

# Usulan Penerapan Konsep *Lean Six Sigma* Untuk Mereduksi *Waste* Dengan Menggunakan Metode WAM, VALSAT Pada Proses Sewing *Line 33* (Studi Kasus : PT. *Apparel One Indonesia* Unit Dua Semarang)

M Nur Irsyad <sup>1)</sup>, Nurwidiana, ST., MT <sup>2)</sup>, Nuzulia Khoiriyah, ST., M.T <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Industri FTI UNISSULA

<sup>2) 3)</sup>Dosen Program Studi Teknik Industri FTI UNISSULA

Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Raya Kaligawe KM 4 Semarang, Indonesia

[n.irsyad97@gmail.com](mailto:n.irsyad97@gmail.com)

**Abstrak** - Penelitian ini dilakukan pada proses produksi bagian sewing, khususnya line sewing 33. PT. *Apparel One Indonesia* Unit Dua Semarang saat ini memiliki permasalahan berupa pencapaian produksi line sewing yang masih dibawah target, hal ini didukung dengan jumlah produk cacat yang masih diatas 2% standar toleransi yang diberikan oleh perusahaan. Penelitian dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini dengan pendekatan konsep *lean six sigma*, metode yang diterapkan yaitu DMAI (tanpa tahap control). Pada tahap define dilakukan identifikasi pemborosan melalui pembuatan value stream mapping dan penyebaran kuesioner WAM untuk mendapatkan pemborosan yang paling dominan. Setelah itu, dilakukan tahap measure untuk menentukan CTQ dan melakukan perhitungan nilai sigma. Pada tahap analyze dilakukan analisis menggunakan VALSAT, menentukan jenis cacat dominan dengan diagram pareto dan mengetahui penyebab permasalahan dengan diagram sebab akibat. Pada tahap improve dilakukan perbaikan berdasarkan lima faktor penyebab permasalahan yaitu manusia, metode, material, mesin, lingkungan kerja dan diperoleh hasil dari usulan perbaikan dari metode FMEA sebelum perbaikan pada jenis cacat broken stitch dengan penyebab masalah kerja mesin tersendat mendapat nilai RPN tertinggi sebesar 320 dan sesudah skenario perbaikan nilai RPN sebesar 240, kemudian rekomendasi yang diusulkan yaitu penjadwalan perawatan mesin dengan sistem preventive maintenance dengan metode RCM II, dan diperoleh dari hasil perhitungan dengan metode line balancing dimana menggabungkan stasiun kerja dimana kondisi saat ini ada 17 stasiun kerja menjadi 11 stasiun kerja kemudian dari penggabungan tersebut didapatkan efisiensi lini yang awalnya 50,122% menjadi 77,46%, kemudian dari perhitungan keseimbangan lintasan tersebut didapatkan value added activity, nonvalue added activity menjadi turun dimana lama VA sebelum dan sesudah perbaikan masih tetap sebesar 5201,9 detik, kemudian untuk lama NVA sebelum perbaikan sebesar 6168,09 detik dan setelah perbaikan NVA mengalami penurunan menjadi 2572,63 detik.

**Kata Kunci:** *Lean Six Sigma*, WAM, VALSAT, FMEA, line balancing

**Abstract** - This research was conducted in the production process of sewing parts, especially line sewing 33. PT. *Apparel One Indonesia* Unit Dua Semarang currently has problems in achieving line sewing production which is still below the target, this is supported by the number of defective products that are still above 2% tolerance standard given by the company. The study was conducted to solve this problem with the *Lean Six Sigma* concept approach, the method applied is DMAI (without stage Control). At the define stage, identification of waste was carried out through the making of value stream mapping and the distribution of WAM questionnaires to get the most dominant wastage. After that, the measure stage is performed to determine CTQ and calculate the sigma level. In analyze stage, an analysis using VALSAT is performed, determining the dominant type of defect with the Pareto diagram and knowing the cause of the problem with a casual diagram. In the Improve stage, improvements are made based on five factors that cause problems, namely human, method, material, machine, work environment and the results of proposed improvements from the FMEA method before improvements to the type of Broken stitch defects and the causes of engineered work problem get the highest the RPN value of 320 and after the scenario of repairing the RPN value is 240, then the proposed recommendation is scheduling engine maintenance with the Preventive Maintenance system using RCM II method, obtained from the results of line balancing method calculations where combining work station where the current conditions are 17 work stations to 11 work stations then from the merger balnce delay obtained the current line efficiency of 50,122% to 77,46%, then from the line balancing calculation it was obtained VAA, NVAA, to go down where the VA length before and after improvements was still at 5201,9 seconds, then for the NVA before improvement a amounting to 6168,09 seconds and after improvement the NVA it decreased to 2572,63 seconds.

**Key Words:** *Lean Six Sigma*, WAM, VALSAT, FMEA, line balancing

## I. PENDAHULUAN

Pada kesempatan ini, penulis mengambil penelitian pada PT. *Apparel One* Indonesia Unit Dua Semarang. PT. *Apparel One* Indonesia Unit Dua (PT. AOI2) Semarang ini bergerak khusus untuk memproduksi pakaian olahraga wanita dan pria (*Sport Wear*). Produk-produk yang dihasilkan terbagi menjadi 6 jenis produk yaitu *short pant*, *long pant*, *sweater*, *sweaterhoodie*, *jacket*, dan *T-shirt*. Proses produksi di PT. AOI2 meliputi beberapa tahapan mulai dari inspeksi bahan baku (*inspection*), pembuatan pola garment (*pattern marker*), pemotongan bahan (*cutting*), *sewing*, proses potong benang, *finishing*, *packing* dan *final inspection*. Pada lantai produksi, operator memiliki peranan sangat penting karena dalam menghasilkan produk operatorlah yang secara langsung mengoperasikan mesin-mesin dilantai produksi. Namun, pada proses jahit (*sewing*) yang memiliki tahapan proses terbanyak dibandingkan dengan proses lainnya, proses *sewing* seringkali mengalami permasalahan. Dimana, hal itu ditunjukkan dengan hasil produksi yang tidak sesuai dengan target perusahaan yang ada pada setiap *line sewing* PT. AOI2. Oleh karena itu, penulis melakukan pengamatan *line sewing* yang memproduksi jenis produk *T-Shirt* karena merupakan salah satu gambaran representasi bahwa hasil *output* aktual yang didapatkan langsung dari lapangan tidak dapat memenuhi batas minimal pencapaian target yang telah ditetapkan perusahaan sebesar 70% dari target produksi. Berikut ini adalah rekap data rata-rata pencapaian produksi terhadap target produksi *Line Sewing* produksi *T-Shirt* sejumlah 9 *line sewing* dari bulan Oktober 2017 sampai September 2018 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Rekap Data Rata-rata Pencapaian Bulanan Pada Lini Produksi *T-Shirt*

No.	Periode (Bulan)	Line 26	Line 27	Line 28	Line 29	Line 30	Line 31	Line 32	Line 33	Line 34
1.	Oktober 2017	62%	54%	65%	58%	79%	68%	45%	72%	65%
2.	November 2017	57%	67%	56%	70%	63%	56%	69%	54%	50%
3.	Desember 2017	60%	68%	61%	67%	53%	68%	61%	67%	62%
4.	Januari 2018	71%	70%	70%	69%	78%	72%	56%	71%	59%
5.	Februari 2018	68%	47%	68%	78%	64%	53%	60%	67%	65%
6.	Maret 2018	72%	66%	55%	71%	57%	60%	63%	52%	59%
7.	April 2018	71%	53%	71%	71%	64%	79%	73%	55%	80%
8.	Mei 2018	73%	76%	66%	73%	75%	67%	68%	54%	82%
9.	Juni 2018	68%	84%	59%	69%	67%	65%	58%	46%	62%
10.	Juli 2018	71%	56%	62%	79%	71%	66%	56%	50%	73%
11.	Agustus 2018	68%	55%	50%	71%	64%	59%	77%	53%	65%
12.	September 2018	67%	62%	51%	73%	57%	47%	70%	69%	64%
<b>Rata-rata</b>		67%	63%	61%	71%	66%	63%	63%	59%	66%

Data dari Tabel 1 tersebut menunjukkan, terdapatnya pencapaian target yang berada dibawah 70% dari standar target produksi perusahaan selama setahun terakhir dan lini produksi yang menghasilkan nilai rata-rata pencapaian target produksi terendah adalah *line sewing* 33 dengan rata-rata pencapaian target sebanyak 59%.

Hal yang mempengaruhi rendahnya pencapaian target produksi pada *line sewing* 33 kemungkinan besar disebabkan oleh kualitas barang yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar dan adanya pemborosan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah pada produksi. Akibat dari pemborosan tersebut adalah dilakukan kegiatan pengerjaan ulang secara terus menerus (*Waste Overprocessing*), maka mengakibatkan pemberhentian sementara pada proses produksi yang sedang berlangsung dan terdapat waktu terbuang. Standar kualitas yang diminta oleh *Buyer* dari PT. AOI2 harus 0 % *defect* ketika diekspor, maka dari itu perusahaan menetapkan seminimal mungkin batas tingkat kecacatan maksimum atau *allowance* yang bisa diterima dari *line sewing* yaitu sebesar 2%. Namun, selama setahun *line sewing* 33 telah menghasilkan rata-rata tingkat kecacatan sebesar 2,17%, periode bulan yang menghasilkan tingkat kecacatan terbesar adalah pada bulan Januari 2018 sebanyak 3,20%.

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dijelaskan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa adanya pemborosan yang merugikan perusahaan. Maka dari itu, harus ada upaya dalam menghilangkan akar penyebab pemborosan atau aktifitas-aktifitas yang tidak bernilai tambah (*non-valueadded activities*) sesuai yang diharapkan PT. AOI2. Jika proses produksi berjalan dengan lancar dan produk cacat berkurang, maka proses produksi dengan memanfaatkan sumber daya yang ada menjadi efektif dan optimal sehingga terjadi peningkatan produktivitas yang dihasilkan yang itu semua berdampak pada kepuasan pelanggan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. *Lean Six Sigma*

Menurut George (2003) dalam [1] *Lean Six Sigma* adalah metodologi yang memaksimalkan suatu *value* dengan mencapai tingkat tercepat dari peningkatan kepuasan pelanggan, kecepatan biaya, kualitas, proses, dan modal yang diinvestasikan. Menurut George (2003) dalam [2] Perpaduan antara *lean* dan *six sigma* diperlukan karena :

1. *Lean* tidak dapat membawa proses dibawah kendali statistik
2. *Six Sigma* sendiri tidak dapat secara dramatis meningkatkan kecepatan atau mengurangi modal yang diinvestasikan

**B. Line Balancing**

Menurut (Gaspersz, 2000) dalam [3] *line balancing* adalah metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun-stasiun kerja yang saling berkaitan atau berhubungan dalam suatu lintasan atau lini produksi dengan tujuan meminimumkan waktu menganggur pada lintasan yang telah ditentukan oleh operasi yang saling lambat.

**C. Waste Assessment Model (WAM)**

Menurut Rawabdeh (2005) dalam [4] *Waste Assessment Model* (WAM) merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan *waste* dan mengidentifikasi untuk mengeliminasi *waste*. Model ini menggambarkan hubungan antar *seven waste* (O: *Overproduction*, P: *Processing*, I: *Inventory*, T: *Transportation*, D: *Defect*, W: *Waiting*, dan M: *Motion*).

**D. Value Stream Analysis Tools (VALSAT)**

Menurut Hines dan Rich (1997) dalam [5] *Value stream analysis tool* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai (*Value Stream*) yang berfokus pada *value adding process*. *Detail mapping* ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi.

Terdapat 7 macam *detailed mapping Tools* yang paling umum digunakan yaitu:

1. *Process Activity Mapping* (PAM)
2. *Supply Chain Response Matrix* (SCRM)
3. *Production Variety Funnel* (PVF)
4. *Quality Filter Mapping* (QFM)
5. *Demand Amplification Mapping* (DAM)
6. *Decision Point Analysis* (DPA)
7. *Physical Structure* (PS)

**III. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada PT. *Apparel One* Indonesia Unit dua Semarang, Kawasan Industri Wijaya Kusuma Jl. Tugu Wijayakusuma IV, Kelurahan Randu Garut Kecamatan Tugu, Semarang Jawa Tengah. Objek penelitian yang diamati adalah *line sewing* 33 yang memproduksi jenis garmen *T-Shirt* dimana mengalami penurunan pencapaian target produksi. Waktu untuk melakukan penelitian dimulai dari 9 Oktober 2018 sampai dengan 9 Januari 2019 (3 bulan). Penelitian ini menggunakan metodologi yang terdiri dari tahapan-tahapan yang sudah digambarkan dalam diagram alir (*Flowchart*) di **Lampiran**

**IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**A. Tahap Define**

**1. Diagram SIPOC**

Pembuatan diagram SIPOC bertujuan untuk memperjelas cakupan aliran fisik yang digambarkan pada VSM. Hal ini karena pembuatan VSM tidak untuk seluruh proses produksi, melainkan hanya proses penjahitan atau (*Sewing*). Diagram SIPOC dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Diagram SIPOC

<i>Supplier</i> PT. ZZ	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
Pengadaan Kain berbentuk roll	Bahan yang akan dipakai kain Benang, label	Cutting ↓ Sewing (Proses Produksi jahit) ↓ Finishing	(T-Shirt) Pakaian Jadi	Buyer

Diagram SIPOC untuk proses penjahitan dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan diagram SIPOC diatas dapat diketahui bahwa:

- a. *Supplier* : PT. ZZ yang merupakan pemasok kain yang akan digunakan dalam produksi.
- b. *Input* : Barang-barang yang menjadi masukan proses pembuatan *T-Shirt* adalah kain, benang dan sebagainya.
- c. *Process* : Proses yang dilakukan adalah proses pembuatan *T-Shirt*, mulai dari proses pemotongan, *sewing*, hingga proses penyelesaian.
- d. *Output* : Hasil yang dikeluarkan adalah pakaian jadi (*T-Shirt*).
- e. *Customer* : *Buyer* yang memesan produk pakaian jadi atau dengan jenis *T-shirt*.

**2. Pembuatan Current State Value Stream Mapping (CSVSM)**

Pada Tabel 3 merupakan hasil pengolahan data yang diperlukan pada setiap proses untuk pembuatan CSVSM. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa waktu *changeover* terbesar adalah pada proses yang menggunakan mesin obras benang 4 dan mesin jahit kansai sebesar 600 detik, sedangkan waktu *changeover* terkecil pada proses

pengendalian kualitas sebesar 0 detik karena proses pengerjaan tidak menggunakan mesin. Sehingga persentase *uptime* tertinggi adalah pada proses inspeksi, yaitu sebesar 100%. Kapasitas yang paling besar adalah pada proses *bartack bottom* sebesar 3310 unit dan *lead time* WIP terbesar adalah pada proses *hemming bottom* sebesar 645,25 detik. Pada Gambar 2 (**Lampiran**) menunjukkan Total *lead time* produksi dalam proses *sewing* didapat dari jumlah *cycle time* (dengan *lot size* 10 unit) dan NVA pada setiap proses, sehingga didapatkan total *lead time* sebesar 11.369,997 detik.

**Tabel 3.** Pengolahan Data untuk CSVSM

No.	Operasi	Changeover (detik)	Uptime (%)	WIP (Unit)	Kapasitas (Unit)	LT WIP (hari)	LT WIP (detik)
1.	<i>Join Edge Panel Collar</i>	180	99,375	15	1564	0,00959028	276,2
2.	<i>Lock Fold Panel Collar</i>	180	99,375	15	2740	0,00547396	157,65
3.	<i>OL Join shoulder</i>	600	97,91667	10	946	0,0105706	304,43
4.	<i>Kansai 3S Shoulder</i>	600	97,91667	10	868	0,01151505	331,63
5.	<i>Attach Label Ataca</i>	180	99,375	10	1935	0,00516667	297,6
6.	<i>Attach Care Label Side Body</i>	180	99,375	10	3055	0,00327315	188,53
7.	<i>OL Join Collar</i>	180	99,375	15	789	0,01901736	547,7
8.	<i>Attach Binding Neck Back</i>	180	99,375	15	856	0,01752257	504,65
9.	<i>Lock Edge Bnding Neck 2X</i>	300	98,95833	15	1346	0,01114583	321
10.	<i>Close Binding Neck Back</i>	300	98,95833	15	865	0,01734375	499,5
11.	<i>OL Join Sleeve 2X</i>	600	97,91667	10	472	0,02119907	610,53
12.	<i>OL Join Side Seam 2X</i>	600	97,91667	10	554	0,01806019	520,13
13.	<i>Hemming Bottom</i>	300	98,95833	15	670	0,02240451	645,25
14.	<i>Hemming Sleeve 2X</i>	300	98,95833	10	554	0,01806134	520,167
15.	<i>Bartack Bottom</i>	600	97,91667	15	3310	0,00453125	130,5
16.	<i>Bartack Sleeve 2X</i>	600	97,91667	10	2260	0,00442477	127,43
17.	Inspeksi	0	100	0	588	0	0

### 3. Waste Relationship Matrix (WRM)

*Waste Relationship Value* pada Tabel 6 didapatkan dengan mengonversikan huruf-huruf pada tabel WRM ke dalam bentuk angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2 dan X=0. Pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai dari *from defect* memiliki persentase yang paling besar yaitu sebesar 19,23%. Hal ini mempunyai arti bahwa apabila terjadi pemborosan produk cacat, maka memiliki pengaruh yang cukup besar untuk menyebabkan pemborosan lain. Kemudian dapat diketahui pula bahwa nilai *to defect* memiliki persentase yang paling besar, yaitu sebesar 20,00%. Hal ini mengidentifikasi bahwa pemborosan produk cacat merupakan pemborosan yang paling banyak diakibatkan oleh pemborosan lain.

**Tabel 4.** Waste Relationship Value

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	6	4	2	4	0	4	30	11,54
I	6	10	4	4	4	0	0	28	10,77
D	6	6	10	10	8	0	10	50	19,23
M	0	6	10	10	0	4	10	40	15,38
T	2	2	6	2	10	0	4	26	10,00
P	6	8	8	8	0	10	8	48	18,46
W	8	10	10	0	0	0	10	38	14,62
Score	38	48	52	36	26	14	46	260	100
%	14,62	18,46	20,00	13,85	10,00	5,38	17,69	100	

### 4. Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Kuesioner pada WAQ terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda. Kuesioner penilaian ini terbagi dalam dua jenis kelompok pertanyaan, yaitu "*from*" dan "*to*". Pertanyaan "*from*" mempunyai arti bahwa pemborosan tersebut dapat memengaruhi atau menghasilkan pemborosan yang lain, sedangkan pertanyaan "*to*" mempunyai arti bahwa pemborosan tersebut dapat dipengaruhi atau dihasilkan oleh pemborosan lain. Selain itu, pertanyaan juga dibedakan berdasarkan hubungan pemborosan. Pada Tabel 5 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan WAQ dapat disimpulkan bahwa pemborosan terbesar disebabkan oleh pemborosan produk cacat sebesar 26,25%, dan pemborosan terbesar kedua adalah pemborosan waktu menunggu sebesar 16,02%.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan WAQ

	O	I	D	M	T	P	W
Score (Yj)	0,121	0,109	0,107	0,116	0,106	0,127	0,097
PjFactor	168,64	198,82	384,62	213,02	100,00	99,41	258,58
Final Result (Yjfinal)	20,44	21,77	41,02	24,74	10,65	12,63	25,03
Final Result (%)	13,08	13,93	2625	15,83	6,81	8,08	16,02
Rank	5	4	1	3	7	6	2

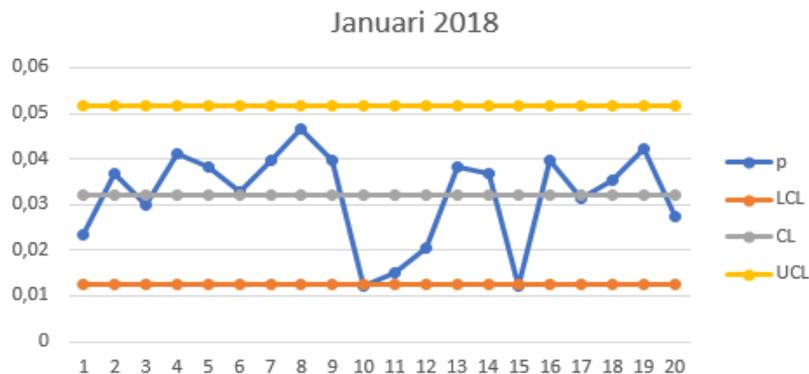
B. Tahap Measure

1. Menentukan Critical to Quality (CTQ)

Produk yang dihasilkan dari proses penjahitan adalah *T-Shirt*. Konsumen yang menerima *T-Shirt* ini adalah proses berikutnya, yaitu proses penyelesaian. Hasil dari wawancara tersebut digunakan dalam proses penyusunan CTQ. Penyusunan CTQ dilakukan guna mengetahui faktor-faktor untuk menjadi ukuran kualitas dan karakteristik yang dikehendaki. Pada penelitian ini diperoleh jenis-jenis cacat sejumlah 11 yang dapat dikatakan CTQ. Produk yang dihasilkan dapat dikatakan berkualitas dan diterima jika memenuhi ke-11 CTQ tersebut. CTQ ini akan digunakan dalam menentukan *level sigma line* 33.

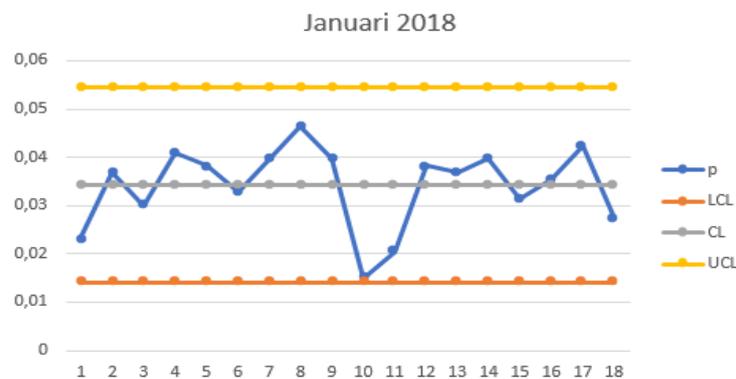
2. Membuat Peta Kontrol (*Control Chart*)

Pada pembuatan peta kontrol data yang digunakan yaitu hasil pengukuran pengendalian dari jumlah produk cacat. Pengukuran dilakukan dengan *statistical quality control* jenis *P-Chart* terhadap produk cacat pada bulan Oktober 2017 sampai dengan bulan September 2018. Pembuatan peta kontrol P merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mengetahui kondisi sebaran data atau proporsi cacat terhadap batas-batas spesifikasi yang telah ditetapkan sebagai pencapaian standar karakteristik kualitas. Setelah pengolahan data selama setahun tersebut terdapat 6 bulan yang sebaran datanya melewati batas kendali (*Out of Control*) yaitu bulan November 2017, Desember 2017, Januari 2018, Juni 2018, Juli 2018, September 2018. Gambar 3 merupakan peta kontrol P bulan Januari 2018 yang mana diperoleh nilai rata-rata proporsi cacatnya sebesar 0,0320 dengan batas kendali atas dan bawah masing-masing sebesar 0,0515 dan 0,0125, namun terdapat 2 sebaran data yang melewati batas kendali bawah yaitu pada hari ke 10 dengan nilai proporsi cacatnya 0,0123, hari ke 15 dengan nilai proporsi cacatnya sebesar 0,0123.



Gambar 3. Grafik P-Chart Bulan Januari 2018

Setelah diketahui kondisi sebaran data yang keluar batas kendali, maka perlu adanya perbaikan dengan cara menghilangkan *assignable cause* yang mengakibatkan data berada diluar batas kendali dengan membuangnya dari peta kontrol P. Gambar 4 merupakan hasil perbaikan peta kontrol P di Bulan Januari 2018 yang terlihat dibawah ini.



Gambar 4. Grafik P-Chart Setelah Perbaikan di Bulan Januari 2018

### 3. Menghitung DPMO dan Level Sigma

Perhitungan DPMO dan tingkat *sigma* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Unit (U) merupakan jumlah produk yang dihasilkan atau diproses. Jumlah produk *T-Shirt* yang dihasilkan selama produksi bulan Oktober 2017 sampai September 2018 sesuai data terkendali adalah sebanyak 105.229 *pieces T-Shirt*.
- Opportunities* (OP) merupakan karakteristik kualitas yang ditimbulkan dari proses, sehingga akan menghasilkan produk cacat. Karakteristik kualitas tersebut sama dengan penentuan CTQ. Dalam penelitian ini terdapat 11 karakteristik cacat yang dipilih sebagai CTQ penyebab potensial kegagalan produk.
- Defect* (D) merupakan jumlah cacat yang terjadi selama produksi bulan Oktober 2017 sampai September 2018 sesuai data yang terkendali sebesar 2.230 unit.
- Defect Per Unit* (DPU) merupakan jumlah rata-rata dari produk cacat terhadap jumlah total unit, sehingga DPU dapat dihitung sebagai berikut:

$$DPU = \frac{2230}{105229} = 0,0212$$

- Defect per Oportunities* (DPO) merupakan proporsi cacat atas jumlah total peluang dengan perhitungan sebagai berikut:

$$DPO = \frac{2230}{105229 \times 11} = 0,0019265$$

- DPMO merupakan jumlah cacat yang muncul dalam satu juta peluang dengan perhitungan sebagai berikut:

$$DPMO = 0,0019265 \times 1.000.000 = 1926,535$$

- Tingkat *sigma* (*Sigma Level*)

Untuk menentukan perhitungan nilai *sigma* ini akan menggunakan *Microsoft Excel* dengan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tingkat Sigma} &= \text{NORMSINV} \left( \frac{1000000 - DPMO}{1000000} \right) + 1,5 \\ \text{Tingkat Sigma} &= \text{NORMSINV} \left( \frac{1000000 - 1926,535}{1000000} \right) + 1,5 \\ &= 4,38 \text{ sigma} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* tersebut dapat diketahui bahwa nilai *sigma* yang diperoleh yaitu sebesar 4,38 *sigma*.

### C. Tahap Analyze

#### 1. Value Stream Mapping Tools (VALSAT)

Metode VALSAT merupakan alat untuk melakukan perbaikan yang berhubungan dengan pemborosan di dalam *value stream*. VALSAT merupakan sebuah pendekatan dengan melakukan pembobotan pada pemborosan, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap alat yang digunakan untuk menganalisis pemborosan. Perhitungan pada tabel VALSAT dilakukan dengan cara mengalikan hasil pembobotan pemborosan dengan skala pada tabel VALSAT.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Pemilihan *Mapping Tools* VALSAT

Pemborosan/ structure	Weight	Mapping tool						
		Process activity mapping	Supply chain reponse matrix	production variety funnel	Quality filter mapping	Demand amplification mapping	Decision point analysis	Physical structure (a) volume (b) value
Overproduction	13,08	13,08	39,24	0	13,08	39,24	39,24	0
Unnecessary inventory	13,93	41,79	125,37	41,79	0	125,37	41,79	13,93
Defects	26,25	26,25	0	0	236,25	0	0	0
Unnecessary motion	15,83	142,47	15,83	0	0	0	0	0
Transport	6,81	61,29	0	0	0	0	0	6,81
Inappropriate processing	8,08	72,72	0	24,24	8,08	0	8,08	0

<i>Waiting</i>	16,02	144,18	144,18	16,02	0	4	48,06	0
<b>Total</b>		501,78	324,62	82,05	257,41	212,67	137,17	20,74

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa *Process Activity Mapping* (PAM) mempunyai nilai yang paling tinggi, yaitu sebesar 501,78. Oleh karena itu, alat yang digunakan untuk menganalisis pemborosan secara terperinci adalah PAM.

**a. *Process Activity Mapping* (PAM)**

Berdasarkan hasil analisis dengan PAM waktu yang digunakan untuk seluruh proses pada proses *sewing* adalah selama 11369,997 detik, sedangkan total aktivitas dalam proses ini sebanyak 64 aktivitas yang ditunjukkan pada tabel 7 dan 8. Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa aktivitas menunggu mempunyai persentase waktu yang paling tinggi, yaitu sebesar 53,02%. Pada Tabel 8 aktivitas tidak mempunyai nilai tambah (NVA) adalah aktivitas yang paling banyak membutuhkan *lead time* produksi karena mempunyai aktivitas sebanyak 21 aktivitas dengan persentase sebesar 52,99%. Besarnya waktu pada NVA disebabkan waktu menunggu yang dibutuhkan WIP untuk melakukan proses selanjutnya terlalu lama. Hal ini dikarenakan satu operator harus mengerjakan proses atau dapat dikatakan bahwa operator harus melakukan proses yang lain terlebih dahulu. Kemudian, hampir di setiap proses terdapat WIP yang harus menunggu. Hal tersebut dapat digolongkan sebagai pemborosan, yaitu pemborosan waktu menunggu. Hasil rekapitulasi aktivitas pada PAM ini sesuai dengan hasil *assessment* pada WAM yang menunjukkan bahwa menunggu yaitu pada peringkat 2 selain *defect* merupakan pemborosan yang cukup dominan.

**Tabel 7.** Waktu pada Setiap Aktivitas

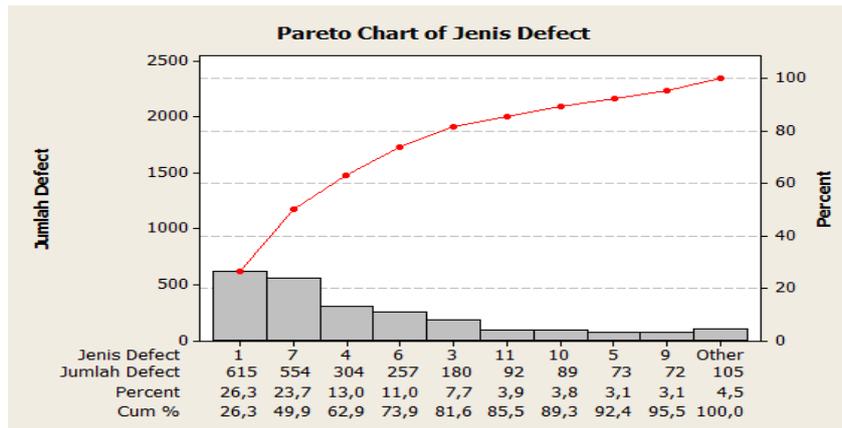
<b>Aktivitas</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>Persentase (%)</b>
Operasi ( <i>Operation</i> )	22	4.732,55	41,62
Transportasi ( <i>Transportation</i> )	18	118,85	1,05
Inspeksi ( <i>Inspection</i> )	1	48,97	4,31
Penyimpanan ( <i>Storage</i> )	0	0	0
Menunggu ( <i>Delay</i> )	23	6.028,897	53,02

**Tabel 8.** Nilai VA, NVA, dan NNVA

<b>Kategori</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>Persentase (%)</b>
<i>Value Added</i> (VA)	17	520,19	45,75
<i>Necessary NonValue Added</i> (NNVA)	26	142,88	1,26
<i>NonValue Added</i> (NVA)	21	6.025,217	52,99

**2. Diagram Pareto**

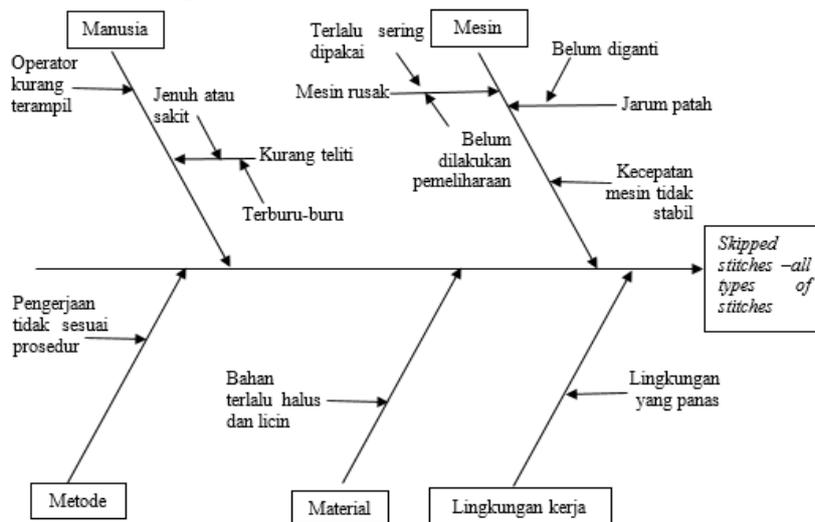
Berdasarkan diagram pareto pada Gambar 5 dapat diketahui jenis-jenis cacat yang paling dominan dengan melihat nilai persentase kumulatif. Terdapat 11 jenis cacat yang diamati yang merupakan standar karakteristik dapat diketahui bahwa 11 jenis cacat termasuk dalam CTQ. Sesuai dengan prinsip pareto yang menyatakan aturan 80/20, mempunyai arti bahwa 80 persen masalah kualitas disebabkan oleh 20 persen penyebab kecacatan. Oleh karena itu, dipilih jenis-jenis cacat berdasarkan nilai persentase kumulatif mencapai 80 persen dengan asumsi bahwa 80 persen tersebut dapat mewakili seluruh jenis cacat yang terjadi. Jenis-jenis cacat yang paling dominan dan terpilih untuk diteliti lebih lanjut karena memiliki potensi yang paling tinggi dalam menyebabkan kegagalan produk pada *T-shirt*, yaitu *Skipped stitches –all types of stitches, Untrimmed sewing threads or loose threads, Oil spots/ Soil/ Any kind of Stain/ Glue mark, Broken stitches, Twisted/wavy/uneven body/hem*. Jenis-jenis cacat yang terpilih tersebut akan dianalisis untuk mengetahui akar penyebab terjadinya cacat tersebut menggunakan diagram sebab akibat.



Gambar 5. Diagram Pareto Jumlah Setiap Jenis Produk Cacat

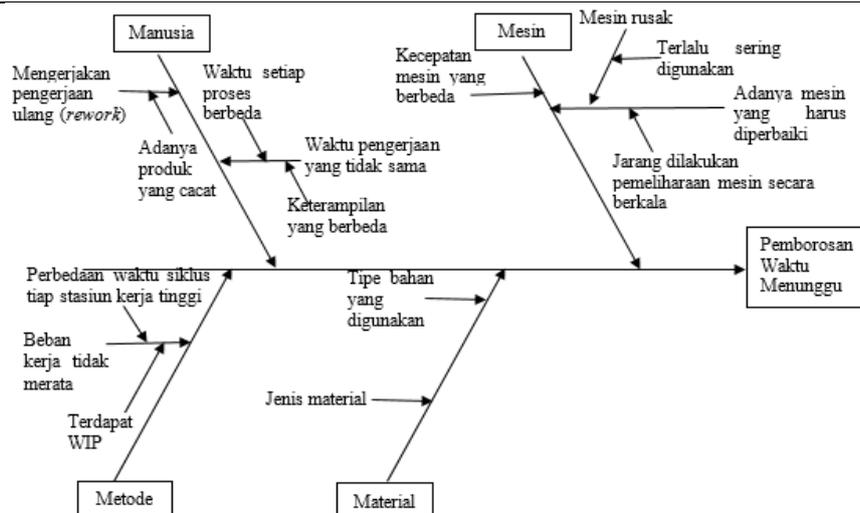
### 3. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat ini digunakan untuk mencari akar permasalahan atau penyebab cacat dalam setiap jenis cacat yang terpilih dari prinsip pareto dan penyebab pemborosan waktu menunggu. Melalui diagram ini maka dapat diketahui faktor-faktor penting yang menyebabkan jenis kegagalan tersebut terjadi, sehingga kegagalan tersebut dapat dikurangi. Pada pemborosan cacat, analisis menggunakan diagram sebab akibat dilakukan pada 5 jenis cacat yang terpilih dari diagram pareto sebelumnya. Pada Gambar 6 merupakan salah satu diagram sebab akibat pada jenis cacat yaitu *Skipped stitches – all types of stitches*. Pada Gambar 7 merupakan diagram sebab akibat pada pemborosan menunggu.



Gambar 6. Diagram Sebab Akibat Jenis Cacat *Skipped stitches – all types of stitches*

Pada gambar 6 juga diperoleh lima faktor utama penyebab cacat yaitu, antara lain manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja. Namun, berdasarkan dari hasil wawancara dan berdiskusi dengan para pekerja maka diambil dua faktor penyebab kegagalan yang dinilai lebih berpengaruh untuk dijelaskan yaitu manusia dan mesin. Penyebab cacat jika ditinjau dari sisi manusia, yaitu yang pertama operator kurang teliti dalam proses pengerjaan yang terburu-buru dikarenakan ingin mengejar target produksi atau terburu-buru dalam menyelesaikan jahitannya yang masih menumpuk akibat ketidakseimbangan beban kerja dan selain hal itu, operator juga terkadang kurang teliti sebab merasakan jenuh atau sedang mengalami sakit sehingga sering terjadi kecacatan dan jahitan tidak sempurna. Kedua, operator kurang terampil karena pengalaman operator dalam menjahit masih kurang serta pelatihan menjahit tidak intensif (waktu pelatihan singkat ataupun sistem pelatihan kurang efektif). Penyebab cacat jika ditinjau dari sisi mesin adalah yang pertama kecepatan mesin yang bekerja tidak stabil, kedua, jarum yang digunakan patah karena operator tidak menggantinya sebelum jarum tersebut patah. Ketiga, mesin sering rusak dikarenakan terlalu sering dipakai dan belum dilakukan pemeliharaan mesin.



**Gambar 7** Diagram Sebab Akibat Pemborosan Waktu Menunggu

Berdasarkan diagram sebab akibat yang ditunjukkan pada Gambar menunjukkan analisis akar penyebab masalah dari Pemborosan Waktu Menunggu. Selain itu, terdapat empat faktor utama penyebab pemborosan waktu menunggu yaitu, antara lain manusia, mesin, metode, material. Namun, berdasarkan dari hasil wawancara dan berdiskusi dengan para pekerja maka diambil dua faktor penyebab kegagalan yang dinilai lebih berpengaruh untuk dijelaskan yaitu manusia, metode dan mesin. Penyebab pemborosan waktu menunggu jika ditinjau dari sisi manusia, yaitu yang pertama pertama adalah waktu pengerjaan pada setiap proses tidak sama, kedua adalah operator melakukan pengerjaan ulang (*rework*) karena terdapat produk cacat atau produk yang membutuhkan perbaikan. Penyebab pemborosan waktu menunggu ditinjau dari sisi metode, yaitu beban kerja antara proses satu dengan proses lain tidak merata. Penyebab pemborosan waktu menunggu ditinjau dari sisi mesin, yaitu terdapat mesin yang membutuhkan perbaikan dan kecepatan mesin satu dengan mesin lain berbeda.

**4. Analisa dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Kondisi Saat Ini**

Setelah penyebab-penyebab pemborosan produk cacat dan waktu menunggu teridentifikasi dengan diagram sebab akibat, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa potensi kegagalan berdasarkan penyebab kegagalan proses yang potensial dan evaluasi dari prioritas resiko untuk kondisi saat ini. Tabel 9 merupakan salah dua tabel FMEA berdasarkan pemborosan produk cacat dari 5 jenis cacat, yaitu *Skipped stitches –all types of stitches* dan *Broken stitches*. Tabel 10 merupakan tabel FMEA berdasarkan pemborosan waktu menunggu.

**Tabel 9.** FMEA Berdasarkan Pemborosan Cacat

Proses	Jenis kegagalan	Efek dari kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Kontrol Saat Ini	D	RPN
Proses Sewing	<i>Skipped stitches –all types of stitches</i>	Membuka hampir semua jahitan yang ada	8	Operator kurang teliti	5	Inspeksi dalam lini dan dilakukan stop lini untuk pengerjaan ulang	7	280
			8	Kecepatan mesin tidak stabil	5	Menerapkan Sistem <i>Corrective Maintenance</i> , membenarkan kecepatan mesin atau mengganti mesin jahit	8	320

Berdasarkan tabel FMEA berdasarkan pemborosan produk cacat dapat diketahui bahwa nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi pertama dan kedua adalah pada jenis cacat *skipped stitches–all types of stitches*, yaitu sebesar pertama 320 pada penyebab kegagalan kecepatan mesin tidak stabil dengan kontrol saat ini melalui menerapkan sistem *corrective maintenance*.

**Tabel 10.** FMEA Berdasarkan Pemborsan Waktu Menunggu

Proses	Jenis kegagalan	Efek dari kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Kontrol Saat Ini	D	RPN
Proses penjahitan	Pemborosan waktu menunggu	Proses produksi terhambat	8	Beban kerja yang tidak merata	8	Satu operator dapat melakukan lebih dari satu proses	6	384
			8	Waktu proses pengerjaan antar operasi yang tidak sama	9	Pembagian proses pengerjaan	6	432
			8	Adanya mesin yang harus diperbaiki	8	Teknisi langsung datang ke tempat kerusakan mesin	4	256

Berdasarkan Tabel FMEA pada jenis pemborosan waktu menunggu dapat diketahui bahwa nilai RPN tertinggi pertama dan kedua adalah sebesar RPN yang pertama 432 pada penyebab kegagalan waktu proses pengerjaan antar operasi tidak sama dengan kontrol saat ini dengan pembagian proses pengerjaan.

#### D. Tahap Improve

##### 1. Usulan Perbaikan Beserta Skenario *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka diperoleh bahwa pemborosan produk cacat dan pemborosan waktu menunggu merupakan *waste* yang paling dominan dan juga diketahui rekapitulasi hasil perhitungan FMEA nilai RPN sebelum adanya perbaikan. Pada sub bab ini berisikan usulan tindakan perbaikan atas pemborosan dominan beserta melakukan skenario perhitungan FMEA yang didapatkan dari hasil wawancara dan *brainstorming* dengan staff IE untuk mendapatkan nilai RPN atas usulan-usulan tindakan perbaikan tersebut. Tabel 11 merupakan salah satu skenario FMEA terhadap usulan perbaikan pemborosan produk cacat dari 5 jenis cacat, yaitu *Skipped stitches –all types of stitches* dan *Broken stitches* dan pada Tabel 12 merupakan skenario FMEA terhadap usulan perbaikan pemborosan waktu menunggu.

Tabel 11. Skenario FMEA Berdasarkan Pemborosan Produk Cacat

Proses	Jenis kegagalan	Efek dari kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Kontrol yang diusulkan	D	RPN
Proses Sewing	<i>Skipped stitches –all types of stitches</i>	Membuka hampir semua jahitan yang ada	8	Operator kurang teliti	4	Pelatihan secara berkala dilakukan agar operator, serta pemberian insentif untuk lini produksi yang mencapai target	4	128
			8	Kecepatan mesin tidak stabil	4	Penjadwalan perawatan secara berkala setiap sebelum proses produksi dimulai	5	160

Berdasarkan Tabel 13 diatas dapat diketahui bahwa nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi adalah pada jenis cacat *Skipped stitches –all types of stitches* yaitu sebesar 160, penyebab kegagalannya karena kerja mesin jahit tersendat dan dengan kontrol yang diusulkan adalah melakukan penjadwalan perawatan mesin jahit berkala.

Tabel 12 Skenario FMEA Berdasarkan Pemborosan Waktu Menunggu

Proses	Jenis kegagalan	Efek dari kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Kontrol yang diusulkan	D	RPN
Proses penjahitan	Pemborosan waktu menunggu	Proses produksi terhambat	8	Beban kerja yang tidak merata	5	Pembagian stasiun kerja sesuai beban kerja dengan <i>line balancing</i>	5	200
			8	Waktu proses pengerjaan antar operasi yang tidak sama	5	Pembagian stasiun kerja sesuai beban kerja dengan <i>line balancing</i>	5	200
			8	Adanya mesin yang harus diperbaiki	5	Penjadwalan perawatan secara berkala setiap sebelum proses produksi dimulai	4	160

Berdasarkan Tabel 12 diatas dapat diketahui bahwa nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi adalah pada pemborosan waktu menunggu yaitu sebesar 200, penyebab kegagalannya adalah beban kerja tidak merata dan waktu proses pengerjaan antar operasi tidak sama maka kontrol yang diusulkan adalah melakukan pembagian kerja yang efisien didapatkan keseimbangan lini dengan metode *line balancing*.

##### 2. Perawatan Mesin

Melakukan penjadwalan pengecekan dan penjadwalan mesin dengan sistem *preventive maintenance*. Sistem ini bertujuan untuk mencegah kerusakan mesin secara mendadak dan performansi mesin jahit yang menurun dengan tindakan penjadwalan secara periodik. Perawatan yang diusulkan dengan metode RCM II serta dilakukan setiap sebelum proses produksi dimulai agar tidak perlu mengganggu operator yang sedang bekerja.

##### 3. Line Balancing

Perhitungan keseimbangan lintasan berdasarkan kondisi saat ini sebelum adanya usulan perbaikan, sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi lini} = \frac{(18,41+10,51+\dots+12,74+48,97)}{61,05 \times 17} \times 100\% = 50,122\%$$

$$\text{Balance delay} = \frac{(61,05 \times 17) - (520,19)}{61,05 \times 17} \times 100\% = 49,878\%$$

$$\text{Smoothing Index} = \sqrt{(38,28^2 + 54,82^2 + \dots + 18,46^2)} = 147,656$$

Berdasarkan perhitungan keseimbangan lintasan saat ini, maka perlu perbaikan dengan menggunakan perangkat lunak POM for Windows sehingga menghasilkan perhitungan seperti yang ada pada Tabel 13 dibawah ini. Dilihat pada Tabel 13 diketahui bahwa efisiensi adalah dengan menggunakan kelima macam metode *line balancing* yaitu sebesar 77,46%. Hasil nilai efisiensi ini meningkat jika dibandingkan dengan kondisi yang saat ini sebelum ada usulan perbaikan.

**Tabel 13.** Hasil Rekapitulasi Keseimbangan Lintasan dengan POM for Windows

Summary Statistics	Longest operation time	Most following tasks	Ranked positional weight	Shortest operation time	Fewest following tasks
Cycle time	61,05 s	61,05 s	61,05 s	61,05 s	61,05 s
Min (theoretical) of stations	9	9	9	9	9
Actual of station	11	11	11	11	11
Time allocated	671,55 s	671,55 s	671,55 s	671,55 s	671,55 s
Time needed	520,19 s	520,19 s	520,19 s	520,19 s	520,19 s
Idle time	151,36 s	151,36 s	151,36 s	151,36 s	151,36 s
Efficeincy	77,46%	77,46%	77,46%	77,46%	77,46%
Balance Delay	22,54%	22,54%	22,54%	22,54%	22,54%

#### 4. Membuat Future State Value Stream Mapping (FSVSM)

Gambar Future State Value Stream Mapping dapat dilihat pada **Lampiran**.

#### V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian adalah sebagai berikut:

- Hasil identifikasi pemborosan dengan menggunakan Waste Relationship Matrix (WRM) dan Waste Assessment Questionare (WAQ) didapatkan peringkat waste yang pertama adalah Defect dengan bobot sebesar 26,25 % dan peringkat kedua adalah pemborosan Waiting dengan bobot sbesar 16,02 %, peringkat ketiga adalah Motion sebesar 15,83 %, peringkat keempat adalah Inventory sebesar 13,93%, peringkat kelima adalah Overproduction sebesar 13,08%, peringkat keenam adalah Process sebesar 8,08%, yang terakhir adalah Transportation sebesar 6,81%.
- Berdasarkan perhitungan dari tingkat sigma dapat diketahui bahwa nilai DPMO dari bulan Oktober 2017 sampai bulan September 2018 adalah sebesar 1952,56 dan nilai sigma sebesar 4,38 sigma. Setelah perbaikan maka nilai DPMO yang didapatkan 1189,09 dan nilai sigma sebesar 4,54 sigma.
- Berdasarkan hasil pemilihan mapping tool VALSAT yang terpilih dengan menggunakan tool Process Activity Mapping (PAM) didapatkan peringkat pertama yaitu aktivitas Delay sejumlah 23 aktivitas dengan porsi 90,14%, kedua aktivitas Operation sejumlah 22 aktivitas dengan porsi 7,35%, ketiga aktivitas Transportation sejumlah 18 aktivitas dengan porsi 1,78%, keempat aktivitas Inspection sejumlah 1 aktivitas dengan porsi 0,73%.
- Berdasarkan usulan perbaikan dengan terhadap maintenance mesin yaitu melakukan penjadwalan untuk pengecekan dan perawatan mesin dengan sistem preventive maintenance dan yang diusulkan penjadwalan metode RCM II. Selain itu, usulan menggunakan metode line balancing untuk menyamaratakan beban kerja lalu didapatkan nilai efisiensi lintasan pada kondisi sekarang sebesar 50,122% dengan jumlah stasiun kerja 17. Kemudian dilakukan usulan perbaikan keseimbangan lintasan dengan menggunakan perangkat lunak POM for Windows dan didapatkan hasil efisiensi lintasan meningkat menjadi 77,46% dengan jumlah stasiun kerja lebih sedikit sebanyak 11.
- Setelah melakukan semua usulan perbaikan tersebut dan juga perhitungan keseimbangan lintasan sebelumnya sehingga aktivitas Non Value Added, Necessary but Non Value added menjadi turun dimana lama VA sebelum dan sesudah perbaikan masih tetap sebesar 5201,9 detik, kemudian untuk lama NVA sebelum perbaikan sebesar 6168,09 detik dan setelah perbaikan NVA mengalami penurunan menjadi 2572,63 detik.

#### PUSTAKA

- C. M. A. Wibowo and K. Aritonang, "Penerapan Lean Six Sigma dan Activity-Based Costing Pada Perusahaan Garmen PT X," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2014.
- A. K. Garside and F. Baya'sud, "Rancangan Perbaikan Proses Produksi dengan Lean Six Sigma di CV. Guntur Malang," *PERFORMA Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 66–74, 2008.
- H. H. Azwir and H. W. Pratomo, "Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 6, no. 1, p. 57, 2017.

- [4] M. S. A. Khannan and H. Haryono, "Analisis Penerapan Lean Manufacturing untuk Menghilangkan Pemborosan di Lini Produksi PT Adi Satria Abadi," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 4, no. 1, p. 47, 2017.
- [5] T. Kurniawan, "Perancangan Lean Manufacturing Dengan Metode VALSAT Pada Line Produksi Drum Brake Type IMV (Studi Kasus: PT. AKEBONO BRAKE ASTRA INDONESIA)," Depok, 2012.

#### LAMPIRAN

