

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu penulis mengumpulkan berbagai macam penelitian yang didapat dari berbagai sumber dengan tema yang sama dengan penelitian yang akan dilakukan. Tujuannya yaitu untuk mendapatkan gambaran mengenai langkah-langkah penelitian yang akan ditempuh selama melakukan proses penelitian. Adapun penelitian-penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

Penelitian dengan judul *Analisis Six sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Di Stasiun Kerja Sablon Studi Kasus: CV. Miracle* yang dilakukan oleh (Ghiffari et al., 2013). Didapatkan hasil bahwa stasiun kerja sablon menghasilkan cacat paling banyak. Jumlah cacat paling banyak terdiri dari cacat warna luber dan cacat terkelupas. Diperoleh nilai *sigma* sebesar 1,3-*sigma* dan nilai DPMO 595.370. Biaya yang harus dikeluarkan untuk cacat dari stasiun kerja ini sebesar Rp. 417.920. Berdasarkan *cause-effect diagram* diperoleh keterangan bahwa metode sablon dan manusia sebagai operator merupakan aspek yang harus diperbaiki. Berdasarkan *Failure Mode and Effect Analysis* diperoleh bahwa cacat sablon bersumber dari metode penjemuran yang tidak sempurna dan penggunaan *tinner* yang tidak tepat. Perbaikan cacat penjemuran dilakukan dengan perancangan eksperimen. Perbaikan proses sablon dilakukan dengan merancang SOP. Proses perbaikan menghasilkan nilai *sigma* yang meningkat sebesar 2,05 dan DPMO menurun sebesar 290.741. *Cost of Poor Quality* akibat cacat pada stasiun kerja ini menurun sebesar Rp. 205.042,-.

Penelitian dengan judul Penerapan Metode *Six sigma* DMAIC Untuk Mengurangi Jumlah Produk Cacat *T-Shirt* Pada Usaha *Catfish Production* yang dilakukan oleh Jap (2017). Hasil yang didapatkan adalah teridentifikasi terdapat 7 cacat produk *T-Shirt* berdasarkan CTQ. Performansi proses produksi sebelum perbaikan ditunjukkan dengan nilai DPMO yang memiliki nilai sebesar 13.807, level *sigma* sebesar 3,703 dan persentase produk cacat sebesar 7,7%. Usulan tindakan perbaikan yang diterapkan berupa pembuatan alat bantu, pemberian *visual display*, penjadwalan *maintenance* mesin, dan perbaikan metode kerja. Setelah dilakukan perbaikan diperoleh nilai DPMO sebesar 10.430,686, level *sigma* 3,810, dan persentase cacat sebesar 5,89%. Terjadi penurunan persentase produk cacat sebesar 1,81% sehingga dapat dikatakan peningkatan mutu produk *T-shirt* pada *catfish production* berhasil.

Penelitian dengan judul Penerapan Metode *Six sigma* DMAIC Untuk Menurunkan Persentase *Defective* Celana Panjang Pada CV Megah Jaya Abadi yang dilakukan oleh Samarda (2018). Pada tahap *define* dilakukan identifikasi terhadap proses produksi dari gulungan kain hingga produk yang siap dikirim pada konsumen dengan bantuan *flowchart* dan diagram SIPOC. Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan DPMO yaitu sebesar 10.402,13, level *sigma* 3,81 dan rata-rata persentase *defective* sebesar 3,67%. Pada tahap *analyze* dilakukan analisa penyebab akar permasalahan terjadinya cacat dengan *fishbone diagram* untuk cacat bolong, sobek, noda, dan benang dimana penyebabnya adalah manusia, mesin, dan faktor eksternal lainnya, dan pembuatan FMEA. Pada tahap *improve* dilakukan pembuatan dan penerapan usulan berupa pergantian lapisan meja, *maintenance* mesin secara rutin, pembuatan *visual display*, mengganti alat menggambar pola. Pada tahap *control* dilakukan perhitungan performansi perusahaan setelah dilakukan perbaikan sehingga diperoleh nilai DPMO sebesar 3.941,693, level *sigma* sebesar 4,16 dan rata-rata persentase *defective* sebesar 1,83%.

Penelitian dengan judul *Reducing Defects In Textile Weaving By Applying Six sigma Methodology: A Case Study* yang dilakukan oleh (Hussain et al., 2014). Hasil yang didapatkan adalah jenis dari cacat adalah *loom setting*, *yarn quality*, *sizing* dan lainnya. Penyebab cacat tersebut diidentifikasi dengan diagram *fishbone* kemudian dilakukan usulan perbaikan dengan FMEA. Terjadi peningkatan *sigma* setelah dilakukan

perbaikan yaitu dari 2,2 meningkat menjadi 3, sehingga *profit* perusahaan per bulan juga meningkat.

Penelitian dengan judul Penerapan Metode *Six Sigma* DMAIC Untuk Mengurangi Persentase Produk Cacat 514 Di CV. Jaya Reksa Manggala yang dilakukan oleh Nixon (2017). CV. JRM adalah perusahaan besar yang memproduksi pakaian-pakaian dari *brand* ternama yang ada di Indonesia, produk yang dihasilkan adalah *cardigan* dan *sweater*. Peningkatan mutu dilakukan dengan mengurangi persentase produk cacat pada CV. JRM terutama pada produk 514 pada proses produksi dan proses *steam*. Sebelum dilakukan upaya perbaikan, nilai DPMO pada CV. JRM untuk proses produksi dan *steam* adalah sebesar 10.786,52 dan 27.341,42 dengan level *sigma* 3,79 dan 3,43 dan persentase produk cacat sebesar 4,94% dan 4,99%. Perancangan usulan perbaikan dilakukan pada tahap *improve* dengan memberikan usulan diantaranya dengan memindahkan stasiun kerja, mengganti alat pembuangan benang, memberikan *display* tekanan, dan pemberian insentif. Pada tahap control dilakukan pengambilan data kembali sebagai perbandingan dari data sebelum perbaikan. Setelah tindakan perbaikan dilakukan didapatkan nilai DPMO proses produksi dan *steam* menurun menjadi 2.941,76 dan 1.812,69 dengan level *sigma* meningkat menjadi 4,25 dan 4,41 serta penurunan persentase produk cacat menjadi 1,47% dan 0,91%. Melalui hasil yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa terjadi peningkatan mutu pada CV. Jaya Reksa Manggala.

Penelitian dengan judul Analisis Kualitas Produk Konveksi Dengan Metode *Six Sigma* Di CV. Faris Collection-Sidoarjo yang dilakukan oleh Afandi (2011). CV. Faris Collection adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur. Produknya adalah barang-barang konveksi seperti baju dengan bahan kain berkualitas. Saat ini kualitas produk baju CV. Faris Collection belum maksimal, hal ini ditunjukkan dengan banyaknya jumlah produk *defect* yang cukup besar yaitu sekitar 3% dari setiap hasil produksi. Penyebab kecacatan terbesar terdapat pada proses penjahitan. Hasil penelitian menunjukkan kinerja proses pembuatan produk konveksi mempunyai tingkat DPMO sebesar 7.764 dan level *sigma* sebesar 3,92. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil tersebut adalah karena perawatan mesin yang kurang optimal, kurang ketelitian operator, tidak adanya inspeksi yang ketat terhadap material, lingkungan kerja, dan

metode. Untuk memperbaikinya harus dilakukan pembenahan pada faktor-faktor tersebut.

Penelitian dengan judul Usulan Perbaikan Kualitas *Wearpack* (Baju Balap) Dengan Menggunakan Pendekatan *Six Sigma* di CV. Ardians Racing Suit-Yogyakarta yang dilakukan oleh Andiko (2015). CV. Ardians Racing Suit adalah perusahaan yang memproduksi produk-produk sarung tangan, baju balap (*wearpack*) dari kulit, dan berbagai macam barang yang bergerak dibidang otomotif. Perusahaan ini dalam produksinya khususnya produk *wearpack* tergolong dalam tingkat mampu atau dapat diterima (DPMO = 47.991,07 dengan nilai *sigma* 3,16). Empat atribut diidentifikasi sebagai penyebab besarnya DPMO yaitu ukuran tidak sesuai, sablon meluber, puring tidak sesuai dengan ukuran *wearpack*, dan ketidaknyamanan. Variabel penyebab DPMO adalah daya susut atau serap bahan (kulit) yang tidak merata, ketrampilan penjahit, dan ketrampilan penyablon. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penyempurnaan *flow* kerja, yakni menambahkan departemen baru yang bertugas mengoreksi desain *wearpack*, mengoreksi kecocokan desain dengan karakteristik bahan yang ada, dan melakukan *quality control* sebelum produk *wearpack* diserahkan ke pelanggan.

Penelitian dengan judul Analisis *Quality Control* Pada Sablon Kaos Di Perusahaan National Garment Dengan Menggunakan Metode *Six Sigma* yang dilakukan oleh Atmawan (2016). National Garment merupakan salah satu usaha kecil menengah yang bergerak dibidang konveksi. Produk yang dihasilkan antara lain jaket, kaos oblong, kaos polo dan kemeja. Dari penelitian ini didapatkan tingkat kecacatan produk sablon masih cukup tinggi dengan nilai tingkat *sigma* sebesar 3,17 dan menghasilkan 46.524 DPMO. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan *training* atau kursus sendiri di area kerja agar tidak mengeluarkan biaya training karena pekerja hanya kurang teliti, memberikan waktu istirahat, menjaga komunikasi dengan karyawan, memberikan motivasi dan bonus, menambah operator yang bertugas sebagai *quality control*, serta melakukan perawatan mesin setiap satu bulan sekali secara rutin.

Penelitian dengan judul Aplikasi *Six Sigma* Dan *Kaizen* Sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk yang dilakukan oleh (Susetyo et al.,

2011). Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan proses berdasarkan produk cacat dengan pendekatan *six sigma*, yang kemudian dilakukan pengendalian dengan menganalisis penyebab kecacatan menggunakan *Seven Tools* serta mengupayakan perbaikan berkesinambungan dengan alat implementasi *kaizen* berupa *kaizen five-step plan*, *5W+1H*, dan *Five-M Checklist*. Nilai DPMO yang diperoleh sebesar 4.509,384 sehingga perusahaan berada 4,11-*sigma* dengan *Critical to Quality* yaitu cacat Dek sebesar 20,76% dari total cacat 22.517. Penyebab utama kecacatan adalah faktor manusia. Kebijakan yang dapat dilakukan oleh pihak perusahaan adalah pengawasan lebih ketat di segala bidang.

Penelitian dengan judul Usulan Pengurangan Pemborosan Pada Proses Penjahitan Menggunakan Metode *Lean Six Sigma* yang dilakukan oleh (Nurprihatin et al., 2017). Penelitian ini dilakukan pada perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi garmen. Terdapat permasalahan dalam proses penjahitan, yaitu hasil produksi tidak sesuai dengan target perusahaan karena kualitas hasil produksi tidak sesuai standar dan adanya pemborosan. Maka dari itu, diperlukan penelitian untuk menghilangkan pemborosan dan meningkatkan kualitas. Penelitian dilakukan berdasarkan tahapan *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (DMAIC). Pada tahap *define* dilakukan identifikasi melalui *Value Stream Mapping* (VSM) dan penyebaran kuesioner untuk mendapatkan pemborosan dominan. Tahap *measure* dilakukan untuk menentukan *Critical to Quality* (CTQ) dan perhitungan nilai *sigma*. Pada tahap *analyze* dilakukan analisis menggunakan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT), diagram pareto dan diagram sebab akibat. Pada tahap *improve* dilakukan perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Tahap *control* dilakukan untuk memastikan perbaikan berjalan dengan baik. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bobot pemborosan tertinggi adalah pemborosan produk cacat sebesar 26,25% dan pemborosan waktu menunggu sebesar 16,02%. Nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan *sigma* pada bulan Januari hingga Februari 2017 sebesar 2.150 dan 4,36-*sigma*. Berdasarkan VALSAT didapatkan alat yang digunakan adalah *Process Activity Mapping* (PAM) dengan persentase tertinggi sebesar 95,4% pada aktivitas menunggu. Pada diagram pareto didapatkan 14 jenis cacat yang dominan dan melalui diagram sebab akibat terdapat faktor utama penyebab cacat, yaitu manusia, mesin, material dan metode. Usulan perbaikan pemborosan produk cacat berdasarkan jenis cacat jahitan putus dan benang

jahit adalah melakukan pengecekan pada *spull* (kumparan benang di bagian bawah mesin jahit) sebelum menjalankan mesin dan pelatihan secara berkala. Usulan perbaikan pemborosan waktu menunggu adalah pelatihan secara berkala dan pembagian beban kerja yang merata melalui keseimbangan lintasan, sehingga meningkatkan nilai efisiensi lini menjadi 87,34%.

Berdasarkan hasil kajian pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait pengendalian kualitas suatu produk di bidang konveksi yang difokuskan dalam meminimasi terjadinya kecacatan produk serta meningkatkan kualitas produk maka *state of the art* pada penelitian ini yaitu penerapan pengendalian kualitas produk *defect* dengan melakukan manajemen kualitas secara terus-menerus dengan menggunakan pendekatan *six sigma* dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Permasalahan pemilihan produk cacat yang dihasilkan Dakota Konveksi yang mempengaruhi kepuasan pelanggan didefinisikan pada tahap *define*. Untuk mengukur *baseline* kinerja perusahaan pada tingkat *output* dilakukan pada tahap *measure*. Pada tahap *analyze* dilakukan identifikasi sebab-akibat pada *Critical to Quality* (CTQ) tertinggi dan menentukan faktor yang menjadi prioritas perbaikan dengan mengukur nilai *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Sehingga pada tahap *improve* peneliti dapat memberikan rekomendasi tindakan perbaikan berdasarkan 5W+1H untuk meningkatkan kualitas produk pada Dakota Konveksi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi Kualitas

Pengertian atau definisi kualitas mempunyai cakupan yang sangat luas, relatif berbeda-beda dan berubah-ubah, sehingga definisi dari kualitas memiliki banyak kriteria dan sangat bergantung pada konteksnya. Namun pada dasarnya konsep dari kualitas sering dianggap sebagai kesesuaian, keseluruhan ciri-ciri atau karakteristik suatu produk yang diharapkan oleh konsumen. Menurut Tjiptono (1995) mengemukakan bahwa konsep kualitas dianggap sebagai ukuran relatif kebaikan suatu produk barang atau jasa yang terdiri dari kualitas desain dan kualitas kesesuaian. Kualitas desain merupakan fungsi

dari suatu produk sedangkan kualitas kesesuaian adalah suatu ukuran tentang seberapa jauh suatu produk mampu memenuhi persyaratan atau spesifikasi kualitas yang ditetapkan.

M. N. Nasution (2005) menjelaskan pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang lain antara lain menurut Crosby dalam buku pertamanya "*Quality is Free*" menyatakan bahwa kualitas adalah "*conformance to requirement*", yaitu sesuai dengan yang disyaratkan atau distandarkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan. Adapun Menurut Juran (1993) kualitas produk adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Kecocokan penggunaan itu didasarkan atas lima ciri utama sebagai berikut :

1. Teknologi, yaitu kekuatan atau daya tahan.
2. Psikologis, yaitu citra rasa atau status.
3. Waktu, yaitu kehandalan.
4. Kontraktual, yaitu adanya jaminan.
5. Etika, yaitu sopan santun, ramah atau jujur.

Secara umum, dimensi kualitas menurut Vincent Gazpersz (2007) mengidentifikasi delapan dimensi kualitas yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas barang, yaitu sebagai berikut:

1. Kinerja (*Performance*), berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli suatu produk.
2. *Features*, merupakan aspek kedua dari performansi yang menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.
3. Keandalan (*Reliability*), berkaitan dengan kemungkinan suatu produk melaksanakan fungsinya secara berhasil dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi tertentu.
4. Kemampuan pelayanan (*Serviceability*), merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, keramahan/ kesopanan, kompetensi, kemudahan serta akurasi dalam perbaikan

5. *Conformance*, berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan.
6. *Durability*, merupakan ukuran masa pakai suatu produk. Karakteristik ini berkaitan dengan daya tahan dari produk itu.
7. Estetika (*Aesthetics*), merupakan karakteristik yang bersifat subjektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi atau pilihan individual.
8. Kualitas yang dirasakan (*Perceived Quality*), bersifat subjektif berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk tersebut.

2.2.2 Pengertian Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk dan jasa perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan. Pengendalian kualitas merupakan usaha *preventif* dan dilaksanakan sebelum kualitas produk mengalami kerusakan (Ahyari, 2000). Tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa kualitas produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin. Tujuan dari pengendalian kualitas menurut Sofjan Assauri (1998) adalah:

1. Agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengusahakan agar biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya desain dari produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi serendah mungkin.

2.2.3 Konsep *Six Sigma* Motorola

Six sigma motorola adalah salah satu metode baru yang paling populer merupakan salah satu alternatif dalam prinsip-prinsip pengendalian kualitas yang merupakan terobosan dalam bidang manajemen kualitas (Gaspersz, 2002). *Six sigma* awalnya diimplementasikan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986 dan terbukti kurang

lebih 10 tahun setelah mengimplementasikan *six sigma* telah mampu mencapai tingkat kualitas sebesar 3,4 DPMO (*defect per million opportunities*). Jadi *six sigma* merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik dalam bidang manajemen kualitas. Beberapa keberhasilan Motorola dalam mengaplikasikan *six sigma* menurut Gaspersz (2002) adalah:

1. Penurunan COPQ (*Cost Of Poor Quality*) atau biaya cacat produk lebih dari 84%.
2. Peningkatan produktivitas rata-rata sebesar 12,3% per tahun.
3. Eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 97%.
4. Peningkatan tingkat pertumbuhan pertahun rata-rata mencapai 17% dalam penerimaan, keuntungan, dan harga saham Motorola.

Hasil-hasil dari peningkatan kualitas yang diukur berdasarkan persentase antara COPQ (*cost of poor quality*) terhadap penjualan ditunjukkan dalam tabel 2.1:

Tabel 2.1 Manfaat dari Pencapaian Beberapa Tingkat Sigma

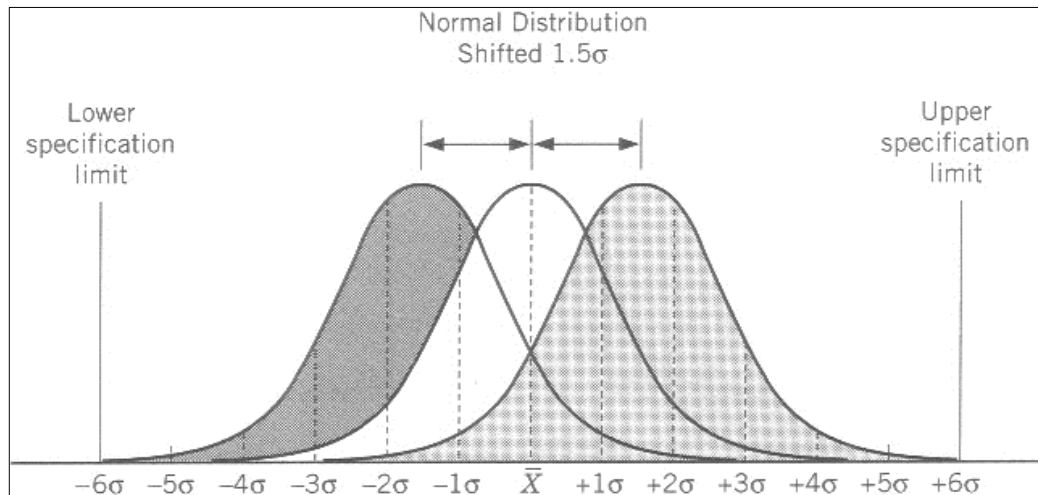
COPQ (<i>Cost of Poor Quality</i>)		
Tingkat Pencapaian Sigma	DPMO	COPQ
1-sigma	691.462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2-sigma	308.538 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3-sigma	66.807	25-40% dari penjualan
4-sigma	6.210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5-sigma	233	5-15% dari penjualan
6-sigma	3,4 (industri kelas dunia)	< 1% dari penjualan

Setiap peningkatan atau pergeseran 1-sigma akan memberikan peningkatan keuntungan 10% dari penjualan

Sumber: Gaspersz, 2002

Pendekatan pengendalian proses 6- *sigma* motorola (*Motorola's Six sigma process control*) mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*Mean*) setiap *CTQ* individual dari proses industri bergeser sebesar 1,5 *sigma* dari nilai spesifikasi target kualitas (T)

yang diinginkan oleh pelanggan, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO. Konsep *six sigma* motorola dengan distribusi normal bergeser 1,5-*sigma*, ditunjukkan gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 *Six sigma* Motorola dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-Sigma

Sumber: Gaspersz, 2002

Tabel 2.2 Perbedaan True 6 Sigma dengan Motorola 6 Sigma

<i>True 6 Sigma Process</i>			<i>Motorola 6 Sigma</i>		
Batas Spesifikasi (LSL-ULS)	Persentase yang Dikehendaki	DPMO	Batas Spesifikasi (LSL-ULS)	Persentase yang Dikehendaki	DPMO
$\pm 1 \text{ sigma}$	68,27%	317.300	$\pm 1 \text{ sigma}$	30,8538%	691.462
$\pm 2 \text{ sigma}$	95,54%	45.500	$\pm 2 \text{ sigma}$	69,1462%	308.538
$\pm 3 \text{ sigma}$	99,73%	2.700	$\pm 3 \text{ sigma}$	93,3193%	66.807
$\pm 4 \text{ sigma}$	99,9937%	63	$\pm 4 \text{ sigma}$	99,3790%	6.210
$\pm 5 \text{ sigma}$	99,999943%	0,57	$\pm 5 \text{ sigma}$	99,9767%	233
$\pm 6 \text{ sigma}$	99,9999998%	0,002	$\pm 6 \text{ sigma}$	99,99966%	3,4

Sumber: Gaspersz, 2002

Seperti yang telah diketahui bahwa pengendalian kualitas statistik model 3 *sigma* (3σ) yang artinya bahwa batas ukuran produk adalah $\pm 3\sigma$ dari target yang telah ditetapkan, dengan tingkat keyakinan sebesar 99,73% dengan diasumsikan ukuran produk berdistribusi normal dengan harga rata-rata = μ sebagai target dan variansi = σ . Bila batas ukuran dinaikkan menjadi $\pm 6 \text{ sigma}$ dengan target = μ yang tetap maka besarnya tingkat keyakinan adalah 99,9999998% =100% artinya tidak ada produk yang cacat, tetapi jarak ukuran produk sangat besar. Motorola mengembangkan pengendalian

proses dengan mengijinkan harga rata-rata bergerak sebesar $\pm 1,5\sigma$ sebagai target sehingga target = harga rata-rata $\pm 1,5\sigma$ atau $T = \mu \pm 1,5\sigma$. Bila batas ukuran produk ± 6 *sigma* dan target T maka besarnya tingkat kepercayaan adalah 99,99966 % artinya masih ada 0,00034 % produk cacat terjadi untuk 1.000.000 produk yang dibuat diharapkan hanya 0,00034% x 1.000.000 = 3,4 produk yang cacat. Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila menerima nilai yang diharapkan. Apabila produk diproses pada tingkat kualitas *Six sigma*, maka perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu.

Menurut Gaspersz (2002) apabila konsep *Six sigma* akan ditetapkan dalam bidang manufakturing, terdapat enam aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Identifikasi karakteristik produk yang memuaskan pelanggan (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*Critical To Quality*) individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ tersebut dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin proses kerja dan lain-lain.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai UCL dan LCL dari setiap CTQ).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).
6. Mengubah desain produk atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six sigma*.

2.2.4 Tahap-Tahap Implementasi Pengendalian Kualitas *Six Sigma*

Metode *DMAIC* adalah sebuah siklus perbaikan yang berbasis kepada data yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimalkan dan menstabilkan proses bisnis dalam suatu perusahaan. Menurut Gaspersz (2002), tahap-tahap implementasi peningkatan kualitas dengan *Six sigma* terdiri dari lima langkah yaitu menggunakan tahapan *DMAIC* atau *Define, Measure, Analyse, Improve, and Control*.

1. *Define*

Define adalah untuk mendefinisikan dan menyeleksi permasalahan yang akan diselesaikan dalam pengendalian kualitas *Six sigma*. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci (Gaspersz, 2005). Tanggung jawab dari definisi proses bisnis kunci berada pada manajemen.

Termasuk dalam langkah definisi ini adalah menetapkan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas *six sigma* itu. Pada tingkat manajemen puncak, sasaran-sasaran yang ditetapkan akan menjadi tujuan strategi dari organisasi seperti: meningkatkan *return on investement* (ROI) dan pangsa pasar. Pada tingkat operasional, sasaran mungkin untuk meningkatkan *output* produksi, produktivitas, menurunkan produk cacat, biaya operasional. Pada tingkat proyek, sasaran juga dapat serupa dengan tingkat oprasional, seperti menurunkan tingkat cacat produk, menurunkan *downtime* mesin, meningkatkan *output* dari setiap proses produksi.

Define mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan dan kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan. Adapun tahapan dalam *define* adalah sebagai berikut :

1. Pendefinisian kriteria pemilihan proyek *six sigma*

Tantangan utama yang akan dihadapi dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma* adalah pendefinisian kriteria pemilihan proyek *six sigma*. Dalam penentuan proyek, perusahaan harus mengetahui kriteria dan manfaat apa yang akan dijadikan pedoman pemilihan. Perusahaan harus mengetahui masalah yang menjadi prioritas agar diselesaikan terlebih dahulu. Proyek yang baik adalah proyek yang sesuai dengan kebutuhan, kapabilitas, dan tujuan organisasi perusahaan agar dapat memberikan dampak yang positif untuk organisasi.

2. Pendefinisian pernyataan tujuan proyek *six sigma*

Secara konseptual pernyataan target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* merupakan hal yang sangat penting dan harus mengikuti prinsip :

- a. *Specific*, yaitu target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* harus bersifat spesifik dan dinyatakan secara tegas.

- b. *Measureable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran (metrik) yang tepat, guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang, dan tindakan perbaikan.
- c. *Achievable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas harus dapat dicapai melalui usaha-usaha yang menantang (*challenging efforts*).
- d. *Result-Oriented*, yaitu target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* harus berfokus pada hasil-hasil berupa peningkatan kinerja yang telah didefinisikan dan ditetapkan.
- e. *Time-Bound*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* harus menetapkan batas waktu pencapaian target kinerja dari setiap karakteristik kualitas.
- f. *Time-Bound*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six sigma* harus menetapkan batas waktu pencapaian target kinerja dari setiap karakteristik kualitas. CTQ kunci itu dan target kinerja harus dicapai pada batas waktu yang telah ditetapkan (tepat waktu).

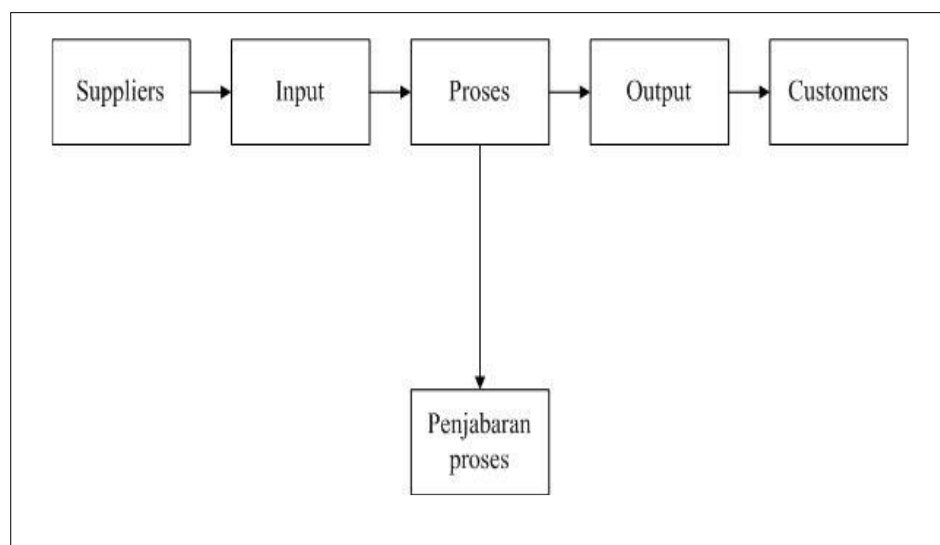
3. Pendefinisian proses kunci

Setelah menentukan proyek dan tujuan *six sigma*, maka perlu didefinisikan proses-proses kunci, urutan proses beserta interaksinya serta pelanggan yang terlibat ke dalam setiap proses baik pelanggan internal ataupun eksternal. Untuk melakukan pendefinisian tersebut, biasanya dapat menggunakan SIPOC (*Suppliers-Input-Process-Output-Customers*). SIPOC merupakan alat yang berguna dan paling banyak dipergunakan dalam manajemen dan peningkatan proses. Berikut penjelasan mengenai akronim SIPOC (Gaspersz, 2002):

- a. *Suppliers* adalah orang atau kelompok orang yang memberikan informasi kunci, material atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai petunjuk internal (*internal suppliers*).
- b. *Inputs* adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.
- c. *Process* adalah sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal menambah nilai kepada *inputs*, suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub proses.

- d. *Outputs* adalah produk (barang atau jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur *outputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi (*final product*). Termasuk ke dalam *outputs* adalah informasi – informasi kunci dari proses.
- e. *Customers* adalah orang atau kelompok orang atau sub proses yang menerima *outputs*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal.

Berikut adalah contoh dari diagram SIPOC, ditunjukkan pada gambar 2.2:



Gambar 2.2 **Diagram SIPOC**

Sumber: Gaspersz, 2002

4. Mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan

Langkah awal dalam mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan adalah memahami dan membedakan diantara dua kategori persyaratan kritis, yaitu:

- a. Persyaratan *output* berkaitan dengan karakteristik dan *features* dari produk akhir (barang/jasa) yang diserahkan kepada pelanggan pada akhir dari suatu proses.
- b. Persyaratan pelayanan merupakan petunjuk bagaimana pelanggan seharusnya diperlakukan atau dilayani selama eksekusi dari proses itu sendiri.

Persyaratan *output* dan persyaratan pelayanan dapat didefinisikan menggunakan “*moment of truth*” yaitu setiap kejadian atau titik dalam suatu proses yang memberikan kesempatan kepada pelanggan eksternal untuk membentuk suatu opini tentang proses atau organisasi tersebut. Persyaratan *output* dan pelayanan kemudian didefinisikan melalui karakteristik kualitas, yang selanjutnya akan menjadi CTQ (*critical to quality*). CTQ ini digunakan untuk mengidentifikasi proses atau produk yang akan diperbaiki untuk menterjemahkan permintaan pelanggan.

2. *Measure*

Measure merupakan tahapan pengukuran terhadap permasalahan yang telah didefinisikan untuk diselesaikan. Dalam tahap ini terdapat pengambilan data yang kemudian mengukur karakteristiknya serta kapabilitas dari proses saat ini untuk menentukan langkah yang harus diambil dalam melakukan perbaikan secara berkelanjutan. Menurut Pete dan Holpp (2002) langkah *measure* mempunyai dua sasaran utama yaitu:

1. Mendapatkan data untuk memvalidasi dan mengkualifikasikan masalah dan peluang. Biasanya ini merupakan informasi kritis untuk memperbaiki dan melengkapi anggaran dasar proyek yang pertama.
2. Memulai menyentuh fakta dan angka-angka yang memberikan petunjuk tentang akar masalah.

Measure merupakan langkah operasional yang kedua dalam program peningkatan kualitas *Six sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure* (Gaspersz, 2002), yaitu:

1. Menetapkan karakteristik kualitas (*Critical to Quality*) kunci.
Penetapan *Critical to Quality* kunci harus disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan dalam angka-angka. Hal ini bertujuan agar tidak menimbulkan persepsi dan interpretasi yang dapat saja salah bagi setiap orang dalam proyek *Six sigma* dan menimbulkan kesulitan dalam pengukuran karakteristik kualitas keandalan. Dalam mengukur karakteristik kualitas, perlu diperhatikan aspek internal (tingkat kecacatan produk, biaya-biaya karena

kualitas jelek dan lain-lain) dan aspek eksternal organisasi (kepuasan pelanggan, pangsa pasar dan lain-lain). Pengukuran yang dilakukan dapat mempertimbangkan setiap aspek dari proses operasional yang mempengaruhi persepsi pelanggan tentang nilai kualitas. Karakteristik kualitas yang ditetapkan, seyogianya semua karakteristik kualitas tersebut diturunkan dari penentuan manfaat-manfaat yang akan diberikan kepada pelanggan sesuai dengan kebutuhan spesifik agar memberikan kepuasan pelanggan.

2. Mengembangkan rencana pengumpulan data

Pengukuran pada tingkat *output* (*output level*) adalah mengukur karakteristik kualitas *output* yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan dengan spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan. Dalam hal ini contoh pengukuran pada tingkat *output* adalah banyaknya unit produk yang tidak memenuhi spesifikasi tertentu yang ditetapkan (banyak produk cacat). Berkaitan dengan pengukuran karakteristik kualitas baik pada tingkat proses maupun *output*, maka perlu membedakan antara data variabel dan data atribut, sebagai berikut:

- a. Data Variabel merupakan data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data variabel bersifat kontinyu. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka karakteristik kualitas yang diukur tersebut disebut sebagai variabel. Ukuran seperti berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume, suhu merupakan data variabel.
- b. Data atribut merupakan kualitatif yang dihitung menggunakan daftar pencacahan untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data atribut bersifat diskrit. Jika suatu catatan hanya merupakan suatu klasifikasi yang berkaitan dengan sekumpulan persyaratan yang telah ditetapkan maka catatan tersebut disebut atribut. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit ketidaksesuaian atau cacat terhadap spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan.

3. Pengukuran *baseline* kinerja pada tingkat *output*

Karena proyek peningkatan kualitas *Six sigma* yang ditetapkan akan difokuskan pada upaya peningkatan kualitas menuju ke arah *zero defect* sehingga memberikan kepuasan total kepada pelanggan, maka sebelum proyek dimulai,

kita harus mengetahui tingkat kinerja yang sekarang atau dalam terminologi *Six sigma* disebut sebagai *baseline* kinerja, sehingga kemajuan peningkatan yang dicapai setelah memulai proyek *Six sigma* dapat diukur selama masa berlangsungnya proyek *Six sigma*. Pengukuran pada tingkat *output* ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *output* akhir tersebut dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan sebelum produk tersebut diserahkan kepada pelanggan. Informasi yang diperoleh dapat dijadikan pedoman dasar untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik *output* yang diukur. Hasil pengukuran pada tingkat *output* dapat berupa data variabel atau data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect per million opportunities*) dan kapabilitas sigma (nilai sigma). Berikut ini merupakan teknik untuk memperkirakan kapabilitas Sigma dan DPMO guna mengukur *baseline* kinerja tingkat *output* untuk data variabel tabel 2.2 dan data atribut tabel 2.3:

a. Data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel (Gaspersz, 2002):

1. Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL dengan rumus:

$$P(z \geq (USL - \bar{X})/s) \times 1000000 \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan rumus:

$$P(z \leq (LSL - \bar{X})/s) \times 1000000 \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga DPMO diperoleh dengan:

$$P(z > USL) \times 1.000.000 + P(z < LSL) \times 1000000 \dots\dots (2.3)$$

Kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel. Perhitungan DPMO dan nilai sigma juga dapat dihitung secara

sekaligus menggunakan program microsoft excel, dengan formula sebagai berikut:

1. Perhitungan DPMO (memiliki dua batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL):

$$=1000000-\text{normsdist}((\text{USL}-\text{XBAR})/S)*1000000+\text{normsdist}((\text{LSL}-\text{XBAR}/S)*1000000 \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Perhitungan nilai sigma

$$=\text{normsinv}((1000000-\text{DPMO})/1000000)+1,5 \dots\dots\dots (2.5)$$

Angka 1,5 merupakan konstanta sesuai dengan konsep motorola yang mengizinkan terjadi pergeseran pada nilai-nilai rata-rata sebesar $\pm 1,5$ sigma.

Tabel 2.3 Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO Data Variabel

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Proses apa yang ingin diketahui	-
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T
5	Berapa nilai rata-rata proses	Xbar
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses	S
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan	$P(z \geq (\text{USL}-\text{Xbar})/s) \times 1000000$
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan	$P(z \leq (\text{LSL}-\text{Xbar})/s) \times 1000000$
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan pada proses	Langkah 7 + langkah 8
10	Konversikan nilai DPMO kedalam nilai <i>sigma</i>	-
11	Hitung kemampuan proses berdasarkan nilai <i>sigma</i>	-

Sumber: Gaspersz, 2002

b. Data Atribut

Sebelum menentukan kriteria untuk dianggap gagal atau cacat, terlebih dahulu mengidentifikasi banyaknya CTQ potensial. Untuk pengukuran atribut karakteristik kualitas pada tingkat *output*, banyaknya CTQ potensial dapat bervariasi dari sedikit sampai banyak, tergantung pada kapabilitas proses serta situasi dan kondisi spesifik dari industri. Persamaan dari DPMO (Gaspersz, 2002):

$$DPMO = \frac{\text{jumlah defect}}{\text{unit yang diperiksa} \times \text{defect opportunity}} \times 1000000 \dots\dots (2.6)$$

Selanjutnya melalui konversi DPMO ke nilai sigma dapat dilihat dengan bantuan tabel. Perhitungan DPMO dan nilai sigma juga dapat dihitung secara sekaligus menggunakan program microsoft excel, dengan formula sebagai berikut:

1. Perhitungan DPMO

$$=(\text{banyak unit yang gagal}/(\text{banyak unit diperiksa} \times \text{CTQ potensial})) \times 1000000 \dots\dots\dots (2.7)$$

2. Perhitungan nilai sigma

$$=\text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO})/1000000 + 1,5) \dots\dots\dots (2.8)$$

Angka 1,5 merupakan konstanta sesuai dengan konsep motorola yang mengizinkan terjadi pergeseran pada nilai-nilai rata-rata sebesar $\pm 1,5$ sigma.

Tabel 2.4 Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Proses apa yang ingin diketahui	-
2	Berapa banyak unit diproduksi	-
3	Berapa banyak produk cacat	-
4	Hitung tingkat kecacatan berdasarkan langkah 3	Langkah 3/langkah 2

Langkah	Tindakan	Persamaan
5	Tentukan CTQ penyebab produk cacat	Banyaknya karakteristik CTQ
6	Hitung peluang tingkat cacat karakteristik CTQ	Langkah 4/langkah 5
7	Hitung kemungkinan cacat per DPMO	Langkah 6 x 1.000.000
8	Konversikan nilai DPMO kedalam nilai <i>sigma</i>	-
9	Buat kesimpulan	

Sumber: Gaspersz, 2002

3. *Analyze*

Langkah ini mulai masuk kedalam hal-hal kecil, meningkatkan pemahaman terhadap proses dan masalah yang terjadi serta mengidentifikasi akar penyebab masalah tersebut. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan proses serta mengidentifikasi permasalahan yang menjadi penyebab timbulnya variasi proses. Informasi yang diperoleh dalam tahap ini menjadi dasar dalam melakukan perbaikan proses.

Analyze merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini (Gaspersz, 2002), yaitu :

1. Menentukan stabilitas dan kapabilitas dari proses

Dalam menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil, maka perlu membutuhkan alat – alat atau metode statistika sebagai alat analisis. Pemahaman yang baik tentang metode-metode statistika dan perilaku proses industri akan mampu meningkatkan kinerja sistem industri secara terus-menerus menuju target kegagalan nol. Pada dasarnya pengendalian dan peningkatan proses industri mengikuti konsep siklus hidup proses (*process life cycle*) seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3. Interpretasi dari siklus hidup proses industri dapat dilihat dalam tabel 2.5.

Stabilitas (<i>Stability</i>)			
Tidak Stabil	Stabil		
1	2	Tidak Mampu	Kemampuan (<i>Capability</i>)
4	3	Mampu	

Gambar 2.3 Siklus Hidup Proses Industri

Sumber: (Gaspersz, 2002)

Tabel 2.5 Analisa Sistem Industri Sepanjang Siklus Hidup Proses Industri

No.	Status Proses		Situasi	Analisis
	Stabilitas (<i>Stability</i>)	Kemampuan (<i>Capability</i>)		
1	Tidak	Tidak	<ul style="list-style-type: none"> Keadaan proses diluar pengendalian Proses akan menghasilkan produk cacat terus-menerus (keadaan kronis) 	Sistem Industri berada dalam kondisi paling buruk.
2	Ya	Tidak	<ul style="list-style-type: none"> Keadaan proses berada di dalam pengendalian Proses masih menghasilkan produk cacat 	Sistem industri berada dalam status antara menuju peningkatan kualitas global
3	Ya	Ya	<ul style="list-style-type: none"> Keadaan proses berada di dalam pengendalian Proses tidak menghasilkan produk cacat (<i>zero defect</i>) 	Sistem industri berada dalam kondisi paling baik
4	Tidak	Ya	<ul style="list-style-type: none"> Proses berada 	Sistem industri tidak

No.	Status Proses		Situasi	Analisis
	Stabilitas (<i>Stability</i>)	Kemampuan (<i>Capability</i>)		
			di luar pengendalian	dapat diperkirakan (<i>unpredictable</i>) dan tidak diinginkan (<i>undesireable</i>) oleh manajemen industri
			• Proses menimbulkan masalah kualitas secara sporadis	

Sumber: Pedoman implementasi *sixsigma*, gaspersz 2002

Kontribusi utama dari penggunaan metode statistika dalam pengendalian sistem industri adalah memisahkan variasi total dalam suatu proses ke dalam dua sumber variasi. Variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem industri sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas pada produk yang dihasilkan. Ada dua sumber timbulnya variasi, yang diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Variasi penyebab khusus adalah kejadian-kejadian di luar sistem industri yang mempengaruhi variasi dalam sistem industri itu. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor-faktor: manusia, peralatan, material, lingkungan, metode kerja. Penyebab khusus ini mengambil pola-pola nonacak sehingga dapat diidentifikasi, sebab mereka tidak selalu aktif dalam proses tetapi memiliki pengaruh yang lebih kuat pada proses sehingga menimbulkan variasi. Dalam konteks pengendalian proses statistikal menggunakan peta kontrol, jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang keluar dari batas-batas pengendalian yang didefinisikan.
- b. Variasi penyebab umum adalah faktor-faktor di dalam sistem industri atau yang melekat pada proses industri yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem industri serta hasil-hasilnya. Penyebab umum sering disebut penyebab acak. Oleh karena penyebab umum ini selalu melekat pada sistem, maka untuk menghilangkannya harus menelusuri pada elemen-elemen dalam sistem itu dan hanya pihak manajemen industri yang dapat memperbaikinya, karena pihak manajemen industri yang mengendalikan sistem industri itu. Dalam konteks pengendalian proses statistikal menggunakan peta kontrol, jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang berada dalam batas kontrol yang didefinisikan.

Berikut ini penentuan stabilitas dan kapabilitas dari suatu proses:

1) Peta kendali atribut

Peta kendali digunakan untuk melandasi kinerja proses, memonitoring, dan kontrol kinerja proses, evaluasi sistem pengukuran, perbandingan multi proses, perbandingan proses sebelum dan sesudah perubahan, dan lain sebagainya. Menurut Rath dan Strong (2005) peta kendali dapat digunakan hampir disemua keadaan yang berhubungan dengan karakteristik dan analisis proses. Menurut Besterfield (1998) peta kendali atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna, atau ada bagian yang hilang.

1. Peta kendali C

Peta kendali C digunakan untuk pengendalian jumlah item yang tidak sesuai dalam suatu *subgrup* yang berukuran konstan. Secara umum dalam peta kendali C yang diperhatikan adalah mengenai adanya ketidaksesuaian atau cacat per tiap unit *obyek* atau barang. Diagram ini dapat disusun dengan langkah sebagai berikut:

a. Pemeriksaan karakteristik dengan menghitung nilai *mean*.

Rumus mencari nilai *mean*:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

K : banyaknya observasi yang dilakukan

c_i : banyaknya kesalahan pada setiap unit produk pada sampel setiap kali observasi

\bar{C} : rata-rata proporsi kecacatan/garis pusat

b. Menentukan batas kendali terhadap pengawasan yang dilakukan dengan menetapkan nilai UCL (*Upper Control Limit* / batas spesifikasi atas) dan LCL (*Lower Control Limit* / batas spesifikasi bawah).

$$UCL = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$LCL = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

UCL : *Upper Control Limit*

LCL : *Lower Control Limit*

\bar{C} : rata-rata proporsi kecacatan/garis pusat

2) Uji stabilitas data variabel

Kapabilitas proses dapat dianalisis apabila data dalam keadaan stabil. Untuk mengetahui apakah proses berada dalam kondisi stabil dapat membangun peta kontrol dengan mendefinisikan batas-batas pengendalian pada tingkat kapabilitas sigma menggunakan konsep *six sigma* motorola sebagai berikut:

$$UCL = T + 1,5 S_{\max} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$LCL = T - 1,5 S_{\max} \dots\dots\dots (2.13)$$

Nilai S_{\max} diperoleh dengan formulasi:

$$S_{\max} = \left[\frac{1}{2 \times \text{nilai kapabilitas sigma}} \right] \times (USL - LSL) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

S_{\max} = Nilai batas toleransi maksimum

USL = Batas spesifikasi atas

LSL = Batas spesifikasi bawah

T = Target

UCL = *Upper Control Limit*

LCL = *Lower Control Limit*

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{\max} pada tingkat kapabilitas sigma, maka diperlukan pengujian hipotesis sebagai berikut:

1. Membuat Hipotesis
 - Ho : $\sigma^2 \leq (S_{\max})^2 = \text{Stabil}$
 - Ho : $\sigma^2 \geq (S_{\max})^2 = \text{Tidak stabil}$
2. Harga statistik penguji s^2

$$\chi^2_{\text{hitung}} = \frac{(n-1)s^2}{(S_{\max})^2} \dots\dots\dots (2.15)$$

3. Menentukan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan melihat tabel χ^2
4. Membandingkan χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel}
5. Membuat keputusan

3) Kapabilitas proses

Kapabilitas proses didefinisikan sebagai kemampuan untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan mampu menghasilkan sesuai dengan klasifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan pelanggan. Perhitungan kapabilitas proses (Cpm) sangat penting dalam implementasi *six sigma*.

1. Analisis Kapabilitas data variabel
 - a. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

Indeks kapabilitas proses (Cpm) digunakan untuk mengukur tingkat *output* yang dikeluarkan oleh proses dapat memenuhi nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Semakin tinggi nilai Cpm menunjukkan bahwa *output* proses semakin mendekati target kualitas yang diinginkan. Indikator keberhasilan program peningkatan kualitas *six sigma* dapat dilihat dari nilai Cpm yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Dalam peningkatan kualitas *Six sigma*, digunakan aturan sebagai berikut:

1. Jika $Cpm \geq 2$, maka proses dianggap sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol, berada pada status proses industri

nomor 3 (stabil dan mampu, lihat gambar 2.3 dan tabel 2.4) dan dianggap kompetitif (perusahaan berkelas dunia).

2. Jika $1,00 \leq Cpm \leq 1,99$ maka proses berada antara tidak sampai cukup mampu, sehingga perlu upaya untuk peningkatan kualitas untuk memenuhi target kualitas dan menuju kegagalan nol, dalam hal ini proses industri berada pada kondisi nomor 2 (stabil dan tidak mampu, lihat gambar 2.3 dan tabel 2.4). Perusahaan-perusahaan yang memiliki nilai Cpm berada diantara 1,00-1,99 memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas *six sigma*.
3. Jika $Cpm < 1$, maka status proses industri dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol. Perusahaan juga dianggap tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

Adapaun rumus perhitungan adalah sebagai berikut :

$$Cpm = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

X-bar = Nilai rata-rata CTQ dari proses

USL = Batas spesifikasi atas

LSL = Batas spesifikasi bawah

T = Target

S = Standar deviasi CTQ dari proses

- b. Indeks perfomansi kane

Indeks perfomansi kane digunakan untuk merefleksikan kedekatan nilai rata-rata dari proses saat ini terhadap salah satu batas. Adapun rumusnya sebagai berikut :

$$Cpk = \text{minimum} \left[\frac{USL - \bar{X}}{3S}, \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

c. Indeks Kapabilitas Proses (Cpmk)

Bersamaan dengan penggunaan indeks (Cpm), juga digunakan indeks kapabilitas proses (Cpmk) yang mengukur sampai tingkat mana *output* berada dalam batas toleransi yang diinginkan oleh pelanggan. Dalam program peningkatan kualitas *six sigma*, biasanya digunakan kriteria sebagai berikut:

1. $Cpmk \geq 2$, maka proses dianggap mampu memenuhi batas-batas toleransi (batas spesifikasi bawah dan atas, LSL dan USL) dan kompetitif (perusahaan berkelas dunia)
2. $1,00 \leq Cpmk \leq 1,99$ maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju target perusahaan berkelas dunia yang memiliki tingkat kegagalan sangat kecil menuju nol. Dalam hal ini proses harus disesuaikan terus-menerus agar mendekati nilai spesifikasi target kualitas T. Perusahaan – perusahaan yang memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas *six sigma*.
3. $Cpmk < 1$, maka proses dianggap tidak mampu untuk memenuhi batas-batas toleransi (batas spesifikasi bawah dan atas, LSL dan USL) dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

Indeks dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{x} - T}{s}\right)^2}} \dots\dots\dots (2.18)$$

2. Analisis Kapabilitas data atribut

Data atribut mengikuti pola binomium, sehingga analisis kapabilitas proses menggunakan alat-alat *six sigma* seperti penentuan indeks Cpm dan Cpmk tidak dapat diterapkan. Khusus untuk data atribut dapat menggunakan hasil analisis DPMO dan kapabilitas sigma sebagai ukuran kemampuan proses yang sesungguhnya, sekaligus merupakan *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya.

Analisis untuk data atribut harus dilakukan menggunakan diagram pareto untuk mengetahui CTQ potensial apa yang paling besar atau paling tinggi menimbulkan kegagalan. Diagram pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan *ranking* tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (*ranking* tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (*ranking* terendah) (Dreachslin, 2007)

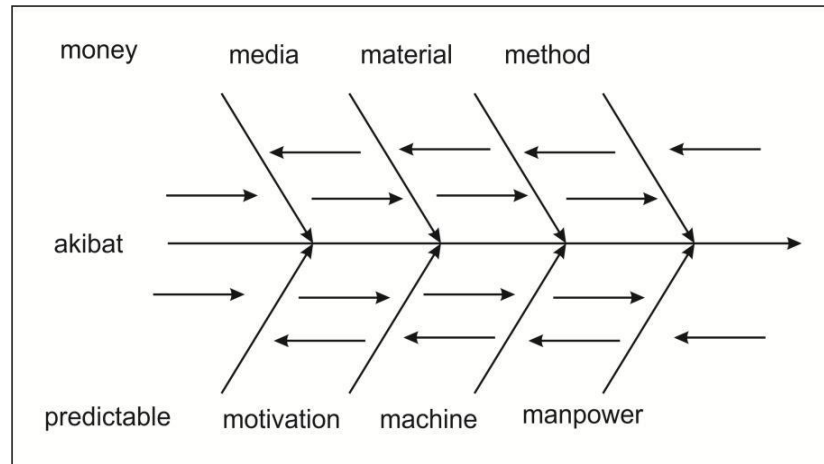
2. Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas (CTQ) Kunci

Setelah melakukan analisis kapabilitas proses, maka harus menetapkan target-target kinerja dari setiap karakteristik kualitas (CTQ) kunci untuk ditingkatkan untuk masa proyek *six sigma* tersebut. Penetapan target kinerja harus mempertimbangkan kemampuan proses dan kesiapan sumber-sumber daya yang ada.

Secara konseptual penetapan target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma* merupakan hal yang penting, oleh karena itu harus mengikuti prinsip SMART. *Specific* (target berkaitan langsung dengan peningkatan kerja dari setiap CTQ), *Measurable* (target kinerja harus dapat diukur), *Achievable* (target harus dapat dicapai), *Result-oriented* (target harus berfokus pada peningkatan kinerja setiap CTQ), *Time-bound* (target harus dicapai tepat waktu).

3. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab cacat

Untuk mengidentifikasi masalah dan menemukan sumber penyebab masalah kualitas, digunakan alat analisis diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan. Diagram ini membentuk cara-cara membuat produk-produk yang lebih baik dan mencapai akibatnya.



Gambar 2.4 Diagram Sebab Akibat

Sumber: Gaspersz, 2002

Sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasarkan prinsip 7 M, yaitu : (Gaspersz, 2002)

- a. *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam ketrampilan dasar akibat yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stress, ketidakpedulian, dan lain-lain.
- b. *Machiness* (mesin) dan peralatan, berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan *preventif* terhadap mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu *complicated*, terlalu panas, dan lain-lain.
- c. *Methods* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dan lain-lain.
- d. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu, dan lain-lain.
- e. *Media*, berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang kondusif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk, kebisingan yang berlebihan, dan lain-lain.

- f. *Motivation* (motivasi), berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan professional, yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.
- g. *Money* (keuangan), berkaitan dengan ketiadaan dukungan *financial* (keuangan) yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas *Six sigma* yang akan ditetapkan.

4. Menentukan prioritas perbaikan dengan FMEA

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Dalam melakukan FMEA terlebih dahulu kita harus memahami 3 variabel utama, yaitu :

1. *Severity*, yakni rating yang mengacu pada besarnya dampak serius dari suatu *potential failure mode*.

Tabel 2.6 Skala Penilaian *Severity*

Ranking	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini.
2	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan/sedikit). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dilakukan pada saat pemeliharaan reguler (<i>reguler maintenance</i>).
3	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi <i>downtime</i> hanya dalam waktu singkat.
4	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada diluar batas toleransi. Akibat akan terjadi tanpa pemberitahuan atau

Ranking	Kriteria
8	peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan berakibat biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam area yang berkaitan dengan peraturan Pemerintah, namun tidak berkaitan dengan keamanan dan keselamatan.
9	<i>Potential safety problems</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu.
10	Bertentangan dengan hukum

Sumber: Pedoman implementasi *sixsigma*, gaspersz 2002

2. *Occurrence*, yakni mengacu pada berapa banyak frekuensi *potential failure* terjadi.

Tabel 2.7 Skala Penilaian *Occurance*

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kecacatan
1	Sangat jarang terjadi (<i>remote, failure is unlikely</i>)	1 dalam 1.000.000
2	Kemungkinan terjadi rendah (<i>low, relatively few failure</i>)	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4		1 dalam 1.000
5	Biasa terjadi (<i>moderate, occasional failure</i>)	1 dalam 400
6		1 dalam 80
7	Sering terjadi atau berulang-ulang (<i>high, repeated failure</i>)	1 dalam 40
8		1 dalam 20
9	Sangat sering terjadi (<i>very high, almost inevitable failure</i>)	1 dalam 8
10		1 dalam 2

Sumber: Pedoman implementasi *sixsigma*, gaspersz 2002

3. *Detection*, yakni mengacu pada kemungki metode deteksi yang sekarang dapat mendeteksi *potential failure mode* sebelum produk tersebut dirilis untuk produksi.

Tabel 2.8 Skala Penilaian *Detection*

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Penyebab
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat efektif. Spesifikasi akan dapat dipenuhi secara konsisten.	1 dalam 1.000.000
2	Kemungkinan kecil bahwa spesifikasi tidak akan dipenuhi	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Penyebab
4	Kemungkinan bersifat moderat. Metode pencegahan atau deteksi masih	1 dalam 1.000
5	memungkinkan. Kadang-kadang spesifikasi	1 dalam 400
6	itu tidak terpenuhi.	1 dalam 80
7	Kemungkinan bahwa spesifikasi produk	1 dalam 40
8	tidak dapat dipenuhi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif.	1 dalam 20
9	Kemungkinan bahwa spesifikasi produk	1 dalam 8
10	tidak dapat dipenuhi sangat tinggi. Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif.	1 dalam 2

Sumber: Pedoman implementasi *sixsigma*, gaspersz 2002

Metode FMEA mengenal apa yang disebut dengan *Risk Priority Number* (RPN), yakni angka yang menggambarkan tindakan yang harus diprioritaskan. RPN diukur berdasarkan pertimbangan rating dari ketiga faktor yakni *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

$$\text{RPN} = \text{rating severity} \times \text{rating occurrence} \times \text{rating detection} \dots\dots\dots (2.19)$$

4. *Improve*

Improve adalah tahapan untuk menemukan solusi untuk memecahkan masalah berdasarkan akar penyebab yang telah diidentifikasi. Pada langkah ini diterapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six sigma*. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. Bentuk-bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana, juga harus direncanakan pada tahap ini. Rencana tindakan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu. Bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana juga harus direncanakan pada tahap ini (Gaspersz, 2002). *Improve* dapat dilakukan dengan penyusunan 5W+1H.

5W+1H dapat digunakan pada tahap *improvement* ini. (1) *What*, apa yang menjadi target utama dari perbaikan kualitas? (2) *Why*, mengapa rencana tindakan diperlukan? (3) *Where*, dimana rencana tersebut dilaksanakan? (4) *Who*, siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana itu? (5) *When*, kapan tindakan ini akan dilaksanakan? (6) *How*, bagaimana mengerjakan rencana tersebut? Contoh petunjuk penggunaan metode 5W+1H untuk pengembangan rencana tindakan dapat dilihat dalam tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2.9 Penggunaan Metode 5W+1H untuk Pengembangan Rencana Tindakan

Jenis	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
Tujuan utama	<i>What</i>	Apa yang menjadi target utama dari perbaikan atau peningkatan kualitas	
Alasan kegunaan	<i>Why</i>	Mengapa rencana tindakan itu diperlukan? Penjelasan tentang kegunaan dari rencana tindakan yang dilakukan	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan pelanggan.
Lokasi	<i>Where</i>	Di mana rencana tindakan ini akan dilaksanakan? Apakah aktivitas ini harus dikerjakan di sana?	
<i>Sekuens</i> (urutan)	<i>When</i>	Bilamana aktivitas rencana tindakan itu akan terbaik untuk dilaksanakan? apakah aktivitas itu akan dilaksanakan kemudian?	Mengubah <i>sekuens</i> atau urutan aktivitas atau mengkombinasikan aktivitas – aktivitas yang dapat dilaksanakan bersama.
Orang	<i>Who</i>	Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu? Mengapa harus orang itu yang ditunjuk untuk mengerjakan aktivitas itu?	
Metode	<i>How</i>	Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu? Apakah metode yang diberikan sekarang merupakan metode terbaik?	Menyederhanakan aktivitas – aktivitas rencana tindakan yang ada.

Sumber : Gaspersz, 2002

5. *Control*

Control adalah tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini hasil – hasil peningkatan kualitas didokumentasikan, prosedur – prosedur yang baik didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer kepada pemilik atau penanggung jawab proses (Donald, Suzanne, & Elaine, 2003).

Standarisasi diperlukan sebagai tindakan pencegahan untuk memunculkan kembali masalah kualitas yang pernah ada. Pendokumentasian praktek – praktek kerja standar juga bermanfaat sebagai bahan dalam proses belajar yang terus – menerus, baik bagi karyawan baru maupun karyawan lama, serta menjadikan informasi yang berguna dalam mempelajari masalah – masalah kualitas di masa mendatang sehingga tindakan peningkatan yang efektif dapat dilakukan (Gaspersz, 2002). Terdapat dua alasan dalam melakukan standarisasi, yaitu:

1. Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasikan, terdapat kemungkinan bahwa setelah periode waktu tertentu, manajemen dan karyawan akan menggunakan kembali cara kerja yang lama sehingga memunculkan kembali masalah yang telah terselesaikan itu.
2. Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasikan dan didokumentasikan, maka terdapat kemungkinan setelah periode waktu tertentu apabila terjadi pergantian manajemen dan karyawan, orang baru akan menggunakan cara kerja yang akan memunculkan kembali masalah yang sudah pernah terselesaikan oleh manajemen dan karyawan terdahulu.

Pada tahap *control*, dilakukan integrasi yang bertujuan mengintegrasikan metode–metode standar dan proses ke dalam siklus desain, dimana salah satu prinsip dari *Design for Six sigma* adalah bahwa proses desain harus menggunakan komponen – komponen dan proses – proses yang ada. Integrasi juga penting untuk mengintegrasikan *Six sigma* ke dalam praktek bisnis yang dikelola.