

**USULAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI *BODY CASING* METER AIR UNTUK MEMINIMASI WASTE DEFECT DI PT. MULTI INSTRUMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *LEAN SIX SIGMA***

**PROCESS IMPROVEMENT OF WATER METER BODY CASING FOR DEFECT WASTE MINIMIZATION AT PT. MULTI INSTRUMENTASI WITH LEAN SIX SIGMA APPROACH**

NiKadekMasDesyHerdiani<sup>1</sup>, Marina Yustiana Lubis<sup>2</sup>, AgusAlexYanuar<sup>3</sup>  
Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[desy.herdiani@gmail.com](mailto:desy.herdiani@gmail.com), <sup>2</sup>[marina.irawan@gmail.com](mailto:marina.irawan@gmail.com), <sup>3</sup>[Gusaleksa@yahoo.co.id](mailto:Gusaleksa@yahoo.co.id)

**Abstrak**

PT. Multi Instrumentasi adalah sebuah perusahaan industri manufaktur yang memproduksi peralatan ukur yaitu Meter Air (*Water Meter*). Ada empat part utama penyusun meter air yaitu *body casing*, *head casing*, *tube fixed coupling* dan *nut fixed coupling*. Part yang diproduksi oleh PT. Multi Instrumentasi hanya dua yaitu *part body casing* dan *head casing*, sedangkan untuk dua part lainnya didapatkan dari *supplier* dan diasumsikan dalam keadaan baik. Dalam memproduksi kedua part utama tersebut sering terdapat produk yang *reject*. Berdasarkan data *reject* periode 2014, part yang lebih banyak *reject* adalah *Body Casing*. Oleh karena itu, *body casing* dipilih sebagai objek penelitian.

Dalam upaya meminimasi waste defect, digunakan metode *lean six sigma* dengan tahapan DMAI yaitu *define*, *measure*, *analyze* dan *improve*. Selain tahapan DMAI digunakan pula *tools lean* untuk perbaikan proses produksi *body casing*. Pada tahap *define* dilakukan pemetaan *value stream* dan pembuatan diagram SIPOC untuk menggambarkan aliran proses yang terjadi. Tahap *measure*, dilakukan penentuan CTQ, KPI's *waste defect*, pengukuran stabilitas dan kapabilitas proses. Tahap *analyze*, menentukan akar penyebab masalah dengan pareto diagram, *fishbone diagram*, *5 Why*, dan FMEA. Tahap *improve* diberikan usulan perbaikan dari hasil FMEA untuk meningkatkan kualitas proses produksi *body casing*. Beberapa usulan yang diebrikan yaitu adanya alat bantu untuk pemisahan sampah pada cairan kuning, adanya conveyor, re-design alat pouring menjadi lebih sesuai dengan fungsinya, dan adanya instruksi mengenai pembatasan pemakaian pasir dalam cetakan moulding.

**Kata Kunci** : *Lean six sigma*, DMAIC, *waste defect*.

**Abstract**

PT. Multi Instrumentasi is a manufacturing company that produces water meter. Water meter consist of four major parts, there are *body casing*, *head casing*, *tube fixed coupling* and *nute fixed coupling*. The part that produced by PT. Multi Instrumentasi are only two part, there are *body casing* and *head casing*, therefore the other two parts are obtained from *supplier* and can be assumed in good condition. Based on *reject* history date in 2014, *body casing* is the part that more likely to be *reject*. So, *body casing* is chosen as a research object.

In an effort to minimize defect waste, use *lean six sigma* methods with the steps taken following the stage of DMAI (*define*, *measure*, *analyze*, *improve*). In addition to the stage DMAI also used the tools of *lean* for production process improvement of *body casing*. In the *define* stage, done *define* SIPOC diagrams and *value stream mapping* for describe the production process of *body casing*. The *measure* stage, determining CTQ, KPI's *wasted defects*, measuring stability and capabilities process. The *analyze* stage, determine the root cause of the problem with *fishbone chart*, *5 Why*, and FMEA. The *improve* stage given the proposed improvement of the results of FMEA to improve the quality of the *body casing* production process. Some suggestion are given to minimize defect waste such as, the tools for the separation of waste in liquid brass, the conveyor, re-design of the tool for pouring the grass liquid, and the instruction of the use of sand in moulding cast.

**Keyword**: *Lean six sigma*, DMAIC, *defect waste*.

**1. Pendahuluan**

PT. Multi Instrumentasi adalah sebuah perusahaan industri manufaktur yang memproduksi peralatan ukur yaitu Meter Air (*Water Meter*). Meter air tersusun dari empat part utama yaitu *body casing*, *head casing*, *tube fixed coupling* dan *nut fixed coupling*. Part yang diproduksi oleh PT. Multi Instrumentasi hanya dua yaitu *part body casing* dan *head casing*, sedangkan untuk dua part lainnya didapatkan dari *supplier* dan diasumsikan dalam keadaan baik. Dalam memproduksi kedua part utama tersebut sering terdapat produk yang *reject*. Namun berdasarkan data perusahaan part *body casing* yang lebih sering mengalami *reject*, maka dari itu dipilih sebagai objek penelitian.

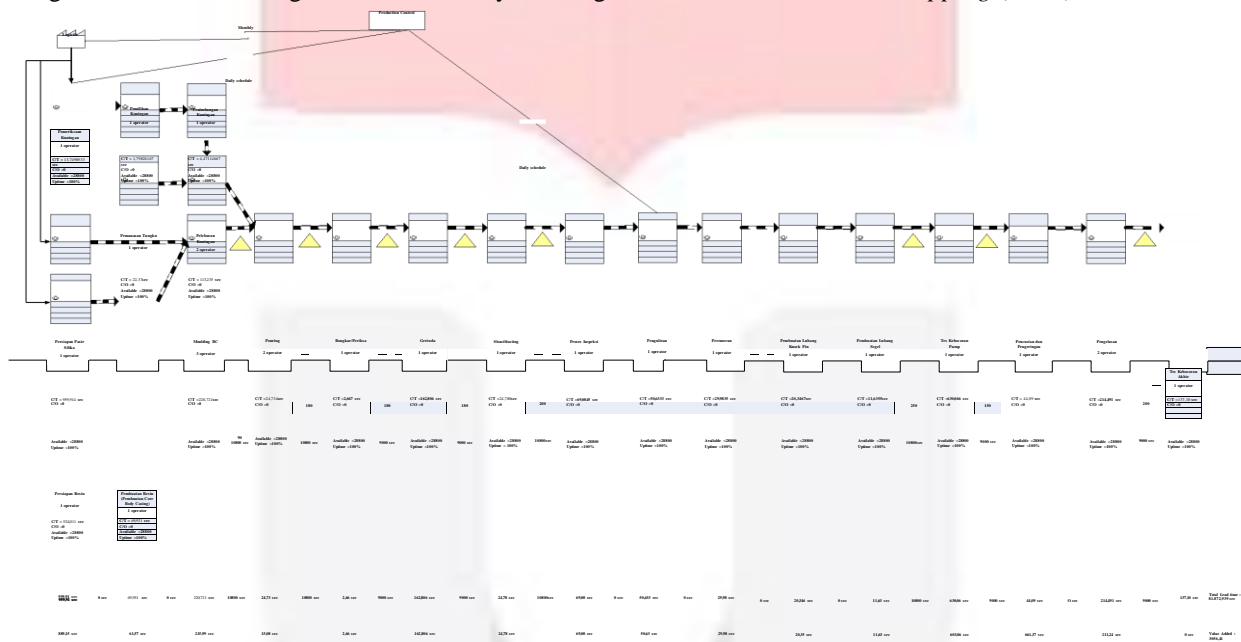
Banyaknya produk *reject* tersebut mengakibatkan target produksi tidak tercapai karena produk yang *reject* akan diperbaiki (*rework*) dengan cara pengelasan dan sebagian kecil akan dilebur kembali.

Untuk mengidentifikasi *waste* yang ada selama proses produksi dilakukan langkah awal yaitu penetapan *Critical To Quality* (CTQ). *Waste* didefinisikan sebagai aktivitas yang memakan waktu, sumber daya, dan ruang, tetapi tidak memberikan kontribusi untuk memenuhi kebutuhan *customer* (Gaspersz,2011). CTQ untuk *part body casing* meter air ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 CTQ

No	CTQ	Keterangan
1	Permukaan tidak cacat	Tidak ada bagian yang timbul atau kasar ketika dipegang
2	Ulir tidak kasar	Ketika tersentuh tangan bagian ulir tidak melukai tangan
3	Tidak keropos	Tidak bocor ketika dilakukan inspeksi
4	Hasil bubutan tidak kasar	Hasil pengelasan tidak timbul dan merusak bentuk
5	Hasil Shotblasting baik	Permukaan meter air terkena bijih besi secara merata
6	Huruf dan angka terbaca jelas	Angka dan huruf yang menunjukkan tipe meter air terlihat dan terbaca jelas

Langkah kedua untuk mengidentifikasi *waste* yaitu dengan membuat *Value Stream Mapping* (VSM).



Gambar 1 VSM

Dari VSM tersebut kita dapat mengetahui bahwa terdapat masalah dalam hal penumpukan atau *inventory*. Hal tersebut menunjukkan adanya *waste inventory* di PT. Multi Instrumentasi.

Untuk mengidentifikasi lebih lanjut, digunakan *waste finding checklist* untuk mengetahui *waste* lain yang ada di PT. Multi Instrumentasi. Proses mengidentifikasi *waste* di PT. Multi Instrumentasi berdasarkan pada *waste E-DOWNTIME*. Vincent Gaspersz (2011) menciptakan *E-DOWNTIME waste* yang merupakan akronim untuk memudahkan praktisi bisnis dan industri untuk mengidentifikasi 9 jenis pemborosan yang selalu ada dalam bisnis dan industri. Berikut hasil *waste finding checklist* di PT. Multi Instrumentasi.

Tabel 2 Waste Rank

Waste	Total Magnitude Waste	Persentase Waste	Ranking
<b>Environment Health and Safety Waste (E)</b>	48	39.02%	1
<b>Defect Waste (D)</b>	26	21.14%	2
<b>Inventory Waste (I)</b>	26	21.14%	3
<b>Waiting Waste (W)</b>	21	17.07%	4
<b>Over Production waste (O)</b>	2	1.63%	5
<b>Not Utilizing Employees knowledge, skills and attitude (N)</b>	0	0%	6
<b>Transportation Waste (T)</b>	0	0%	7
<b>Motion Waste (M)</b>	0	0%	8
<b>Excess Processing Waste (E)</b>	0	0%	9

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa terdapat 4 *waste* tertinggi yang diperoleh dari tabel *waste E-*

DOWNTIME yaitu *waste* EHS menduduki peringkat pertama sebesar 39.02 %, selanjutnya peringkat kedua *waste defect* sebesar 21.14 %, *waste* ketiga yaitu *waste inventory* dengan nilai persentase sama dengan *waste defect* sebesar 21.14 % dan peringkat keempat yaitu *waste waiting* yang mempunyai persentase sebesar 17.07 %.

Penelitian ini dilakukan bersama tim, sehingga akan dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap masing-masing *waste* yang terpilih. Pada penelitian ini akan dilakukan minimasi *waste defect*. Untuk *waste* EHS akan dibahas

oleh Cut Chaerani Amanda (1102114225), *waste inventory* akan dibahas oleh Hilda Rismayanti (1102110186) dan *waste waiting* akan dibahas oleh Viorina Rachminda Putri (1102114230).

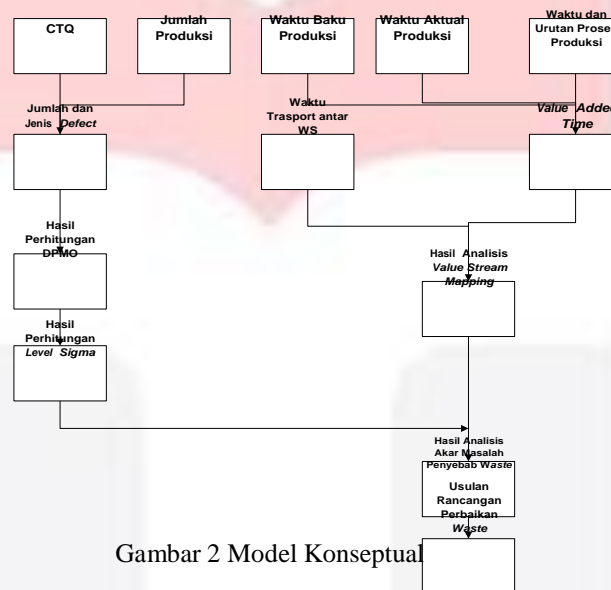
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Faktor-faktor apakah yang menyebabkan terjadinya *waste defect* pada proses produksi *body casing* di PT. Multi Instrumentasi?
- 2) Perbaikan apa yang dapat dilakukan untuk meminimalisir atau menghilangkan faktor penyebab terjadinya *waste defect* pada produksi *body casing* di PT. Multi Instrumentasi?

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *waste defect* pada proses produksi *body casing* di PT Multi Instrumentasi.
- 2) Memberikan usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir atau menghilangkan penyebab terjadinya *waste defect* pada produksi *body casing* di PT. Multi Instrumentasi.

Pada penelitian ini dibutuhkan suatu kerangka berpikir untuk menjabarkan konsep dalam memecahkan masalah secara terstruktur untuk dapat menghasilkan output yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Kerangka tersebut tergambar dalam sebuah metode konseptual berikut.



Gambar 2 Model Konseptual

Pada model konseptual dapat diketahui bahwa data *input* yang akan digunakan berupa CTQ, jumlah produksi, waktu aktual produksi, waktu baku produksi, urutan proses produksi, dan waktu transportasi antar *work station*. Data-data tersebut merupakan informasi yang akan digunakan untuk mengetahui keadaan proses produksi *part body casing* di PT. Multi Instrumentasi.

Dari CTQ dan jumlah produksi akan dapat diidentifikasi jumlah dan jenis *defect*. Jumlah dan jenis *defect* digunakan untuk mendapatkan nilai DPMO yang akhirnya digunakan untuk mengetahui *level sigma* yang dicapai oleh PT. Multi Instrumentasi.

Data waktu aktual produksi, waktu baku produksi dan urutan proses produksi digunakan sebagai dasar untuk menentukan *value added time*. *Value added time* dan waktu transportasi antar *workstation* akan digunakan dalam pembuatan *value stream mapping*. Dimana *value stream mapping* ini akan dianalisis dan dapat diketahui dugaan akar penyebab *defect* dalam proses produksi dengan menggunakan diagram *fishbone* dan *5 why's*.

Selanjutnya dari hasil perhitungan *level sigma* dan hasil analisis akar penyebab masalah *waste defect* dilakukan minimasi *waste* agar dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Kualitas

Menurut Tony Wijaya (2011), kualitas adalah sesuatu yang diputuskan oleh pelanggan

### 2.2 Waste

*Waste* didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream* (Gaspersz,2011, p.5).

### 2.3 E-DOWNTIME

Vincent Gaspersz (2011, p.20) menciptakan E-DOWNTIME *waste* yang merupakan akronim untuk memudahkan praktisi bisnis dan industri untuk mengidentifikasi 9 jenis pemborosan yang selalu ada dalam

bisnis dan industry, yaitu EHS, *Defect, Overproduction, Waiting, Not utilizing employees knowledge, skills and abilities, Transportation, Inventory, Motion, dan Excess processing.*

#### 2.4 Lean Six Sigma

Menurut Gaspersz (2011, p.92), *Lean Six sigma* merupakan suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal demi mencapai tingkat kinerja enam *sigma* dengan cara mengalirkan produk (material, *work in process*, output) dan informasi dengan menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal ke eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan hanya dengan memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi.

#### 2.5 DMAIC

Menurut Vincent Gaspersz (2011, p.50), salah satu upaya peningkatan menuju target *six sigma* dapat dilakukan dengan menggunakan metodologi DMAIC yang merupakan akronim dari *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*. Metode DMAIC ini digunakan untuk meningkatkan proses bisnis yang telah ada dengan cara sedemikian rupa agar menghasilkan kinerja bebas kesalahan (*zero defect/ errors*).

#### 2.6 SIPOC

Diagram SIPOC adalah suatu diagram sederhana yang memberikan gambaran umum untuk memahami elemen-elemen kunci sebuah proses bisnis (Gaspersz, 2002, p.47).

#### 2.7 Value Stream Mapping

*Value stream mapping* merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan *waste*, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap *tool* dengan menggunakan matrik (Hines, 2000, p.21).

#### 2.8 Pengukuran Waktu

Menurut Satalaksana (2006, p.131), pengukuran waktu baku merupakan pekerjaan mengamati dan pencatatan waktu kerja baik disetiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan seperti menggunakan jam henti (*stopwatch*) dan tidak mengganggu operator yang sedang bekerja.

#### 2.9 Peta Kendali p

Menurut Montgomery (2009, p.120), peta kendali p merupakan jenis peta kendali atribut, yang digunakan untuk memetakan fraksi *item defect (non conforming)* dengan ukuran *sample* yang bervariasi.

#### 2.10 Pareto Diagram

Dengan bantuan diagram pareto, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian (Gaspersz, 2011). Prinsip pareto dikenal sebagai aturan 80/20 yaitu 80% akibat berasal dari 20% penyebab

#### 2.11 Fishbone Diagram

*Cause and effect diagram* juga sering disebut *fishbone diagram*, dikarenakan bentuk diagram ini menyerupai bentuk tulang ikan. Dimana bagian kepala sebagai masalah (*effect*) dan bagian tubuh ikan berupa rangka serta duri-duri sebagai penyebab (*cause*) dari suatu permasalahan yang ada. Faktor dalam *cause and effect* diagram berdasarkan 5M + 1E, yaitu *machine, measurement, method, material, men, dan environment* (Ariani, 2003, p.24).

#### 2.12 Whys

Menurut Liker (2006, p.303), *5 why* merupakan suatu metode untuk menemukan penyebab masalah yang lebih mendalam untuk menemukan cara pengantipasian yang lebih dalam juga.

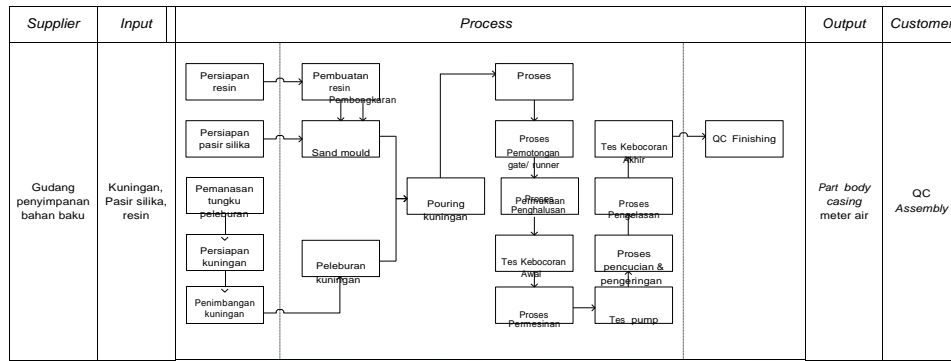
#### 2.13 FMEA

FMEA adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. Menurut Stamatis (2003, p.223), proses FMEA dimulai dengan memberikan bobot kepada setiap tipe modus kegagalan yang potensial menimbulkan cacat pada produk berdasarkan tingkat keparahan (*Severity Rate*), tingkat kejadian (*Occurance Rate*) serta kemampuan deteksi (*Detectability*) untuk menentukan skor prioritas (RPN) sebagai suatu indikator terhadap pembuatan solusi-solusi potensial untuk diaplikasikan dalam bentuk tindakan korektif terhadap kecacatan suatu produk.

### 3 Pembahasan

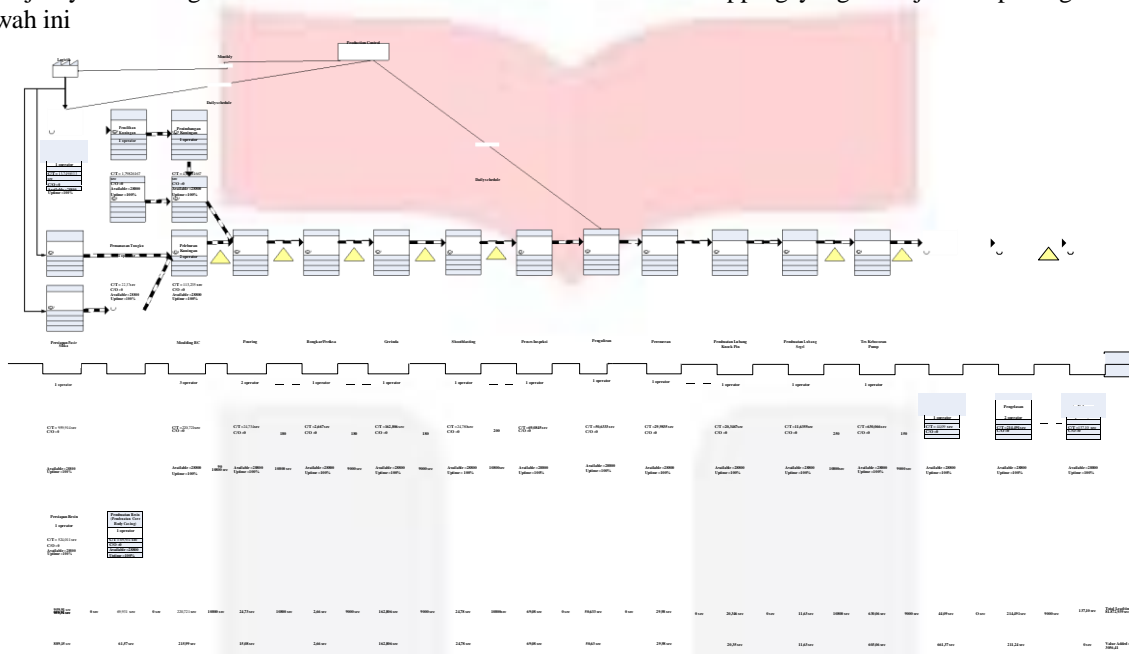
#### 1) Define

Pada tahap define dilakukan pemetaan diagram SIPOC proses produksi body casing meter air



Gambar 3 Diagram SIPOC

Selanjutnya dari diagram SIPOC dilakukan analisis value stream mapping yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini



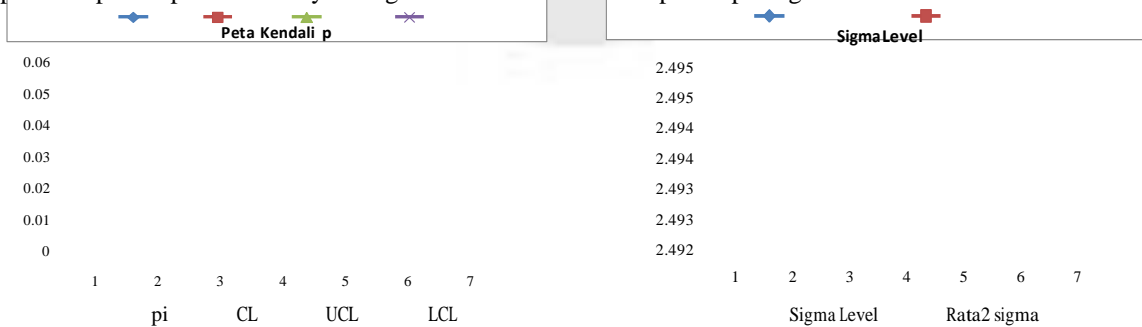
Gambar 4 Value Stream Mapping

Dari Gambar 4 kita dapat mengetahui lead time proses pembuatan part body casing meter air adalah sebesar 81.872,939 secdetik.

2) Measure

Tahapan measure dilakukan dengan mengidentifikasi CTQ. CTQ part body casing ditampilkan pada Tabel 1. Selanjutnya dari tabel CTQ dilakukan identifikasi KPI's Waste defect untuk mengetahui indicator terjadinya waste defect. Dalam penelitian ini KPI's waste defect adalah defect rate, dengan rata-rate defect rate sebesar 3.70.

Setelah diketahui indikator terjadinya waste defect perlu dilakukan perhitungan mengenai stabilitas proses dan kapabilitas proses produksi body casing meter air. Berikut ditampilkan pada gambar



Gambar 4 Peta Kendali p

Gambar 5 Sigma Level

Dari gambar dapat diketahui bahwa rata-rata sigma level pada proses produksi body casing adalah sebesar 2.494 sigma.

3) Analyze

Jenis defect yang ada pada proses pembuatan body casing ada 3 jenis yaitu :

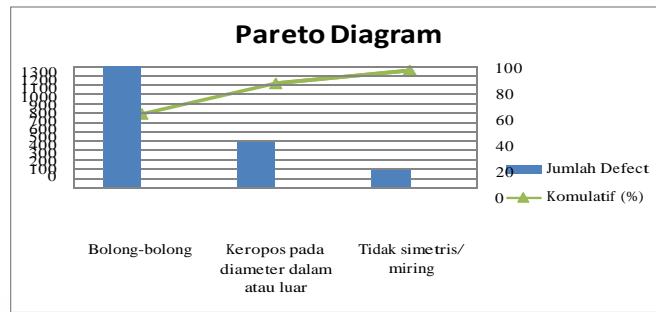
Tabel 3 Jumlah dan Jneis Defect

Ranking	Jenis Defect	Jumlah Defect	Persentase (%)	Kumulatif (%)
---------	--------------	---------------	----------------	---------------

1	Bolong-bolong	1363	66.49 %	66.49 %
2	Keropos pada diameter dalam atau luar	483	23.56 %	90.05 %
3	Tidak simetris/ miring	204	9.95%	100 %

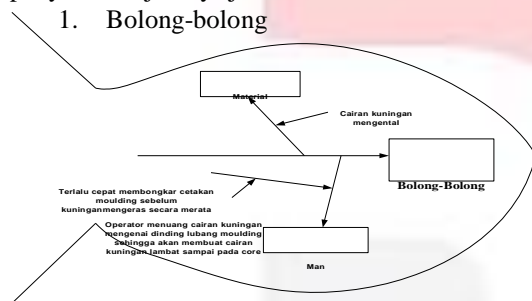


Jenis defect tersebut digambarkan pada pareto diagram untuk memilih jenis defect yang akan diteliti akar penyebab masalahnya.

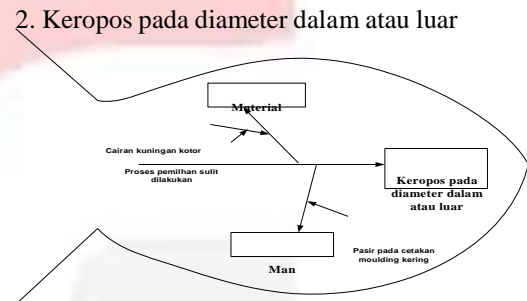


Gambar 6 Pareto Diagram

Berdasarkan pareto diagram tersebut dipilih 2 jenis defect dengan memperhatikan konsep pareto diagram yaitu 80/20 yaitu jenis defect bolong-bolong dan keropos pada diameter dalam atau luar. Selanjutnya setelah itu dibuat fishbone diagram dari masing-masing jenis defect untuk mengetahui akar penyebab terjadinya jenis defect tersebut.



1. Bolong-bolong



2. Keropos pada diameter dalam atau luar

Gambar 7 Defect Bolong-Bolong

Gambar 8 Defect Keropos

Setelah mengetahui akar penyebab terjadinya waste defect dilakukan pembuatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Tabel 4 Analisis FMEA

No	Process/Product	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	Severity	Potential Causes of Failure	Occ	Current control Prevention	Current Kontrols Detection	Detection	RP N	Recommend action
1	Pembuatan cetakan Moulding	Keropos pada diameter luar atau dalam	Produk akan rembes dan menyebabkan kebocoran	7	Pasir pada cetakan moulding kering	8	-	-	5	280	Penggunaan pasir cetakan moulding hanya sampai 2 kali proses saja
2	Pembongkaran moulding	Bolong-bolong	Produk akan malfunction	8	Terlalu cepat membongkar sebelum mengeras secara merata	8	-	-	5	320	Pembuatan alat bantu agar operator dapat menuang cairan kuningan tanpa mengenai dinding lubang moulding
3	Peleburan kuningan	Keropos pada diameter luar atau	Produk akan rembes dan	7	Cairan kuningan kotor	7	Pemeriksaan kuningan	-	5	245	Adanya alat bantu untuk memisahkan sampah-



		dalam	menyebabkan kebocoran							sampah atau kotoran kuningan yang dihasilkan pada proses peleburan kuningan	
4	Pouring kuningan	Bolong-bolong	Produk akan malfunction	7	Kuningan mengental sebelum proses pouring dilakukan	8	-	-	5	280	Pengadaan alat bantu conveyor agar jarak tempuh operator tidak jauh sehingga kuningan tidak mengental

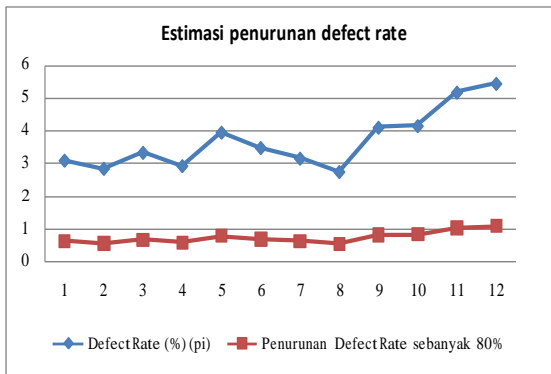
## 4) Improve

Dari akar penyebab tersebut dibuat usulan perbaikan untuk meminimasi waste defect yang terjadi selama proses pembuatan body casing. Berikut merupakan rancangan usulan beserta kelebihan dan kekurangan dari setiap usulan perbaikan yang diberikan.

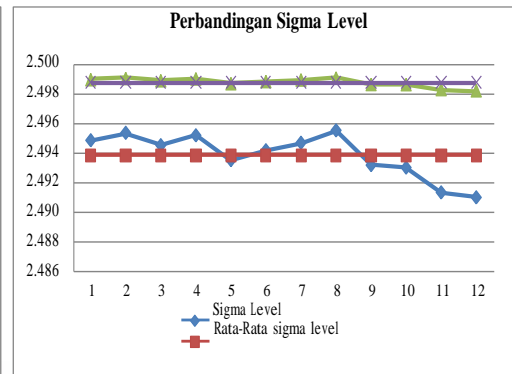
Tabel 5 Analisis kekurangan dan kelebihan usulan perbaikan

Faktor	Permasalahan	Akar Penyebab	Rancangan usulan Perbaikan	Kelebihan	Kekurangan
Material	Cairan kuningan kotor	Tidak adanya alat bantu untuk pemisahan kotoran pada cairan kuningan	Adanya alat bantu untuk memisahkan sampah-sampah atau kotoran kuningan yang dihasilkan pada proses peleburan kuningan	Cairan kuningan menjadi lebih bersih	Menyebabkan limbah dan mengurangi kuantitas kuningan yang seharusnya dapat lebih banyak digunakan
	Cairan kuningan mengental sebelum proses pouring dilakukan	Jarak WS peleburan kuningan dan WS pouring kuningan berjauhan	Pengadaan alat bantu conveyor agar jarak tempuh operator tidak jauh sehingga kuningan tidak mengental	Operator tidak harus menempuh jarak yang jauh ditambah membawa beban yang panas	Mengeluarkan biaya yang cukup besar
Man	Pasir pada cetakan moulding kering	Perusahaan tidak menyediakan instruksi mengenai berapa air yang harus ditambahkan	Penetapan takaran oleh pihak perusahaan mengenai air yang digunakan pada jumlah pasir tertentu	Pemberian takaran air yang digunakan akan menjadikan patokan bagi operator dalam menghasilkan cetakan moulding yang baik	Memerlukan riset agar air yang digunakan dapat sesuai
	Terlalu cepat membongkar sebelum mengeras secara merata	Tidak ada alat bantu penuangan sehingga pada saat menuang tidak mengenai lubang moulding	Pembuatan alat bantu agar operator dapat menuang cairan kuningan tanpa mengenai dinding lubang moulding	Operator dapat menuang cairan kuningan tanpa mengenai dinding lubang moulding	Mengeluarkan biaya tambahan

Dari usulan perbaikan yang diberikan dapat diestimasikan penurunan defect rate selama proses pembuatan body casing. Berikut perbandingan defect rate dengan estimasi penurunan defect rate.



Gambar 9 Estimasi penurunan defect rate



Gambar 10 Perbandingan sigma level

#### 4 Kesimpulan

- 1) *Waste defect* dominan yang terjadi selama proses produksi *part body casing* meter air berdasarkan data tahun 2014 adalah jenis *defect* bolong-bolong dan jenis *defect* keropos pada diameter dalam atau luar. Akar penyebab *waste defect* tersebut antara lain :
  - a. Faktor Material
    - a) Jarak WS peleburan kuningan dan WS *pouring* kuningan berjauhan
    - b) Tidak adanya alat bantu untuk pemisahan kotoran pada cairan kuningan
  - b. Faktor Man
    - a) Perusahaan hingga 4-5 kali proses menggunakan pasir silika yang digunakan sebagai cetakan moulding
    - b) Tidak ada alat bantu penuangan sehingga pada saat menuang tidak mengenai lubang moulding
- 2) Rancangan perbaikan proses produksi *part body casing* meter air untuk meminimasi akar penyebab terjadinya *waste defect* adalah :
  - a. Usulan yang diberikan untuk mengatasi material kuningan kotor adalah dengan alat bantu untuk memisahkan sampah-sampah atau kotoran kuningan yang dihasilkan pada proses peleburan kuningan
  - b. Usulan perbaikan yang diberikan untuk mengatasi kuningan mengental adalah dengan pengadaan alat bantu conveyor agar jarak tempuh operator tidak jauh sehingga kuningan tidak mengental
  - c. Usulan perbaikan yang diberikan untuk mengatasi pasir pada cetakan *moulding* kering adalah dengan penetapan bahwa pasir silika yang digunakan sebagai cetakan moulding hanya dapat digunakan sebanyak 2 kali proses saja.
  - d. Usulan perbaikan yang diberikan untuk mengatasi terlalu cepat membongkar cetakan *moulding* sebelum kuningan mengeras secara merata adalah pembuatan alat bantu agar operator dapat menuang cairan kuningan tanpa mengenai dinding lubang moulding.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea wahyu. (2003). *Pengendalian Kualitas Statistik : pendekatan kuantitatif dalam manajemen kualitas*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Crosby, Philip B.(1979). *Quality is Free, The Art of Making Quality Certain*: New American Library.
- Gasperz, Vincent. (2002), *Pedoman Implementasi Program Six sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2008, MBNQA dan HCCP*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Gasperz, Vincent, & Fontana, Avanti. (2011), *Lean Six sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Vinchrsto Publication.
- Hines, P. (2004), *Value stream Mapping : Theory and Case*. Cardiff University.  
<http://www.leanmanufacturingtools.org> (diakses tanggal 15 Februari 2015)
- Liker, Jeffrey K. (2006). *The Toyota Way, 14 Prinsip Manajemen*. Jakarta : Erlangga.
- McDermott, Robin E., Mikulak, Raymond J., & Beauregard, Michael R.(2009). *The Basics of FMEA 2<sup>nd</sup> Edition*. New York : Taylor & Francis Group.
- Montgomery, Douglas, C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control 6th edition*. United State of Amerika : John Wiley and Soon.
- Pujawan, I. N. (2005). *Supply Chain Management*. Surabaya : Guna Widya. 182
- Putri, Cahuliah Fatma. (2010). *Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock Dengan Metode Six Sigma*. Widya Teknika.
- Sugiyono, Prof.Dr. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sutalaksana,Iftikar. (2006) *Teknik Perencanaan Sistem Kerja*. Bandung : ITB.
- Wijaya, Tony.( 2011). *Manajemen Kualitas Jasa, Desain Servqual, QFD, dan Kano Disertai Contoh Aplikasi dalam Kasus Penelitian*. Jakarta: Indeks.