, *bills of materials*, *review* terhadap biaya desain, data-data servis dan *maintenance*.
- Informasi proses seperti *process routing*, peralatan-peralatan proses, operator proses, bahan baku, komponen dan bahan pelengkap dalam proses produksi.
- Informasi statistik seperti rata-rata, median, range, standar deviasi, *skewness*, *kurtosis* dan distribusi frekuensi.
- Informasi kualitas seperti *pareto diagram*, *cause and effect diagram*, *check sheet*, *scatter diagram*, *control chart*, histogram, *process capability*, *acceptance sampling*, *run chart*, *life testing*, *inspection steps*, dan *operator and equipment analysis*.
- Informasi *supplier* seperti variasi proses, *on-time delivery*, dan *technical competency*.

Langkah keempat pada tahap ini adalah mendefinisikan akar penyebab permasalahan yang telah didefinisikan. Pendefinisian ini dapat dilakukan dengan bantuan *cause and effect diagram*. Pendefinisian semua kemungkinan penyebab permasalahan membutuhkan pengalaman dan pengetahuan anggota tim terhadap proses yang ada. Pengumpulan ide tentang semua kemungkinan penyebab dapat dilakukan dengan metode *brainstorming*. Semua ide tersebut kemudian dikumpulkan dan disortir untuk diambil beberapa penyebab yang paling dominan, untuk menghindari pemborosan biaya dan waktu karena penginvestigasian kemungkinan solusi masalah berdasarkan penyebab yang salah.

2.1.3.3. Menemukan Solusi Optimal

Tahap ini bertujuan untuk menemukan solusi-solusi permasalahan yang optimal dan layak serta merekomendasikan solusi yang terbaik untuk menyelesaikan permasalahan. Anggota tim sebaiknya mencari beberapa alternatif solusi yang optimal dan layak untuk memungkinkan penyesuaian dengan situasi

yang ada. Untuk memungkinkan hal ini, *brainstorming* adalah metode yang paling baik dilakukan. Namun perlu diperhatikan bahwa *brainstorming* tidak hanya membutuhkan pengetahuan namun juga kreativitas dan inovasi setiap anggota tim. Ada tiga hal yang dapat dilakukan tim untuk menemukan alternatif solusi permasalahan ini, yaitu:

- Membuat desain suatu proses baru.
- Mengkombinasikan beberapa proses untuk mendapatkan satu proses yang lebih baik.
- Memodifikasi suatu proses agar dapat menghasilkan output yang lebih baik.

Kreativitas merupakan kunci dalam mencari solusi permasalahan ini. Dalam suatu sistem industri terdapat banyak sekali solusi-solusi potensial yang mungkin ditemukan, antara lain perbaikan jumlah dan lama waktu *delays*, perbaikan *bottlenecks*, perbaikan peralatan-peralatan yang digunakan, perbaikan waktu dan jumlah inspeksi, usaha untuk mengurangi *rework*, waktu siklus dan *materials handling*.

Setelah beberapa alternatif solusi permasalahan ditemukan, langkah berikutnya adalah mengevaluasi atau menguji setiap alternatif tersebut untuk menemukan solusi yang paling mungkin dilakukan, yang paling berpotensi memberikan kesuksesan dalam program peningkatan serta untuk menemukan keuntungan dan kerugian dari solusi tersebut. Kriteria yang digunakan misalnya biaya, kelayakan, dampak perubahan, ketahanan hasil perubahan terhadap kondisi yang berubah-ubah, waktu serta pelatihan yang harus diberikan.

2.1.3.4. Mengimplementasikan Solusi Permasalahan

Tahap ini bertujuan untuk melakukan persiapan rencana implementasi, mendapatkan persetujuan untuk mengimplementasikan solusi dan mengimplementasikan solusi permasalahan untuk meningkatkan proses. Tahap rencana implementasi dilakukan dengan membuat laporan tentang solusi permasalahan yang akan diimplementasikan. Laporan yang dibuat harus dapat menjawab pertanyaan mengapa, bagaimana, kapan dan dimana solusi tersebut akan dilakukan serta siapa yang akan bertanggung jawab atas pelaksanaan solusi

tersebut. Dengan demikian laporan yang dibuat akan berisi desain tindakan-tindakan perbaikan yang akan dilakukan, tanggung jawab setiap personil yang terlibat dalam program serta tahapan-tahapan sasaran yang harus dicapai dalam periode waktu tertentu.

Langkah berikutnya, laporan yang dibuat akan diserahkan kepada pihak-pihak yang berwenang atas kualitas perusahaan untuk mendapatkan saran dan persetujuan implementasi, baik dari departemen-departemen, *functional area*, tim maupun individu-individu yang terkait. Hal ini perlu dilakukan agar solusi yang akan diimplementasikan tersebut mendapatkan dukungan dari pihak-pihak yang terkait dengan proses dimana solusi tersebut diterapkan serta untuk mendapatkan *feedback* berupa masukan saran untuk peningkatan lebih lanjut.

Langkah terakhir pada tahap ini adalah memonitor aktivitas implementasi solusi permasalahan. Sebelum *monitoring* dilakukan, beberapa pertanyaan berikut harus dijawab:

- Informasi apa yang akan dimonitor dan sumber daya apa yang akan digunakan?
- Siapa yang akan bertanggung jawab terhadap kegiatan *monitoring* tersebut?
- Dimana kegiatan *monitoring* akan dilakukan?
- Bagaimana kegiatan *monitoring* akan dilakukan?
- Kapan kegiatan *monitoring* akan dilakukan? [Besterfield, 1999]

Alat-alat bantu yang dapat digunakan untuk *monitoring* dan evaluasi hasil *monitoring* ini misalnya *run charts*, *control charts*, *pareto diagrams*, *histograms*, *check sheet* dan kuisisioner.

2.1.3.5. Mempelajari Hasil

Tahap ini bertujuan untuk memonitor dan mengevaluasi perubahan yang terjadi dengan menelusuri dan melakukan studi untuk mengetahui efektivitas program peningkatan yang dilakukan. Hal ini dilakukan dengan pengumpulan data dan melakukan *review* atas peningkatan yang terjadi secara periodik. Melakukan tahap ini berarti menjaga kesinambungan siklus peningkatan dan menjamin adanya *continuous improvement*. Pada tahap ini tim harus melakukan

pertemuan secara periodik untuk membahas evaluasi hasil peningkatan dan melihat apakah permasalahan telah teratasi atau penerapan solusi permasalahan dalam proses justru menimbulkan permasalahan baru dan apakah ada penyesuaian-penyesuaian kecil yang perlu dilakukan. Jika hasil implementasi solusi permasalahan tidak memuaskan, tim dapat mengulang tahap-tahap diatas untuk mendapatkan solusi yang lebih baik.

2.1.3.6. Standarisasi Solusi

Jika hasil solusi permasalahan memuaskan maka tahapan berikutnya yang harus dilakukan adalah menstandarisasi perubahan yang telah dilakukan. Hal-hal yang perlu distandarisasikan adalah:

- Standarisasi proses untuk menjaga beberapa variabel penting tetap terkendali. Yang perlu dibakukan adalah *what, who, how, where and when* serta aktivitas monitoring apakah yang akan dilakukan.
- Standarisasi hasil untuk membakukan performance yang telah dicapai melalui implementasi solusi permasalahan.
- Standarisasi operator untuk membakukan apa yang harus dikerjakan dan bagaimana pekerjaan diselesaikan serta kegiatan pelatihan apa yang perlu dilakukan, khususnya pelatihan yang bersifat *cross-training* yang memungkinkan rotasi pekerjaan dan memungkinkan setiap operator memiliki pengetahuan tentang pekerjaan lain yang bukan pekerjaannya untuk menimbulkan kesadaran akan pentingnya kualitas sebagai kebutuhan dari proses berikutnya sebagai *next-internal customers*.

Standarisasi dilakukan untuk mencegah timbulnya permasalahan yang sama dan sebagai dokumentasi yang digunakan sebagai acuan dalam bekerja.

2.1.3.7. Perencanaan Kembali

Setelah satu permasalahan selesai diatasi, kegiatan *continuous improvement* dalam proses harus tetap berjalan. *Continuous improvement* tidak hanya puas dengan satu peningkatan yang telah dicapai namun senantiasa

berjuang untuk terus mencapai peningkatan. Hal ini dilakukan dengan mencari kemungkinan peningkatan yang lain. Aktivitas kunci yang perlu dilakukan adalah:

- Melakukan *review* secara teratur dan terjadwal untuk membahas kemajuan kualitas proses sehingga dapat menemukan area mana yang selanjutnya membutuhkan peningkatan dan melakukan penelusuran *performance* yang diinginkan oleh pelanggan internal maupun eksternal.
- Melakukan penelusuran untuk senantiasa mengetahui tren kebutuhan dan harapan terbaru dari pelanggan.

Melalui *continuous improvement*, perusahaan akan senantiasa melakukan peningkatan dalam hal *quality*, *delivery* dan *cost* melalui reduksi kompleksitas, variabilitas dan proses yang tidak terkendali.

2.1.4. Alat-Alat Bantu yang Digunakan CV. X untuk Menerapkan *Six Sigma Project*

Beberapa alat bantu yang digunakan CV. X untuk menerapkan proyek *six sigma* antara lain:

- *Brainstorming*
- *Check sheet*
- *Pareto diagram*
- *Fishbone diagram*
- *Quality Function Deployment*

2.1.4.1. *Brainstorming*

Brainstorming merupakan suatu metode yang efektif untuk mengumpulkan ide-ide baru dengan partisipasi seluruh anggota tim, untuk proses peningkatan. Terdapat banyak cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan dan menggali informasi melalui *brainstorming*. Proses pengumpulan ide dalam *brainstorming* pun dapat dilakukan secara formal maupun informal. Namun metode yang akan digunakan dalam suatu *brainstorming* harus disesuaikan dengan karakter masing-masing tim dan tujuan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Bagian yang lebih penting adalah bagaimana mengusahakan setiap

anggota tim dapat memiliki pola pikir yang kreatif dalam mengemukakan pendapatnya. Setiap anggota harus mampu menghubungkan bermacam-macam hal walaupun pada awalnya terlihat saling tidak terkait. Pola pikir kreatif ini seringkali terhambat oleh ganjalan-ganjalan yang ditimbulkan oleh diri sendiri, kebiasaan berpikir yang terpola pada suatu jawaban dan pola kesesuaian, pola pikir yang tidak mau menentang kenyataan, penilaian yang terlalu cepat, dan ganjalan karena takut terlihat bodoh oleh orang lain. Untuk mendapatkan suatu pola pikir yang kreatif ganjalan-ganjalan ini harus terlebih dahulu disingkirkan sehingga proses pengumpulan pendapat memberikan hasil yang maksimal.

Untuk mendukung proses *brainstorming* yang formal, anggota tim yang terlibat harus ditempatkan pada suatu ruangan yang dilengkapi meja dan kursi yang memungkinkan proses diskusi. Misalnya dengan menyediakan meja yang diatur membentuk huruf U. Bentuk ini memungkinkan masing-masing anggota tim untuk saling berhadapan sehingga proses komunikasi dalam diskusi dapat berjalan lancar. Perlu juga diperhatikan anggota-anggota tim yang terpilih ikut dalam *brainstorming* haruslah orang-orang yang memiliki persepsi berbeda terhadap permasalahan yang akan dibahas. Hal ini dilakukan untuk memungkinkan terciptanya pola pikir yang luas dan kreatif antar anggota tim. Permasalahan yang akan dibahas harus dituliskan secara jelas dan sederhana dalam ruang diskusi sehingga setiap orang dapat melihat dan memfokuskan pemikirannya pada permasalahan tersebut. Sebuah tim harus memiliki seorang fasilitator yang telah berpengalaman mengikuti *brainstorming* atau minimal pernah mengikuti proses pengumpulan pendapat dengan *brainstorming*. Berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan agar proses sumbang saran dapat berhasil:

- Mengusahakan setiap anggota tim terlibat dalam proses sumbang saran dan turut berpartisipasi aktif dalam mengemukakan ide. Hal ini dapat dilakukan dengan menanyakan pendapat setiap anggota tim secara bergantian (rotasi) sampai semua mengemukakan pendapatnya. Cara ini memungkinkan semua orang diberi waktu dan kesempatan yang sama dalam mengemukakan pendapatnya. Seseorang tidak diperkenankan memberikan saran, komentar, kritik terhadap ide yang diungkapkan orang lain.

- Mengumpulkan semua pendapat terlebih dahulu sehingga tidak ada satu pendapat yang dievaluasi sebelum semua hal yang terkait selesai dikumpulkan.
- Memberikan kesempatan pada setiap orang untuk mengemukakan ide yang gila sekalipun. Mungkin pada awalnya akan sulit untuk menangani pendapat gila tersebut namun pada akhirnya hal ini dapat membantu semua anggota tim untuk berpikir kritis dan kreatif.
- Memungkinkan adanya suasana informal dalam proses sumbang saran sehingga suasana diskusi tidak terlalu kaku.
- Memberikan target kepada tim yang sifatnya kuantitatif bukan kualitatif karena dengan semakin banyak jumlah pendapat yang dikumpulkan maka semakin besar pula kemungkinan untuk mendapatkan pendapat yang terbaik.
- Memungkinkan terjadinya peningkatan dan modifikasi terhadap suatu pendapat.
- Melaksanakan sesi lanjutan untuk mensortir pendapat dalam suatu kategori tertentu dan mengurutkannya sehingga memungkinkan untuk melakukan kombinasi antar pendapat dan menghilangkan pendapat-pendapat yang dinilai tidak terlalu terkait dengan permasalahan. Proses ini perlu dilakukan agar penyelesaian masalah dapat difokuskan pada hal-hal yang penting saja sehingga peningkatan yang dihasilkan akan memberikan dampak yang besar. Proses sortir ini dapat dilakukan dengan bantuan *fishbone diagram*.

Brainstorming sangat bermanfaat dalam menemukan penyelesaian terhadap suatu permasalahan dengan menemukan terlebih dahulu penyebab dari permasalahan tersebut dan mengembangkan kedisiplinan, kebersamaan dan pola berpikir yang kreatif. Jika dihubungkan dengan program peningkatan menggunakan *Design of Experiment* (DoE) maka *brainstorming* akan berguna sekali dalam menentukan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi permasalahan yang sedang dibahas. Dan dengan *brainstorming* nantinya akan ditemukan faktor-faktor penting yang harus dicoba melalui eksperimen untuk menentukan lebih lanjut manakah faktor terkendali yang dapat diubah untuk menghasilkan peningkatan.

2.1.4.2. *Check Sheet*

Check sheet merupakan salah satu komponen *seven tools* yang berfungsi untuk membantu aktivitas pengumpulan, pengecekan dan perangkuman data, baik data historis maupun data sekarang secara sistematis. Informasi yang diperoleh melalui rangkuman data secara periodik dapat menunjukkan tren atau pola yang terjadi. *Check sheet* perlu didesain dengan baik agar melalui *check sheet* tersebut penganalisa bisa memperoleh informasi-informasi yang dapat membantu diagnosa penyebab permasalahan. Karena itulah desain *check sheet* perlu memperhatikan tipe data yang akan dikumpulkan, bagian operasi atau *part* yang akan diambil datanya, tanggal pengambilan data, penganalisa dan informasi terkait lainnya. Dengan *check sheet* kegiatan pengumpulan dan pengolahan data akan terorganisir dengan baik.

2.1.4.3. *Pareto Diagram*

Pareto diagram merupakan salah satu komponen *seven tools* yang paling berperan dalam kegiatan peningkatan kualitas. Pareto diambil dari nama seorang ekonom berkebangsaan Italia, Vilfredo Pareto (1848-1923). Beliau mengajukan teori bahwa dalam dunia ekonomi kemakmuran dipegang perannya oleh segmen kecil dari populasi secara tidak proporsional. Ahli-ahli dibidang teknik kemudian beranggapan bahwa kejadian munculnya kecacatan juga seringkali mengikuti teori Pareto ini. Diagram Pareto menunjukkan distribusi frekuensi dan besarnya probabilitas suatu data atribut yang disusun berdasarkan kategorinya sehingga hampir menyerupai histogram. Tujuannya adalah untuk membantu mengidentifikasi sumber dari suatu permasalahan. Bentuk analisa diagram pareto yang sering digunakan adalah pareto 20-80, artinya menemukan 20% penyebab tertinggi yang menyebabkan 80% dampak. Dalam bidang peningkatan kualitas, diagram pareto dapat digunakan untuk membantu menemukan jenis kecacatan tertinggi pada suatu area proses. Dengan jumlah kecacatan dari pengambilan data menggunakan bantuan *check sheet* kemudian dapat dihitung total frekuensi setiap jenis kecacatannya. Dari sini kemudian dibuat suatu diagram yang berguna untuk mengidentifikasi jenis kecacatan dengan frekuensi tertinggi secara cepat dan

visual. Perlu diperhatikan bahwa fungsi diagram pareto hanyalah mengidentifikasi jenis kecacatan dengan frekuensi tertinggi, bukan mengidentifikasi jenis kecacatan yang paling penting, yang menimbulkan akibat terbesar. Jika analisa suatu permasalahan dibutuhkan untuk mengetahui jenis kecacatan yang paling penting maka diagram pareto dapat dimodifikasi menggunakan bobot kepentingan untuk menggantikan frekuensi kecacatan. Atau dengan menambahkan pada diagram pareto, analisa biaya atau besarnya akibat kecacatan. Diagram pareto dapat diaplikasikan untuk permasalahan pada perusahaan manufaktur maupun jasa.

Langkah-langkah pembuatan diagram pareto adalah sebagai berikut:

- Mendefinisikan permasalahan dan karakteristik proses yang akan digunakan dalam diagram.
- Mendefinisikan periode waktu yang akan digunakan dalam diagram (harian, mingguan atau periode *shift* kerja).
- Menghitung total jumlah kejadian untuk setiap karakteristik proses yang telah ditentukan.
- Mengurutkan karakteristik proses berdasarkan jumlah total kejadian yang paling besar.
- Membuat plot jumlah kejadian dari setiap karakteristik proses dengan urutan menurun dalam bentuk grafik balok serta membuat plot kumulatif dari plot balok tersebut. [Breyfogle, 1999]

Penentuan sumber permasalahan dengan frekuensi tertinggi merupakan dasar untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dan juga untuk memperbaiki operasi secara keseluruhan. Para pakar manajemen mutu sering mengibaratkan persoalan sebagai “puncak gunung es”. Artinya permasalahan-permasalahan yang muncul di permukaan belum tentu memperlihatkan permasalahan sesungguhnya. Sering terjadi bahwa yang semula dikira sebagai permasalahan ternyata bukanlah permasalahan yang sesungguhnya sehingga bila permasalahan tersebut diatasi, tidak akan memberikan hasil perbaikan yang memuaskan. Karena itulah penyelesaian suatu masalah harus dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui penyebab yang memberikan kontribusi tertinggi terhadap timbulnya permasalahan tersebut. Dalam hal ini analisa harus berpegang pada prinsip *vital few* dan tidak disibukkan dengan hal-hal yang bersifat *trivial many*. Artinya akan lebih baik

menyelesaikan persoalan yang sedikit tapi penting dan bisa menyelesaikan hampir seluruh persoalan daripada mengatasi banyak persoalan yang remeh tetapi tidak memberikan hasil yang memuaskan atau bahkan tidak menyelesaikan masalah. Karena itulah dalam hal ini diagram pareto memiliki fungsi penting untuk memperlihatkan secara jelas persoalan yang sedang terjadi.

2.1.4.4. *Fishbone Diagram*

Setelah permasalahan utama diketahui dengan bantuan diagram pareto, faktor-faktor potensial yang menyebabkan permasalahan tersebut dapat dicari dengan bantuan *fishbone diagram* atau diagram tulang ikan atau yang sering juga disebut sebagai diagram sebab akibat. Tujuan pencarian faktor-faktor penyebab permasalahan ini adalah sebagai dasar program peningkatan kualitas atau perbaikan yang akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Khususnya pada kasus-kasus dimana faktor potensial penyebab permasalahan tidak kelihatan secara jelas, penggunaan diagram sebab akibat ini akan sangat membantu. Sebelum *fishbone diagram* dibuat, diperlukan pembentukan tim yang anggotanya terdiri dari orang-orang yang terkait dengan permasalahan yang akan diselesaikan. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan *fishbone diagram*:

- Mendefinisikan permasalahan yang akan diselesaikan.
- Membentuk tim yang akan menjadi pelaksana program peningkatan kualitas. Tim ini kemudian akan menganalisa dan mencari faktor-faktor potensial penyebab permasalahan melalui metode *brainstorming* atau sumbang saran. Dengan metode ini seluruh anggota tim diminta untuk memberikan pendapatnya mengenai faktor-faktor apapun yang mungkin terkait dengan permasalahan.
- Menggambar kotak kepala ikan dan garis pusat tulang ikan. Perlu diperhatikan bahwa kepala ikan selalu berada di sebelah kanan dan secara keseluruhan tulang ikan akan menghadap ke kanan. Yang dituliskan dalam kotak kepala ikan adalah permasalahan yang dibahas.
- Menggambar duri-duri pada pusat tulang ikan yang menyatakan kategori faktor-faktor penyebab masalah. Kategori permasalahan dituliskan pada

pangkal duri sedangkan ujung duri digambarkan dengan anak panah menuju pusat tulang ikan. Faktor-faktor penyebab akan mengisi duri-duri tulang ikan, yang bercabang-cabang sesuai jumlah penyebab yang akan dituliskan. *Fishbone diagram* mengenal 6 jenis kategori faktor penyebab yaitu *machines*, *materials*, *personnel*, *methods*, *measurement* dan *environment* [Montgomery, 1996]. *Machines* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan mesin-mesin untuk menghasilkan produk maupun jasa. *Materials* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan bahan-bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk maupun jasa. *Personnel* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan tenaga kerja yang menghasilkan produk maupun jasa. *Methods* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan metode kerja yang digunakan untuk menghasilkan produk maupun jasa. *Measurement* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan pengukuran-pengukuran yang dilakukan untuk menghasilkan produk maupun jasa. *Environment* merupakan kategori faktor-faktor penyebab yang berkaitan dengan lingkungan yang mempengaruhi produk maupun jasa.

- Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab potensial apa saja yang mempengaruhi permasalahan kemudian menuliskannya sesuai dengan kategori yang telah dibuat pada duri tulang ikan pusat.
- Mengambil kesimpulan dan menetapkan faktor-faktor penyebab yang mendominasi serta memberikan tanda pada faktor dominan tersebut.

Perlu diperhatikan bahwa proses pembuatan diagram tulang ikan dengan terlebih dahulu menggambar kepala dan tulang ikan yang dilanjutkan dengan mengisi setiap kategori penyebab, dapat menghambat kreativitas setiap anggota tim untuk mencari sebanyak mungkin faktor yang terkait. Karena itu akan lebih baik jika proses identifikasi faktor penyebab dilakukan tidak sesuai dengan kategori yang ada melainkan terlebih dahulu mencari sebanyak mungkin faktor yang mungkin baru kemudian mengkategorikannya.

2.1.5. Indikator Keberhasilan Program *Six Sigma*

2.1.5.1. *Sigma Quality Level* (SQL)

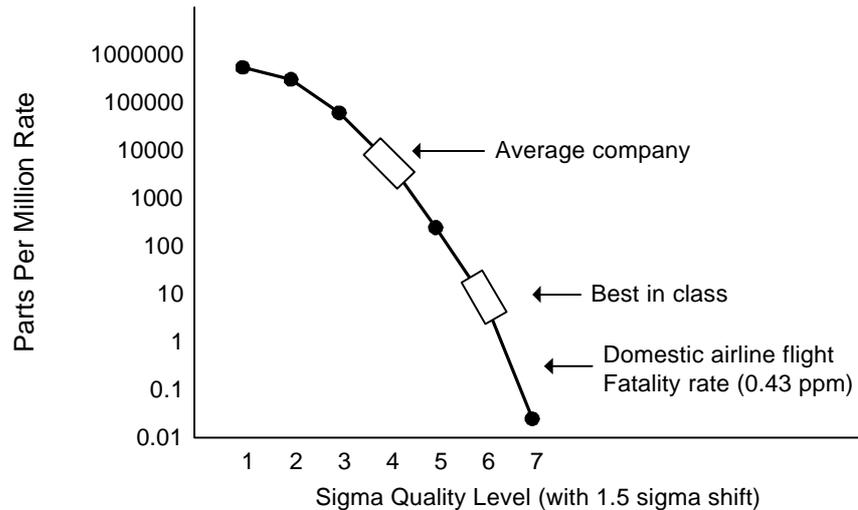
SQL merupakan indikator tingkat kualitas yang menunjukkan *performance* suatu karakteristik mutu. Karakteristik ini berkaitan dengan proses, produk maupun jasa. SQL yang digunakan dalam program *six sigma* telah mengikutsertakan pergeseran mean yang diijinkan terjadi sebesar $\pm 1.5 \sigma$ [Breyfogle, 1999]. Perhitungan SQL dalam program *six sigma* berkaitan dengan *Part Per Million* (PPM) *defect rate*. Hubungan ini dapat dilihat pada tabel 2.1. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan ppm *defect rate* pada tabel ini mengijinkan pergeseran *mean* sebesar $\pm 1.5 \sigma$.

Tabel 2.1. Hubungan SQL dan PPM *defect rate*

SQL	PPM Defect Rate
1	697700
2	308700
3	66810
4	6210
5	233
6	3.4

Sumber: Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods

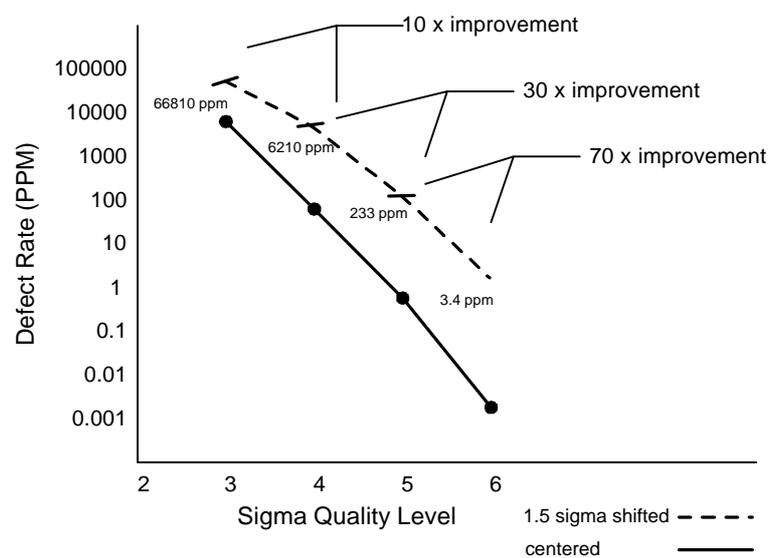
Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa tingkat kualitas 1σ memiliki PPM *defect rate* sebesar 697700. Artinya pada tingkat kualitas ini, rata-rata kesempatan untuk gagal terhadap suatu karakteristik mutu dalam satu unit produk tunggal adalah sebesar 697700 per sejuta kemungkinan. Demikian pula artinya untuk SQL yang lain. Tingkat kualitas *six sigma* menstandarkan nilai DPMO yang harus dicapai adalah sebesar 3.4. Dapat dilihat juga bahwa hubungan SQL dengan PPM *defect rate* ini tidak linear. Ketidaklinearan ini dapat dilihat lebih jelas melalui grafik pada gambar 2.2. Dengan kata lain prosentase unit peningkatan PPM *defect rate* tidak sama dengan prosentase peningkatan SQL. Gambar ini juga menunjukkan tingkat kualitas perusahaan berada pada level rata-rata jika SQL nya berkisar empat.



Gambar 2.2. Hubungan SQL dengan PPM *defect rate*

Sumber: Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods

Secara umum tingkat kualitas banyak perusahaan sekarang memang berada pada level empat sigma. Padahal tingkat kualitas yang diakui kelas dunia adalah enam sigma. Karena itulah program-program peningkatan kualitas secara terpadu dan kontinu perlu dilakukan oleh banyak perusahaan untuk mencapai level kualitas enam sigma tersebut. Gambar 2.3. menunjukkan jumlah peningkatan yang harus dilakukan perusahaan untuk mencapai level kualitas enam sigma.



Gambar 2.3. Pencapaian level kualitas enam sigma

Sumber: Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods

Perhitungan SQL dilakukan dengan menghitung PPM *defect rate* terlebih dahulu. Dalam program *six sigma*, PPM *defect rate* ini lebih dikenal dengan istilah *Defects Per Million Opportunity* (DPMO). Nilai DPMO yang didapat kemudian dikonversi menjadi nilai SQL dengan persamaan 2.1 [Breyfogle, 1999].

$$SQL = 0.8406 + \sqrt{29.37 - (2.221 \times \ln(\text{PPM})} \quad (2.1)$$

Persamaan ini hanya dapat digunakan untuk mencari SQL dengan pergeseran *mean* sebesar $\pm 1.5 \sigma$. Jika pergeseran tidak diijinkan maka persamaan ini tidak dapat digunakan.

Cara lain untuk mendapatkan SQL adalah menggunakan tabel konversi nilai DPMO menjadi SQL yang dapat dilihat pada lampiran 1. Sebelum konversi dilakukan, nilai DPMO didapatkan melalui *six sigma basic relationship* sebagai berikut:

$$TOP = U \times O \quad (2.2)$$

$$DPU = D / U \quad (2.3)$$

$$DPO = DPU / O = D / (U \times O) \quad (2.4)$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (2.5)$$

Keterangan:

TOP = *Total Opportunities*

DPU = *Defects per Unit*

DPO = *Defects per Unit Opportunity*

O = jumlah kecacatan yang ditemukan dalam U unit

U = jumlah unit inspeksi

O = jumlah *opportunity* (jumlah kemungkinan terjadinya *defect* dalam setiap unit produk per satu karakteristik CTQ)

Selain dengan persamaan-persamaan di atas, nilai DPMO juga bisa didapatkan dengan menentukan nilai Z dari DPU menggunakan tabel distribusi normal yang dapat dilihat pada lampiran 2. Nilai Z ini didefinisikan sebagai nilai $Z_{\text{equivalent}}$, yang dapat dinyatakan dalam hubungan berikut:

$$Z_{\text{equivalent}} = Z_{LT} \quad (2.6)$$

$$Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5_{\text{shift}} \quad (2.7)$$

Dari nilai Z_{ST} ini, nilai DPMO dapat diketahui menggunakan tabel “*Conversion of Z Variable to PPM*” pada lampiran 1 . [Breyfogle, 1999]

2.1.5.2. *Process Capability Index*

Process capability analysis merupakan kegiatan analisa dan pengukuran kinerja secara kritis yang dapat menunjukkan apakah proses mampu menghasilkan output sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Keberhasilan program peningkatan kualitas *six sigma*, salah satunya dapat diketahui melalui *process capability analysis*. Hal ini disebabkan karena salah satu tujuan peningkatan kualitas dengan pendekatan *six sigma* adalah memenuhi kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Indikator yang digunakan dalam *process capability analysis* disebut dengan *process capability index*, yang terdiri atas nilai Cp dan Cpk. Cpk merupakan indeks kemampuan yang berlaku untuk proses yang tidak mengalami pergeseran *mean* dari target (*on target*) sedangkan Cp merupakan indeks kemampuan yang berlaku untuk proses yang telah mengalami pergeseran *mean* dari targetnya (*off target*). Jika tingkat kualitas enam sigma diterjemahkan ke dalam *process capability index* maka proses tersebut harus memiliki nilai Cp dan Cpk masing-masing sebesar 2 dan 1.5 [Breyfogle, 1999].

Nilai Cp dihitung menggunakan persamaan 2.8 sedangkan Cpk dihitung menggunakan persamaan 2.9 atau persamaan 2.10.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.8)$$

$$C_{pk} = \min \left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \right) \quad (2.9)$$

$$C_{pk} = \min (Z_{USL}, -Z_{LSL}) / 3 = \min \left(\frac{USL - \bar{X}}{\sigma}, \frac{LSL - \bar{X}}{\sigma} \right) / 3 \quad (2.10)$$

$$C_{pk} = Z_{DPU} / 3 \quad (2.11)$$

Keterangan:

USL = Upper Specification Limit = batas spesifikasi atas

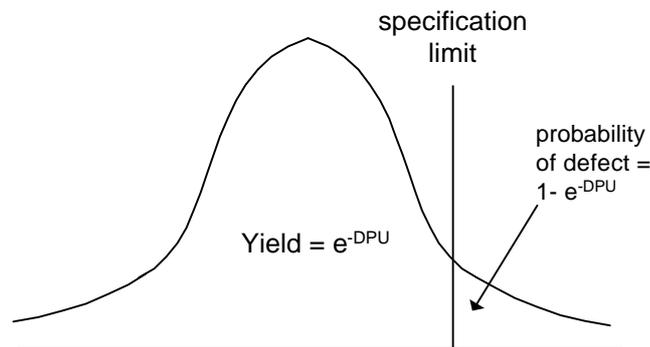
LSL = Lower Specification Limit = batas spesifikasi bawah

\bar{X} = rata-rata proses

Nilai Cpk juga bisa didapatkan dengan menentukan nilai Z dari DPU menggunakan tabel distribusi normal pada lampiran 2, kemudian nilai Cpk dihitung menggunakan persamaan 2.11 [Breyfogle, 1999].

2.1.5.3. Yield

Yield adalah area di bawah kurva kepadatan probabilitas yang masih berada dalam batas toleransi. Dalam distribusi poisson, *yield* adalah besarnya probabilitas dengan tingkat kegagalan sebesar nol. Hal ini ditunjukkan melalui gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Yield* proses

Sumber: Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods

Secara matematis, fungsi kepadatan probabilitas pada distribusi poisson dapat dituliskan pada persamaan 2.12. Jika λ adalah rata-rata distribusi, yang pada kasus sini didefinisikan sebagai jumlah *defect* per unit dan x adalah jumlah kegagalan atau *defect* maka persamaan 2.12 dapat dituliskan menjadi persamaan 2.13. yang dapat digunakan untuk menghitung *yield* pada proses [Breyfogle, 1999].

$$Y = P(x) = \frac{e^{-I} I^x}{x!} \quad (2.12)$$

$$Y = P(x=0) = e^{-I} = e^{-DPU} \quad (2.13)$$

Secara umum *process yield* dapat dikatakan sebagai besarnya probabilitas suatu unit bebas cacat pada tahapan proses tertentu.

2.1.5.4. Biaya Kualitas

Terdapat beragam definisi biaya kualitas, antara lain:

- Menurut standar BS 4778 bagian 2, biaya kualitas adalah biaya yang dikeluarkan baik oleh produsen, pengguna produk maupun komunitas lain, yang berkaitan dengan produk maupun jasa.
- Menurut standar BS 4778 bagian 2, biaya kualitas adalah biaya yang dikeluarkan untuk mencegah *defect*, melakukan aktivitas penilaian, ditambah dengan biaya kerugian yang ditanggung akibat kegagalan internal maupun eksternal.
- Menurut standar BS 6143 bagian 1, biaya kualitas adalah biaya yang dikategorikan sebagai *prevention cost*, *appraisal cost*, *internal failure cost* dan *external failure cost*.
- Menurut standar BS 6143 bagian 2, biaya kualitas adalah biaya yang dikeluarkan untuk mencapai dan mempertahankan kualitas, termasuk juga biaya yang harus ditanggung jika kualitas tersebut tidak tercapai. [Dale, Plunkett, 1995]

Pengkategorian biaya kualitas yang dilakukan oleh Philip Crosby merupakan pengkategorian yang paling sederhana. Menurutnya biaya kualitas terbagi atas *Cost of Conformance* (COC) dan *Cost of Nonconformance* (CONC). Sedangkan pengkategorian lebih lanjut adalah menurut standar BS 6143 dimana biaya kualitas dikategorikan menjadi 4 jenis biaya sebagai berikut:

- *Prevention cost* (biaya pencegahan) adalah segala jenis biaya yang dikeluarkan untuk aktivitas investigasi, pencegahan untuk mengurangi resiko terjadinya *defect*, termasuk di dalamnya biaya *quality planning*, *design and development of quality measurement and test equipment*, *quality review and*

verification of design, calibration and maintenance of quality measurement and test equipment, calibration and maintenance of production equipment used to evaluate quality, supplier assurance, quality training, quality auditing, acquisition analysis and reporting of quality data dan quality improvement programmes.

- *Appraisal cost* (biaya penilaian) adalah biaya untuk mengevaluasi tingkat pencapaian kualitas, termasuk biaya untuk melakukan verifikasi dan pengendalian pada setiap tahap di lingkaran kualitas, termasuk di dalamnya biaya *pre-production verification, receiving inspection, laboratory acceptance testing, inspection and testing, inspection and test equipment, materials consumed during inspection and testing, analysis and reporting of test and inspection results, field performance testing, approvals and endorsements, stock evaluation, dan record storage.*
- *Internal failure cost* (biaya kegagalan internal) adalah biaya yang terjadi dalam perusahaan berkaitan dengan terjadinya *defect* atau kecacatan yang ditemukan sebelum produk atau jasa sampai ke tangan konsumen, misalnya biaya *scrap, rework, repair, replacement, retest and reinspection, troubleshooting or defect analysis, fault of subcontractor, modification permits and concessions, downgrading, downtime dan redesign.*
- *External failure cost* (biaya kegagalan eksternal) adalah biaya yang terjadi berkaitan dengan terjadinya *defect* atau kecacatan yang ditemukan setelah produk atau jasa sampai ke tangan konsumen, misalnya biaya *complaint, warranty claim, product rejected and returned, concessions, loss of sales, dan recall costs.*

Prevention cost dan appraisal cost termasuk dalam COC sedangkan *internal failure cost dan external failure cost* termasuk dalam CONC.

Analisa terhadap biaya kualitas dilakukan dengan terlebih dahulu mengumpulkan pos-pos biaya yang ada, disesuaikan dengan sistem keuangan perusahaan kemudian mengkategorikannya sesuai dengan kategori di atas. Setelah itu, setiap jenis biaya yang ada dikumpulkan untuk mengetahui besarnya biaya setiap pos dan setiap kategori. Data-data biaya yang telah dikumpulkan kemudian

dilaporkan sesuai dengan kegunaannya dan dibuat dalam bentuk yang mudah dibaca, mudah dianalisa dan mudah dibandingkan.

Biaya kualitas dapat menjadi indikator untuk mengetahui seberapa besar kesadaran perusahaan terhadap pentingnya kualitas. Bila biaya perusahaan secara keseluruhan maupun biaya pada suatu bagian tertentu dinyatakan tinggi maka pihak manajemen dapat melakukan analisa untuk mengetahui penyebab tingginya biaya yang pada akhirnya memotivasi dilakukannya peningkatan kualitas secara kontinu. Setelah peningkatan dilakukan, biaya kualitas dihitung kembali untuk mengetahui besarnya kemajuan yang telah dicapai. Hal ini akan terus dilakukan secara kontinu dalam usaha mereduksi biaya kualitas. Jadi pengumpulan, perhitungan dan pelaporan biaya kualitas dapat memotivasi terciptanya *continuous improvement*.

2.2. Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (QFD) merupakan alat bantu untuk mencari hubungan antara variabel kunci input proses dengan variabel kunci output proses. Intinya QFD menghubungkan elemen-elemen input suatu proses dengan elemen outputnya. Elemen output merupakan elemen-elemen yang diinginkan oleh pelanggan internal maupun eksternal. Sedangkan elemen input merupakan cara-cara desain, operasional dan pemasaran untuk mendapatkan elemen output tersebut.

QFD dapat digunakan sebagai suatu metode terstruktur untuk membuat produk berdasarkan kebutuhan dan keinginan pelanggan. Keinginan dan kebutuhan yang diungkapkan pelanggan diterjemahkan ke dalam kegiatan desain, operasional dan pemasaran dalam rumah kualitas atau *house of quality*, sebutan lain untuk QFD mengingat bentuknya yang menyerupai rumah.

2.2.1. Penentuan Sampel

Konsep penentuan sampel bertujuan mencari jumlah sampel yang dibutuhkan untuk mencari suatu informasi. Dalam hubungannya dengan QFD

yang bertujuan mendapatkan elemen-elemen kebutuhan pelanggan maka konsep ini sangat penting diperhatikan.

Suatu survei tidak harus dilakukan terhadap seluruh populasi yang ada. Untuk menghemat waktu dan biaya, survei dapat dilakukan hanya terhadap suatu bagian dari populasi tersebut. Namun walau demikian, hasil survei yang didapatkan harus dapat menggambarkan populasi yang bersangkutan. Bagian dari populasi yang menjadi obyek survei disebut sebagai sampel. Sampel harus dipilih sedemikian rupa sehingga setiap elemen dari populasi memiliki kesempatan dan peluang yang sama untuk dipilih dan besarnya peluang tersebut tidak boleh sama dengan nol. Selain itu, pengambilan sampel harus dilakukan secara acak, menggunakan metode yang tepat sesuai dengan sifat dari populasi yang bersangkutan.

Metode yang digunakan dalam penentuan jumlah sampel harus memperhatikan faktor biaya, tenaga, waktu dan kepresisian. Bila biaya, tenaga dan waktu telah dibatasi sejak awal maka peneliti harus memilih metode yang dapat menghasilkan kepresisian tertinggi. Perlu diperhatikan bahwa dengan biaya, tenaga dan waktu yang terbatas peneliti hanya mampu mencapai tingkat kepresisian tertentu. Hal lain yang juga perlu diperhatikan dalam pemilihan metode penentuan sampel adalah masalah efisiensi. Metode A dikatakan lebih efisien dibanding metode B jika untuk biaya, tenaga dan waktu yang sama, metode A mampu memberikan tingkat kepresisian yang lebih tinggi.

Pertanyaan yang sering timbul adalah berapa jumlah sampel yang harus diambil untuk mendapatkan data yang benar-benar mewakili populasi. Menurut teori *marketing research*, jumlah sampel yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi suatu permasalahan seperti mendapatkan data-data keinginan dan kebutuhan pelanggan adalah sebesar 500 jumlah sampel [Malhotra, 1996]. Selain teori ini, persamaan 2.14 juga dapat digunakan untuk menghitung jumlah sampel data proporsi yang dibutuhkan, secara statistik.

$$n = \frac{p(1-p)(Z_{\alpha/2})^2}{D^2} \quad (2.14)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel yang dibutuhkan

π = probabilitas sukses yang diharapkan

D = tingkat *error* data yang diijinkan terjadi. Tingkat *error* bisa dinyatakan sebagai selisih probabilitas sukses data masa lalu dengan probabilitas sukses yang diharapkan atau juga bisa dinyatakan sebagai prosentase *error* (R) terhadap probabilitas sukses ($D = R \times \pi$).

$Z_{\alpha/2}$ = nilai Z dari $\alpha/2$

2.2.2. Langkah-Langkah Penyusunan QFD di CV. X

QFD terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

- a. *Customer requirements*
- b. *Customer importance*
- c. *Customer ratings*
- d. *Design requirements*
- e. *Relationship values*
- f. *Technical importance*
- g. *Technical difficulty*
- h. *Correlation matrix*
- i. *Objective target values* [Breyfogle, 1999]

Masing-masing bagian memiliki fungsi yang saling berkaitan untuk menerjemahkan keinginan dan kebutuhan pelanggan ke dalam kegiatan operasional.

2.2.1.1. *Customer Requirements*

Daftar kebutuhan pelanggan (*customer requirements*) disebut juga sebagai elemen-elemen *whats* dalam QFD. Kebutuhan ini terbagi dalam tiga tahap yaitu kebutuhan primer, sekunder dan tersier. Kebutuhan primer adalah kebutuhan pelanggan yang sifatnya umum. Kebutuhan sekunder bersifat lebih spesifik dibandingkan primer. Demikian juga kebutuhan tersier dibandingkan dengan tersier. Peraturan pemerintah yang berkaitan dengan produk juga harus dicantumkan sebagai *customer requirements*. Kebutuhan pelanggan harus dicari

oleh perusahaan secara berkala mengingat kebutuhan yang bersifat dinamis, senantiasa berubah. Fitur-fitur produk yang sifatnya *delight* (“wow” *features*) akan berubah menjadi fitur yang umum bersamaan dengan munculnya fitur baru yang lebih menarik. Demikian seterusnya. Elemen-elemen kebutuhan pelanggan ini dapat dicari melalui survei baik menggunakan metode kuisioner maupun wawancara secara langsung. Metode wawancara secara langsung merupakan metode yang baik untuk menggali keinginan dan kebutuhan pelanggan berkaitan dengan fitur-fitur produk yang baru.

2.2.1.2. *Customer Importance*

Tingkat kepentingan pelanggan terhadap setiap elemen kebutuhan (*customer importance*) dibutuhkan untuk mengetahui elemen-elemen kebutuhan mana yang akan menjadi fokus peningkatan. Nilai tingkat kepentingan yang dinyatakan merupakan nilai rata-rata dari pendapat yang diberikan oleh responden. Tingkat kepentingan dinyatakan dalam skala 1–5, dimana angka 5 menyatakan kebutuhan yang paling penting [Breyfogle, 1999].

2.2.1.3. *Customer Ratings*

Tingkat perbandingan pelanggan (*customer ratings*) merupakan nilai yang menyatakan tingkat kualitas produk kompetitor dan produk perusahaan sebelum dilakukan peningkatan. Nilai ini juga didapatkan dari pendapat pelanggan, melalui survei dengan kuisioner maupun dengan wawancara langsung. *Customer ratings* ini diperlukan untuk menetapkan fokus peningkatan kualitas yang akan dilakukan. Peningkatan kualitas harus difokuskan pada elemen *customer requirements* dimana untuk elemen kebutuhan tersebut, produk perusahaan masih jauh kualitasnya dibandingkan produk kompetitor. Perusahaan tidak perlu melakukan perubahan untuk mencapai elemen *customer requirements* yang untuknya kualitas produk perusahaan telah melebihi kualitas produk kompetitor.

2.2.1.4. *Design Requirements*

Elemen-elemen keperluan operasional (*design requirements*) disusun untuk menjawab setiap elemen kebutuhan yang telah dinyatakan. Elemen ini disebut elemen *hows* dalam QFD. Satu elemen *hows* dapat menjawab kebutuhan satu atau lebih elemen *whats* yang telah dinyatakan. Setiap elemen *hows* harus dapat mendeskripsikan produk dengan cara yang dapat diukur dan harus dapat mempengaruhi persepsi pelanggan. Pada setiap elemen disertakan simbol panah ke atas (\uparrow) yang menyatakan semakin tinggi nilai yang dicapai untuk elemen itu maka semakin baik dalam memenuhi kebutuhan, simbol panah ke bawah (\downarrow) yang menyatakan semakin rendah nilai yang dicapai untuk elemen itu maka semakin baik untuk memenuhi kebutuhan atau simbol angka nol (0) yang menyatakan terdapat nilai nominal tertentu yang harus dicapai untuk elemen *hows* tersebut dalam memenuhi kebutuhan [Breyfogle, 1999]. Hal ini diperlukan untuk menentukan nilai target setiap elemen *hows*. Penyusunan elemen-elemen ini dapat dilakukan melalui diskusi tim desain atau tim operasional ataupun tim pemasaran yang telah dibentuk sebelum proyek peningkatan dilaksanakan.

2.2.1.5. *Relationship Values*

Hubungan kepentingan antara setiap elemen *whats* dan *hows* (*relationship values*) dinyatakan menggunakan simbol \ominus yang menyatakan hubungan kepentingan yang sangat kuat dan diberi bobot 9, simbol O yang menyatakan terdapat hubungan kepentingan namun tidak terlalu kuat dan diberi bobot 3, simbol \ddot{A} yang menyatakan hubungan kepentingan yang lemah dan diberi bobot 1 serta tanpa simbol yang menyatakan tidak terdapat hubungan kepentingan dan diberi bobot 0 [Breyfogle, 1999]. Bobot ini diperlukan dalam perhitungan *technical importance*. Hubungan kepentingan ini juga didapatkan melalui diskusi tim peningkatan yang telah dibentuk.

2.2.1.6. *Technical Importance*

Tingkat kepentingan teknis (*technical importance*) setiap elemen *hows* terhadap n elemen *whats* dihitung untuk menentukan prioritas pencapaian elemen *hows*. Terdapat 2 jenis nilai *technical importance* [Breyfogle, 1999]:

- *Absolute technical importance* yang didapatkan melalui persamaan 2.15.

$$Absolute = \sum_{i=1}^n relationship\ value \times customer\ importance \quad (2.15)$$

- *Relative technical importance* yang merupakan nilai ranking terhadap *absolute technical importance*, dimana nilai *absolute technical importance* tertinggi memiliki ranking tertinggi.

Melalui nilai *technical importance* ini dapat ditentukan pada elemen *hows* kritis manakah sumber daya harus dipusatkan. Nilai *technical importance* yang tinggi pada satu elemen *hows* memberikan arti bahwa dengan memenuhi elemen *hows* tersebut perusahaan dapat menjawab beberapa kebutuhan pelanggan (elemen *whats*) yang penting sekaligus

2.2.1.7. *Technical Difficulty*

Nilai *technical difficulty* menyatakan tingkat kesulitan pencapaian setiap elemen *hows*. Nilai ini didapatkan melalui diskusi tim yang telah dibentuk dan ditentukan secara subyektif melalui penyesuaian dengan kondisi lapangan. Perlunya mendapatkan nilai ini adalah untuk menentukan elemen *hows* mana yang perlu mendapatkan pembahasan lebih. Elemen *hows* dengan tingkat kesulitan paling besar harus lebih banyak dibahas kemungkinan penerapannya dalam tim peningkatan. *Technical difficulty* dinyatakan dalam skala 1-5, dimana angka 5 menyatakan tingkat kesulitan yang paling tinggi [Breyfogle, 1999].

2.2.1.8. *Correlation Matrix*

Matriks hubungan teknis antar elemen *hows* (*correlation matrix*) dinyatakan menggunakan simbol \oplus yang menyatakan korelasi positif sangat

tinggi, + menyatakan korelasi positif tinggi, \bar{E} yang menyatakan korelasi negatif sangat tinggi, - yang menyatakan korelasi negatif tinggi dan tanpa simbol yang menyatakan tidak terdapat korelasi [Breyfogle, 1999]. Berkorelasi positif artinya jika salah satu elemen mengalami peningkatan maka elemen lain juga akan mengalami peningkatan, begitu juga sebaliknya. Sedangkan berkorelasi negatif artinya jika satu elemen mengalami peningkatan maka elemen lain justru mengalami penurunan. Dengan demikian korelasi ini digunakan sebagai referensi dalam menentukan *objective target values* dan penentuan fokus peningkatan yang akan dilakukan.

2.2.1.9. *Objective Target Values*

Nilai target setiap elemen *hows* (*objective target values*) merupakan nilai yang harus dicapai untuk setiap elemen *hows* melalui program peningkatan kualitas yang dilakukan. Nilai yang tercantum di dalamnya merupakan nilai target baru yang harus dicapai pada periode setelah peningkatan. Namun tidak tertutup kemungkinan bahwa nilai target yang dicantumkan merupakan nilai standar produk yang lama. Hal demikian dapat terjadi jika sebelum kegiatan peningkatan dilakukan, banyak penyimpangan terhadap standar produk yang ada, sehingga fokus kegiatan peningkatan adalah melakukan perbaikan untuk mencapai standar produk yang telah ditentukan sebelumnya.

2.3. Statistika Nonparametrik

Statistika parametrik membutuhkan asumsi tertentu mengenai distribusi populasinya. Penggunaan statistika parametrik untuk menduga suatu populasi, misalnya menggunakan *the students' t test*, X^2 and *F test*, *regression models* dan *analysis of variances* harus menggunakan asumsi bahwa data-data sampel yang digunakan berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Asumsi distribusi normal digunakan karena prosedur-prosedur tersebut digunakan untuk menduga nilai parameter μ dan σ . Sedangkan μ dan σ merupakan parameter dari distribusi

normal. Karena itulah prosedur-prosedur di atas disebut dengan *normal-theory parametric inference procedures*.

Berbeda dengan statistika parametrik di atas, statistika nonparametrik merupakan bagian dari metode pendugaan populasi yang mengijinkan asumsi distribusi populasi yang lebih luas. Penggunaan metode ini tidak membutuhkan pemodelan populasi ke dalam kurva kepadatan distribusi tertentu, misalnya kurva distribusi normal, untuk mencari nilai parameternya. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode ini tidak membutuhkan asumsi tertentu untuk distribusi populasinya. Karena itulah metode ini sering disebut dengan *distribution-free property test*.

Statistika nonparametrik sangat berguna dalam situasi berikut:

- Pada situasi kehidupan sehari-hari yang selalu diasumsikan berdistribusi normal. Asumsi distribusi normal ini ternyata mengandung perkecualian karena tidak semua situasi dunia nyata dapat diasumsikan berdistribusi normal. Jika plot kurva kepadatan menunjukkan pola asimetris, memiliki puncak yang terlalu runcing atau ekor yang terlalu panjang maka asumsi kenormalan tidak dapat digunakan.
- Pada situasi dimana jumlah sampel terlalu kecil sehingga menyebabkan kesulitan untuk menentukan bentuk distribusi populasinya.
- Jika data yang didapatkan berupa data yang tidak dapat diukur secara obyektif dan tidak dinyatakan secara numerik. Misalnya data yang berhubungan dengan ilmu sosial dan tingkah laku yang mengukur minat, harapan dan keinginan seseorang terhadap sesuatu. Dalam situasi seperti ini biasanya data dinyatakan dalam skala rating yang disebut dengan data ordinal. Misalnya angka 1 menyatakan suatu elemen sangat tidak penting dan angka 5 menyatakan bahwa elemen tersebut sangat penting. Disebut data ordinal karena yang memiliki makna hanyalah urutan dari angka tersebut, sedangkan jarak antara dua angka yang berbeda tidak diinterpretasikan terlalu penting.

Jika penggunaan metode parametrik dipaksakan pada kedua situasi pertama yang telah disebutkan di atas maka peneliti akan selalu bertanya-tanya apakah data-data yang digunakan telah memenuhi asumsi kenormalan. Sedangkan bila data ordinal diolah menggunakan metode statistika parametrik maka akan timbul kontroversi

karena data ini harus dicari *mean* dan standar deviasinya. Padahal data ordinal bukanlah data hasil pengukuran. Karena itulah lebih tepat jika situasi-situasi di atas dianalisa menggunakan statistika nonparametrik karena sifatnya yang *distribution-free property test*.

Pemilihan penggunaan metode statistik yang tepat sangat menentukan hasil analisa yang didapat. Jika data yang didapatkan merupakan data pengukuran yang dinyatakan dalam skala numerik dan asumsi kenormalan terpenuhi maka statistika parametrik lebih baik digunakan. Jika digunakan analisa nonparametrik dalam kasus seperti ini maka akan ada informasi yang hilang percuma. Sedangkan bila statistika parametrik digunakan untuk kasus-kasus yang sebenarnya lebih tepat jika dianalisa menggunakan statistika nonparametrik maka kesimpulan yang didapatkan akan jauh dari kebenaran karena asumsi distribusi yang tidak terpenuhi. Uji nonparametrik relatif memiliki kemampuan yang lebih rendah dibandingkan uji parametrik. Karena itu untuk meningkatkan kemampuannya maka ukuran sampel yang digunakan harus diperbesar.

Untuk membandingkan 2 *treatment* yang berpasangan dapat digunakan *wilcoxon signed rank test*. Sedangkan untuk membandingkan k *treatment* data berpasangan dapat digunakan *friedman test*.

Wicoxon signed rank test merupakan penyempurnaan dari *signed test* yang tidak memperhitungkan besar selisih angka antara positif dan negatif. Uji ini digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel yang berkorelasi bila datanya berbentuk ordinal. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Frank Wilcoxon pada tahun 1945. Pada contoh penelitian untuk mengetahui pengaruh ruangan yang diberi AC terhadap produktivitas kerja, pengumpulan data produktivitas kerja dilakukan pada waktu sebelum dan setelah dipasang AC. Hipotesa yang diuji adalah sebagai berikut:

H₀: AC tidak berpengaruh terhadap produktivitas kerja pegawai

H₁: AC berpengaruh terhadap produktivitas kerja pegawai

H₀ ditolak jika nilai *p-value* kurang dari nilai α yang ditetapkan. Pada software SPSS 10.0 nilai *p-value* dinyatakan dengan nilai *asympt. Sig. (2-tailed)*.

Uji friedman pertama kali diperkenalkan oleh M. Friedman pada tahun 1937. Uji ini digunakan untuk menguji hipotesis komparatif k sampel yang

berpasangan bila datanya ordinal. Pada contoh penelitian untuk mengetahui pengaruh tiga gaya kepemimpinan terhadap efektivitas kerja pegawai, pengambilan data dilakukan terhadap 15 pegawai yang dikenai gaya kepemimpinan A, B dan C. Hipotesa yang diuji adalah sebagai berikut;

H0: Tiga gaya kepemimpinan mempunyai pengaruh yang sama terhadap efektivitas kerja

H1: Tiga gaya kepemimpinan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap efektivitas kerja

H0 ditolak jika nilai *p-value* kurang dari nilai α yang ditetapkan. Pada software SPSS 10.0 nilai *p-value* dinyatakan dengan nilai *asympt. Sig.*