

Analisis *Six Sigma* pada Produk *Casing* Pompa sebagai Metode Perbaikan Kualitas (Studi Kasus: Pt. Zenith Allmart Precisindo)

Hafiedza P. Rakasiwi dan Haryono

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: haryono@statistika.its.ac.id

Abstrak—Pada Februari 2014, produk baja terbanyak yang diproduksi PT. Zenith Allmart Precisindo (ZAP) adalah *casing* pompa dengan *reject* sebesar 3,35%, padahal target maksimal *reject* 2% per bulan, ada *gap* sebesar 1,35%. Analisis DMAIC *Six Sigma* dilaksanakan untuk mengurangi persentase *reject*. Pada *define*, ditentukan *project charter*, peta proses produksi, dan *SIPOC diagram*. Dari *SIPOC diagram* ditentukan 10 CTQ. Pada fase *measure* dilakukan *attribute agreement analysis* untuk QC, hasilnya adalah *repeability* dan *reproducibility* sistem pengukuran sudah baik. Setelah produksi diamati sebulan, dilakukan analisis kapabilitas dan *sigma* proses yang menunjukkan bahwa saat ini perusahaan berada pada level 3,925 *sigma* dan *dipping* adalah proses dengan level *sigma* terendah. *Defect* terbanyak di *dipping* adalah bocor. Hasil *two-way ANOVA* menunjukkan *shift* dan tim tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap proporsi *reject* karena bocor. Dari FMEA diketahui penyebab bocor paling potensial adalah cetakan keramik kurang tebal dan pelapisan cetakan keramik tidak merata ketebalannya. Rekomendasi kepada perusahaan adalah mengecek *viscosity slurry* dan ketebalan setiap *layer* pasir, *maintenance* mesin *mixer* secara rutin, mengadakan *training ISO 9001:2008*, melakukan sosialisasi proyek *Six Sigma*, dan memperbaiki robot di area *dipping* yang sedang rusak. Perusahaan mengimplementasikan pemeriksaan *viscosity slurry*, level *sigma* area *dipping* menjadi 3,878 *sigma*. Ada peningkatan level *sigma* sebesar 0,191 pada area ini.

Kata Kunci—*casing* pompa, DMAIC, level *sigma*, *reject*.

I. PENDAHULUAN

SALAH satu perusahaan manufaktur baja di Sidoarjo adalah PT. ZAP. Perusahaan ini memproduksi berbagai *sparepart* kendaraan, pompa air, kaliber, dan sebagainya [1].

Masalah yang sering terjadi adalah banyaknya produk *reject*. Pada Februari 2014, diketahui bahwa produk terbanyak yang diproduksi adalah *casing* pompa (34,57%) dengan persentase *reject* 3,35%, padahal target produk *reject* sebesar 2% per bulan [2]. Ada *gap* sebesar 1,35%. PT. ZAP berkomitmen untuk menjadi perusahaan terbaik, sehingga persentase *reject* harus dikurangi menjadi dibawah 2%. Penelitian dengan metode *Six Sigma* dan Kaizen untuk pengendalian dan perbaikan kualitas produk pakaian Dadung, menunjukkan DPMO 4.509,384. Perusahaan berada pada level 4,11 *sigma*. *Critical to quality* (CTQ) yang paling banyak menimbulkan cacat yaitu Dek (20,76%). Penyebab utamanya adalah faktor

manusia. Berdasarkan implementasi Kaizen, kebijakan yang dilakukan adalah pengawasan lebih ketat di segala bidang [3].

Peneliti mengamati banyaknya *reject* yang terjadi di PT. ZAP. Dengan metode *Six Sigma* untuk untuk data atribut, ditentukan level *sigma* saat ini, dicari penyebab dari *defect* terbanyak, sehingga diperoleh saran perbaikan proses untuk PT. ZAP, kemudian diamati kembali prosesnya. Sehingga jumlah *reject* akan berkurang dan level *sigma* meningkat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Statistika Deskriptif

Metode yang berkaitan dengan pengelolaan, *summarizing*, dan penyajian data pada tabel, grafik, & diagram disebut statistika deskriptif. Dalam statistika deskriptif, ada ukuran pemusatan data (*mean*, median, modus) dan ukuran penyebaran data (*variance*, *standard deviation*, *interquartile range*) [4].

B. Six Sigma

Six sigma adalah level kinerja proses yang memproduksi 3,4 produk cacat dalam 1 juta produk. Model umumnya yaitu *define, measure, analyze, improve, & control* (DMAIC) [5].

Di fase *define*, didefinisikan permasalahan, konsumen & CTQ, pemetaan proses, lingkup penelitian, & membuat *project charter*. CTQ didapatkan dari *voice of customer* (VOC) pada *supplier, input, process, output, and customer* (SIPOC) [6].

Pada fase *measure* dilakukan *measurement system analysis* (MSA), mengumpulkan data, membuat *capability analysis*, & analisis *sigma* proses. Pada MSA diukur *repeatability* (variasi karena *gauge*/alat ukur) dan *reproducibility* (variasi karena karyawan yang berbeda) [7].

Jika dari penilaian QC/*appraiser* dihasilkan data atribut, digunakan *attribute agreement analysis* [8]. Beberapa QC menginspeksi kondisi (*reject* atau *good*) beberapa bagian dari suatu produk. Inspeksi dilakukan berulang-ulang pada produk yang sama. Hasil dari inspeksi masing-masing saling bandingkan (*reproducibility*), dan dibandingkan dengan penilaiannya sendiri dalam beberapa kali pengulangannya (*repeatability*) [7].

Kappa (κ) adalah ukuran untuk kesepakatan/pengelompokan penilaian dengan harapannya [9].

$$\hat{\kappa}_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}(m - x_{ij})}{nm(m-1)\bar{p}_j\bar{q}_j} \quad (1)$$

dengan
$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = m \quad (2)$$

dimana:

x_{ij} : banyaknya penilaian di titik pengamatan ke- i ($i=1,2,\dots,n$) yang dikelompokkan ke dalam kategori ke- j ($j=1,2,\dots,k$)

m : banyaknya penilaian tiap titik pengamatan

n : banyaknya titik pengamatan

\bar{p}_j : proporsi banyaknya penilaian secara keseluruhan yang dikelompokkan ke dalam kategori j ($\bar{p}_j = 1 - \bar{q}_j$)

Jika $\kappa < 0,7$, sistem penilaian perlu perbaikan dan jika $\kappa > 0,9$, sistem penilaian baik [9]. Hipotesis alternatifnya yaitu pengelompokan penilaian sesuai ($\kappa_j > 0$), dengan statistik uji:

$$Z = \frac{\hat{\kappa}_j}{se_o(\hat{\kappa}_j)} = \frac{\hat{\kappa}_j}{\sqrt{\frac{2}{nm(m-1)}}} \quad (3)$$

Tolak H_0 jika $Z > Z_{\alpha}$.

Ukuran kapabilitas data atribut yaitu sebagai berikut,

$$Equivalent P_{PK}^{\%} = \frac{Equivalent Z_{MIN.LT}}{3} = \frac{Z(\bar{p})}{3} \quad (4)$$

$$ppm_{TOTAL.LT} = p \times 10^6 \quad (5)$$

dimana p ialah proporsi *reject* tiap subgroup dan $Z(\bar{p})$ adalah *inverse cumulative distribution function (invcdf)* distribusi normal standar dengan peluang \bar{p} . Semakin kecil *Equivalent P_{PK}[%]* berarti kondisi buruk untuk kapabilitas proses [10].

Level sigma dicari menggunakan rumus berikut [11],

$$Level\ sigma = Z \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (6)$$

dengan
$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (7)$$

$$DPO = \frac{jumlah\ produk\ reject}{jumlah\ produk\ yang\ diamati \times DO} \quad (8)$$

dimana DO (*defect opportunities*) adalah CTQ.

Di fase *analyze*, diterapkan alat analisis dalam bentuk grafik (*Pareto chart* dan *fishbone diagram*) dan identifikasi sumber *variance* [5], serta dilihat peta kendali prosesnya (peta kendali p). Estimasi rata-rata proses peta kendali p sebagai berikut.

$$\hat{p}_i = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (9)$$

dimana np ialah jumlah produk *reject* tiap subgroup dan n ialah ukuran subgroup. Jika ukuran subgroup berbeda, maka batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) pada peta p juga berbeda-beda pada setiap subgroup [12].

$$LCL_i = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (10)$$

$$UCL_i = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (11)$$

Analysis of variance (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh level faktor terhadap respon. Hipotesis yang digunakan (misal faktor A) sebagai berikut.

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, a$$

Statistik uji:

$$F_0 = \frac{Mean\ Square_A}{Mean\ Square_{Error}} \quad (12)$$

Tolak H_0 jika $F_0 > F_{\alpha, a-1, ab(n-1)}$.

Pada ANOVA, ada asumsi *error* yang harus dipenuhi yaitu identik, independen, dan berdistribusi normal ($0, \sigma^2$). Pengecekan asumsi residual dilihat dari plot residualnya [13].

Di fase *improve*, dibuat solusi umum & khusus, peta perencanaan, memperbarui *failure mode and effect analysis* (FMEA), dan melakukan analisis biaya. FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial proses sebelum terjadi dengan menghilangkan atau meminimalkan risikonya. Digunakan kriteria *occurrence*/kemungkinan terjadi (O), *detectability*/pendeteksian (D), dan *severity*/tingkat efek (S) untuk mendapatkan nilai *risk priority number* (RPN).

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

Rentang skala penilaian untuk ketiga kriteria adalah 1,2,...,10. Nilai 10 di setiap kriteria menunjukkan penyebab potensial sering terjadi, efek yang ditimbulkan besar, dan sulit dideteksi. Perbaikan proses fokus pada RPN terbesar [14]. Di fase ini juga diimplementasikan rekomendasi yang diberikan peneliti.

Di fase *control*, dilakukan pengembangan strategi pengendalian, rencana pengendalian, dan rencana pelatihan. Selain itu juga dibuat peta kendali p , level sigma baru, dan usulan perubahan *standard operational procedure* (SOP) [5].

III. METODOLOGI PENELITIAN

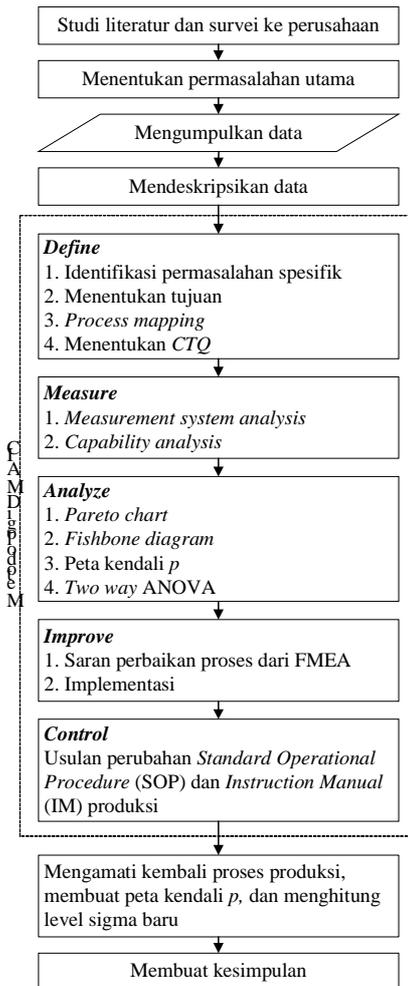
A. Data Penelitian

Data primer yang digunakan yaitu hasil inspeksi visual *casing* pompa oleh QC yang diambil pada 21 April 2014 dan data jumlah produk *casing* pompa produksi 22 April 2014 – 21 Mei 2014 yang *reject* berdasarkan variabel CTQ.

Variabel yang diteliti pertama adalah data atribut hasil inspeksi visual 3 produk *casing* pompa dengan masing-masing 10 titik pengamatan oleh 4 QC sebanyak 3 kali. Variabel kedua adalah data atribut jumlah produk *reject* berdasarkan CTQ, yaitu bocor, *cold shut*, inklusi keramik, kurang cairan, patah terbentur, patah tidak kuat, *porosity*, keramik jatuh, salah komposisi kimia, dan penetrasi logam.

B. Flowchart Penelitian

Langkah penelitian disajikan dalam *flowchart* di Gambar 1.



Gambar. 1. Flowchart penelitian

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Produk

Pada Februari 2014, produk yang paling banyak diproduksi adalah casing pompa, yaitu 3.280 unit dari 9.487 total produk (34,57%). Persentase reject produk casing pompa sebesar 3,35% padahal target reject per bulan sebesar 2%. Penelitian ini fokus pada produk casing pompa.

B. Analisis Six Sigma

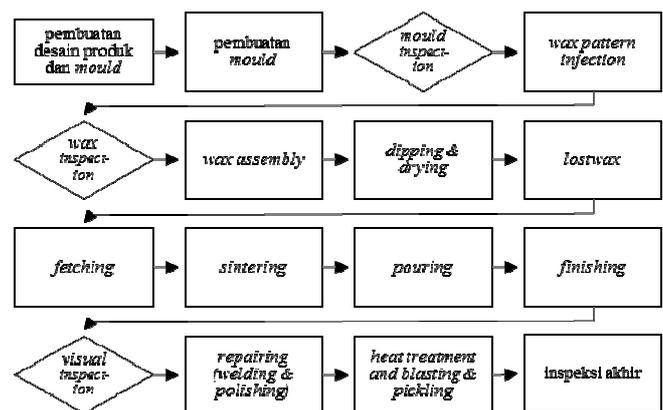
Pada fase define dilakukan pembuatan project charter, peta proses, dan menentukan CTQ. Project charter disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya adalah membuat peta proses produksi yang ditunjukkan pada Gambar 2. SIPOC diagram untuk menentukan CTQ ditunjukkan pada Gambar 3. QC menentukan CTQ, yaitu: bocor, cold shut, inklusi keramik, kurang cairan, patah terbentur, patah tidak kuat, porosity, keramik jatuh, salah komposisi kimia, dan penetrasi logam.

Pada fase measure dilakukan attribute agreement analysis. Empat QC (Basuki, Suwito, Tantowi, & Totok) melakukan inspeksi visual 30 titik pengamatan pada 3 casing pompa. Semua QC memberikan penilaian good (0) atau reject (1) secara bergantian & dengan pengulangan 3 kali.

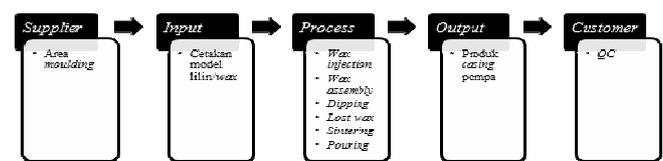
Tabel 1.

Project charter analisis Six Sigma

Informasi Penelitian dan Tim Peneliti			
Institusi	: Jurusan Statistika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	Nama penelitian	: Analisis Six Sigma pada Produk Casing Pompa sebagai Metode Perbaikan Kualitas (Studi Kasus: PT. Zenith Allmart Precisindo)
Mulai	: 1 Maret 2014	Peneliti	: Hafiedza Pradana R
Selesai	: 8 Juli 2014	Inspektor	: Diksa Christyan H.A.
		Pembimbing	: Drs. Haryono, MSIE
Permasalahan	Tujuan dan Lingkup Penelitian		
Selama bulan Februari 2014, jumlah produk casing pompa yang reject adalah sebesar 3,35% atau jika dikonversikan ke level sigma menjadi 3,33 sigma. Padahal perusahaan menetapkan target maksimal reject produk casing pompa adalah 2% per bulan (3,55 sigma). Hal ini mengindikasikan adanya gap sebesar 1,35%.	Tujuan penelitian ini adalah menentukan level sigma produk casing pompa saat ini setelah melakukan MSA, kemudian menentukan hal-hal yang mempengaruhi defect produk. Setelah itu penelitian ini akan memberikan saran perbaikan proses ke perusahaan untuk mengurangi jumlah casing pompa reject supaya dibawah target 2%. Lingkup penelitian ini adalah pada kualitas produk, dan tidak menghitung biaya produksi.		



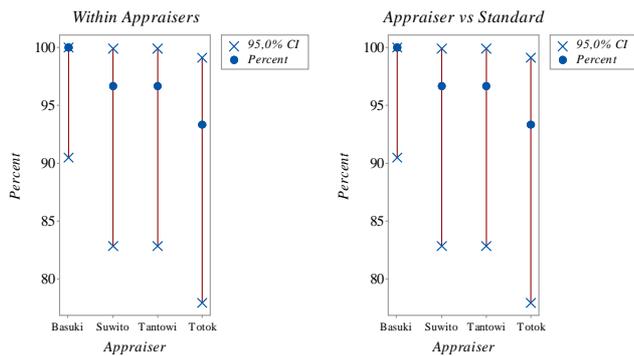
Gambar. 2. Peta proses produksi



Gambar. 3. SIPOC diagram

Seorang inspektor perusahaan telah menyiapkan kunci jawaban (known standard) untuk setiap titik pengamatan. Gambar 4 merupakan hasil analisis attribute agreement analysis. Pada bagian within appraisers, hasil inspeksi Basuki paling konsisten dari 3 kali pengulangan, diikuti Suwito, Tantowi dan Totok. Grafik ketepatan hasil inspeksi QC terhadap known standard, menunjukkan hasil inspeksi Basuki 100% sama dengan known standard, sedangkan Suwito dan Tantowi 96,7%, & ketepatan Totok terendah dibandingkan ketiga QC lainnya.

Pada Tabel 2, nilai κ Basuki untuk respon good & respon reject masing-masing 1,00. Ini menunjukkan konsistensi sempurna & sistem penilaian sudah baik.



Gambar. 4. Grafik assessment agreement

Sedangkan nilai κ untuk respon 0 dan 1 terendah adalah Totok (0,90 dan 0,90), namun dikatakan sudah konsisten sempurna dan sistem penilaian sudah baik. Jadi tidak perlu mendapatkan pelatihan inspeksi visual produk.

Tabel 2.

Hasil attribute agreement analysis (within appraiser)

Nama QC	Respon	κ	Standard Error κ	Z
Basuki	0	1,00	0,10	9,49
	1	1,00	0,10	9,49
Suwito	0	0,95	0,10	9,02
	1	0,95	0,10	9,02
Tantowi	0	0,95	0,10	8,99
	1	0,95	0,10	8,99
Totok	0	0,90	0,10	8,57
	1	0,90	0,10	8,57

Untuk Basuki respon *good* dengan hipotesis alternatif: $\kappa_0 > 0$ (pengelompokan hasil inspeksi Basuki untuk respon *good* setiap kali pengulangan sesuai), didapatkan $Z > Z_{0,05} = 1,65$ maka tolak H_0 . Analisis serupa untuk QC lain dengan respon masing-masing, sehingga disimpulkan bahwa pengelompokan hasil inspeksi masing-masing respon setiap kali pengulangan yang dilakukan oleh setiap QC telah sesuai. Ini menunjukkan *repeatability* sistem pengukuran sudah bagus.

Bagian *Between Appraisers* mengukur *reproducibility*.

Tabel 3.

Hasil attribute agreement analysis (between appraisers)

Respon	κ	Standard Error κ	Z
0	0,94	0,02	41,83
1	0,94	0,02	41,83

Nilai $\kappa = 0,94$ menunjukkan sistem pengukuran sudah konsisten sempurna & sudah baik. Nilai $Z = 41,83 > Z_{0,05} = 1,65$ maka tolak H_0 , jadi pengelompokan hasil inspeksi untuk respon *good* dan respon *reject* oleh semua QC telah sesuai. Ini berarti *reproducibility* sistem pengukuran sudah bagus.

Berdasarkan kedua hasil analisis tersebut, diketahui *repeatability* dan *reproducibility* sistem pengukuran sudah bagus. Semua QC dianggap telah ahli dalam inspeksi visual produk *casing* pompa. Dengan demikian, data hasil inspeksi visual oleh QC selanjutnya dapat dijamin kevalidannya.

Ada 3 area produksi yang dilakukan analisis kapabilitas & sigma proses, yaitu *assembly*, *dipping*, & *pouring*. Di ketiga area ini sering dijumpai produk *reject*. CTQ yang penyebabnya berasal dari area *assembly* adalah patah tidak kuat, sedangkan yang berasal dari area *dipping* adalah bocor, inklusi keramik, dan penetrasi logam. CTQ yang penyebabnya berasal dari area

pouring adalah *cold shut*, kurang cairan, patah terbentur, *porosity*, keramik terjatuh, dan salah komposisi kimia.

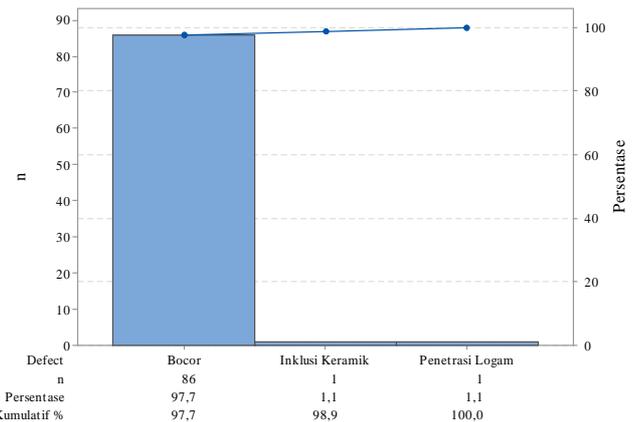
Tabel 4.

Analisis kapabilitas dan sigma proses produksi *casing* pompa

Proses	Equivalent $P_{PK}^{\%}$	$ppm_{TOTALLT}$	DO	DPO	DPMO	Level Sigma
Assembly	0,724	14.884,3	1	$4,4 \times 10^{-3}$	4.413,9	4,119
Dipping	0,551	49.028,8	3	$14,4 \times 10^{-3}$	14.386,1	3,687
Pouring	0,398	116.079,0	6	$4,8 \times 10^{-3}$	4.822,6	4,088
Overall	0,305	179.992,1	10	$7,6 \times 10^{-3}$	7.650,8	3,925

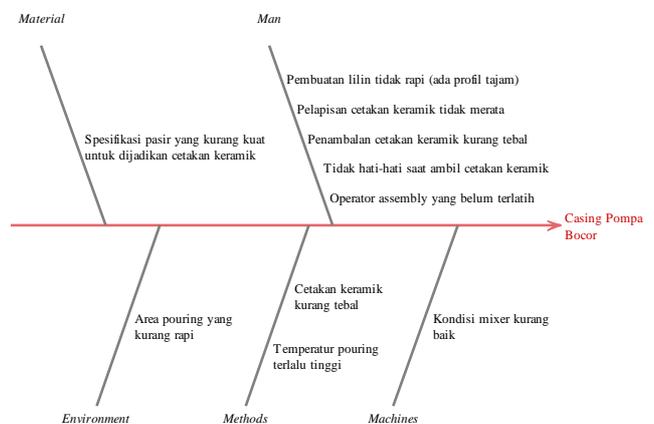
Pada Tabel 4, secara *overall*, Equivalent $P_{PK}^{\%}$ sebesar 0,305 & $ppm_{TOTALLT}$ 179.992,1. Artinya kapabilitas proses produksi *casing* pompa cukup rendah. Level sigmanya sebesar 3,925 sigma dengan DPMO sebesar 7.650,8 yang artinya dari 1 juta produk ada 7.650 produk *reject*. Proses *assembly* paling kapabel karena memiliki Equivalent $P_{PK}^{\%}$ terbesar (0,724) & *reject* yang disebabkan pada area ini paling sedikit. Pada area *assembly* level sigmanya 4,119 sigma. Level sigma terendah adalah pada area *dipping* (3,687 sigma), dari 1 juta produk *casing* pompa, ditemukan 14.386 produk *reject*. Maka permasalahan difokuskan lagi pada area *dipping*.

Pada fase *analyze*, dibuat *Pareto chart* dari CTQ di *dipping*.



Gambar. 5. Pareto chart yang disebabkan pada dipping

Sebanyak 97,7% *defect* adalah bocor, maka *defect* jenis ini dianalisis lebih lanjut dengan *fishbone diagram* dan *two-way ANOVA*. Hanya 70% *defect* terbanyak menjadi fokus masalah.

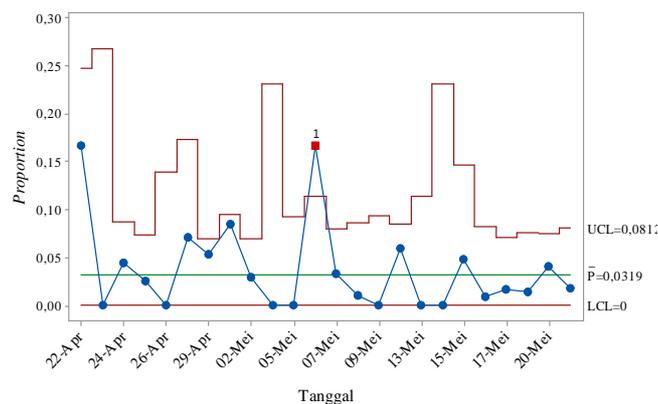


Gambar. 6. Fishbone diagram penyebab bocor

Gambar 6 menjelaskan penyebab bocor berdasarkan *brain-*

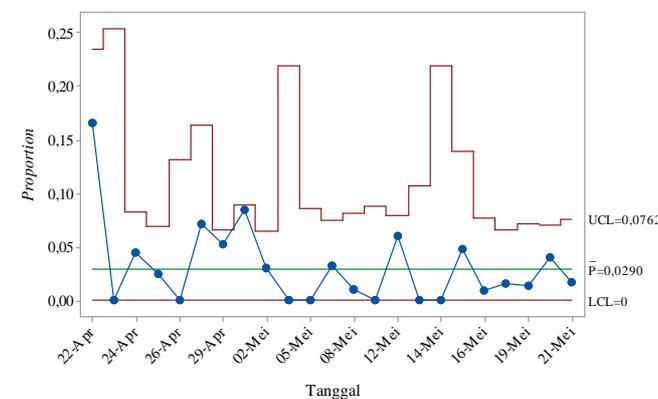
storming dengan inspektur. Dari beberapa penyebab bocor, penyebab utamanya adalah faktor *methods*, yaitu cetakan keramik kurang tebal dan faktor *man*, yaitu pelapisan cetakan keramik tidak merata ketebalannya.

Gambar 7 adalah peta kendali *p* proses *dipping* untuk *defect* bocor. Proses produksi di *dipping* belum terkendali karena ada 1 titik *out of control*, yaitu pada 6 Mei 2014. Pada tanggal tersebut, 7 dari 42 *casing* pompa *reject* karena bocor. Penyebabnya adalah pembuatan cetakan keramik belum sempurna, terutama oleh tim A pada *shift* I. Dari 6 *casing* pompa yang dibuat, semuanya bocor. Sedangkan 1 *casing* pompa yang bocor di buat oleh tim B pada *shift* II. Penyebab peta kendali yang tidak terkendali ini diatasi kemudian dibuat peta kendali baru.



Gambar 7. Peta kendali *p* proses *dipping*

Seandainya permasalahan telah diatasi, lalu diamati kembali prosesnya dan dibuat peta kendali *p* yang baru, maka proses produksi diharapkan telah stabil / terkendali (Gambar 8).



Gambar 8. Peta kendali *p* proses *dipping* (revisi)

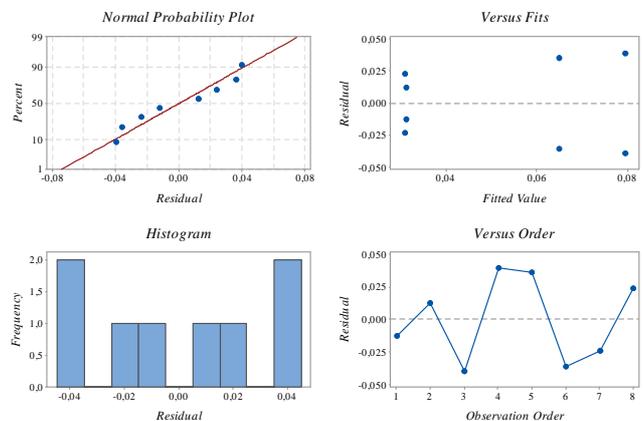
Untuk mengetahui pengaruh *shift* dan tim yang berbeda terhadap proporsi *casing* pompa yang *reject*, maka dilakukan *two-way ANOVA*.

Tabel 5. Hasil perhitungan *two-way ANOVA*

Sumber variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F ₀
Shift	1,13×10 ⁻⁴	1	1,13×10 ⁻⁴	0,06
Tim	1,04×10 ⁻⁴	1	1,04×10 ⁻⁴	0,06
Interaksi Shift & Tim	34,14×10 ⁻⁴	1	34,14×10 ⁻⁴	1,93
Error	70,85×10 ⁻⁴	4	17,71×10 ⁻⁴	
Total	107,16×10 ⁻⁴	7		

Respon pada *two-way ANOVA* ini yaitu rata-rata proporsi

casing pompa yang *reject* karena bocor pada April & Mei. *F*₀ *shift* 0,06 < *F*_{0,05;1;4} = 7,709, gagal tolak *H*₀, jadi *shift* I & *shift* II tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap proporsi produk *casing* pompa *reject* karena bocor. Maka disimpulkan bahwa *shift*, tim dan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh berbeda terhadap *casing* pompa yang *reject*.



Gambar 9. Residual plot

Tabel 6.

FMEA untuk *defect* jenis bocor

CTQ	Efek Kegagalan Potensial	Modus Kegagalan Potensial	Penyebab Potensial	Nilai			RPN	Reko-mendasi
				O	S	D		
Bocor	Casing pompa tidak terbentuk sempurna karena cetakan keramik bocor, sehingga tidak lanjut ke proses finishing dan dilebur kembali	Lokasi produksi tidak rapi	Area pouring yang kurang rapi	2	1	2	4	Menjalankan Kaizen 5-S Plan
		Mesin bekerja kurang maksimal	Kondisi mixer kurang baik	7	8	5	280	Melakukan preventive maintenance
			Pembuatan lilin tidak rapi (ada profil lilin tajam)	6	7	4	168	Training operator
			Pelapisan cetakan keramik tidak merata	9	9	10	810	Training operator
			Penambalan cetakan keramik kurang tebal	5	6	8	240	Training operator
			Tidak hati-hati saat ambil cetakan keramik dari mesin sinter sehingga terbentuk	8	5	7	280	Training operator dan menambah fasilitas di area pouring
			Operator assembly yang belum terlatih	4	2	6	48	Training operator
			Spesifikasi pasir yang kurang kuat untuk dijadikan cetakan keramik	1	4	1	4	Melakukan inspeksi saat pene-rimaan consum-able material
	Mutu bahan baku kurang bagus							
	Instruction Manual (IM) kurang sesuai	Cetakan keramik kurang tebal	10	10	9	900	Melakukan trial dan membuat standar baru	
		Temperatur pouring terlalu tinggi	3	3	3	27	Melakukan trial dan membuat standar baru	

Asumsi residual di ANOVA ialah identik, independen, dan berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$. Pada *Normal Probability Plot* di Gambar 9, residual berada di sekitar garis lurus merah, maka residual berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$. Di plot *Versus Order*, residual menyebar, jadi asumsi independen terpenuhi. Residual pada plot *Versus Fits*, tidak membentuk pola corong, asumsi identik terpenuhi. Jadi asumsi residual IIDN $(0, \sigma^2)$ terpenuhi & analisis *two-way ANOVA* telah baik.

Di fase *improve*, dibuat FMEA pada Tabel 6. Inspektor memberikan skor O, S, dan D. Dari RPN diketahui penyebab bocor paling potensial ialah cetakan keramik kurang tebal & pelapisan cetakan keramik tidak merata. Rekomendasi yang disarankan ialah membuat *trial* & standar baru (pemeriksaan *viscosity*/kekentalan cairan *slurry* & menentukan ketebalan setiap *layer*/lapisan cetakan keramik pasir), *training* operator ISO 9001:2008, melakukan sosialisasi proyek *Six Sigma* ke semua karyawan, dan memperbaiki robot di area *dipping* yang sedang rusak, sebab robot ini sangat membantu dalam melapisi *wax* produk dengan pasir keramik yang merata. Dengan demikian jumlah cetakan keramik yang bocor karena lapisan pasirmnya tidak rata ketebalannya bisa diminimalisir.

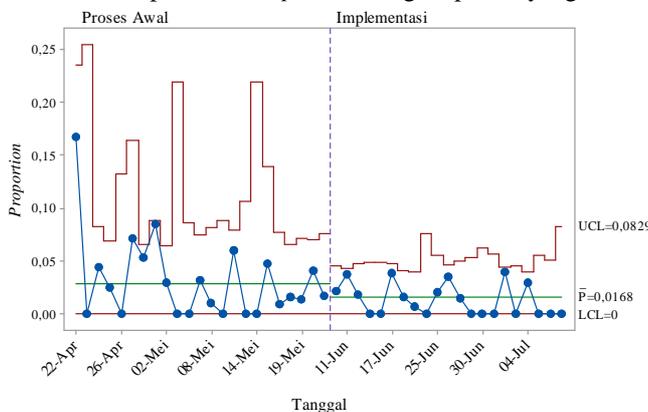
Perusahaan menerapkan satu rekomendasi yang disarankan yaitu pemeriksaan *viscosity* cairan *slurry* dengan viscometer yang dilakukan mulai tanggal 9 Juni 2014.

Supaya seluruh karyawan melaksanakan rekomendasi yang diberikan, maka rekomendasi-rekomendasi penelitian ini dimasukkan ke dalam SOP dan IM di Tabel 8.

Tabel 7.

Usulan perubahan SOP dan IM		
No	Pelaksanaan SOP dan IM	Usulan perubahan SOP dan IM
1	Jarang melakukan pemeriksaan <i>viscosity slurry</i>	Dilakukan pemeriksaan <i>viscosity slurry</i> setiap kali mengisi tangki dengan <i>slurry</i>
2	Tidak diukur ketebalan setiap <i>layer</i> pasir kedua (<i>zircon sand 30 60</i>) dan <i>layer</i> ketiga sampai keenam (<i>zircon sand 15 30</i>)	Melakukan pengukuran ketebalan setiap <i>layer</i> dengan mengambil sampel
3	Tidak ada jadwal <i>maintenance</i> mesin <i>mixer</i> cairan <i>slurry</i>	Ada <i>maintenance</i> mesin <i>mixer</i> secara rutin dan pengecekan sebelum mesin dioperasikan

Setelah rutin dilakukan pemeriksaan *viscosity slurry* selama satu bulan, maka dicatat jumlah produksi dan *reject* tiap hari, lalu dianalisis peta kendali *p* & level sigma proses yang baru.



Gambar. 10. Peta kendali *p* area *dipping* sebelum dan sesudah pemeriksaan *viscosity* cairan *slurry*

Pada Gambar 10 terlihat bahwa setelah implementasi, rata-rata proporsi produk *reject* karena bocor cenderung lebih kecil. Level sigma proses produksi di area *dipping* setelah implementasi sebesar 3,878 sigma, ada peningkatan 0,191.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Level sigma proses produksi *casing* pompa di PT. ZAP sebesar 3,925 sigma. Bocor ialah *defect* terbanyak di *dipping*, dimana proses ini mempunyai level sigma terendah. Hal-hal yang paling mempengaruhi *defect* bocor yaitu cetakan keramik kurang tebal & pelapisan cetakan keramik tidak merata ketebalannya. Rekomendasi ke perusahaan adalah mengecek *viscosity slurry* & ketebalan setiap *layer* pasir, *maintenance* mesin *mixer* secara rutin, *training* ISO 9001:2008, sosialisasi proyek *Six Sigma*, dan memperbaiki robot di area *dipping*.

Sebaiknya pengambilan data dilakukan lebih dari 1 bulan supaya tahu permasalahan sesungguhnya di perusahaan. Dilakukan *design of experiment* proses untuk memperoleh kombinasi level optimum dan dilakukan analisis reliabilitas & *cost of preventive maintenance* mesin *mixer*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis H.P.R. menyampaikan terima kasih kepada PT. ZAP atas kesediaannya membantu penelitian tentang *Six Sigma* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zenith Allmart Precising, *Company Profile Zenith Allmart Precising*. Sidoarjo: PT. Zenith Allmart Precising (2010).
- [2] Zenith Allmart Precising, *Laporan Pouring dan NCR Feb '14*. Sidoarjo: PT. Zenith Allmart Precising (2014).
- [3] C. Hartanto, J. Susetyo, dan Winarni, "Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk," *J. Teknologi*, Vol. 4, No. 1 (2011) 61-53.
- [4] K. M. Ramachandran dan C. P. Tsokos, *Mathematical Statistics with Applications*. Burlington, MA: Elsevier Inc (2009).
- [5] D. H. Stamatis, *Six Sigma and Beyond. Vol: 3. Foundations of Excellent Performance*. Boca Raton, Florida: St. Lucia Press (2002).
- [6] S. Hamza, "Design Process Improvement through the DMAIC Six Sigma Approach: A Case Study from the Middle East," *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 4 No. 1 (2008) 35-47.
- [7] Q. Brook, *Six Sigma and MINITAB-A Tool Box Guide for Managers, Black Belts, and Green Belts*. London: QSB Consulting Ltd (2004).
- [8] N. Imanda, "Analisis Sistem Pengukuran pada Interpretasi Visual Inspeksi Hasil Pengelasan Menggunakan Attribute Agreement Analysis di PT. Alstom Power ESI Surabaya," S.Si. tugas akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2013).
- [9] J. L. Fleiss, B. Levin, dan M. C. Paik, *Statistical Methods for Rates and Proportions (3rd ed.)*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc (2003).
- [10] D. R. Bothe, *Measuring Process Capability: Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers*. New York: McGraw-Hill (1997).
- [11] J. R. Evans, dan W. M. Lindsay. (6 Maret 2014). Pengantar Six Sigma: An Introduction to Six Sigma & Process Improvement [Online]. Tersedia: <http://books.google.co.id>
- [12] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control (5th ed.)*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons (2005).
- [13] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments (5th ed.)*. New York: John Wiley & Sons (2001).
- [14] Y. M. Degu, dan R. S. Moorthy, "Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C., Bahir Dar," *American J. of Eng. Research (AJER)*, Vol. 3 No. 1 (2014) 57-63.