

# **ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI BOGIE BARBER S2HD9C MENGGUNAKAN METODE LEAN SIX SIGMA DI PT BARATA INDONESIA (PERSERO) GRESIK**

**Suparno<sup>1\*</sup>, Moh. Ismail Hamim<sup>2</sup>, dan Heru Prasetiawan<sup>3</sup>**  
Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik<sup>1,2,3</sup>  
\*e-mail: suparnosttq@gmail.com

## **Abstract**

This study aimed to analyze the quality control and waste that occurs in side frame S2HD9C production using lean six sigma method with DMAIC approach in PT Barata Indonesia (Persero) Gresik. Side frame S2HD9C is a part of bogie barber S2HD9C products. This study focused on six sigma phase on defect analysis and sigma performance, while lean six sigma phase focused on the analysis of waste and sigma performance. The data used in this study are two types: primary and secondary data, qualitative and quantitative. Primary data were obtained from field observations, while secondary data obtained from the study of the document. This study conducted with the approach of DMAIC (define, measure, analyze, improve, control). After the analysis at six sigma stage, it is known that there are 5 types of defects that occur in January to April 2016, they are trapped gas defect 58.18%, broken core defect 21.82%, sand drop defect 12.73%, brake mold defect 5.46% and misplace core defect 1.82%. And sigma value achievement level of each defect are as follows: trapped gas defect 1235.71 DPMO = 4.52 $\sigma$ , broken core defect 463.392 DPMO = 4.81 $\sigma$ , sand drop defect 270.312 DPMO = 4.96 $\sigma$ , brake mold defect 115.848 DPMO = 5.18 $\sigma$  and misplace core defect 38.616 DPMO = 5.45 $\sigma$ . In lean six sigma stage, it is known that there are 4 types of waste, they are: waste defect product, waste waiting time (delay), waste transportation, and waste excess process. Here are achievement values of each waste: waste defect product 6890 DPMO = 3.96 $\sigma$  and value capability process 1.31 = 3.94 $\sigma$ , waste waiting time (delay) value capability process 1 = 3 $\sigma$ , waste transportation value capability process 1.31 = 3.94 $\sigma$  and waste excess process 1499.75 DPMO = 4.47 $\sigma$ .

**Keywords:** DPMO, Defects, Lean six sigma, Waste.

## **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas dan pemborosan yang terjadi dalam produksi side frame S2HD9C menggunakan metode lean six sigma dengan pendekatan DMAIC di PT Barata Indonesia (Persero) Gresik. Side frame S2HD9C merupakan bagian dari produk bogie barber S2HD9C. Penelitian pada tahap six sigma difokuskan pada analisis defect dan capaian sigma, sedangkan pada tahap lean six sigma difokuskan pada analisis waste dan capaian sigma. Data yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu data primer dan sekunder, yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Data primer diperoleh dari observasi lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari telaah dokumen. Dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan pendekatan define, measure, analyze, improve, control*

(DMAIC). Setelah dilakukan analisis pada tahap six sigma, diketahui terdapat lima jenis defect yang terjadi pada periode Januari sampai April 2016, yaitu: defect gas terperangkap 58.18%, core patah 21.82%, sand drop 12.73%, brake mould 5.46%, dan misplace core 1.82%. Dan nilai capaian tingkat sigma dari masing-masing defect adalah sebagai berikut: defect gas terperangkap 1235.71, DPMO =  $4.52\sigma$ , core patah 463.392, DPMO =  $4.81\sigma$ , sand drop 270.312 DPMO =  $4.96\sigma$ , brake mould 115.848 DPMO =  $5.18\sigma$ , dan misplace core 38.616 DPMO =  $5.45\sigma$ . Dalam tahap lean six sigma diketahui terdapat empat jenis waste, yaitu: waste defect product, waste waiting time (delay), waste transportation, dan waste excess process. Berikut ini merupakan nilai capaian dari masing-masing waste: waste defect product 6890 DPMO =  $3.96\sigma$  dan nilai capability process  $1.31 = 3.94\sigma$ , waste waiting time (delay) nilai capability process  $1 = 3\sigma$ , waste transportation nilai capability process  $1.31 = 3.94\sigma$ , dan waste excess process 1499.75 DPMO =  $4.47\sigma$ .

**Kata kunci:** DPMO, Defects, Lean six sigma, Waste.

## 1. PENDAHULUAN

Produk yang berkualitas yang dibuat melalui proses yang berkualitas akan memiliki sejumlah kepuasan pelanggan atas penggunaan produk ini (Gaspersz, 2011). *Lean* merupakan pendekatan organisasi maupun korporasi untuk menekan bahkan menghilangkan penyimpangan dan ketidaksesuaian yang mengakibatkan terjadinya pemborosan (*waste*), menghilangkan kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added activities*) terhadap produk maupun jasa. Ada beberapa pemborosan (*waste*) yang dapat mempengaruhi dalam kinerja suatu organisasi atau korporasi, pemborosan (*waste*) tersebut sering disebut dengan *seven plus one types of waste* (Gasperz, 2007). *Waste* tersebut adalah: *over production, delay (waiting time), transportation, processes, inventories, motions, defective products and defective design*.

*Six sigma* adalah sebagai strategi bisnis untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi biaya karena kualitas yang buruk, dan memperbaiki efektivitas kegiatan operasi, sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan harapan

konsumen (Syukron dan Kholil, 2013). DMAIC merupakan singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* yang merupakan implementasi dari metode dalam penyelesaian masalah (Maguad dan Krone, 2012).

*Lean Six Sigma* merupakan gabungan dari dua metode, yaitu metode *lean* dan *six sigma* yang merupakan pendekatan yang sistemik dan sistematis. Dalam pendekatan metodologi ini dilakukan dengan konsep analisis *waste* untuk menuju tingkat *six sigma*. Dalam pendekatan ini dilakukan dengan cara menekan bahkan menghilangkan pemborosan (*waste*) dan aktifitas yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added activities*) secara radikal menuju *six sigma* secara berkelanjutan (Gaspersz, 2007).

PT Barata Indonesia (Persero) Gresik merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang *manufacturing*. *Workshop 1* merupakan divisi yang membutuhkan sumber daya yang besar mulai dari energi listrik, material, mesin, dan tenaga kerja. *Workshop* ini memiliki potensi besar

terjadinya pemborosan (*waste*). Penelitian ini akan difokuskan pada pengendalian kualitas dalam produksi *Side Frame S2HD9C*, produk ini merupakan komponen penyusun produk *Bogie Barber S2HD9C*. Berikut ini rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana mengukur pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* di PT Barata Indonesia (Persero) Gresik?
2. Bagaimana mengidentifikasi dan menganalisis pemborosan (*waste*) menggunakan metode *lean six sigma* di PT Barata Indonesia (Persero) Gresik?

Tujuan dari penelitian: 1. Mengukur pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* di PT Barata Indonesia (Persero) Gresik. 2. Mengidentifikasi dan menganalisis pemborosan (*waste*) menggunakan metode *lean six sigma* di PT Barata Indonesia (Persero) Gresik.

*Lean* merupakan suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). Tujuan *Lean* adalah meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan rasio antara nilai tambah terhadap *waste* atau dikenal dengan *the value-to-waste ratio* (Gaspersz, 2007). *Lean* terfokus pada identifikasi dan eliminasi aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activities*). *Six sigma* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan persatu juta kesempatan dalam setiap transaksi produk dan jasa (Knowles, 2011). Definisi *six sigma* secara sederhana adalah proses yang kemungkinan terjadi kecacatan atau

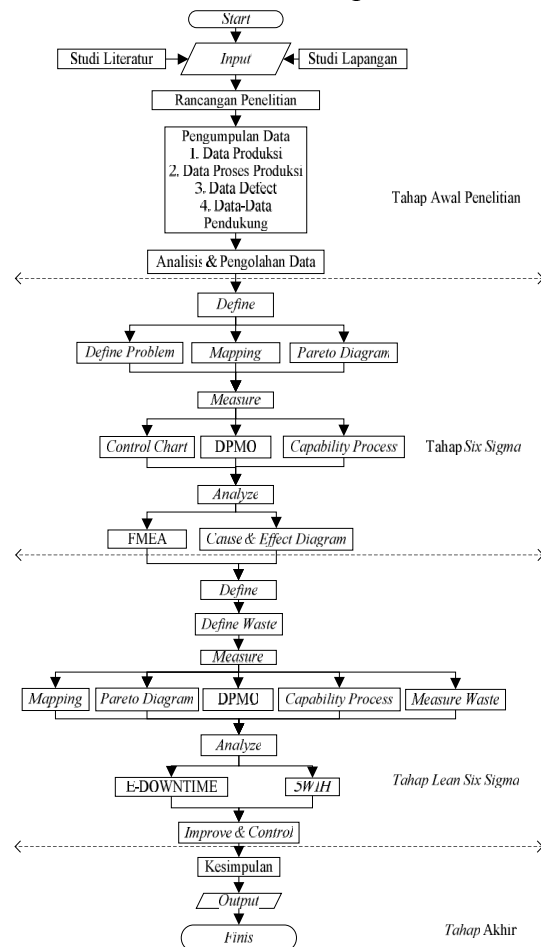
*Defect Per Opportunity* (DPO) sebesar 0,00034% atau 3,4 buah dalam satu juta produk atau *Defect Per Million Opportunity* (DPMO). *Lean six sigma* merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* dapat didefinisikan sebagai filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activities*) melalui peningkatan secara terus-menerus secara radikal (*radical continuous improvement*) untuk mencapai 6 *sigma*. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mencapai keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2007).

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan antara lain: Annisa Indah Pratiwi (2013) melakukan penelitian tentang pendekatan metode *lean six sigma* (DMAIC) dan *cumulative sum* untuk peningkatan kualitas kain grei pada Departemen SHUTTLE II studi kasus di Pabrik Cambric Gabungan Koperasi Batik Indonesia (PC GKBI Yogyakarta). Objek yang diteliti yaitu kain grei jenis K 690. Terdapat lima jenis cacat (*defect*) dominan yaitu *double machine* 10, pakan tebal *point* 10, pakan renggang *double point* 10, pakan renggang *point* 10, dan pakan *double point*. Hasil perhitungan DPMO dan *sigma* selama Juli sampai September 2012 diperoleh rata-rata nilai DPMO 20028,042 dengan tingkat *sigma* 3,5571313. Diagram *fishbone* dan *tracking* terhadap *data out of control*,

hasil grafik *cumulative sum* diketahui bahwa cacat terbesar disebabkan oleh mesin. Yunianto Saputro (2013) melakukan penelitian tentang peningkatan kualitas dan minimasi *waste* produk *enclosure* dengan pendekatan *lean six sigma* studi kasus di PT Konektra Depok. Objek yang diteliti yaitu produk *enclosure* untuk United Tractor. Berdasarkan dari perhitungan FMEA dan *Pareto diagram* diperoleh uraian pemborosan dari masing-masing jenis *waste* yaitu *waste inventories* 928 atau 44%, *waste delay* 334,8 atau 16%, *waste defective product* 318 atau 15,2%, *waste process* 211,2 atau 10,1%, *waste motions* yaitu 181,5 atau 8,7%, *waste over production* yaitu 117 atau 5,6%. Eka Purwani (2012) melakukan penelitian tentang perancangan standarisasi peta proses *service* dengan metode *lean six sigma* studi kasus divisi *recovery* pada kontraktor telekomunikasi. Objek yang diteliti yaitu jasa pelayanan *maintenace* fiber optik (FO). Faktor penyebab kelebihan MTTR pada divisi *recovery* adalah faktor eksternal 39,6%, faktor koordinasi dan informasi 26,6%, faktor teknis 23%, dan faktor operator 10,8%. Pembuatan peta proses terbaru dengan menggunakan perbaikan pada bagian terkait pada proses tanpa manuver dengan MTTR optimal adalah 4,8 jam dengan efisien sebesar 57%, kenaikan nilai PCE 23% dari 44% menjadi 54%. Untuk servis manuver diperoleh MTTR optimal 4,36 jam dengan efisiensi 66% serta kenaikan PCE 22% dari 41% menjadi 50%.

## 2. METODE PENELITIAN

Berikut ini uraian alur penelitian.



**Gambar 1.** Alur Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa alat sesuai dengan tahapan masing-masing. Tahap *six sigma*, tahapan *define* menggunakan *define problem*, *mapping*, dan *pareto diagram*. *Measure* menggunakan *control chart*, *DPMO*, dan *capability process*. *Analyze* menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *cause and effect diagram*.

Tahap *lean six sigma*, dengan *define waste*. *Measure* dengan *mapping*, *pareto diagram*, *DPMO*, *capability process*, dan *measure waste*. *Analyze* dengan menggunakan *E-DOWNTIME* dan

5W1H. *Improve* dan *control* dilakukan dengan memberikan saran.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

*Bogie Barber S2HD9C* merupakan produk yang digunakan sebagai bagian gerbong kereta api untuk barang. *Bogie Barber S2HD9C* merupakan produk hasil proses pengecoran PT Barata Indonesia (Persero) Gresik, dan merupakan produk pesanan dari perusahaan *Standard Car Truck* (SCT). Objek utama dalam penelitian ini difokuskan pada komponen *Side Frame S2HD9C*. *Side Frame S2HD9C* yang merupakan komponen rangka penyangga roda kereta api dalam produk *Bogie Barber S2HD9C*. Sehingga perusahaan berkeinginan menjaga dan meningkatkan kualitas.

#### Tahap Six Sigma

**Define.** Terdapat beberapa *defect* berdasarkan dari data sekunder dari perusahaan.

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| a. <i>Brake Mould</i> , | h. Gas                    |
| b. Kurang Cairan,       | Terperangkap.             |
| c. <i>Cold Shut</i> ,   | i. <i>Misplace Core</i> . |
| d. <i>Hot Tear</i> ,    | j. <i>Crack</i> .         |
| e. <i>Sand Drop</i> ,   | k. Penyimpangan           |
| f. <i>Cross Joint</i> , | Dimensi.                  |
| g. Penyimpangan         | l. <i>Core Patah</i> ,    |
| Komposisi,              | m. Cetakan Bocor.         |

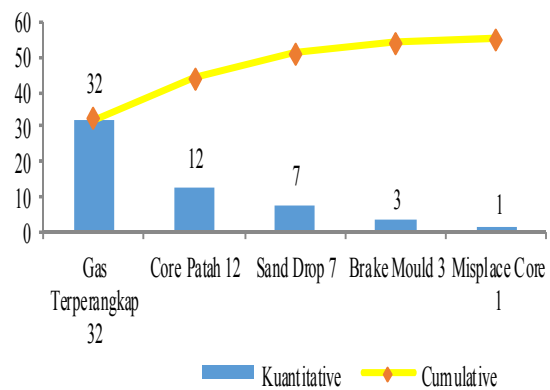
Namun dalam periode Januari sampai April 2016 terdapat lima *defect* yang terjadi, yaitu: Gas Terperangkap (32 unit), *Brake Mould* (3 unit), *Sand Drop* (7 unit), *Core Patah* (12 unit), dan *Misplace Core* (1 unit).

**Pareto Diagram.** Diagram pareto dalam penelitian ini menguraikan tentang tingkatan *defect* mulai dari tingkat yang paling tinggi sampai tingkat yang paling

rendah. Gambar 2 merupakan diagram Pareto yang paling dominan.

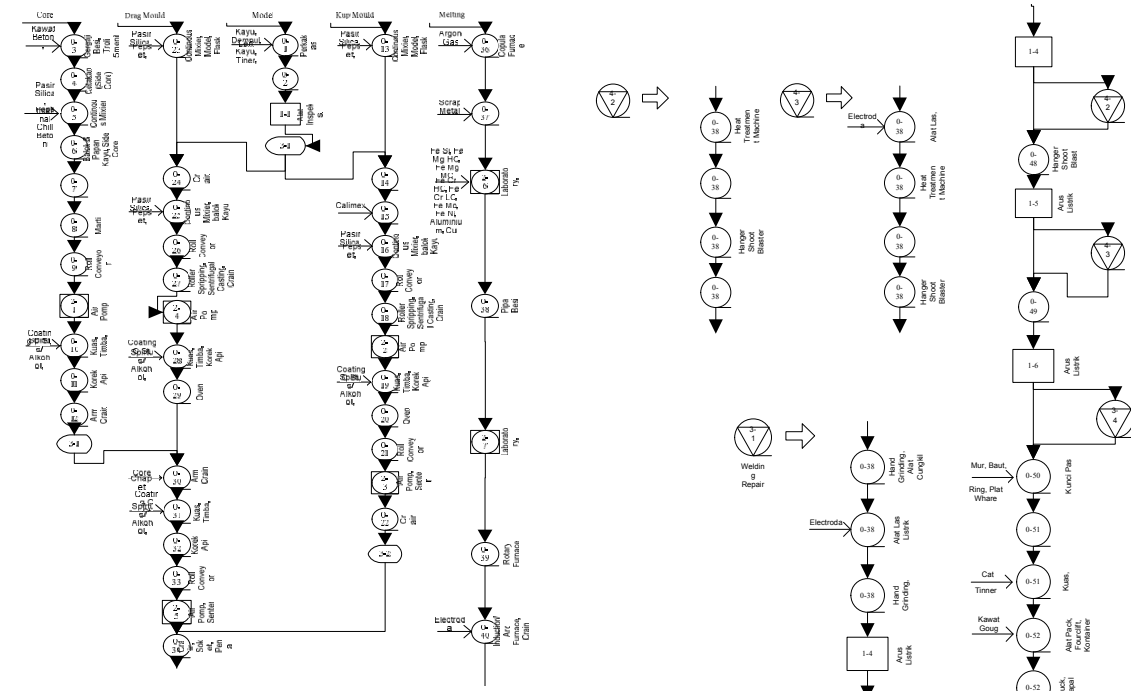
**Tabel 1.** Prosentase *Defect*

<i>Defect</i>	<i>Quant</i>	<i>Prosentase</i>	<i>Kum</i>
Gas Terperangkap	32	58,182%	58,182%
<i>Core Patah</i>	12	21,818%	80%
<i>Sand Drop</i>	7	12,727%	92,727%
<i>Brake Mould</i>	3	5,4546%	98,182%
<i>Misplace Core</i>	1	1,8182%	100%

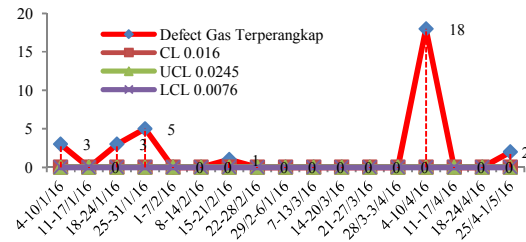
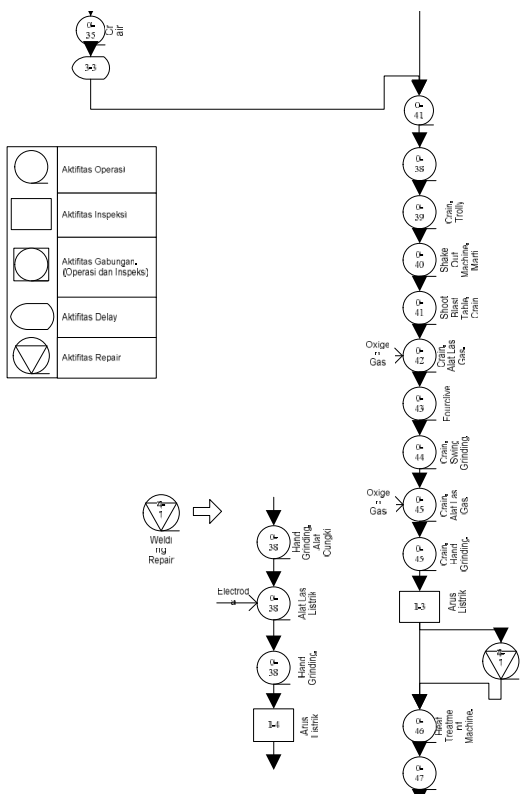


**Gambar 2.** Diagram Pareto *Defect*

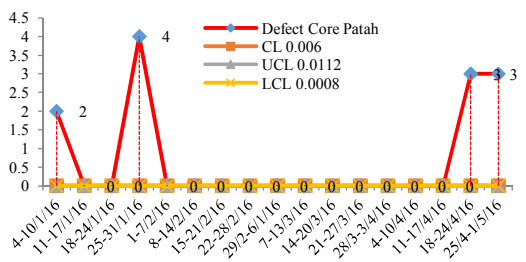
**Mapping.** Dalam penelitian ini tahap *mapping* merupakan tahap yang menguraikan tentang proses produksi *side frame S2HD9C*. Berikut ini merupakan Gambar *Operation Process Chart* (OPC). Gambar tersebut menguraikan tentang rangkaian proses yang dilakukan dalam kegiatan produksi. Mulai dari *start* sampai *finishing good*. Dari proses *mapping* dapat diketahui bahwa dalam OPC tersebut terdapat beberapa aktivitas yang dapat mempengaruhi kualitas apabila terjadi *problem* atau ketidaksesuaian dengan SOP perusahaan.



Gambar 3. OPC Map



Gambar 4. Diagram Gas Terperangkap



Gambar 5. Diagram Core Patah

Tabel 2. Data Defect

Date	Gas Terperangkap	Core Patah	Sand Drop	Brake Mould	Misplace Core	Kum
4-10/1/16	3	2	5	0	0	10
11-17/1/16	0	0	0	0	0	0
18-14/1/16	3	0	0	0	0	3

Date	Gas Terperangkap	Core Patah	Sand Drop	Brake Mould	Misplace Core	Kum
25-31/1/16	5	4	0	0	1	10
1-7/2/16	0	0	0	0	0	0
8-14/2/16	0	0	0	0	0	0
15-21/2/16	1	0	1	3	0	5
22-28/2/16	0	0	0	0	0	0
29/2-6/1/16	0	0	0	0	0	0
7-13/3/16	0	0	0	0	0	0
14-20/3/16	0	0	0	0	0	0
21-27/3/16	0	0	0	0	0	0
28/3-3/4/16	0	0	0	0	0	0
4-10/4/16	18	0	1	0	0	19
11-17/4/16	0	0	0	0	0	0
18-24/4/16	0	3	0	0	0	3
25/4-1/5/16	2	3	0	0	0	5

Sumber: PT Barata Indonesia (Persero) Gresik.

**Measure.** Control Chart, merupakan pengukuran tingkat defect yang dialami selama proses produksi dalam periode tertentu masih atau berada diluar batas kontrol atau toleransi. Dalam menentukan nilai batas control menggunakan rumus berikut:

$$p = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (1)$$

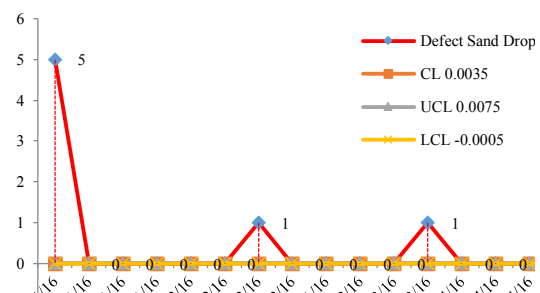
$$UCL_p = p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2)$$

$$LCL_p = p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3)$$

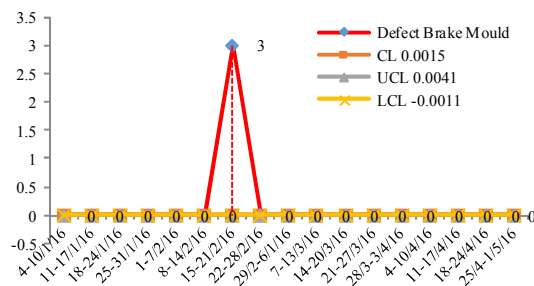
Setelah dilakukan perhitungan data dalam Tabel 2 menggunakan persamaan rumus 1, 2, dan 3, maka diperoleh hasil dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengolahan Data

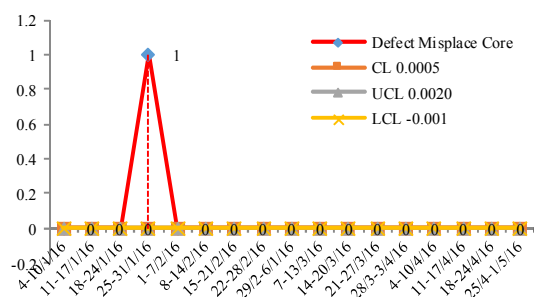
	Cl	Ucl	Lcl
Gas	0,016	0,0245	0,0076
Terperangkap			
Core Patah	0,006	0,0112	0,0008
Sand Drop	0,0035	0,0075	-0,0005
Brake Mould	0,0015	0,0041	-0,0011
Misplace Core	0,0005	0,002	-0,001



**Gambar 6.** Diagram Sand Drop



**Gambar 7.** Diagram Brake Mould



**Gambar 8.** Diagram Misplace Core

**DPMO.** Pengukuran DPMO merupakan pengukuran tingkat peluang terjadinya *defect* produk dalam satu juta kesempatan.

$$DPO = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Hasil Produksi} \times \text{CTQ potensial}} \quad (4)$$

$$DPMO = DPO \times 1000000 \quad (5)$$

$$\text{Yield} = 1 - \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{jumlah hasil produksi}} \times 100\% \quad (6)$$

**Tabel 5.** DPMO Masing-Masing *Defect*

<i>Defect</i>	DPO	DPMO	RTY %	<i>Sigma</i>
Gas Terperangkap	0.00123571	1235.71	98.39	4.52 $\sigma$
Core Patah	0.00463392	463.392	99.40	4.81 $\sigma$
Sand Drop	0.00027031	270.312	99.65	4.96 $\sigma$
Brake Mould	0.00011585	115.848	99.85	5.18 $\sigma$
Misplace Core	0.00003862	38.616	99.95	5.45 $\sigma$

**Capability Process.** Indeks Kapabilitas Proses ( $C_p$ ), Indeks Kapabilitas R ( $C_R$ ), Indeks Kapabilitas M ( $C_M$ ),  $C_{PK}$  (Indeks Kapabilitas Proses Aktual), Indeks Kapabilitas Proses Taguci ( $C_{PM}$ ) dan Indeks Kapabilitas *Output* Proses ( $C_{PMK}$ ).

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} \quad (7)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (8)$$

$$USL = \mu + 3\sigma \quad (9)$$

$$LSL = \mu - 3\sigma \quad (10)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (11)$$

$$C_R = 100 \times \frac{6\sigma}{USL - LSL} \quad (12)$$

$$C_M = \frac{USL - LSL}{8\sigma} \quad (13)$$

$$C_{PK} = \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3\sigma} \right) \quad (14)$$

$$C_{PM} = \frac{USL - LSL}{6\tau_{st}} \quad (15)$$

$$\tau_{st} = \sqrt{\sigma^2 + (T - \mu)^2} \quad (16)$$

$$C_{PMK} = \frac{C_{PK}}{\sqrt{1 + \frac{(\mu - T)^2}{\hat{\sigma}^2}}} \quad (17)$$

$$C_{PMK} = \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3\sigma} \right) \quad (18)$$

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} \quad (19)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (20)$$

$$USL = \mu + 3\sigma \quad (21)$$

$$LSL = \mu - 3\sigma \quad (22)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (23)$$

$$C_R = 100 \times \frac{6\sigma}{USL - LSL} \quad (24)$$

$$C_M = \frac{USL - LSL}{8\sigma} \quad (25)$$

$$C_{PK} = \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3\sigma} \right) \quad (26)$$

$$C_{PM} = \frac{USL - LSL}{6\tau_{st}} \quad (27)$$

$$\tau_{st} = \sqrt{\sigma^2 + (T - \mu)^2} \quad (28)$$

$$C_{PMK} = \frac{C_{PK}}{\sqrt{1 + \frac{(\mu - T)^2}{\hat{\sigma}^2}}} \quad (29)$$

$$C_{PMK} = \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3\sigma} \right) \quad (30)$$



**Capability Gas Terperangkap**  $C_p = 0,1932 < 1\sigma$ .  $C_R = 517,7\%$ .  $C_M = 0,1449 < 1\sigma$ .  $C_{PK} \text{ min} = (Z_U = 0,1725. Z_L = 0,2139)$ , maka  $C_{PK} = 0,1725$ .  $C_{PM} = 0,1932$ .  $C_{PMK} = 0,1725 < 1\sigma$ .

**Capability Core Patah**  $C_p = 0,7867 = 2,3\sigma$ .  $C_R = 127,11\%$ .  $C_M = 0,590 = 1,77\sigma$ .  $C_{PK} \text{ min} = (Z_U = 1,2468. Z_L = 0,3267)$ , maka  $C_{PK} = 0,3267 < 1\sigma$ .  $C_{PM} = 0,7867 = 2,33\sigma$ .  $C_{PMK} = 0,3267 < 1\sigma$ .

**Capability Sand Drop**  $C_p = 1,1364 = 3,42\sigma$ .  $C_R = 88,00\%$ .  $C_M = 0,8523 = 2,56\sigma$ .  $C_{PK} \text{ min} = (Z_U = 1,9975. Z_L = 0,2753)$  maka  $C_{PK} = 0,2753 < 1\sigma$ .  $C_{PM} = 1,1364 = 3,42\sigma$ .  $C_{PMK} = 0,2753 < 1\sigma$ .

**Capability Brake Mould**  $C_p = 1,7045 = 5,14\sigma$ .  $C_R = 58,67\%$ .  $C_M = 1,2784 = 3,85\sigma$ .  $C_{PK} \text{ min} = (Z_U = 3,2321. Z_L = 0,1770)$  maka  $C_{PK} = 0,1770 < 1\sigma$ .  $C_{PM} = 1,7045 = 5,14\sigma$ .  $C_{PMK} = 0,1770 < 1\sigma$ .

**Capability Misplace Core**  $C_p = 5,1136 = 15,35\sigma$ .  $C_R = 19,56\%$ .  $C_M = 3,8352 = 11,54\sigma$ .  $C_{PK} \text{ min} = (Z_U = 10,0502. Z_L = 0,1769)$  maka  $C_{PK} = 0,1797 < 1\sigma$ .  $C_{PM} = 5,1136 = 15,35\sigma$ .  $C_{PMK} = 0,17690 < 1\sigma$

**Analyze. Failure Models and Effect Analysis (FMEA).** Dalam tahap ini perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk mengidentifikasi *failure mode* yang akan menjadi prioritas untuk dianalisis dan ditindaklanjuti. Nilai dari tiap *item* tersebut didapat dari berdiskusi dengan pihak-pihak yang terkait dengan proses.

$$(RPN = OCC \times SEV \times DET) \quad (31)$$

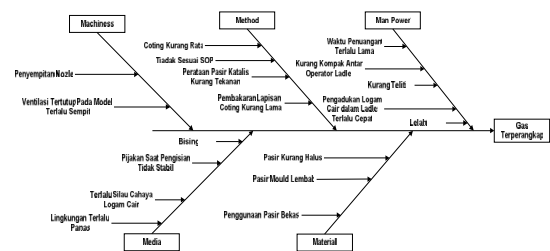
Data untuk perhitungan FMEA ditampilkan pada Tabel 6.

- Gas terperangkap kriteria *high severity*, 32 defect dari 1992 produk.
- Core patah kriteria *mild severity*, 12 defect dari 1992 produk.

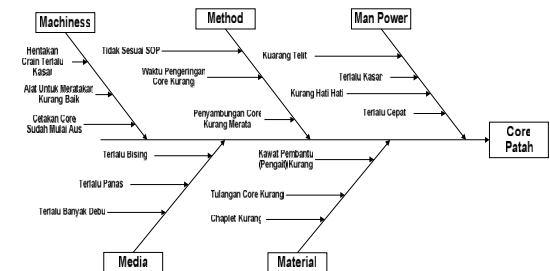
- Sand Drop kriteria *high severity*, 7 defect dari 1992 produk.
- Brake Mould kriteria *mild severity*, 3 defect dari 1992 produk.
- Misplace Core kriteria *high severity*, 1 defect dari 1992 produk.

**Causes and Effect Diagram**

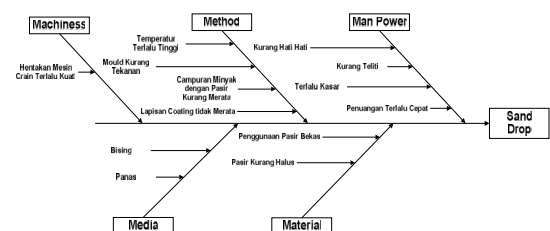
Diagram sebab akibat digunakan untuk mengetahui penyebab permasalahan dalam proses.



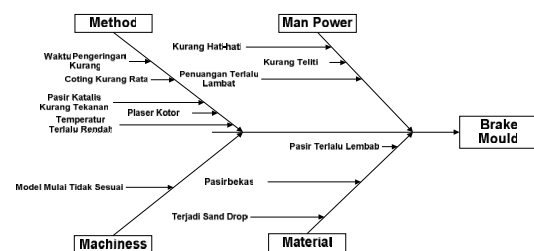
**Gambar 9.** FMEA Gas Terperangkap



**Gambar 10.** FMEA Defect Core Patah

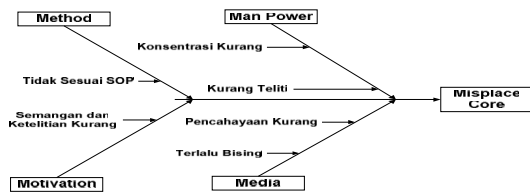


**Gambar 11.** FMEA Defect Sand Drop



**Gambar 12.** FMEA Defect Brake Mould

**Mapping (Value Stream Mapping)**



**Gambar 13.** FMEA Defect Misplace Core

**Tahap Lean Six Sigma**

**Define Waste**

a. **Defect:** Merupakan waste yang disebabkan oleh adanya produk cacat yang mempengaruhi kualitas produksi. Defect produk merupakan produk cacat yang tidak dapat diperbaiki (repair).

**Tabel 6.** RPN Masing-Masing Defect

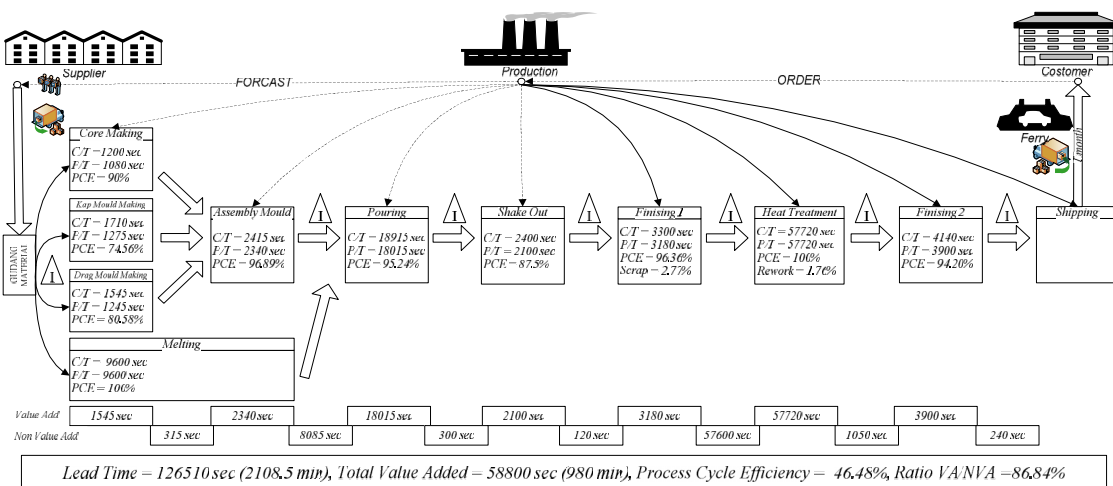
Potential Mode of Failure	Frequency of Occurance	Degree of Severity	Chance of Detection	RPN	Rank
Gas Terperangkap	(7) Moderate	(8) High Severity	(7) Low	392	1
Core Patah	(6) Moderate	(3) Mild Severity	(6) Moderate	108	4
Sand Drop	(6) Moderate	(8) High Severity	(6) Moderate	288	2
Brake Mould	(5) Low	(3) Mild Severity	(5) Moderate	75	5
Misplace Core	(4) Low	(8) High Severity	(4) Moderate	128	3

Waste defect, terdapat lima jenis defect, yaitu: gas terperangkap, core patah, sand drop, brake mould, dan misplace core.

b. **Exces Process:** Merupakan waste yang terjadi karena adanya proses tambahan.

c. **Transportation:** Merupakan waste yang terjadi karena adanya proses perpindahan yang menempuh jarak yang cukup jauh.

d. **Delay (Waiting Time):** Merupakan waste yang terjadi karena aktivitas menunggu.



**Gambar 14.** Value Stream Mapping

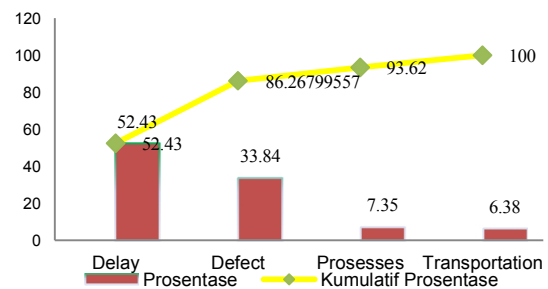
Dalam hal ini delay terjadi karena proses menunggu dalam masing-masing stasiun kerja.

**Measure Waste**

**Pareto Diagram. Defective Product.** Terdapat 55 unit: 32 unit gas

terperangkap, 12 unit *core* patah, 7 unit *sand drop*, 3 unit *brake mould*, dan 1 unit *misplace core*. **Exces Processes.** *Waste* proses terjadi karena aktivitas *tempering*. Aktivitas ini dilakukan selama 12 jam. Terdapat 35 unit yang di *tempering*, maka waktu *tempering* 43200 *sec* per unit, total waktu 1512000 *sec*, dengan *lead time* 1 unit = 126510 *sec*. Untuk mengkonversi dalam bentuk satuan unit adalah waktu total proses dibagi *lead time* = 11,95 unit. **Delay (waiting time).** Dalam stasiun kerja *assembly mould* terdapat 2 *delay* yaitu: pada *side core* 315 *sec* dan pada *kup mould* 600 *sec* per *assembly*, *delay assembly* sebesar 18300 *sec* per 20 unit. Dan stasiun kerja *tapping* terdapat *delay* terlama 8085 *sec* perproses *pouring*, 1 *pouring* = 5 *casting*. Dalam 2 *shift* kerja *delay pouring* sebesar 8085 *sec* x 4 kali *pouring* = 32340 *sec* per 20 unit. Dalam stasiun kerja *heat treatment delay* 57600 *sec*, perproses *heat treatment* ≥ 20 unit, maka total *delay* 20 unit = 108240 *sec*. Dan 1992 unit = 10780704 *sec*. Jika dikonversi dalam bentuk unit, maka total waktu *delay* dibagi *lead time* = 85,22 unit. **Transportation.** *Waste* transportasi terjadi karena perpindahan dalam proses produksi. Nilai waktu tersebut, dapat dilihat dalam Gambar 3. Berikut ini uraiannya: Proses transportasi 300 *sec* menuju *shake out*, 4 unit pertransportasi.

Untuk 1992 unit = 149400 *sec*. Transportasi SK MP1 = 120 *sec*, 4 unit pertransportasi, 1992 unit = 59760 *sec*. Transportasi *heat treatment shoot blast* 2 = 1050 *sec*, 4 unit pertransportasi. Mesin *shootblast* 1 = 1200 *sec* perunit memproses 854 unit. Mesin *shoot blast* 2 = 900 *sec* perunit memproses 1138 unit = 1050 *sec*, 4 unit pertransportasi. Waktu untuk transportasi 1138/4 = 284.5 dibulatkan menjadi 285 kali, total waktu = 1102500 *sec*. Sehingga total waktu transportasi keseluruhan = 1311660 *sec*. Jika dikonversi dalam bentuk unit, maka total waktu transportasi dibagi *lead time* = 10,37 unit.



Gambar 15. Diagram Pareto Waste

Tabel 7. Nilai Prosentase Waste

Waste	Quant	%	Kum
Delay	85.22	52.43%	52.43%
Defect	55	33.83%	86.27%
Proseses	11.95	7.35%	93.62 %
Transportation	10.37	6.38%	100%

**DPMO**

Tabel 8. DPMO Waste

Waste	DPO	DPMO	RTY	%	Sigma
Delay	0.010695	10695	0.9572	95.72	3.81 σ
Defect	0.00689	6890	0.9724	97.24	3.96 σ
Proseses	0.00149975	1499,75	0.9940	99.40	4.47 σ
Transportation	0.0013015	1301.5	0.9948	99.48	4.51 σ

**Capability**  
**Delay (Waiting Time)**

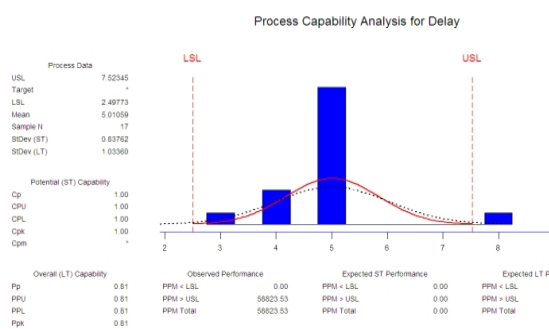
**Tabel 9.** Konversi *Waste Delay*

Period	Produksi	Delay (sec)	Unit
1	96	519552	4.11
2	72	389664	3.08
3	96	519552	4.11
4	96	519552	4.11
5	192	1039104	8.21
6	120	649440	5.13
7	120	649440	5.13
8	120	649440	5.13
9	120	649440	5.13
10	120	649440	5.13
11	120	649440	5.13
12	120	649440	5.13
13	120	649440	5.13
14	120	649440	5.13
1	120	649440	5.13
16	120	649440	5.13
17	120	649440	5.13
Total	1992		85.18

1	96	55	20212.5	0.16
2	72	41	15067.5	0.12
3	96	55	20212.5	0.16
4	96	55	20212.5	0.16
5	192	110	40425	0.32
6	120	69	25357.5	0.20
7	120	69	25357.5	0.20
8	120	69	25357.5	0.20
9	120	69	25357.5	0.20
10	120	69	25357.5	0.20
11	120	69	25357.5	0.20
12	120	69	25357.5	0.20
13	120	69	25357.5	0.20
14	120	69	25357.5	0.20
15	120	69	25357.5	0.20
16	120	69	25357.5	0.20
17	120	69	25357.5	0.20
	1992	1144		10.37

$C_p = 1$  rentang spesifikasi sama dengan proses,  $C_p = 3.0\sigma$ .

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus 11, maka  $C_p = 1$  rentang spesifikasi sama dengan proses,  $C_p = 3.0\sigma$ .  $C_{PK}$  min,  $Z_U = 1$  dan  $Z_L = 1$ , maka  $C_{PK} = 1$ .

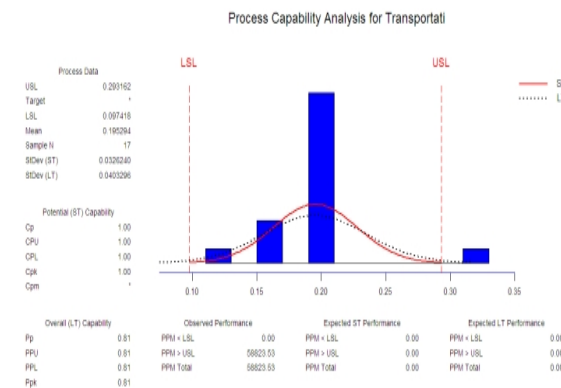


**Gambar 16.** Diagram *Capability Delay*

**Transportation.** Dari data proses transportasi terdapat perbandingan 4:3 unit atau 15:20 menit peroperasi.

**Tabel 10.** *Converse Transportation Shootblaster II*

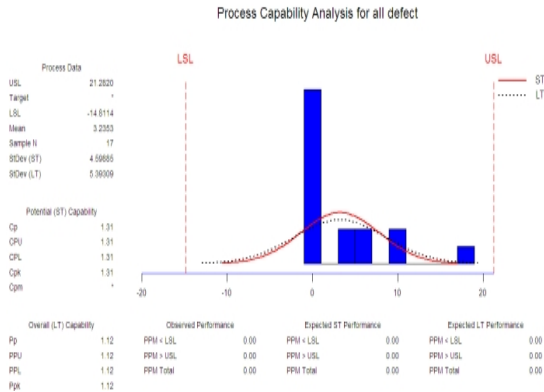
No.	Prod	Shoot II	Time	Unit
-----	------	----------	------	------



**Gambar 17.** Diagram *Capability Transportation*

**Defect**

Dalam hal ini data *defect* dapat dilihat sesuai dengan Tabel 2.  $C_p = 1,31$  rentang spesifikasi sama dengan proses,  $C_p = 3.94\sigma$ .



Gambar 18. Diagram Capability Defect

**Analyze. E-DOWNTIME.**

Environmental, Health and Safety (E), Defect (D), Overproduction (O), Waiting (W), Not Utilizing Employees Knowledge Skill and Abilities (N), Transportation (T), Inventory (I), Motion (M), Excess Processing (E). Namun dalam tahap ini terdapat empat dari sembilan kriteria tersebut: Defect (D), Waiting (W), Transportation (T), dan Excess Processing (E).

Tabel 12. Hasil Identifikasi E-DOWNTIME

CTQ	Atribut	DPMO	C <sub>p</sub>
<b>D</b> Total Defect	55 Unit	6890 = 3.96 σ	1.31 = 3.94 σ
<b>W</b> Pouring dan Heat Treatment	10780704 sec = 85.22 Unit		1 = 3 σ
<b>T</b> Shake Out dan Heat Treatment	1311660 sec = 10.37 Unit		1 = 3 σ
<b>E</b> Heat Treatment Tempering	35 Unit	1499.75 = 4.47 σ	

Tabel 13. Identifikasi E-DOWNTIME

CTQ	Causes
Gas Terperangkap	Operator kurang teliti, dalam proses pouring jarak penuangan terlalu jauh, lapisan coating kurang rata.
Core Patah	Operator terlalu kasar dalam bekerja, operator kurang teliti dalam assembly, chaplet kurang.
<b>D</b> Sand Drop	Penuangan terlalu cepat, suhu terlalu tinggi, lapisan coating kurang rata.
Brake Mould	Operator kurang teliti dalam assembly kup mould dan drag mould.
Misplace Core	Operator kurang teliti ketika proses assembly.
<b>W</b> Waiting Pouring	Penyusunan SOP kurang perhitungan lead time produksi.
Heat Treatment	Proses produksi di stasiun kerja lain terlalu lama.
Shake Out Work Station	Jarak stasiun kerja shake out dari stasiun kerja pouring terlalu jauh. Tata letak kurang sesuai.
<b>T</b> Heat Treatment Work Station	Jarak stasiun kerja shoot blaster 2 dari stasiun kerja heat treatment terlalu jauh. Tata letak kurang sesuai.
<b>E</b> Heat Treatment Tempering.	Penempatan dan penyusunan side frame terlalu rapat. Sehingga penyebaran panas kurang merata.

### Improve

#### a. *Waste defect*

*Defect gas* terperangkap, rekomendasi yang dapat dilakukan dengan mengajak operator *pouring* lebih teliti dalam proses penuangan logam cair ke dalam *casting*, mengajak operator *making* untuk melakukan *coating* pada *core*, *kup mould*, dan *drag mould* lebih merata. *Defect core* patah, rekomendasi yang dapat dilakukan dengan memperkuat *core* dengan menambah besi tulangan, lebih hati-hati dalam pelepasan *core* dari cetakan, penekanan pasir dan *coating* pada lebih merata. *Defect sand drop*, rekomendasi dapat dilakukan dengan lebih hati-hati dalam proses pemindahan *casting* yang siap *dipouring*, pemadatan pasir dan *coating mould* lebih merata. *Defect brake mould*, rekomendasi yang dapat dilakukan dengan cara menggunakan *flask* yang lebih simetris, pemasangan *socket* yang lebih kuat. *Defect misplace core*, rekomendasi dengan cara operator lebih meningkatkan konsentrasi, dan pemberian tanda urutan pada *core*.

#### b. *Waste waiting*

*Waiting pouring*, rekomendasi yang diberikan dengan meningkatkan jumlah *casting* yang menunggu. *Waiting heat treatment normalizing*, rekomendasi yang dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas di stasiun kerja MP1 (*finising* awal), sehingga waktu untuk menunggu kuota *side frame* dapat berkurang.

#### c. *Waste transportation*

*Transportation shake out*, rekomendasi yang dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas *side frame* yang dipindahkan. *Transportation shoot blaster 2*, rekomendasi yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan kapasitas

*side frame* yang dipindahkan.

#### d. *Waste excess process*

Rekomendasi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penentuan jumlah *side frame* yang tepat di dalam mesin *heat treatment*, dan melakukan penyusunan *side frame* yang akan memasuki proses *normalizing* agar persebaran panas dapat merata.

### Control

Dalam tahap *control* ini dilakukan dalam upaya untuk meminimalkan terjadinya *waste*.

- Dilakukan dengan mengukur apakah *waste* melewati batas kendali atau tidak dengan menggunakan alat *control chart*.
- Dilakukan dengan mengukur jumlah DPMO dari masing-masing *waste*.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dari hasil analisis terdapat 5 CTQ dengan nilai sebagai berikut: *defect gas* terperangkap DPMO 1235 =  $4.52\sigma$ , *capability*  $0.193 = 0.57\sigma$ , *defect core* patah DPMO 463.392 =  $4.81\sigma$  dan *capability*  $0.787 = 2.36\sigma$ , *defect sand drop* DPMO 270.312 =  $4.96\sigma$  dan *capability*  $1.136 = 3.42\sigma$ , *defect brake mould* DPMO 115.848 =  $5.18\sigma$  dan *capability*  $1.705 = 5.12\sigma$ , *defect misplace core* DPMO 38.616 =  $5.45\sigma$  dan *capability*  $5.114 = 15.35\sigma$ .
- Dari hasil identifikasi dan analisis, maka diketahui bahwa terdapat empat jenis *waste* yang terjadi. *Waste waiting time (delay)* DPMO 10695 =  $3.80\sigma$  dan *capability*  $1 = 3\sigma$ , *waste defected product* DPMO 6890 =  $3.96\sigma$  dan *capability*  $1.31 = 3.94\sigma$ , *waste*

*transportation* DPMO  $1301.5 = 4.51\sigma$   
dan *capability*  $1.31 = 3.94\sigma$ , *waste*  
*excess process* DPMO  $1499.75 =$   
*sigma*  $4.47\sigma$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Gaspersz, Vincent. 2011. *Total Quality Management: Untuk Bisnis dan Industri* Jakarta: Vinchristo Publication.

Knowles, Graeme. 2011. *Six Sigma*. E-book.

<http://bookboon.com/en/strategy-and-management-ebooks> [diakses dan diunduh pada Senin, 25 Februari 2014, 22:34]

Maguad, Ben A. & Krone Robert M. 2012. *Managing for Quality in Higher Education: A Systems Perspective*. E-book. <http://bookboon.com/en/management-organisation-ebooks> [diakses dan diunduh pada Senin, 3 Maret 2014, 22:12]

Syukron, Amin & Muhammad Kholil. 2013. *Six Sigma: Quality for Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

