

# PENERAPAN *LEAN SIGMA* UNTUK ELIMINASI WASTE PADA PROSES PRODUKSI UPPER SANDAL DI PT XYZ, SIDOARJO

Jeremy Christian Darmawan\*, Yenny Sari, Muhamad Rosiawan

Fakultas Teknik Universitas Surabaya, Raya Kalirungkut, Surabaya 60293

\*Corresponding author: jeremy77714@gmail.com

**Abstract**— PT XYZ is a manufacturing company that produces sandals and component sandals with distribution area for the entire region of Indonesia. The type of product that is most often produced by the company is the sandal component, more specifically is the upper sandal product. In the initial observations found several problems related to waste in the upper sandal production process. The purpose of this research is to identify waste that occurs in the company and provide improvement solution to minimize it. The research method used is Lean Sigma method with DMAIC stages (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), the Lean method used is Waste Assessment Model (WAM). In the define stage, the research object will be determined, CTQ identification and production process flowchart will be made. At the measure stage, will be done calculate the process capability and identify critical waste in the company using WAM method, this method is divided into 3 parts, the seven waste relationships, the Waste Relationship Matrix (WRM) and the Waste Assessment Questionnaire (WAQ). In the analyze stage, an analysis of the WAM results will be done using the 5 whys analysis method, hazard analysis table and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). In the improve stage will be done the design of improvement solutions for several waste problems that have a high level of hazard and a high level of risk, based on the results of the analyze stage. At the control stage, the control design will be created for improvement solutions that implemented in the company. Based on the results of this research, it was found that the critical waste in the company was waste defect (32.24%), waste transportation (28.23%) and waste overprocessing (25.47%) and there were 25 design improvement solutions with 5 improvement solutions that were feasible to be implemented in company.

**Keywords:** upper sandal, lean sigma, WAM, 5 whys, hazard analysis table, FMEA

**Abstrak**— PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi sandal dan komponen sandal dengan wilayah distribusi untuk seluruh wilayah Indonesia. Jenis produk yang paling sering diproduksi oleh perusahaan adalah komponen sandal yaitu produk *upper sandal*. Pada pengamatan awal ditemukan beberapa masalah yang berkaitan dengan waste pada proses produksi *upper sandal*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi waste yang terjadi di perusahaan serta memberikan rancangan solusi perbaikan untuk meminimasinya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Lean Sigma* dengan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve dan Control), metode *Lean* yang digunakan adalah *Waste Assessment Model* (WAM). Pada tahap *define* akan dilakukan penentuan objek penelitian, identifikasi CTQ dan pembuatan *flowchart* proses produksi. Pada tahap *measure* akan melakukan perhitungan kapabilitas proses dan mengidentifikasi waste kritis pada perusahaan dengan menggunakan metode WAM, metode ini yang dibagi menjadi 3 bagian yaitu *seven waste relationship*, *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Pada tahap *analyze* akan melakukan analisis dari hasil WAM dengan menggunakan metode *5 whys analysis*, tabel analisis bahaya dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada tahap *improve* akan membuat rancangan solusi perbaikan untuk beberapa permasalahan waste yang memiliki tingkat bahaya dan tingkat resiko tinggi berdasarkan hasil dari tahap *analyze*. Pada tahap *control* akan membuat *design* rancangan control untuk solusi perbaikan yang diimplementasikan di perusahaan. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan waste kritis pada perusahaan adalah waste defect (32,24%), waste transportation (28,23%) dan waste overprocessing (25,47%) dan terdapat 25 rancangan solusi perbaikan dengan 5 solusi perbaikan yang *feasible* untuk diimplementasikan di perusahaan.

**Kata kunci:** upper sandal, lean sigma, WAM, 5 whys, tabel analisis bahaya, FMEA

## Pendahuluan

Persaingan bisnis antar industri di Indonesia yang semakin lama semakin berkembang, sehingga setiap perusahaan harus melakukan perbaikan dan peningkatan untuk kinerja perusahaan. Pada perusahaan industri manufaktur, kinerja perusahaan yang diukur dari seberapa efektif dan efisien kinerja pada proses produksi. Semakin efektif dan efisien kinerja dari proses produksi, menunjukkan bahwa target perusahaan yang berhasil dicapai dengan tepat waktu dan sumber daya yang seminimal mungkin.

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi sandal dan komponen sandal dengan wilayah distribusi untuk seluruh wilayah di Indonesia. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan tidak hanya produk sandal, tetapi juga komponen sandal seperti *sole* sandal dan *upper sandal*. Pada penelitian yang dilakukan akan berfokus pada proses produksi *upper sandal* atau tali sandal, karena produk *upper sandal* yang merupakan produk dengan kuantitas produksi tertinggi di perusahaan.

Pada saat dilakukan pengamatan awal, ditemukan masalah yang berkaitan dengan *waste* yang menyebabkan proses produksi menjadi kurang efektif dan efisien. *Waste* yang ditemukan yaitu banyaknya jumlah produk *defect (waste defect)* yang harus dilakukan *rework (waste overprocessing)*, yang berdampak pada tingginya biaya produksi dan penurunan jumlah produk yang dapat dihasilkan. Selain *waste defect* dan *waste overprocessing*, pada observasi awal juga ditemukan *waste transportation* yaitu banyaknya terjadi pergerakan material, peralatan dan produk yang tidak memberi nilai tambah untuk perusahaan. Perusahaan perlu untuk mengurangi *waste* dengan berfokus pada *waste* kritis pada perusahaan, sehingga metode yang paling tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah penerapan *Lean Sigma* dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

*Lean* adalah sebuah strategi bisnis untuk memuaskan pelanggan dengan cara menawarkan produk dan layanan yang berkualitas yang dibutuhkan oleh pelanggan di waktu yang tepat, jumlah yang tepat, pada harga yang tepat dengan menggunakan bahan baku, peralatan, ruang, pekerja, dan waktu yang seminimal mungkin (Sayer & William, 2007). Sehingga dapat dikatakan bahwa *Lean* memiliki peranan besar dalam menerapkan adanya efisiensi dalam suatu proses, efisiensi proses yang dilakukan dengan mengidentifikasi *waste* yang terjadi di proses produksi. Identifikasi *waste* yang menggunakan salah satu metode *Lean* yaitu *Waste Assessment Model (WAM)*, metode WAM merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan *waste* dan mengidentifikasi untuk mengeliminasi *waste* (Rawabdeh, 2005).

*Six Sigma* adalah sebuah metodologi yang tidak hanya berbicara tentang *statistic*, tetapi juga tentang pengurangan tingkat cacat, perbaikan proses dan kepuasan pelanggan (Anthony & Kumar, 2011). Salah satu metode *Six Sigma* yang digunakan adalah tahapan DMAIC, yang digunakan untuk mengurangi cacat di perusahaan. Tahapan DMAIC juga merupakan tahapan dalam kerangka berpikir pada penelitian ini.

### **Metodologi Penelitian**

Penelitian yang dimulai dengan melakukan observasi awal untuk mengetahui permasalahan yang ada di perusahaan, observasi yang dilakukan dengan melihat kondisi perusahaan dan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan. Berdasarkan observasi yang dilakukan, ditemukan masalah yang berkaitan dengan *waste*, beberapa *waste* tersebut adalah banyaknya jumlah produk *defect (waste defect)* yang harus dilakukan *rework (waste overprocessing)* yang berdampak pada tingginya biaya produksi dan penurunan jumlah produk yang dapat dihasilkan. Selain itu juga ditemukan *waste transportation* yaitu banyaknya terjadi pergerakan *raw material*, produk dan peralatan yang tidak memberikan nilai tambah untuk perusahaan. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, digunakan metode *Six Sigma* DMAIC yang diintegrasikan dengan pendekatan *Lean*.

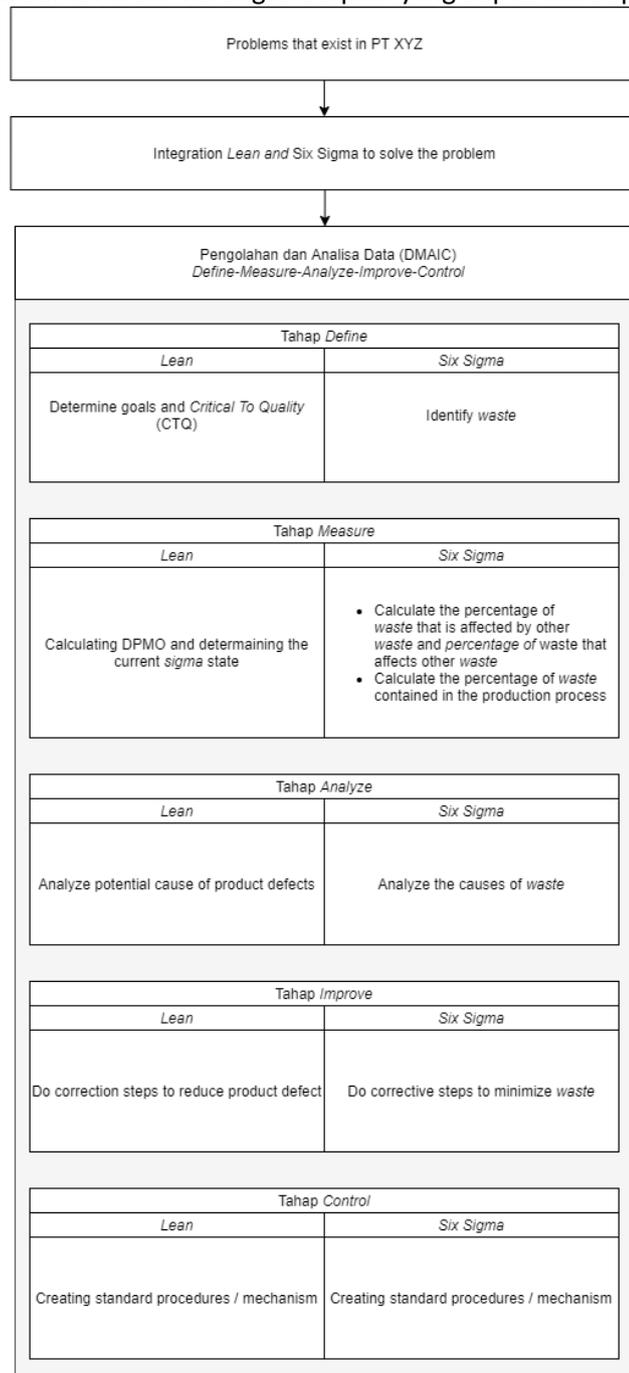
Pada tahap *Define* akan dilakukan penentuan dari objek penelitian yang dilakukan, objek dari penelitian ini adalah proses produksi *upper sandal* bahan ori. Dilanjutkan dengan pembuatan *flowchart* proses produksi dan penentuan *Voice of Customer (VOC)* dan *Voice of Business (VOB)*, berdasarkan VOC dan VOB akan didapatkan *Critical to Quality (CTQ)*. CTQ yang menentukan proses produksi yang *critical* terhadap kualitas produk dan menjadi fokus utama untuk dilakukan *control*.

Pada tahap *Measure* akan dilakukan perhitungan kapabilitas proses dan identifikasi *waste* dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model (WAM)*. Penggunaan metode WAM yang sangat membantu dalam menyelesaikan permasalahan di perusahaan, karena kesederhanaan matriks dan kuisioner yang digunakan tetapi akurat dalam mengidentifikasi suatu *waste*. Pada metode WAM terdapat beberapa bagian yaitu *seven waste relationship* untuk mengetahui hubungan antara tiap *waste*, *Waste Relationship Matrix (WRM)* yang digunakan untuk menggambarkan efek atau pengaruh dari satu *waste* dengan *waste* lainnya dan *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* untuk mengetahui *waste* kritis pada proses produksi perusahaan.

Pada tahap *Analyze* akan melakukan analisis terhadap hasil *Waste Assessment Model (WAM)*, analisis yang dilakukan akan menggunakan metode *5 whys analysis*, tabel analisis bahaya dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Berdasarkan hasil analisis terhadap

WAM, ditemukan 3 *waste* kritis yaitu *waste defect*, *waste transportation* dan *waste overprocessing*. Untuk *waste overprocessing* dan *waste transportation* akan dianalisis dengan metode *5 whys analysis* dan tabel analisis bahaya, sedangkan *waste defect* akan dianalisis dengan menggunakan *5 Whys analysis*, tabel analisis bahaya dan *Failure Mode and Effect analysis* (FMEA).

Pada tahap *Improve*, akan memberikan rancangan solusi perbaikan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tahap *Analyze*. Setelah perancangan solusi perbaikan, dilanjutkan dengan melakukan verifikasi *feasibility improvement*. Tujuan dilakukannya verifikasi adalah mengetahui solusi perbaikan yang *feasible* untuk diimplementasikan di perusahaan. Pada tahap *Control*, akan membuat prosedur rancangan kontrol agar permasalahan yang ada pada perusahaan tidak muncul kembali. Kerangka berpikir yang dapat dilihat pada gambar 1.



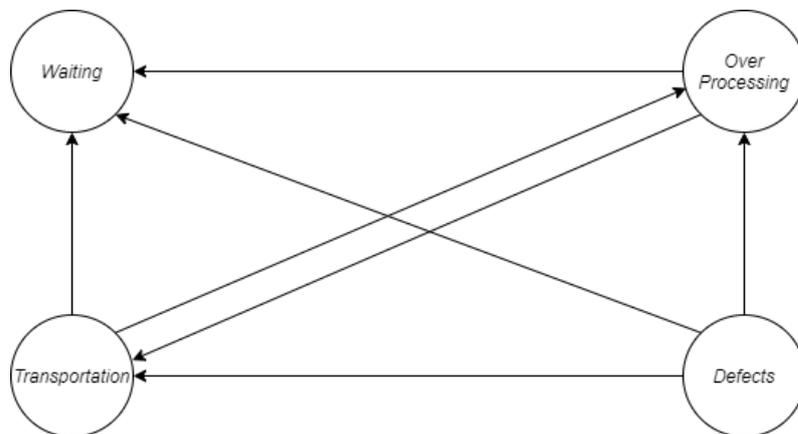
Gambar 1. Kerangka berpikir.

## Hasil

Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan Lean Sigma dengan tahapan DMAIC, berikut merupakan hasil penelitian untuk masing-masing tahapan:

### 1. Tahap *Define*

Tahap *define* merupakan tahap pertama dalam penerapan *Lean Sigma DMAIC*. Pada bagian ini akan dilakukan penentuan objek penelitian, pembuatan *flowchart* proses produksi, pembuatan VOC dan VOB, pembuatan CTQ dan identifikasi *waste* awal pada proses produksi. Objek dari penelitian ini adalah aktivitas dalam proses produksi *upper* sandal bahan ori, karena produk *upper* sandal bahan ori merupakan jenis produk dengan kuantitas produksi tertinggi di perusahaan dibandingkan jenis produk lainnya. Identifikasi *waste* awal yang dilakukan menggunakan *tools* pada metode *Waste Assessment Model (WAM)* yaitu *seven waste relationship* dan *Waste Relationship Matrix (WRM)*. *Tools seven waste relationship* yang digunakan untuk mengetahui *waste* yang terjadi di perusahaan dan hubungan antar *waste* tersebut, dengan memberikan kuisisioner identifikasi *waste* dan kuisisioner tingkat hubungan antar *waste* pada pihak perusahaan. Berdasarkan hasil kuisisioner identifikasi *waste*, terdapat 4 jenis *waste* yang terdapat pada proses produksi yaitu *waste waiting*, *waste defect*, *waste overprocessing* dan *waste transportation*. Selanjutnya akan diberikan kuisisioner tingkat hubungan antar *waste*, untuk menentukan hubungan antar *waste* yang terdapat pada proses produksi. Hasil dari kuisisioner tingkat hubungan antar *waste* ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Seven waste relationship* proses produksi *upper* sandal.

Berdasarkan hasil *seven waste relationship*, dapat diketahui bahwa untuk keempat *waste* yang bersifat saling mempengaruhi dan dipengaruhi. Sebagai contoh, *waste transportation* yang dipengaruhi oleh 2 *waste* lainnya yaitu *waste defect* dan *waste overprocessing*, *waste transportation* yang mempengaruhi 2 *waste* lainnya yaitu *waste waiting* dan *waste overprocessing*. Proses identifikasi *waste* awal dilanjutkan dengan *tools Waste Relationship Matrix (WRM)*, *tools* ini yang digunakan untuk mengukur tingkat hubungan antar *waste* dengan memberikan kuisisioner yang terdapat 6 pertanyaan dengan berbagai pilihan jawaban. Berikut ditampilkan hasil dari *tools Waste Relationship Matrix (WRM)* pada tabel 1.

**Tabel 1**

*Waste Relationship Matrix*

F/T	W	T	D	P	Score	%
W	10	0	0	0	10	11,11
T	8	10	0	6	24	26,67
D	8	8	10	8	34	37,78
P	4	8	0	10	22	24,44
Score	30	26	10	24		90
%	33,33	28,89	11,11			26,67

Berdasarkan hasil WRM, dapat diketahui persentase *waste* terbesar untuk baris “*from*” dan kolom “*To*”. Persentase baris “*From*” yang menunjukkan persentase masing-masing *waste* mempengaruhi *waste* lain dan persentase kolom “*To*” yang menunjukkan persentase masing-masing *waste* dipengaruhi oleh *waste* lain. Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa *waste defect*, *waste transportation* dan *waste overprocessing* merupakan 3 *waste* dengan persentase terbesar pada baris “*From*” dengan persentase masing-masing adalah 37,78%, 26,67% dan 24,44%. Sedangkan *waste waiting*, *waste transportation* dan *waste overprocessing* merupakan 3 *waste* dengan persentase terbesar pada kolom “*To*” dengan persentase masing-masing adalah 33,33%, 28,89% dan 26,67%.

Setelah melakukan identifikasi *waste* awal, dilanjutkan dengan membuat *Critical to Quality* (CTQ) untuk masing-masing proses. Informasi CTQ yang menjadi penting untuk perusahaan, karena akan membantu perusahaan dalam mengetahui proses yang penting untuk dikendalikan agar menghasilkan kualitas produk yang baik. CTQ yang merupakan hasil terjemahan dari *Voice of Customer* dan *Voice of Business*, dan berikut merupakan hasil CTQ yang diperoleh:

- Penimbangan PVC: Berat PVC yang sesuai dengan standar perusahaan yaitu 500 gram per produk.
- Proses pewarnaan PVC: Hasil pewarnaan rapi, warna sesuai kebutuhan dan hasil pewarnaan yang bersih.
- Proses injeksi: Hasil injeksi rapi, bentuk *upper* sandal yang sesuai dengan *moulding* yang digunakan, produk hasil injeksi yang tidak patah, produk yang memiliki permukaan halus dan produk hasil injeksi yang jadi (matang)
- Proses pemasangan aksesoris: Lem yang digunakan rapi, aksesoris yang tidak rusak saat dipasang, aksesoris yang terpasang tidak terbalik, aksesoris yang tidak miring.
- Proses akhir (*Finishing*): Proses penyemprotan membuat sandal bersih.
- Proses packing: Hasil pengemasan rapi dan bersih, karung yang digunakan merupakan karung yang baru dan tidak bolong dan jumlah produk dalam karung sesuai dengan standar perusahaan.

## 2. Tahap *Measure*

Tahap *measure* merupakan tahap kedua dalam penerapan *Lean Sigma DMAIC*. Pada bagian ini akan dilakukan identifikasi *waste* kritis dengan menggunakan *tools Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) dan melakukan perhitungan kapabilitas proses pada proses produksi produk *upper* sandal bahan ori. Pada *tools* WAQ terdapat 7 langkah yang dilakukan untuk mengetahui *waste* kritis pada proses produksi dengan memberikan kuisisioner berisi 41 pertanyaan. Berikut merupakan hasil dari *tools Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) yang ditampilkan pada tabel 2.

**Tabel 2**

*Waste Assessment Questionnaire* (WAQ)

	P	W	D	T	
Pj	651,81	370,30	419,74	770,50	<b>Total</b>
Yj	0,03	0,03	0,06	0,02	
<b>Yj Final</b>	21,19	10,67	24,29	19,19	75,34
<b>%</b>	28,13	14,16	32,24	25,47	100,00

Berdasarkan hasil WAQ, didapatkan besarnya persentase untuk masing-masing *waste* pada proses produksi *upper* sandal. Persentase *waste defect* dalam proses produksi adalah sebesar 32,24%, persentase *waste transportation* dalam proses produksi adalah sebesar 25,47%, persentase *waste overprocessing* dalam proses produksi adalah sebesar 28,13% dan persentase

*waste waiting* dalam proses produksi adalah sebesar 14,16%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *waste defect*, *waste transportation* dan *waste overprocessing* merupakan 3 *waste waste* kritis dalam proses produksi *upper sandal*.

Setelah melakukan identifikasi *waste* kritis, dilanjutkan dengan perhitungan kapabilitas proses. Beberapa perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan DPMO (*defect per million opportunities*), DPO (*defect per opportunities*) dan nilai sigma, untuk melakukan perhitungan ini yang membutuhkan data jumlah produksi dan data jumlah produk cacat. Pada penelitian ini akan menggunakan data masa lalu pada bulan Juli dan Agustus 2021. Data yang diberikan oleh perusahaan dibagi menjadi 2 bagian, bagian pertama adalah data untuk proses injeksi dan proses pemasangan aksesoris dan bagian kedua adalah data untuk proses pewarnaan PVC. Perbedaan dari 2 data tersebut adalah satuan dari masing-masing data, untuk data bagian pertama dalam satuan unit dan data bagian kedua dalam satuan butiran PVC. Berikut ditampilkan hasil perhitungan kapabilitas proses pada tabel 3 dan tabel 4.

**Tabel 3**  
*Kapabilitas Proses Pada Proses Injeksi dan Proses Pemasangan Aksesoris*

Proses	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Total Cacat	PP	DPO	DPMO	Yield	Sigma Level
Proses injeksi	Produk hasil injeksi kurang rapi	4.442	8.562	7	0,062	62.092	0,94	3
	Produk hasil injeksi dengan permukaan kasar	2.517						
	Produk hasil injeksi yang patah	128						
	Produk hasil injeksi yang terpotong	1.088						
	Produk hasil injeksikurang matang	172						
	Produk hasil injeksigosong	113						
	Produk hasil injeksi yang berlubang	102						
Proses Pemasangan aksesoris	Produk dengan aksesoriskurang tepat	1002	1.284	3	0,0217	21.727	0,978	3,5
	Produk dengan aksesoris rusak	126						
	Lubang pada produk saat pemasangan aksesoris	156						

**Tabel 4**  
*Kapabilitas Proses Pada Proses Pewarnaan PVC*

Proses	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	TotalCacat per proses	PP	DPO	DPMO	Yield	SigmaLevel
Pewarnaan PVC	Hasil pewarnaan tidak rapi	4.455	5.580	2	0,0542	54.280	0,95	3,1
	Produk yang terdapat noda warna lain	1.125						

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses, didapatkan kesimpulan yaitu proses injeksi yang memiliki nilai DPMO sebesar 62.092, yang artinya terdapat kemungkinan 62.092 produk cacat dalam 1 juta peluang produk yang dihasilkan. Proses ini memiliki *yield percentage* sebesar 94%, yang artinya peluang produk baik yang dihasilkan adalah sebesar 94%. Selain itu didapatkan *sigma level* 3  $\sigma$ , karena *sigma level* yang didapatkan tidak sampai dengan 6  $\sigma$  maka perlu untuk dilakukan perbaikan untuk meningkatkan *sigma level*. Untuk penjelasan kesimpulan hasil perhitungan pada proses pemasangan aksesoris dan proses pewarnaan PVC yang sama.

### 3. Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* merupakan tahap ketiga dalam penerapan *Lean Sigma DMAIC*, pada bagian ini akan dilakukan analisis terhadap hasil metode WAM. Berdasarkan hasil WAM, *waste defect*, *waste transportation* dan *waste overprocessing* merupakan 3 *waste* kritis yang terdapat pada proses produksi, sehingga analisis akan berfokus pada 3 *waste* kritis tersebut. Untuk *waste transportation* dan *waste overprocessing* akan dianalisis menggunakan metode *5 whys analysis* dan tabel analisis bahaya, sedangkan untuk *waste defect* akan dianalisis menggunakan metode *5 whys analysis*, tabel analisis bahaya dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Metode *5 whys analysis* yang digunakan untuk mengetahui akar penyebab permasalahan, tabel analisis bahaya yang digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya dari suatu masalah dan *FMEA* yang digunakan untuk mengetahui tingkat resiko dari suatu masalah. Berdasarkan hasil analisis akan didapatkan beberapa penyebab masalah yang memiliki tingkat bahaya dan tingkat resiko tinggi, untuk penyebab permasalahan tersebut yang akan diberikan solusi perbaikan.

### 4. Tahap *Improve*

Tahap *Improve* merupakan tahap keempat dalam penerapan *Lean Sigma DMAIC*. Pada bagian ini akan dilakukan rancangan solusi perbaikan untuk meminimalisir *waste* yang terjadi diproses produksi. Rancangan solusi perbaikan yang diberikan berdasarkan hasil analisis pada tahap *analyze*, yaitu beberapa penyebab masalah *waste* yang memiliki tingkat bahaya dan tingkat resiko tinggi. Berikut ditampilkan solusi perbaikan beserta penyebab masalah untuk masing-masing *waste* pada tabel 5, tabel 6 dan tabel 7.

**Tabel 5**

Solusi Perbaikan *Waste Overprocessing*

<b><i>Waste Overprocessing</i></b>	<b><i>Root Cause</i></b>	<b>Solusi Perbaikan</b>
Proses pembersihan ulang ( <i>recleaning</i> ) material sebelum dilakukan proses pewarnaan.	Tidak ada wadah yang digunakan untuk menampung material pada proses pewarnaan.	Menyediakan wadah penampung pada proses pewarnaan PVC.
Pekerja harus melakukan <i>setting</i> mesin lebih lama.	<i>Maintenance</i> mesin yang dilakukan untuk selisih waktu yang lama.	Perancangan kartu untuk penjadwalan <i>maintenance</i> mesin.
Membutuhkan waktu yang lama dan proses berlebih untuk mencari gelas cat dengan warna yang sesuai	Tulisan label pada gelas cat yang kurang besar dan kurang jelas.	Perancangan <i>design</i> label yang baik pada cat.

**Tabel 6**

Solusi Perbaikan *Waste Transportation*

<b><i>Waste Transportation</i></b>	<b><i>Root Cause</i></b>	<b>Rancangan Perbaikan</b>
Proses pengambilan <i>raw material</i> ke	Jumlah dari alat <i>material handling</i> troli yang tersedia terlalu sedikit. Tidak ada akses langsung (pintu) dari gudang	Perbaikan jumlah <i>material handling</i> troli. Pemberian akses (pintu)

<b>Waste Transportation</b>	<b>Root Cause</b>	<b>Rancangan Perbaikan</b>
lantai produksi yang lama.	bahan baku ke lantai produksi.	yang menghubungkan lantai produksi dan gudang bahan baku.
	Tidak adanya penerapan 5S pada lantai produksi.	Penerapan 5S pada proses produksi <i>upper</i> sandal.
Banyaknya proses pengambilan <i>raw material</i> yang harus dilakukan.	Alat <i>material handling</i> troli yang digunakan memiliki ukuran yang tidak terlalu besar.	Membeli <i>material handling</i> troli dengan ukuran lebih besar.

**Tabel 7**  
*Solusi Perbaikan Waste Defect*

<b>Waste Defect</b>	<b>Root Cause</b>	<b>Rancangan Perbaikan</b>
Hasil pewarnaan yang kurang rapi.	Karena proses pewarnaan yang hanya dilakukan sekali.	Mengganti mekanisme proses pewarnaan di perusahaan. Mengganti mekanisme proses dengan menggunakan mesin <i>fondu fountain</i> . SOP proses pewarnaan.
	Pekerja mengejar target.	Penambahan jumlah pekerja.
	Kuas yang digunakan sudah tidak baik.	Mengganti dengan kuas baru.
Produk yang terdapat nodawarna lain.	Pekerja capek.	Menyediakan kursi kerja yang <i>ergonomis</i> .
	Mesin terlalu bising.	Menyediakan pelindung telinga <i>earmuff</i> . Memberikan alat peredam suara pada mesin. Mengubah <i>layout</i> lantai produksi.
Produk hasil injeksi yang kurang rapi (terdapat hasil cetakan terkeluar).	Saluran air mesin yang jarang dibersihkan.	Pembuatan Instruksi Kerja untuk pembersihan saluran air mesin secara periodik.
	Pengecekan temperature <i>barrel</i> dilakukan secara manual, tidak ada sensor pada mesin.	Memberikan <i>termokontrol</i> pada mesin injeksi.
	Pekerja salah melakukan <i>setting</i> mesin.	Menyediakan jam atau <i>stopwatch</i> di proses injeksi.
Produk hasil injeksi memiliki permukaan kasar.	Pekerja yang tidak membersihkan permukaan <i>mold</i> sebelum memasukkan <i>mold</i> pada mesin.	Pembuatan SOP untuk pengoperasian mesin injeksi.
		Menyediakan keranjang plastik.
Produk hasil injeksi terpotong.	Proses penimbangan dengan menggunakan timbangan duduk jarum.	Mengganti dengan timbangan digital.
Produk dengan aksesoris yang kurang tepat	Tidak ada penahan atau penyangga saat memasang aksesoris.	Menyediakan alat bantu penjepit.
	Lingkungan kerja terlalu panas.	Menyediakan kipas angin di proses pemasangan aksesoris.
Lubang pada produk	Lingkungan kerja terlalu panas	Menyediakan kipas angin di proses pemasangan aksesoris.
Peralatan <i>material handling</i> troli yang membahayakan terhadap <i>raw material</i> yang dibawa.	Penempatan karung yang berisi <i>raw material</i> pada troli dengan cara menumpuk.	Penempatan karung yang berisi <i>raw material</i> pada troli secara berjajar (tidak ditumpuk).

Setelah itu akan dilanjutkan dengan verifikasi *feasibility improvement* untuk menentukan beberapa rancangan solusi perbaikan yang *feasible* untuk diimplementasikan di perusahaan. Hasil Verifikasi yang ditampilkan pada tabel 8.

**Tabel 8**  
*Verifikasi Feasibility Improvement*

No	Rancangan Perbaikan	Waste	Feasible	Alasan (tidak feasible)
1	Menyediakan wadah penampung pada proses pewarnaan PVC.	<i>Overprocessing</i>	√	
2	Perancangan kartu untuk penjadwalan <i>maintenance</i> mesin.	<i>Overprocessing</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena membutuhkan pertimbangan matang yang dilakukan.
3	Perancangan <i>design</i> label pada gelas cat.	<i>Overprocessing</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
4	Perbaikan jumlah <i>material handling</i> troli.	<i>Transportation</i>	√	
5	Pemberian akses (pintu) antara gudang bahan baku dan lantai produksi.	<i>Transportation</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena membutuhkan biaya yang besar dan beberapa pertimbangan lainnya.
6	Membeli <i>material handling</i> troli dengan ukuran lebih besar.	<i>Transportation</i>		Kebijakan dari owner perusahaan untuk tetap menggunakan ukuran troli yang dipakai saat ini.
7	Penerapan 5S dalam proses produksi <i>upper</i> sandal.	<i>Transportation</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena harus merubah budaya kerja di perusahaan.
8	Pergantian mekanisme proses pewarnaan pada perusahaan.	<i>Defect</i>	√	
9	Pergantian mekanisme proses pewarnaan dengan mesin <i>fondue fountain</i> .	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena membutuhkan biaya yang besar.
10	Membeli kuas baru.	<i>Defect</i>		Lebih optimal jika menggunakan solusi pergantian mekanisme proses pewarnaan
11	Menambah jumlah pekerja.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
12	SOP proses pewarnaan.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
13	Pembuatan instruksi kerja untuk pembersihan saluran air mesin secara periodik.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
14	Memberikan <i>termokontrol</i> pada mesin.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena tidak memungkinkan untuk membeli

No	Rancangan Perbaikan	Waste	Feasible	Alasan (tidak <i>feasible</i> )
				<i>termokontrol</i> dan memasang <i>termokontrol</i> dalam waktu dekat.
15	Pembuatan SOP untuk pengoperasian mesin injeksi.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
16	Penambahan keranjang pada lantai produksi.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
17	Menggunakan timbangan digital.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena tidak memungkinkan untuk membeli timbangan dalam waktu dekat.
18	Menyediakan kipas angin.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
19	Menyediakan pelindung telinga <i>earmuff</i> .	<i>Defect</i>	√	
20	Mengubah <i>layout</i> lantai produksi.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena membutuhkan waktu dan biaya besar.
21	Alat peredam suara pada mesin.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
22	Menyediakan jam atau <i>stopwatch</i> di dekat mesin injeksi.	<i>Defect</i>	√	
23	Menyediakan kursi kerja yang <i>ergonomis</i> .	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang, karena membutuhkan biaya yang besar dan beberapa pertimbangan lainnya.
24	Menyediakan alat bantu penjepit.	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.
25	Penempatan karung pada troli secara berjajar	<i>Defect</i>		Perusahaan mempertimbangkan untuk waktu mendatang.

Setelah itu akan dilakukan implementasi pada beberapa solusi perbaikan yang *feasible* untuk diimplementasikan di perusahaan. Berikut ditampilkan hasil perhitungan kapabilitas proses sesudah penggunaan solusi pada tabel 9 dan tabel 10.

**Tabel 9**

Kapabilitas Proses Pada Proses Injeksi Sesudah Implementasi

Indikator	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi
DPO	0,06209	0,03506
DPMO	62.209	35.509
Yield	0,94	0,965
Sigma Level	3	3,3
% Cacat	43,5%	34,5 %

**Tabel 10**

Kapabilitas Proses Pada Proses Pewarnaan PVC Sesudah Implementasi

Indikator	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi
DPO	0,05428	0,04221
DPMO	54.280	42.209
Yield	0,9471	0,958
Sigma Level	3,1	3,2
% Cacat	11 %	8,4 %

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses sesudah implementasi, dapat disimpulkan bahwa solusi perbaikan yang memberikan dampak positif untuk perusahaan. Hal tersebut yang disebabkan adanya penurunan tingkat cacat dan peningkatan *Sigma Level*, meskipun penurunan cacat dan peningkatan *Sigma Level* belum signifikan akan tetapi sudah adanya dampak positif yang diberikan kepada pihak perusahaan.

### 5. Tahap *Control*

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam penerapan *Lean Sigma DMAIC*. Pada bagian ini akan dilakukan pengendalian pada rancangan solusi perbaikan yang diimplementasikan di perusahaan, pengendalian dilakukan dengan membuat rancangan *control* untuk solusi perbaikan yang *feasible*.

**Tabel 11**  
Rancangan *Control* Solusi Perbaikan

Solusi	Pekerja	Waktu Pelaksanaan	Tempat Pelaksanaan	Prosedur
Menyediakan wadah penampung pada proses pewarnaan PVC.	Pekerja proses pewarnaan PVC.	Dilakukan saat pekerja menerima pengiriman <i>raw material</i> PVC dari gudang bahan baku, sebelum melakukan proses pewarnaan PVC.	Meja proses pewarnaan PVC.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Letakkan wadah penampung pada meja proses pewarnaan PVC.</li> <li>2. Proses pembersihan <i>raw material</i> PVC.</li> <li>3. Masukkan PVC yang telah dibersihkan ke wadah penampung.</li> <li>4. Pekerja mewarnai PVC dengan metode mencelupkan PVC yang diambil dari wadah penampung ke gelas cat.</li> </ol>
Perbaikan jumlah <i>material handling</i> troli.	Manajer produksi.	Dilakukan setiap saat.	Area penyimpanan <i>material handling</i> troli.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SOP proses pengambilan <i>raw material</i> PVC.</li> </ol>
Pergantian mekanisme proses pewarnaan pada perusahaan.	Pekerja proses pewarnaan PVC.	Dilakukan setiap saat.	Meja proses pewarnaan PVC.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SOP proses pewarnaan PVC.</li> </ol>
Menyediakan pelindung telinga <i>earmuff</i> .	Semua pekerja pada tiap proses.	Dilakukan setiap saat.	Area mesin injeksi dan meja proses pewarnaan PVC.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pekerja mengambila <i>earmuff</i> pada tempat penyimpanan <i>earmuff</i>.</li> <li>2. Pekerja menggunakan pelindung telinga <i>earmuff</i> pada saat jam bekerja.</li> <li>3. Pekerja mengembalikan pelindung telinga <i>earmuff</i> pada tempat penyimpanan setelah selesai bekerja</li> </ol>
Menyediakan jam atau <i>stopwatch</i> di dekat mesin injeksi.	Pekerja proses injeksi.	Saat pekerja akan melakukan proses injeksi.	Area mesin injeksi.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pekerja menyiapkan <i>stopwatch</i> saat akan melakukan proses injeksi.</li> <li>2. Pekerja melakukan <i>setting</i> waktu pada <i>stopwatch</i> sesuai <i>setting</i> parameter waktu pada mesin.</li> <li>3. Pekerja melakukan proses injeksi.</li> <li>4. Pengecekan kesesuaian waktu injeksi antara parameter waktu pada mesin dan <i>stopwatch</i>.</li> <li>5. Selesai bekerja, letakkan <i>stopwatch</i> di atas mesin injeksi.</li> </ol>

## Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, diketahui bahwa *waste* kritis yang terdapat pada proses produksi *upper* sandal adalah *waste overprocessing*, *waste transportation* dan *waste defect* berdasarkan hasil metode *Waste Assessment Model* (WAM). Berdasarkan hasil 5 *whys analysis*, diketahui bahwa munculnya *waste* tersebut yang disebabkan oleh beberapa faktoryaitu lingkungan kerja yang kurang baik, kualitas *raw material* dari *supplier* yang kurang baik, kurang tersedianya alat bantu dan peralatan *material handling* untuk pekerja, kelalaian pekerja dan mesin *error*.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa pada proses injeksi yang memiliki nilai DPMO 62.092 produk, *yield percentage* sebesar 94% dan nilai sigma sebesar  $3\sigma$ . Pada proses pemasangan aksesoris yang memiliki nilai DPMO 21.727 produk, *yield percentage* sebesar 97% dan nilai sigma sebesar  $3,5\sigma$ . Pada proses pewarnaan PVC yang memiliki nilai DPMO 54.280 butir, *yield percentage* sebesar 95% dan nilai sigma sebesar  $3,1\sigma$ . Terdapat 25 rancangan solusi perbaikan yang diusulkan, dengan 5 rancangan solusi perbaikan yang *feasible* untuk diimplementasikan di perusahaan. 5 solusi tersebut adalah menyediakan wadah penampung pada proses pewarnaan PVC, perbaikan jumlah *material handling* troli, pergantian mekanisme proses pewarnaan pada perusahaan, menyediakan pelindung telinga *earmuff*, menyediakan jam atau *stopwatch* di dekat mesin injeksi.

## Pustaka Acuan

- Annisa, N. (2014). *Pendekatan Lean Six Sigma Untuk Mengurangi Waste Proses Produksi Brown Paper (Studi Kasus: PT Kertas Leces, Kabupaten Probolinggo)* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Anthony, J., & Kumar, M. (2011). *Lean sigma: Research and Practice*. s.l.:Ventus Publishing Aps.
- Cudney, E. A., Furtere, S.L., & Dietrich, D.M. (2014). *Lean Systems: Applications and case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare*. Boca Raton: CRC Press
- Daonil, K. (2012). Implementasi Lean Manufacturing Untuk Eliminasi Waste pada Lini Produksi Machining Cast Wheel dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT, Depok: Universitas Indonesia.
- Dumitrescu, C., & Dumitrache, M. (2011). *The Impact of Lean Six Sigma on the Overall Results of Companies*, Volume 14, pp. 535-544
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- George, M. J. (2003). *Resolving the mysteries of six sigma: Statistical Construct and Engineering Rationale*. Scottsdale: Scottsdale.
- Hines & Rich. et al. (1997). *The Seven Value Stream Mapping Tools*. *International Journal of Operations & Production Management*, 17 (1), pp. 46-64
- Magar, V. M., and Shinde, V. B. (2014), "Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes". *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), pp. 364-371
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2012). *Lean sigma for Dummies*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste innjob shop environments. *Emerald Insight*. 25(8), pp. 800-832
- Ristyowati, T., Muhsin, A., and Nurani, P. P. (2017). Minimasi Waste Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT. Sport Glove Indonesia). *Opsi*, 10(1), pp.85-96.
- Sayer, N. J., & William, B. (2007). *Lean for Dummies*. Canada: Wiley Publishing, Inc
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., and UCHIKAWA, S. (1977). *Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just-In-Time and Respect-for-Human System*. *The international journal of production research*, 15(6), pp.553-564.