

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Induktif

Dalam penelitian ini dilakukan kajian penelitian untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah pemaparan dari beberapa penelitian yang berhubungan dengan metode six sigma:

Menurut Antony (2018), penelitian dilakukan dengan tujuan yaitu menguji mitos *six sigma* yang tidak hanya berlaku di perusahaan besar tetapi juga di perusahaan kecil. Penelitian dilakukan dengan mewawancarai sejumlah akademisi dan praktisi untuk mengumpulkan pendapat. Hasil dari penelitian dapat diketahui bahwa dengan jelas *six sigma* berlaku untuk perusahaan besar ataupun perusahaan kecil. Bahkan, *six sigma* di perusahaan kecil memiliki hasil yang lebih cepat dan jauh lebih terlihat dari pada di perusahaan besar.

Menurut Parast (2011), penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja teoritis dalam menentukan efek dari *six sigma* pada inovasi dan kinerja perusahaan. Dalam penelitian ini dapat diketahui pengaruh proyek *six sigma* pada inovasi dan kinerja di perusahaan akan membantu organisasi yang berfokus pada *six sigma*. Organisasi harus mendefinisikan proyek *six sigma* dengan mengacu pada strategi bisnis. Jika penekanannya pada efisiensi dan pengurangan biaya maka proyek *six sigma* memiliki tingkat keberhasilan yang sangat tinggi.

Menurut Mehrabi (2012), dalam penelitiannya memiliki tujuan adalah untuk meninjau dan memeriksa manfaat dan tantangan praktek *six sigma*. Dalam penelitiannya dikatakan bahwa metode *six sigma* digunakan untuk meningkatkan produk, layanan, dan proses dalam organisasi dengan upaya mengurangi cacat yang ada dengan berfokus pada kebutuhan pelanggan, sistem bisnis, dan produktivitas. Salah satu aplikasi utama *six sigma* yaitu manajemen kualitas. Dengan pendekatan ini maka dapat meningkatkan kualitas kinerja pendidikan dan penilaian dalam organisasi. Aplikasi *six sigma* telah berhasil dalam organisasi. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan *six sigma* yaitu keterlibatan manajemen dan komitmen organisasi, keterampilan manajemen dan kontrol proyek, perubahan budaya, dan pelatihan berkelanjutan. Prinsip dan praktek *six sigma* yang efektif akan berhasil dengan menyempurnakan budaya organisasi secara berkelanjutan.

Menurut Xingxing Zu (2008), tujuan dalam penelitian tersebut adalah untuk menerapkan konsep dan metode *six sigma* dalam suatu organisasi. Penelitian ini mengkaji manajemen kualitas dan literatur *six sigma*. Dilakukan identifikasi tiga praktek baru untuk menerapkan metode *six sigma* dalam suatu organisasi. Praktek tersebut antara lain: struktur peran *six sigma*, prosedur perbaikan terstruktur *six sigma*, dan *six sigma* fokus pada metrik. Model penelitian yang dilakukan adalah survei yang dikembangkan untuk menyelidiki bagaimana praktek *six sigma* berintegrasi dengan tujuh praktek manajemen kualitas dalam memengaruhi kinerja kualitas dan kinerja bisnis. Hasil pengujian berdasarkan sampel 226 pabrik di Amerika Serikat mengungkapkan bahwa tiga praktek *six sigma* adalah praktek yang berbeda dari praktek manajemen kualitas tetapi mereka melengkapi praktek manajemen kualitas dalam meningkatkan kinerja.

Menurut Carvalho (2016), dalam penelitiannya bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami hubungan antara faktor penentu keberhasilan untuk program *six sigma* dalam kinerja proyek dengan mempertimbangkan *six sigma*. Literatur *six sigma* menunjukkan dampak signifikan dari metode *six sigma*, manajemen proyek, dan kompetensi manajer proyek. Kompetensi manajer proyek adalah salah satu variabel yang menonjol karena tidak hanya berdampak pada kinerja proyek tetapi juga memperkuat metode *six sigma* dan manajemen proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak semua faktor penentu keberhasilan relevan dalam kinerja proyek, tetapi tergantung apa

yang dapat mengarahkan upaya perusahaan untuk bekerja lebih keras dalam hal yang relevan.

Menurut Simanová (2015), dalam penelitiannya mengatakan bahwa kualitas dianggap sebagai kategori yang terus berubah karena pelanggan menuntut kualitas produk, sehingga produsen harus selalu memastikan kualitas produk secara terus menerus. Metode yang digunakan adalah DMAIC. Tujuan dari penelitian adalah mengimplementasikan *six sigma* dalam meningkatkan kualitas di dalam proses produksi yang dipilih pada pembuatan mebel. Metode yang digunakan adalah DMAIC (*Define - Measure - Analyze - Meningkatkan - Control*). Penerapan dan implementasi metodologi *six sigma* memberikan manfaat penerapan *six sigma* dalam meningkatkan proses antara lain: mengurangi biaya yang tidak sesuai, menghilangkan ketidaksesuaian proses, meningkatkan berkesinambungan proses dalam menggunakan metode dan alat, mengurangi variabilitas poses, dan meningkatkan kemampuan proses.

Berikut adalah pemaparan dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan metode *six sigma* pada studi kasus industri manufaktur:

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu

NO	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
1.	Ploytip Jirasukprasert, Jose Arturo Garza-Reyes, Vikas Kumar, Ming K. Lim. (Ploytip J, 2014)	Six sigma	Mengurangi cacat kualitas (yaitu lubang dan noda) pada sarung tangan berukuran sedang.	Pengurangan jumlah cacat diperoleh dengan menentukan kecepatan maksimum yang ditetapkan pada kecepatan dan kecepatan konveyor, yang masing-masing dijabarkan sebagai 2308Cand650RPM. Sekitar 50 persen pada cacat sarung tangan dapat dikurangi, DPMO awal 195.095 menjadi 83.750 dan dengan demikian meningkatkan tingkat <i>sigma</i> dari 2,4 menjadi 2,9.
2.	Jiju Antony, Maneesh Kumar, Manoj Kumar Tiwari (Jiju A, 2005)	Six Sigma	Mengurangi masalah dalam tingkat cacat tinggi yaitu yang disebabkan oleh <i>overheating</i> mesin di sebuah	Adanya peningkatan kemampuan proses dari 0,49 menjadi 1,28. tingkat cacat per unit berkurang dari 0,194 menjadi 0,029DPU (Defect per Unit). Perkiraan penghematan yang dihasilkan dari proyek ini adalah sekitar \$ 111.524,93

NO	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
			perusahaan otomotif.	
3.	Y.A. Rochman, A. Agustin. (Rochman, 2017)	Six Sigma	Mengurangi cacat produk pada departemen Press Bridge & Rib pada perusahaan manufaktur alat musik	Nilai rata-rata level <i>sigma</i> adalah sebesar 4,1 dan kemungkinan cacat sebesar 4.649 unit berdasarkan perhitungan nilai DPMO. Nilai tertinggi dari setiap jenis cacat yang terjadi maka diberikan dalam upaya meminimalisir cacat tersebut adalah menjaga stabilitas suhu, bagi operator pers untuk memeriksa kondisi mesin press jig press, memberikan ukuran standar di treble dan bass bridge dan rib agar menjadi lebih rata, membuat prosedur operasi standar (SOP) dalam proses kontrol kualitas.
4.	Upasana D, Irfan K, Dheeraj L. (Upasana D., 2016)	Six sigma	Meminimalkan produk cacat di <i>Leaf Spring Industry</i> yang disebabkan oleh retak karena kurangnya kekuatan.	Untuk meminimalkan produk cacat diketahui bahwa suhu temper, waktu temper, dan no. rolling pass untuk geser memiliki efek paling signifikan pada kekuatan. Nilai optimal suhu temper 8500C, waktu tempuh 105 menit, dan jumlah lintasan rolling 12 lintasan, menghasilkan pengurangan signifikan dalam keseluruhan penolakan karena keretakan produk
5.	Tanveer Hussain, Hafsa Jamshaid, Ateeb Sohail. (Tanveer H, 2014)	Six Sigma	Mengurangi persentase cacat pada tanda awal, cacat double picks, dan cacat miss picks dalam industri tenun tekstil di Pakistan	Dengan mengurangi hanya tiga cacat utama yang terkait dengan penolakan kain, tingkat <i>sigma</i> proses dan margin keuntungan dapat ditingkatkan. Nilai <i>sigma</i> ditingkatkan dari 2,2 menjadi 3. Meningkatkan penolakan terhadap kain tenun dari 2% menjadi 0,75%, menghasilkan penghematan 25 lakh rupee per bulan.
6.	Ravi Shankar Raman, Yadavalli	Six sigma	Mengurangi masalah pengembalian	Awalnya peta proses didokumentasikan untuk mengidentifikasi bidang

NO	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
	Basavaraj. (Ravi S. R, 2018)		produk kapasitor selama proses pembuatan di industri kapasitor bagian India Utara	perbaikan. Diagram sebab dan akibat membantu untuk menganalisis lebih lanjut akar penyebabnya. Pareto Chart membantu dalam mempersempit akar penyebab lebih lanjut
7	LaithA. Hadidi, Abdulaziz Bubshait, Suleiman Khreishi (Laith A. H, 2017)	Six sigma	Mengetahui jenis cacat pada estetika, dengan menerapkan six sigma di pabrik aluminium berskala besar Saudi Arabia.	Cacat estetika dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, goresan dan ketidaksesuaian. Berdasarkan perhitungan, nilai DPMO sebesar 3.01
8.	Abdur Rahman, Salaha Uddin Chowdhury Shaju, Sharan Kumar Sarkar (Abdur R, 2018)	Six sigma	Mengurangi cacat produk dalam industri garmen di Bangladesh dengan menggunakan metodologi DMAIC.	Terdapat empat jenis cacat pada jahitan: yaitu jahitan yang rusak, jahitan jahitan yang terlewati, jahitan terbuka, dan cacat yang lain. hasil menunjukkan bahwa jahitan yang rusak dan jahitan terbuka mempengaruhi jumlah produk yang rusak. setelah implementasi metodologi DMAIC, terjadi pengurangan sekitar 35% pada cacat pakaian. Nilai <i>sigma</i> meningkat dari 1,7 menjadi 3,4. nilai Cpk adalah sebesar 0,88.
9.	Ibrahim Ghiffari, Ambar Harsono, Abu Bakar. (Ibrahim G, 2013)	Six Sigma	Meningkatkan kualitas hasil sablon di CV. Miracle dengan mengurangi produk cacat	DPMO 595.370, nilai <i>sigma</i> 1,3 <i>sigma</i> , dan biaya yang dikeluarkan karena produk cacat adalah Rp 417.920,00. Pada diagram sebab akibat diketahui bahwa metode sablon dan manusia harus segera diperbaiki. Dilakukan perbaikan pada proses sablon dimana setelah memperbaiki proses sablon tersebut didapatkan nilai DMPO menjadi 290.741, nilai <i>sigma</i> menjadi 2,05.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Pengertian Kualitas

Menurut (Marimin, 2004), kualitas merupakan ukuran dari besar tingkat dalam kesesuaian dari produk (barang ataupun jasa) yang sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Sedangkan menurut (Nasution, 2005), pengertian kualitas dari beberapa ahli yang salah satunya menurut Crosby “*Conformance to requirement*” yaitu bahwa kualitas merupakan kesesuaian dengan persyaratan yang dimana suatu produk tersebut memiliki kualitas jika sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditentukan. Menurut (Diana, 2001), kualitas produk menurut J.M. Juran adalah “*fitness for use*” yang berarti adanya kecocokan penggunaan produk dengan kepuasan pelanggan dalam memenuhi kebutuhan. Menurut (Gaspersz, 2002), terdapat delapan dimensi dalam kualitas barang, yaitu :

1. *Performance* (kinerja), berhubungan dengan aspek fungsional produk dan akan menjadi karakteristik utama pelanggan dalam membeli produk
2. *Features* (fitur), berhubungan dengan variasi pilihan yang dapat menambah fungsi.
3. *Reliability* (kehandalan), berhubungan dengan kemungkinan produk dalam melakukan fungsinya dalam periode tertentu. Atau dengan kata lain merupakan tingkat kegagalan dalam menggunakan produk.
4. *Serviceability* (kemampuan pelayanan), berhubungan dengan kecepatan, akurasi, kemudahan, dan biaya dalam perbaikan.
5. *Conformance* (kesesuaian), berhubungan dengan spesifikasi yang sudah ditentukan sesuai keinginan pelanggan.
6. *Durability* (daya tahan), berhubungan dengan umur ekonomis atau masa pakai produk.
7. *Aesthetic* (estetika), berhubungan keindahan yang sangat subjektif sehingga menghasilkan daya tarik tersendiri dari suatu produk.
8. *Perceived Quality* (kualitas yang dirasakan), berhubungan dengan perasaan pelanggan ketika menggunakan suatu produk yang dimana hal ini bersifat subjektif.

2.2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas menurut (Ahyari, 2000), adalah aktivitas untuk menjaga produk dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan sebelumnya. Menurut (Syukron, 2013), pengendalian kualitas terdiri dari sistem yang bermula sejak tahap awal, proses, sampai produk akhir bahkan sampai proses distribusi produk ke konsumen. Adapun tujuan pengendalian kualitas menurut (Assauri, 1998), adalah:

1. Hasil produksi bisa mencapai kualitas yang standar sesuai yang sudah ditetapkan
2. Biaya inspeksi bisa diminimalkan
3. Biaya desain produk dan proses dapat menggunakan kualitas produksi tertentu sehingga dapat diminimalkan
4. Biaya produksi dapat diminimalkan

2.2.3 Konsep *Six sigma*

Menurut (Lindsay, 2007), konsep *six sigma* diperkenalkan pada perusahaan Motorola tahun 1984 oleh Bill Smith. Alasan *six sigma* motorola dapat diterima dan berkembang dengan luas karena manajemen industri frustrasi kepada sistem manajemen kualitas yang tidak sanggup meningkatkan kualitas dengan tidak adanya produk cacat (*zero defect*). Setelah mengimplimentasikan *six sigma*, selama 10 tahun perusahaan Motorola membuktikan bahwa perusahaan mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunity*). Selain itu, dalam buku (Gaspersz, 2002), terdapat keberhasilan perusahaan Motorola yaitu:

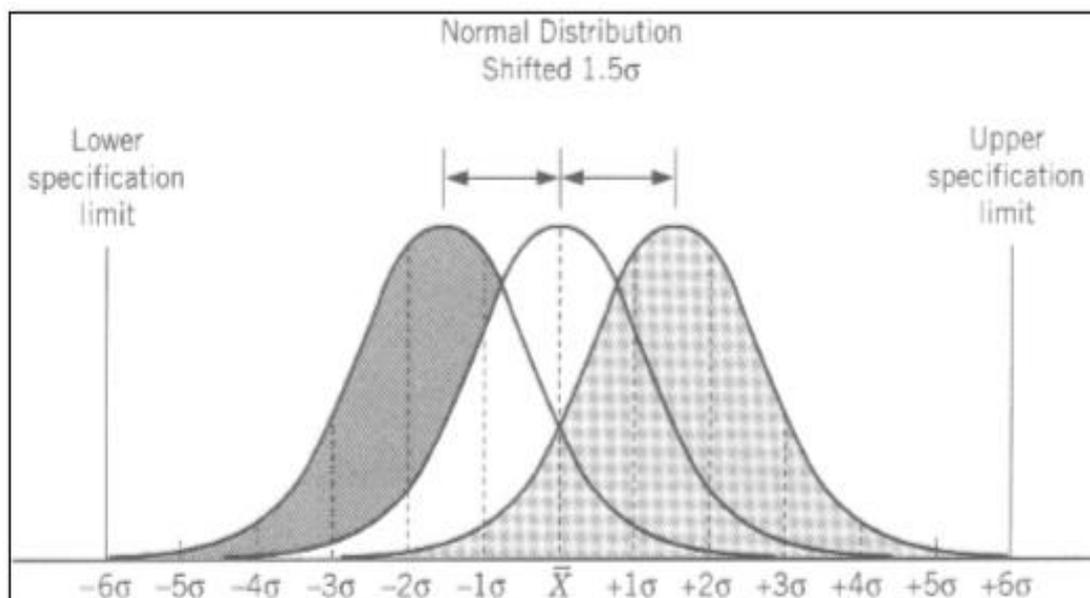
1. Biaya produk cacat (*Cost of Poor Quality*) mengalami penurunan lebih dari 84%.
2. Rata-rata produktivitas meningkat sekitar 12,3% per tahun.
3. Mengeliminasi kegagalan proses sebesar 99,77%.
4. Rata-rata pertumbuhan pertahun meningkat 17% dalam keuntungan, penerimaan, dan harga saham perusahaan Motorola.

Tabel 2. 2. *Cost of Poor Quality*

Tingkat Pencapaian Sigma	DPMO (<i>Deffect per Million Opportunity</i>)	COPQ (<i>Cost of Poor Quality</i>)
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	621 (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 sekitar 10% dari penjualan.

Pengendalian *six sigma* motorola mengembangkan pengendalian proses dengan memperbolehkan adanya pergeseran *mean* (nilai rata-rata) pada setiap *Critical to Quality* (CTQ) dari proses. Dimana pergeseran tersebut sebesar 1,5 *sigma* dari spesifikasi target (T) kualitas sesuai dengan keinginan pelanggan, maka akan didapatkan DPMO (*Deffect per Million Opportunity*) sebesar 3,4. Pergeseran 1,5 *sigma* dengan distribusi normal adalah sebagi berikut:



Gambar 2. 1. Normal Distribution

Pengendalian kualitas statistik pada model 3 *sigma* dapat diketahui bahwa batas ukuran target dari yang telah ditentukan adalah ± 3 *sigma*. Dengan harga rata-rata adalah μ yang merupakan target dan variansi adalah σ . Besar tingkat keyakinan menjadi 99,9999998% yang artinya hampir 100% jika batas ukuran akan dinaikkan menjadi ± 6 *sigma* dan dengan target menjadi μ , yang dimana berarti akan tidak ada produk yang cacat, melainkan jarak ukuran produk menjadi sangat besar. Dalam buku (Gaspersz, 2002), berikut adalah perbedaan *six sigma* teoritis dan motorola:

Tabel 2. 3. Perbedaan *Six sigma* Teoritis dan Motorola

True 6-sigma process			Motorola 6-sigma		
Batas Spesifikasi (BSB-BSA)	Persentase yang Dikehendaki	DPMO	Batas Spesifikasi (BSB-BSA)	Persentase yang Dikehendaki	DPMO
± 1 -sigma	68.27%	317,300	± 1 -sigma	30.8538%	691,462
± 2 -sigma	95.54%	45,500	± 2 -sigma	69.1462%	308,538
± 3 -sigma	99.73%	2,700	± 3 -sigma	93.3193%	66,807
± 4 -sigma	99.9937%	63	± 4 -sigma	99.379%	6,210
± 5 -sigma	99.99943%	0.57	± 5 -sigma	99.9767%	233
± 6 -sigma	99.999998%	0.002	± 6 -sigma	99.99966%	3

2.2.4 Metodologi *Six sigma*

2.2.4.1. Define

Menurut (Ravi S. R, 2018), Dalam langkah ini dilakukan identifikasi masalah yang salah satunya melalui SIPOC. *Define* mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan dan kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan. 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 SIPOC:

- 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 input, suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub proses.
- d. *Outputs* adalah produk (barang atau jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur, output 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 output. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal.

2.2.4.2. Measure

Menurut (Jiju A, 2005), pada tahap ini dilakukan satu atau lebih karakteristik produk yang kemudian dilakukan pengukuran dan menghitung kemampuan prosesnya. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure*, 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.

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*. Berikut ini merupakan teknik untuk memperkirakan kapabilitas *sigma* dan DPMO guna mengukur baseline kinerja tingkat output untuk:

a. Data atribut

Tabel 2. 4. Kapabilitas Proses Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Proses apa yang ingin diketahui	-
2	Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses?	-
3	Berapa banyak transaksi yang gagal	-
4	Hitung tingkat cacat (kesalahan) berdasarkan pada langkah 3	$\frac{\text{(langkah 3)}}{\text{(langkah 2)}}$
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat mengakibatkan cacat (kesalahan)	Banyaknya karakteristik CTQ
6	Hitung peluang tingkat cacat (kesalahan) per karakteristik CTQ	$\frac{\text{(langkah 4)}}{\text{(langkah 5)}}$
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	Langkah 6 x 1.000.000
8	Konversi DPMO (langkah 7) ke dalam nilai sigma	-
9	Buat kesimpulan	-

b. Data variabel

Dalam pengukuran data variabel dilakukan pengambilan sampel. Menurut (Diehl, 1992), yaitu pengambilan jumlah sampel yang diperlukan pada sebuah penelitian adalah sebesar 10% dari populasi yang ada. Setelah itu dilakukan perhitungan nilai DPMO. Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel sebagai berikut:

1. Rata-rata proses (
- \bar{x}
-)

$$\frac{\sum \bar{x}}{k} \quad (2.1)$$

2. Range proses (
- \bar{R}
-)

$$\frac{\sum R}{k} \quad (2.2)$$

3. Standar deviasi proses (
- \bar{S}
-)

$$\frac{\bar{R}}{d2} \quad (2.3)$$

4. Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai BSA dengan rumus:

$$P\left(Z \geq \frac{BSA - \bar{x}}{S}\right) \times 1000000 \quad (2.4)$$

5. Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai BSB dengan rumus:

$$P\left(Z \leq \frac{BSB - \bar{x}}{S}\right) \times 1000000 \quad (2.5)$$

6. Sehingga DPMO diperoleh dengan:

$$P(z > BSA) \times 1.000.000 + P(z < BSB) \times 1000000 \quad (2.6)$$

Tabel 2. 5. Kapabilitas Proses Data Variabel

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Proses apa yang ingin diketahui	-
2	Tentukan nilai spesifikasi target	T
3	Tentukan nilai batas spesifikasi atas	BSA
4	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah	BSB
5	Berapa nilai rata-rata proses	\bar{x}
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses	\bar{S}
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai BSA per satu juta kesempatan	$P\left(Z \geq \frac{BSA - \bar{x}}{S}\right) \times 1.000.000$
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai BSB per satu juta kesempatan	$P\left(Z \leq \frac{BSB - \bar{x}}{S}\right) \times 1.000.000$
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan pada proses	Langkah 7 + Langkah 8
10	Konversikan nilai DPMO ke dalam nilai <i>sigma</i>	-
11	Hitung kemampuan proses dalam ukuran nilai <i>sigma</i>	-

2.2.4.3. Analyze

Menurut (Ploytip J, 2014), dalam tahap ini dilakukan penentuan akar penyebab masalah dari produk cacat. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini, 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. Berikut ini penentuan stabilitas dan kapabilitas dari suatu proses:

a. Uji stabilitas data variabel

Nilai S_{max} diperoleh dengan formulasi:

$$S_{max} = \left[\frac{1}{2x \text{ nilai kapabilitas sigma}} \right] x (USL - LSL) \quad (2.7)$$

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:

$$UCL = T + 1,5 S_{max} \quad (2.8)$$

$$LCL = T - 1,5 S_{max} \quad (2.9)$$

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

$$H_0 : \sigma^2 \leq (S_{max})^2 = \text{Stabil}$$

$$H_1 : \sigma^2 > (S_{max})^2 = \text{Tidak stabil}$$

2. Harga statistik pengujian χ^2

$$\chi^2_{hitung} = \left[\frac{(n - 1)s^2}{(S_{max})^2} \right] \quad (2.10)$$

3. Menentukan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan melihat tabel χ^2

4. Membandingkan χ^2 hitung dengan χ^2 tabel

5. Membuat keputusan

b. Kapabilitas proses data variabel

Perhitungan kapabilitas proses (C_{pm}) sangat penting dalam implementasi *six sigma*, dimana:

1. Indeks Kapabilitas Proses (C_{pm})

Indeks kapabilitas proses (C_{pm}) digunakan untuk mengukur kapabilitas proses terhadap produk. Apakah proses produksi tersebut mampu memenuhi spesifikasi target yang telah ditetapkan atau belum. Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa output proses semakin mendekati

target kualitas yang diinginkan. Adapun rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\frac{(BSA - BSB)}{6\sqrt{(T - \bar{x})^2 + S^2}} \quad (2.11)$$

Indikator keberhasilan program peningkatan kualitas *six sigma* dapat dilihat dari nilai C_{pm} yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Dalam peningkatan kualitas *six sigma*, digunakan aturan sebagai berikut:

- Jika $C_{pm} \geq 2$, maka proses dianggap sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol, berada pada status proses industri stabil, mampu, dan dianggap kompetitif (perusahaan berkelas dunia).
- Jika $1,00 \leq C_{pm} \leq 1,99$ 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 stabil dan tidak mampu.
- Jika $C_{pm} < 1$, maka status proses industri dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol. Perusahaan yang memiliki nilai $C_{pm} < 1$ memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas *six sigma*.

2. Tingkat Output berada dalam Batas Toleransi yang mana (C_{pmk})

Indeks kapabilitas proses (C_{pmk}) digunakan untuk mengukur sampai tingkat mana output proses berada dalam batas toleransi (BSA atau BSB) yang diinginkan oleh pelanggan. C_{pmk} dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{X} - T}{S}\right)^2}} \quad (2.12)$$

Sedangkan C_{pk} dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{\bar{x} - BSB}{3\bar{s}} ; \frac{BSA - \bar{x}}{3\bar{s}} \right\} \quad (2.13)$$

2. Menurut (Prawirosentono, 2007), diagram *fishbone* digunakan untuk menganalisis sebab-akibat. Selain itu, dengan menggunakan diagram tulang ikan, dapat mengetahui unsur penyebab unsur penyebab kegagalan yang menyebabkan cacat atau rusak. Menurut (Lindsay, 2007), diagram tulang ikan atau *fishbone* pertama kali diperkenalkan oleh seorang Profesor, yaitu Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo, oleh karena itu diagram sebab akibat disebut juga dengan diagram ishikawa atau diagram tulang ikan (*fishbone*). Menurut (Ariani D. , 2003), diagram *fishbone* digunakan untuk:
- a. Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah
 - b. Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah, dan
 - c. Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta-fakta lebih lanjut.

Diagram *fishbone* terdapat 5 faktor dari sebab akibat. Faktor-faktor tersebut adalah *man* (manusia, tenaga kerja), *method* (metode), *material* (bahan), *machine* (mesin), dan *environment* (lingkungan). Diagram *fishbone* disusun berdasarkan informasi yang diperoleh dari saran. Berikut penjelasan 5 faktor tersebut:

- a. *Man* (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. *Machine* (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 panas, dan lain-lain.
- c. *Method* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dan lain-lain.
- d. *Material* (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. *Environment* (lingkungan), 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.

2.2.4.4. *Improve*

Improve merupakan tahapan dalam menemukan solusi dari masalah yang sudah diidentifikasi akar penyebabnya. Menurut (Ploytip J, 2014), pada tahap ini menghasilkan perbaikan yang mungkin untuk mengurangi jumlah produk cacat. Bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana juga harus direncanakan pada tahap ini.

2.2.5. *Analytical Hierarchy Process*

AHP (*Analytical Hierarchy Process*) merupakan model pengambil keputusan yang menguraikan masalah multifaktor atau multikriteria menjadi suatu hierarki. AHP merupakan teori pengukuran melalui perbandingan berpasangan dan bergantung pada penilaian *expert* atau para ahli untuk memperoleh skala prioritas. AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Menurut (Saaty T. L., 1994), hierarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya kebawah hingga level terakhir yaitu alternatif.

2.2.6. Prinsip dalam AHP

Berikut adalah tiga prinsip dalam AHP:

a. Dekomposisi

Dengan prinsip ini struktur masalah yang kompleks dibagi menjadi bagian-bagian secara hierarki. Tujuan didefinisikan dari yang umum sampai khusus. Dalam bentuk yang paling sederhana struktur akan terdiri dari tujuan, kriteria dan level alternatif.

Level pertama : Tujuan keputusan (Goal)

Level kedua : Kriteria – kriteria

Level ketiga : Alternatif – alternatif

b. Perbandingan Penilaian (*comparative judgments*)

Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk *matrix pairwise comparisons* yaitu matriks perbandingan berpasangan yang memuat tingkat kepentingan beberapa alternatif untuk tiap kriteria. Skala kepentingan yang digunakan

yaitu berupa angka. skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal importance*) sampai dengan skala 9 yang menunjukkan tingkatan paling tinggi (*extreme importance*).

Penilaian yang dilakukan oleh banyak *expert* atau ahli akan menghasilkan pendapat yang berbeda satu sama lain, sedangkan AHP hanya membutuhkan satu jawaban untuk satu matriks perbandingan. Oleh karena itu, (Saaty T. L., 1994) memberikan metode perataan jawaban ahli (*Geometric Mean*). *Geometric Mean Theory* menyatakan bahwa jika terdapat n ahli melakukan penilaian perbandingan berpasangan, maka terdapat n nilai numerik untuk setiap pasangan.

$$a_{ij} = (z_1 z_2 z_3 \dots z_n)^{\frac{1}{n}} \quad (2.14)$$

dimana:

a_{ij} = nilai rata – rata perbandingan antara A_i dengan A_j untuk n ahli

z_i = nilai perbandingan antara kriteria A_i dengan A_j ahli ke – i

n = jumlah ahli

c. Sintesa Prioritas

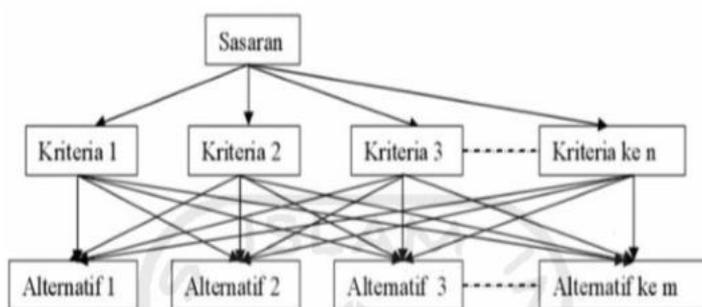
Sintesa prioritas dilakukan dengan mengalikan prioritas lokal dengan prioritas dari kriteria bersangkutan di level atasnya dan menambahkannya ke tiap elemen dalam level yang dipengaruhi kriteria.

2.2.7. Tahapan AHP

Berikut adalah tahapan dalam AHP:

a. Menyusun hierarki dari permasalahan yang dihadapi

Menguraikan permasalahan menjadi kriteria dan alternatif.



Gambar 2. 2. Struktur Hierarki AHP

b. Penilaian kriteria dan alternatif

Kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan, untuk berbagai persoalan, skala 1 hingga 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 6. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya
7	Satu elemen sangat lebih penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak lebih penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-yang berdekatan

c. Penentuan Prioritas

Nilai-nilai perbandingan relatif kemudian diolah untuk menentukan peringkat alternatif dari seluruh alternatif. Baik kriteria kualitatif, maupun kriteria kuantitatif, dapat dibandingkan sesuai dengan penilaian yang telah ditentukan untuk menghasilkan bobot dan prioritas.

d. Konsistensi Logis

Pada keadaan sebenarnya akan terjadi beberapa penyimpangan dari hubungan tersebut, sehingga matriks tersebut tidak konsisten sempurna. Hal ini terjadi karena ketidakkonsistenan dalam preferensi seseorang. Penghitungan konsistensi logis dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengalikan matriks dengan proritas bersesuaian.
2. Menjumlahkan hasil perkalian per baris.
3. Hasil penjumlahan tiap baris dibagi prioritas bersangkutan dan hasilnya dijumlahkan.
4. Hasil c dibagi jumlah elemen, akan didapat λ_{maks}
5. Indeks Konsistensi (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (2.15)$$

6. Rasio Konsistensi (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.16)$$

Dimana RI adalah indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi ≤ 0.1 , hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Berikut adalah nilai Indeks Random:

Tabel 2. 7. Nilai Indeks Random

n	RC
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.48
13	1.56
14	1.57
15	1.59