

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DENGAN IMPLEMENTASI METODE SIX SIGMA PADA PRODUK *ELEMENT BOILER*

Jaka Purnama¹⁾, Suparto²⁾, Pramudia Christa Dinata³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya 60117

E-mail :jakapurnama99@yahoo.com¹, wrskt_indria@yahoo.com²,
pramudia_pcd@yahoo.com³

ABSTRAK

Produktivitas yang tinggi dalam menghasilkan komponen *boiler* dicapai dengan menggunakan sumber daya secara optimal. PT. XYZ dalam pelaksanaan proyek Unit 2 tidak mencapai peningkatan produktivitas yang diharapkan, karena tidak sesuai perencanaan kerja, dengan jumlah produk cacat berada di atas batas baku cacat. Metode Six Sigma dengan menggunakan siklus *Define, Measure, Analyze, Improvement, dan Control (DMAIC)* memberikan informasi peningkatan indeks produktivitas proyek Unit 2 terhadap proyek Unit 1 sebesar 2.98%. Terjadi penurunan *Cost of Poor Quality (COPQ)* dibandingkan proyek Unit 1 dengan proyek Unit 2 sebesar 3.79%. Perbedaan nilai mengindikasikan pengalokasian biaya kualitas *Cost Of Achieving Good Quality (COGQ)* dan *COPQ* kurang efektif dan efisien. Hasil waktu pengerjaan 4 minggu *baseline* kinerja dan kapabilitas *Sigma* data atribut produk *Element Bending* hasil DPMO sebesar 10.933,05 sehingga produk memiliki toleransi *defect* 10.933 unit per 1.000.000 unit produk. *Variabel Thickness* mempunyai rata-rata *Defect per Million Opportunities (DPMO)* untuk sample 19.453,33 maka memiliki toleransi *defect* 19.453 unit per 1.000.000 unit produk. *Variabel Adhesiveness* mempunyai rata-rata DPMO sample diambil sebesar 95.226,67 memiliki toleransi *defect* 95.227 unit per 1.000.000 unit produk dengan *sigma level* adalah 3,15.

Kata Kunci : Produktivitas, total, parsial, Six Sigma.

ABSTRACT

High productivity in producing boiler components is achieved by using resources optimally. PT. XYZ in project implementation Unit 2 did not achieve the expected increase in productivity, because it does not work according to plan, with the number of defective products is above the standard limit disability. Six Sigma methods using cycles Define, Measure, Analyze, Improvement, and Control (DMAIC) provides information increase productivity index Project Unit 2 to Unit 1 amounted to 2.98%. Due to the reduced Cost of Poor Quality (COPQ) compared the project with project Unit 1 Unit 2 at 3.79%. The difference value indicates the allocation of the cost of quality Cost Of Achieving Good Quality (COGQ) and COPQ less effective and efficient. The results of processing time 4-week baseline performance and capabilities of the product attribute data Sigma Element Bending DPMO result of 10933.05 so that the product has a defect tolerance of 10 933 units per 1,000,000 product units. Variabel Thickness having an average Defect per Million Opportunities (DPMO) for sample 19453.33 then have a defect tolerance of 19 453 units per 1,000,000 units of the product. Adhesiveness variables had average DPMO sample taken at 95226.67 tolerance defect 95 227 units per 1,000,000 product units with sigma level is 3.15.

Keywords: Productivity, total, partial, Six Sigma.

PENDAHULUAN

Saat ini peningkatan pertumbuhan industri manufaktur yang bergerak dalam pembuatan boiler semakin bertambah mengalami peningkatan bersamaan dengan peningkatan kebutuhan energi dunia. Peningkatan kebutuhan ini akan memicu terjadinya persaingan diantara para produsen boiler untuk dapat meyakinkan setiap konsumen akan kualitas dan kapabilitas perusahaan tersebut. Faktor penting dalam mempertahankan posisi di dalam kompetisi pasar antara lain dengan terus meningkatkan atau mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi biaya dari lini produksi [1].

Dalam mendukung kegiatan produksi suatu industri manufaktur diperlukan boiler yang mempunyai kemampuan tinggi. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam pembuatan boiler. Persaingan diantara produsen boiler semakin ketat, maka perusahaan PT. XYZ berusaha menggunakan segala sumber daya yang ada secara efisien dan efektif. Kegiatan produksi yang berjalan harus memiliki hasil yang berkualitas dan kapabilitas yang tinggi harus dimiliki oleh perusahaan. Faktor penting yang dilakukan untuk mempertahankan posisi persaingan pasar adalah berusaha terus meningkatkan atau mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi biaya dari lini produksi.

Departemen Produksi boiler merupakan bagian yang bertanggung jawab atas berlangsung proses produksi boiler ataupun komponen-komponen Boiler yang ada di PT. XYZ, dimana dalam pelaksanaan proyek Unit 2 ditemukan kondisi bahwa tingkat defect yang ada berada diatas batas standar defect yang ditoleransikan perusahaan. Pemborosan dalam defect ini dikhawatirkan akan mempengaruhi tingkat produktivitas pada proyek Unit 2, dikarenakan adanya pemborosan biaya yang seharusnya tidak perlu untuk melakukan perbaikan produk ataupun proses produksi.

Penelitian ini mempunyai tujuan menggunakan siklus DMAIC (*Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improvement*, dan *Control*) untuk menganalisa mengurangi produk cacat sehingga penggunaan biaya dapat ditekan seminimal mungkin dan mengetahui tingkat produktivitas proyek Unit 2 yang telah dikerjakan oleh PT. XYZ.

Berdasarkan hasil analisa, maka perusahaan mengetahui permasalahan yang menyebabkan tidak optimalnya produktivitas dan mengetahui jenis pemborosan yang ada pada proses produksi *Element*, yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk menyusun upaya perbaikan produktivitas. Berdasarkan evaluasi diharapkan ada tindakan perbaikan untuk meningkatkan produktivitas karena telah dilakukan pengukuran sebelum pelaksanaan proyek berjalan.

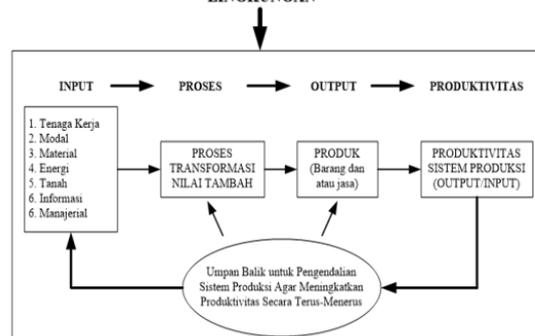
METODE

Dalam penelitian ini menggunakan kajian pustaka dan metode sebagai berikut:

Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan, atau dapat diformulasikan Persamaan 1 dan digambarkan menurut [2] berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Hasil yang diperoleh}}{\text{Input yang dikeluarkan}} = \frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi LINGKUNGAN}} \quad (1)$$



Sumber : Gaspersz, 2003

Gambar 1. Sistem Produktivitas

Pengukuran produktivitas pada suatu sistem produksi yang ditunjukkan Gambar 1, terlebih dahulu harus

merumuskan secara jelas keluaran yang akan dipergunakan dalam proses sistem tersebut untuk menghasilkan keluaran, sedangkan unsur-unsur produktivitas meliputi [3]:

- a. Kualitas, merupakan ukuran dari produktivitas, meskipun kualitas sulit diukur secara matematis melalui rasio keluaran-masukan, namun jelas bahwa kualitas masukan dan kualitas proses akan menentukan tingkat kualitas keluaran.
- b. Efektivitas, merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target dapat tercapai baik secara kuantitas maupun waktu, hal ini berorientasi pada keluaran. Peningkatan efektivitas belum tentu bersamaan dengan peningkatan efisiensi dan sebaliknya.
- c. Efisiensi, merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan (input) yang direncanakan dengan penggunaan masukan yang sebenarnya. Pengertian efisiensi berorientasi pada masukan.

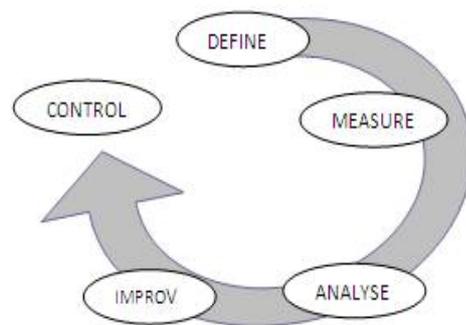
Six Sigma

Six sigma, pertama kali dikembangkan oleh Bill Smith, *Vice President* Motorola Inc. [4]. Six Sigma yang dikenal luas sebagai teknik yang memungkinkan suatu perusahaan mencapai kesempurnaan dalam mutu produk yang dihasilkan, pertama kali dikembangkan sebagai desain praktis untuk peningkatan proses manufaktur dan mengeliminasi kerusakan (*defect*). Dalam six sigma, *defect* diartikan sebagai segala keluaran dari proses yang tidak memenuhi spesifikasi pelanggan atau segala hal yang dapat mengakibatkan keluaran (produk) yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Menurut [5], strategi Six Sigma bertujuan meningkatkan kinerja bisnis dengan mengurangi berbagai variasi proses yang merugikan, mereduksi kegagalan – kegagalan produksi atau proses, menekan cacat-cacat produk, meningkatkan keuntungan, mendongkrak moral personil atau karyawan dan meningkatkan kualitas produk pada tingkat yang maksimal.

Berdasarkan[6], memperkenalkan suatu konsep formal yang disebut dengan siklus produktivitas (*productivity cycle*) yang dipergunakan dalam peningkatan produktivitas secara terus menerus. Pada dasarnya konsep siklus produktivitas terdiri dari empat tahap utama, yaitu Pengukuran Produktivitas (*Productivity Measurement*), Evaluasi Produktivitas (*Productivity Evaluation*), Perencanaan Produktivitas (*Productivity Planning*), dan Peningkatan Produktivitas (*Productivity Improvement*). Berdasarkan konsep siklus ini, secara formal program peningkatan produktivitas harus dimulai melalui pengukuran produktivitas dari sistem industri itu sendiri. Untuk keperluan ini berbagai teknik pengukuran dapat digunakan dan dikembangkan dari memilih indikator pengukuran yang sederhana sampai yang lebih kompleks dan komprehensif.

DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus-menerus menuju target Six Sigma. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta. Proses ini menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru, dan menetapkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target Six Sigma [5]. Berdasarkan Gambar 2, siklus DMAIC adalah siklus perbaikan kualitas yang digunakan untuk metode Six Sigma yang terdiri dari *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* dan bekerja secara berkesinambungan terus menerus samadengan tujuan yang ingin dicapai oleh perusahaan.



Sumber : Gaspersz, 2003

Gambar 2. Proses DMAIC

Tabel 1. Manfaat Pencapaian Six Sigma

TINGKAT 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 (rata-rata industri Jepang)	5-15% dari penjualan
6-sigma	3.4 (industri kelas dunia)	< 1% dari penjualan

Sumber : Gaspersz, 2003

Setiap peningkatan 1-sigma akan memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan dan ukuran berbasis peluang *defect* adalah[7]:

- *Defect per Opportunity* (DPO) : kalkulasi yang digunakan dalam perbaikan proses untuk menentukan jumlah *defect* per peluang. DPO dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$DPO = \frac{\text{jumlah Defect}}{\text{Unit} \times \text{CTQ potensial}} \quad (2)$$

- *Defect per Million Opportunities* (DPMO) : Kalkulasi perbaikan proses *Six Sigma* yang mendefinisikan jumlah cacat dalam sebuah proses per satu juta peluang yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Persamaan 3 digunakan untuk menghitung DPMO.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (3)$$

Pengukuran tolok ukur kinerja pada tingkat *output* dilakukan secara langsung pada produk akhir (barang/jasa) yang akan diserahkan kepada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *output* akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan, sebelum produk tersebut diserahkan kepada pelanggan. Informasi yang diperoleh dapat dijadikan dasar untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik *output* yang diukur tersebut. Hasil pengukuran pada tingkat *output* dapat berupa data variabel maupun data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dan SQL (kapabilitas sigma). Analisa yang

dilakukan untuk mengetahui tingkat Sigma dapat ditunjukkan dengan Persamaan 10, dengan rumus yang digunakan menurut[8] adalah:

$$\text{Rata-rata sampel subgrup, } \bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4)$$

$$\text{Rata-rata keseluruhan, } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{N} \quad (5)$$

$$\text{Rentang, } R = X_{\text{maks}} - X_{\text{min}} \quad (6)$$

$$\text{Standar deviasi, } s = \frac{R}{d_2} \quad (7)$$

Probabilitas cacat dalam DPMO untuk 1 batas spesifikasi [5] adalah:

$$P\left\{z \geq \frac{\text{absolute (USL}-\bar{x})}{s}\right\} \times 1000000 \quad (8)$$

Atau

$$P\left\{z \geq \frac{\text{absolute (LSL}-\bar{x})}{s}\right\} \times 1000000 \quad (9)$$

Kapabilitas Sigma

$$= \text{NORMSINV}((1000000 - \text{PMO})/1000000) + 1,5 \quad (10)$$

Analisis kapabilitas proses yang ditunjukkan persamaan (11) & (12), digunakan secara luas dalam dunia industri untuk mengukur kemampuan perusahaan/pemasok dalam memenuhi spesifikasi kualitas. Terdapat berbagai indeks kapabilitas proses, namun dalam penelitian ini akan digunakan 2 macam indeks,[9], yakni:

1. C_{pk} (Indeks Kapabilitas Proses Aktual)

$$C_{pk} = \text{Absolute} \left[\frac{SL - \bar{x}}{3s} \right] \quad (11)$$

2. C_{pm} (Indeks Kapabilitas Proses Taguchi)

$$C_{pm} = \frac{\text{Absolute}(SL - T)}{3\sqrt{S^2 + (\bar{x} - T)^2}} \quad (12)$$

Failure Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)

Menurut[10], bahwa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan,

atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Menurut [11], bahwa FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA desain) dan dalam proses (FMEA proses). FMEA desain akan membantu menghilangkan kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, meliputi kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai, dan lain-lain. FMEA proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam variabel proses.

Menurut [7], bahwa *rating* kejadian atau *occurete* adalah *rating* yang berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif akibat suatu penyebab tertentu. Rating kejadian ini diestimasi dengan jumlah kegagalan kumulatif yang muncul pada setiap 1000 komponen atau *Cummulative Number of Failure (CNF) / 1000*. (CNF) / 1000 dapat diestimasi dari sejarah tingkat kegagalan proses manufaktur dan perakitan pada komponen yang mirip atau yang dapat mewakili jika estimasi dari kegagalan pada komponen yang dimaksud tidak dapat ditentukan.

Risk Priority Number (RPN)

RPN merupakan perkalian dari rating *occurrence*(O), *severity*(S) dan *detection*(D), yang ditunjukkan persamaan (13) adalah angka yang digunakan sebagai panduan untuk mengetahui masalah yang paling serius, dengan indikasi angka yang paling tinggi memerlukan prioritas penanganan serius. RPN dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 13.

$$RPN = S \times O \times D \quad (13)$$

Rating keparahan (*severity*)

Rating keparahan adalah rating yang berhubungan dengan tingkat keparahan dan efek yang ditimbulkan oleh kegagalan. Sumber kegagalan produk dapat diakibatkan dari berbagai faktor seperti desain, pemilihan material, kekurangan atau kelemahan material, pengerjaan ulang, *inspeksi*, pengendalian

kualitas, dan lain sebagainya. Rating kejadian (*occurrence*) adalah rating yang berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif akibat suatu penyebab tertentu. Rating deteksi (*detection*) memiliki ketergantungan dengan pengendalian yang digunakan saat ini. Satu nilai deteksi diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi kegagalan.

Pada metode penelitian ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sehingga penelitian berjalan terarah dan sistematis [12], ditunjukkan diagram alir penelitian pada Gambar 3.

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan indentifikasi masalah yang terjadi di PT. XYZ berkaitan dengan peningkatan produktivitas dengan cara mengurangi cacat (*defect*) pada produk *Element*. Pengamatan terhadap proses produksi secara langsung dan melakukan studi literature jurnal dan penelitian sebelumnya.

b. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

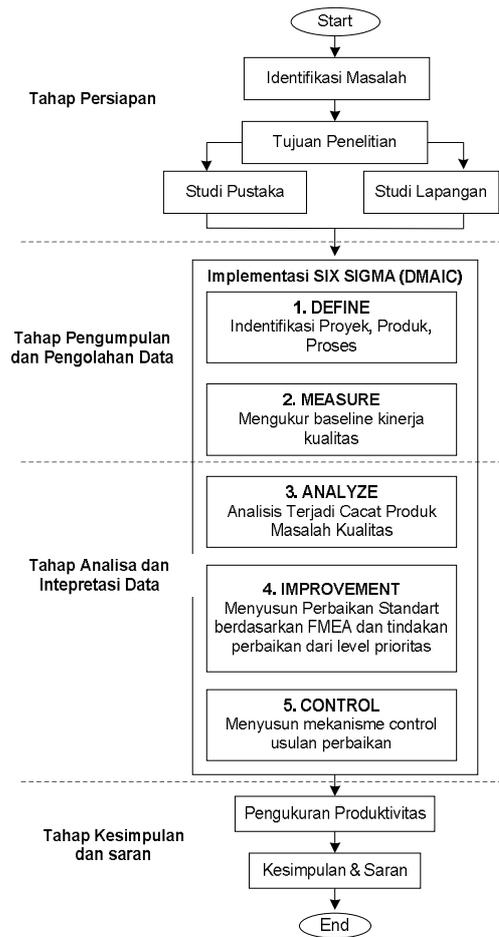
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, berdasarkan prosedur dan langkah-langkah dalam dalam siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*).

c. Tahap analisa dan interpretasi data

Pada bagian ini terdapat tahap *Analyze, Improve, dan Control*. Pada tahap *Analyze* akan mendefinisikan sumber-sumber menganalisa penyebab terjadinya masalah kualitas yang merupakan problem utama dari kurangnya indeks produktivitas

d. Tahap kesimpulan dan saran.

Tahap kesimpulan ini digunakan untuk menjawab permasalahan yang terjadi pada perusahaan yang diteliti berupa solusi peningkatan produktivitas dan saran untuk perbaikan kualitas produk.



Gambar 3. Flow Chart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut [13], pengukuran *baseline* kinerja kualitas pada produk *Element* dibagi menjadi 2 pengukuran, yaitu pengukuran data atribut dan pengukuran data variable.

Data yang digunakan merupakan data jumlah produksi, jumlah *defect* dan banyaknya *Critical To Quality* (CTQ) dari Department Quality Control.

Pengukuran *Baseline* Kinerja Data Atribut

Menurut [6] pengukuran *baseline* kinerja untuk data atribut dilakukan untuk menghitung DPMO dan nilai *sigma level* pada produk yang tidak memenuhi penilaian kualitas. Penilaian kualitas yang baik saat produk diproduksi tidak memiliki jenis cacat /*defect* yang dikhawatirkan oleh perusahaan. Perhitungan *baselined* dilakukan dengan menghitung jumlah cacat / *defect* data atribut yang ada pada produk *Element Bending, Bundling dan Element Assembly SET*. Jenis-jenis cacat pada data atribut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Defect* Pada Data Atribut pada Produk *Element Bending*

No	Defect Type	Produk Element	JENIS DEFECT	DESKRIPSI
1	A02	<i>Bending</i>	Crack	Celah yang muncul pada logam las atau logam dasar
2	A03	<i>Bending</i>	Incomplete Fusion	Kondisi di manalogam lastidakmenyatu
3	A04	<i>Bending</i>	Incomplete Penetrant	Kondisi di manalogam lastidak menembus
4	A05	<i>Bending</i>	Root Concavity	Permukaan hasil pengelasan yang cekung
5	A06	<i>Bending</i>	Root Undercut	Alur yang terpotong pada ujung hasil pengelasan
6	A07	<i>Bending</i>	Porosity	Lubangyang terbentuk olehgas
7	A08	<i>Bending</i>	Exces+sive	Lekuk pengelasan tidak rapi
8	A09	<i>Bending</i>	Tungsten Incomplete	Partikeltungsten yang melekat pada hasil pengelasan
9	A10	<i>Bundling</i>	Excessive	Lekuk pengelasan tidak rapi
10	A11	<i>Bundling</i>	Undercut	Cekungan pada material hasil dari pengelasan
11	A12	<i>Bundling</i>	Porosity	Lubangyang terbentuk olehgas
12	A13	<i>Assembly SET</i>	Crack	Celah yang muncul pada logam las atau logam dasar
13	A14	<i>Assembly SET</i>	Exceed	Hasil welding kurang
14	A15	<i>Assembly SET</i>	Gap	Celah pada protector terlalu lebar

Sumber : PT. XYZ

Tabel 3. Data Atribut Produk *Element Bending* Project Unit 2

No	Sample Unit Joint	DEFECT Type								Total Defect (Joint)	DPMO	Yield	Sigma Level
		A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09				
1	192	0	4	2	1	1	0	0	0	8	5208.33	99.48%	4.06
2	211	1	4	3	2	2	0	0	0	12	7109.00	99.29%	3.95
3	233	1	6	3	2	4	1	1	0	18	9656.65	99.03%	3.84
4	249	2	4	5	2	2	0	0	0	15	7530.12	99.25%	3.93
5	239	1	7	3	2	4	0	1	1	19	9937.24	99.01%	3.83

8	253	3	5	8	4	2	2	1	2	27	13339.92	98.67%	3.72
9	236	4	9	6	4	4	1	1	0	29	15360.17	98.46%	3.66
10	257	5	7	4	5	6	3	0	0	30	14591.44	98.54%	3.68
11	235	2	5	5	4	3	3	0	0	22	11702.13	98.83%	3.77
12	235	5	11	7	5	2	4	3	2	39	20744.68	97.93%	3.54
13	215	3	6	6	2	3	0	1	0	21	12209.30	98.78%	3.75
14	230	2	7	3	5	4	3	1	0	25	13586.96	98.64%	3.71
15	237	4	4	7	3	2	0	0	2	22	11603.38	98.84%	3.77
16	247	0	5	3	7	3	0	0	0	18	9109.31	99.09%	3.86
17	235	1	9	5	2	2	0	2	2	23	12234.04	98.78%	3.75
18	195	1	3	5	0	4	0	0	0	13	8333.33	99.17%	3.89
19	238	2	7	5	2	4	3	0	0	23	12079.83	98.79%	3.75
20	230	5	4	5	3	4	4	1	1	27	14673.91	98.53%	3.68
21	254	3	8	5	4	1	5	1	0	27	13287.40	98.67%	3.72
22	259	2	7	6	5	3	2	1	2	28	13513.51	98.65%	3.71
23	253	1	5	3	2	4	1	0	0	16	7905.14	99.21%	3.91
24	248	2	5	2	5	2	2	1	1	20	10080.65	98.99%	3.82
25	257	1	4	5	4	3	0	0	0	17	8268.48	99.17%	3.90
26	226	1	3	4	2	2	1	0	0	13	7190.27	99.28%	3.95
27	245	2	5	5	2	4	0	0	0	18	9183.67	99.08%	3.86
28	261	0	7	3	2	4	0	1	1	18	8620.69	99.14%	3.88
29	252	0	2	3	3	2	2	1	0	13	6448.41	99.36%	3.99
30	263	3	4	6	3	4	1	1	0	22	10456.27	98.95%	3.81
31	261	2	5	4	5	4	3	0	0	23	11015.33	98.90%	3.79
32	74	1	2	1	4	0	0	0	0	8	13513.51	98.65%	3.71
Σ	7020	60	164	132	96	89	41	18	14	614	10933.05	98.91%	3.79

Sumber : PT. XYZ

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan *database* kinerja *Element Bending* hasil untuk DPMO sebesar 10.933,05 artinya produk tersebut memiliki toleransi *defect* sebesar 10.933 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,79.

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan, data *baseline* kinerja *Element Bundling*, didapatkan hasil untuk DPMO sebesar 49.008,78, yang artinya produk tersebut memiliki toleransi *defect* sebesar

49.008,78 atau 49.009 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,15.

Berdasarkan table 5 menunjukkan, bahwa setelah menghitung *baseline* kinerja *Element Assembly*, didapatkan hasil untuk DPMO sebesar 22.040,20 artinya produk tersebut memiliki toleransi *defect* sebesar 22.040 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,51.

Tabel 4. Data Atribut Produk *Element Bundling* Project Unit 2

No	Sample Unit BDL	Total Welding Check	DEFECT Type			DEFECT Type	DEFECT Type	Yield	Sigma Level
			A10	A12	A12				
1	15	1200	95	97	31	223	61944.44	93.81%	3.04
2	16	1280	87	83	60	230	59895.83	94.01%	3.06
3	14	1120	51	38	27	116	34523.81	96.55%	3.32
4	14	1120	126	88	47	261	77678.57	92.23%	2.92
5	14	1120	114	84	43	241	71726.19	92.83%	2.96
6	18	1440	115	69	30	214	49537.04	95.05%	3.15
7	16	1280	121	41	48	210	54687.50	94.53%	3.10
8	15	1200	107	67	42	216	60000.00	94.00%	3.05
9	15	1200	97	61	24	182	50555.56	94.94%	3.14
10	18	1440	95	64	27	186	43055.56	95.69%	3.22
11	18	1440	82	63	20	165	38117.28	96.19%	3.27
12	15	1200	61	51	38	150	41574.07	95.84%	3.23
13	15	1200	82	38	15	135	37407.41	96.26%	3.28
14	16	1280	74	33	13	120	31163.19	96.88%	3.36
15	15	1200	62	32	11	105	29074.07	97.09%	3.39
Σ	234	18720	1369	909	476	2752	49008.78	95.10%	3.15

Sumber : PT. XYZ

Tabel 5. Data Atribut Produk *Element Assembly SET* Project Unit 2

No	Sample Unit BDL	Total Welding Check	DEFECT Type			Total Defect (P)	DPMO	Yield	Sigma Level
			A13	A14	A15				
1	14	2520	21	69	137	227	30026.46	97.00%	3.38
2	16	2880	34	39	100	173	20023.15	98.00%	3.55
3	17	3060	21	96	74	191	20806.10	97.92%	3.54
4	16	2880	29	62	77	168	19444.44	98.06%	3.57
5	15	2700	28	53	114	195	24074.07	97.59%	3.48
6	19	3420	25	63	124	212	20662.77	97.93%	3.54
7	20	3600	29	83	134	246	22777.78	97.72%	3.50
8	18	3240	27	63	118	208	21399.18	97.86%	3.53
9	18	3240	25	77	135	237	24382.72	97.56%	3.47
10	15	2700	22	85	103	210	25925.93	97.41%	3.44
11	18	3240	21	54	130	205	21090.53	97.89%	3.53
12	18	3240	27	64	135	226	23251.03	97.67%	3.49
13	20	3600	34	61	63	158	14629.63	98.54%	3.68
14	10	1800	24	51	54	129	23888.89	97.61%	3.48
Σ	234	42120	367	920	1498	2785	22040.20	97.80%	3.51

Sumber: PT.XY

Baseline Kualitas Data Variabel

Pada data variable, terdapat karakteristik-karakteristik kualitas output dari hasil sub-produk *Element Bending* dan *Element Assembly SET* yang telah ditentukan oleh PT. XYZ. Adapun jenis cacat/defect berdasarkan jenis data variable, yang ditunjukkan Tabel 6 antara lain:

Tabel 6. Defect Data Variabel Produk *Element*

No	JENIS DEFECT	DESKRIPSI
1	Ovality (Bending)	Tidak sesuai dengan range spesifikasi
2	Thicknees (Assembly SET)	Tidak sesuai dengan range spesifikasi
3	Adhesiveness (Assembly SET)	Tidak sesuai dengan range spesifikasi

Sumber : PT. XYZ

Berikut merupakan hasil perhitungan *baseline* kinerja kualitas tersebut :

a. Ovality

Pada proses ini karakteristik kualitasnya adalah *Ovality* hasil dari proses *bending*. Diketahui diameter *tube* adalah 63,5 mm dan radius bending adalah 127 mm, dan 82 mm. Untuk toleransi radius bending 127 adalah 5,95% dan untuk radius bending 82 adalah 8%, adapun hasil perhitungan dengan menggunakan Persamaan 5, 6, 7, dan 10 sebagai berikut :

- Rata-rata sample :

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}, \quad \bar{x} = \frac{3,28+1,24}{2} = 2,26$$

- Range
 $R = \text{Absolute } (X_2 - X_1)$, $R = \text{Absolute } (1,24 - 3,28) = 2,03$

- Standar Deviasi (s) , untuk n=2, maka nilai $d_2=1,128$

$$s = \frac{R}{d_2}, \quad s = \frac{2,03}{1,128}, \quad s = 1,80$$

- DPMO

Diketahui: USL=5,95%, $\bar{x}=2,90\%$.

$$\text{DPMO} = P\left\{z \geq \frac{\text{absolute } (\text{USL} - \bar{x})}{s}\right\} \times 1000000$$

$$= P\left\{z \geq \frac{\text{absolute } (5,95 - 2,26)}{1,80}\right\} \times 1000000$$

$$= P\{z \geq 2,05\} \times 1000000$$

$$= \{1 - P(z \leq 2,05)\} \times 1000000$$

$$= \{1 - (0,5 + 0,4798)\} \times 1000000$$

$$= 20.200$$

- Sigma Level dihitung sebagai berikut :

$$\text{Sigma} = \text{NORMSINV}((1000000 - \text{DPMO})/1000000) + 1,5$$

$$= \text{NORMSINV}((1000000 - 20200,00)/1000000) + 1,5 = 3,55$$

- i. Pada kapabilitas sigma dan DPMO *Ovality* radius bending 127 didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 4.988,00, yang artinya CTQ *Ovality* memiliki toleransi defect sebesar 4.988 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 4.48.

ii. Pada kapabilitas sigma dan DPMO Ovality radius bending 82 didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 26.524,00 artinya CTQ Ovality memiliki toleransi *defect* sebesar 26.524 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,88.

b. Thickness

Pada proses *Thickness* diketahui bahwa rekomendasi ketebalan untuk pengecatan adalah 70 mikro dengan batas minimal 62 mikro. Hasil perhitungan untuk baseline kinerja *Thickness* adalah pada kapabilitas sigma dan DPMO *Thickness* didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 19.453,33 artinya CTQ *Thickness* memiliki toleransi *defect* sebesar 19.453 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 4,12.

c. Adhesiveness

Pada proses *Adhesiveness* diketahui bahwa rekomendasi daya kerekatan pada hasil pengecatan adalah 90% dengan batas minimal 75%. Hasil perhitungan untuk baseline kinerja *Adhesiveness* adalah pada kapabilitas sigma dan DPMO *Adhesiveness* didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 95.226,67 artinya CTQ *Adhesiveness* memiliki toleransi *defect* sebesar 95.227 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,15.

Perbaikan Kualitas

Penghematan biaya-biaya yang dikeluarkan akibat dari tindakan perbaikan, penyusunan prioritas sangat diperlukan. Rekomendasi usulan dapat diimplementasikan dan direkomendasikan sebagai acuan standar kerja adalah sebagai berikut :

a. Melakukan *test* terhadap *welder* dengan kondisi buruk, dengan kondisi, melakukan *welding* untuk 40 *butt joint*, dan jumlah *defect* tidak boleh melebihi 10%.

- b. Jika tidak lolos, *welder* akan *training* ulang di *Welding School*, diganti (*job switching*) dengan *welder* dari bagian *welding repair*, atau dirumahkan untuk sementara, selanjutnya kemudian dilakukan test ulang.
- c. Jika lolos, selanjutnya dilakukan *ret-test* kedua dilakukan dengan 20 *butt joint*, dengan umlah *defect* tidak boleh lebih dari 5%.
- d. Sebaiknya dibuatkan *mock up* agar *welder* dapat dengan mudah mengerti hasil *welding* yang baik hanya dengan bantuan visual (melihat).
- e. Standar penerimaan *Fitter* dan *Welder* harus diperjelas dan diperketat.
- f. Melakukan penjadwalan audit secara berkala dan *continue*.
- g. Pemilihan penggunaan mesin dalam proses perlakuan material sebaiknya dilakukan uji coba (*trial*) beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang baik.
- h. Pemilihan bahan campuran cat sebaiknya dilakukan sesuai dengan spesifikasi cat dan material. Perlu dilakukan *trial* setidaknya beberapa tahap untuk melihat konsistensi bahan cat, mesin spray dan operator.

SIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan analisa data sebagai berikut :

1. *Baseline* Kinerja dan Kapabilitas *Sigma* Data Atribut Produk *Element Bending* didapatkan hasil untuk DPMO sebesar 10.933,05 artinya produk tersebut memiliki toleransi *defect* sebesar 10.933 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,79 dan *baseline* kinerja *Element Bundling* didapatkan hasil untuk DPMO sebesar 49.008,78 artinya produk tersebut memiliki toleransi *defect* sebesar 49.009 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,15 serta *baseline* kinerja *Element Assembly* didapatkan hasil untuk DPMO sebesar 22.040,20 artinya produk tersebut

memiliki toleransi *defect* sebesar 22.040 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,51.

2. Pada data variable, terdapat karakteristik-karakteristik kualitas output dari hasil sub-produk *Element Bending* dan *Element Assembly SET* yang telah ditentukan oleh PT. XYZ. Adapun jenis cacat / *defect* berdasarkan jenis data variable antara lain : *Variabel Ovality* adalah mempunyaikapabilitas sigma dan DPMO *Ovality* radius bending 127 didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 4.988,00 artinya CTQ *Ovality* memiliki toleransi *defect* sebesar 4.988 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 4,48 dan *Variabel Thickness* adalah mempunyaikapabilitas sigma dan DPMO *Thickness* didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 19.453,33 artinya CTQ *Thickness* memiliki toleransi *defect* sebesar 19.453 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 4,12 serta *Variabel Adhesiveness* adalah mempunyai kapabilitas sigma dan DPMO *Adhesiveness* didapatkan rata-rata DPMO untuk sample yang diambil sebesar 95.226,67 artinya CTQ *Adhesiveness* memiliki toleransi *defect* sebesar 95.227 unit per 1.000.000 unit produk dalam waktu 4 minggu pengerjaan. Sehingga *sigma level* yang didapatkan sebesar 3,15.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Steingress, F.M., Frost, H.J. and Walker, D. R. *High Pressure Boilers, 3rd Edition*, American Technical Publishers. 2003.
- [2] Gasperz, V. *Manajemen Produktivitas Total, Strategi Peningkatan Produktivitas Bisnis Global*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 2000.
- [3] Summant. D. J. *Productivity Engineering and Management*. United State of America: McGraw-Hill Book Company. 1984.
- [4] Kume, H., *Statistical Methods for Quality Improvement*, Penerbit PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Edisi Pertama, Jakarta. 1989.
- [5] Gaspersz, V. *Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. 2003.
- [6] Wiharja, Susanto, J. P., *Peningkatan Efisiensi Pembakaran Pada Boiler Melalui Penerapan Produksi Bersih*, Jurnal Teknik Lingkungan, ISSN 1441-318X, Jakarta Juli, 2008.
- [7] Pande, P., *The Six Sigma Way – Bagaimana GE Motorola, dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Andi Yogyakarta. 2002.
- [8] Pysdek, T., *The Sigma Handbook*, Edisi Pertama, Penerbit Salemba Empat, Jakarta. 2002.
- [9] Montgomery, D.C., *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 1990.
- [10] Gaspersz, V., *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO : 2000, MBNQA dan HACCP*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 2002.
- [11] Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S., "An evaluation of TPM initiatives in Indian industry for enhanced manufacturing performance". *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(2), 147-72. 2008.
- [12] Sharma, R.K., Kumar, P., and Kumar, D., "Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis", *Industrial Management and Data System*, vol. 106, no. 2, pp. 256-280. 2006.
- [13] Shafera, S.M., Moellerb, S.B., "The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation", *Journal of Operations Management* 30, pp. 521-532, 2012.