

Pendekatan *Lean Six Sigma* untuk Peningkatan Produktivitas Proses *Butt Weld Orbital*

Zainuddin dan Sri Mumpuni Retnaningsih

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Institut teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: mumpuni@statistika.its.ac.id

Abstrak— PT. “X” memiliki mesin baru yang berfungsi untuk menghasilkan *butt joint*, dimana mesin tersebut belum diketahui waktu standar proses operasi dan tingkat kinerjanya, selain itu pemborosan masih sering terjadi pada mesin tersebut. Metode *lean six sigma* merupakan suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan yang terdiri dari tujuh jenis pemborosan, yaitu *overproduction, waiting, transportation, overprocessing, inventory, motion* dan *defect* sehingga tingkat kinerja dapat mencapai enam sigma. Penelitian ini akan membahas masalah pengukuran waktu standar serta melakukan upaya untuk mengurangi pemborosan yang terjadi pada proses *Butt Weld Orbital* dengan menggunakan VALSTAT. Proses *Butt Weld Orbital* terdiri dari proses *preparation, rooting, filler I-III, dan capping*. Pada proses *improve* ada yang diperbaiki yaitu waktu *interpass* dikurangi sehingga terjadi peningkatan dari 10 joint menjadi 11 joint dan waktu standar proses *Butt Weld Orbital* lebih cepat dari 50 menit menjadi 45 menit. Perbaikan proses dilakukan dengan cara mengurangi jenis pemborosan yang sering terjadi yaitu aktivitas *interpass* yang termasuk pemborosan jenis menunggu. Hasil analisis VALSTAT menunjukkan bahwa alat yang dipakai untuk mereduksi pemborosan adalah dengan *process mapping activities* (PAM). Hasilnya adalah aktifitas operasi meningkat, dari 55% menjadi 58%, aktifitas inspeksi berkurang dari 33% menjadi 31%, dan aktifitas delay berkurang dari 32% menjadi 31%. Setelah dilakukan *improvement*, proses *Butt Weld Orbital* tingkat kinerjanya dari 2,47 sigma meningkat menjadi 2,89 sigma.

Kata Kunci—Lean Six Sigma, Pemborosan, produktivitas, VALSTAT dan Waktu Standar

I. PENDAHULUAN

PT. “X” merupakan sebuah perusahaan *manufacturing to order* yang memproduksi boiler. *Butt Weld Orbital* merupakan salah satu proses pembuatan komponen boiler, namun saat ini perusahaan belum menetapkan waktu standar dan produktivitas yang dihasilkan proses produksi belum memenuhi target produksi yang ditentukan oleh perusahaan yaitu 12 sambungan pipa (*joint*) per satu shift kerja. Selain itu, pemborosan masih sering terjadi pada proses produksi, misalnya menunggu, produk cacat, mesin rusak, dan kawat pada mesin bengkok.

Penelitian yang membahas mengenai *lean six sigma* pernah dilakukan yang hasilnya adalah perbaikan dengan menggunakan alat *process activity mapping* [1], pendekatan *time study*, menghasilkan waktu standar proses pembuatan lampu [2], peningkatan kualitas produksi *Fineed Tube* dengan pendekatan *lean six sigma* [3].

Lean six sigma adalah kombinasi antara *lean* dan *six sigma* merupakan pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma, dengan cara mengalirkan produk untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan dimana hanya memproduksi 3,4 produk cacat dari satu juta kesempatan atau operasi [4]. *Lean* yang diterapkan pada bidang *manufacturing* disebut sebagai *lean manufacturing* [5]. Sedangkan *six sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui tahap DMAIC, yaitu *define, measure analyze, improve, dan control* [6].

Penelitian ini bertujuan melakukan *improvement* dalam proses *Butt Weld Orbital* dengan metode pengukuran kerja jam henti (*stopwatch*) sehingga didapatkan waktu standar dan konsep *lean* dengan pendekatan metode *value stream analysis tools* (VALSAT) sehingga dapat mengefisienkan kinerja dan mengeliminasi pemborosan yang terjadi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah waktu kerja proses *Butt Weld Orbital* yang terdiri dari 19 elemen kerja, yakni mempersiapkan alat-alat (E1), memasang pipa ke *jig clamp* (E2), mengecek sambungan antar pipa (E3), *pre heat* (E4), *set up* mesin orbital (E5), menggrenda pipa (E6), mengelas (E7), *interpass* atau menunggu (E8), *set up* mesin orbital (E9), mengelas (E10), *interpass* (E11), *set up* mesin orbital (E12), mengelas (E13), *interpass* (E14), *set up* mesin orbital (E15), mengelas (E16), *interpass* (E17), *set up* mesin orbital (E18), mengelas (E19), selain itu juga dilakukan survey kepada operator proses *Butt Weld Orbital* tentang penilaian terhadap jenis pemborosan dan frekuensi yang terjadi pada proses tersebut, dimana ada tujuh jenis pemborosan, yaitu *overproduction, waiting, transportation, overprocessing, inventory, motion* dan *defect*.

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini menggunakan tahapan *Six Sigma* yaitu *define, measure, analyze, improvement and control* (DMAIC) namun tahap *control* dalam penelitian ini tidak dilakukan.

1. Define

Tahap *define* merumuskan fenomena permasalahan yang terjadi di PT. “X” yaitu bagaimana melakukan peningkatan produktivitas produksi proses *Butt Weld Orbital* melalui pengurangan pemborosan dan performansi operator.

2. Measure

Pada tahap *measure* akan dilakukan pengukuran waktu proses pada setiap elemen kerja dengan *stopwatch time study*, selanjutnya dengan menggunakan persamaan 1, jumlah pengamatan pengukuran waktu diuji apakah sudah mencukupi.

$$n' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right)^2 \quad (1)$$

Jumlah pengamatan dikatakan cukup jika nilai $n \geq n'$ dimana n' adalah jumlah pengamatan yang sebenarnya harus diambil [7] sedangkan n merupakan jumlah pengamatan yang telah diperoleh. X_i adalah Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu elemen kerja pada pengamatan ke- i dengan derajat ketelitian sebesar s dan k adalah tingkat kesalahan dimana besarnya sama dengan nilai $Z_{\alpha/2}$ dari distribusi Normal Standart.

Setelah jumlah pengamatan mencukupi, selanjutnya dilihat apakah data yang diambil sudah seragam, maka digunakan diagram kontrol I-MR (*Individual Moving Range*). Diagram I-MR digunakan karena ukuran sampel untuk proses monitoring (n) hanya satu [8]. Dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, Batas Kontrol Atas, Garis Tengah dan Batas Kontrol Bawah untuk diagram kontrol I-MR dapat dihitung.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{x} + 3 \frac{MR}{d_4} \\ GT &= \bar{x} \\ BKB &= \bar{x} - 3 \frac{MR}{d_4} \end{aligned} \quad (2)$$

dimana \bar{x} adalah rata-rata pengamatan waktu kerja dan MR adalah rata-rata rentang bergerak dua pengamatan

Batas kontrol untuk diagram kontrol R disajikan pada persamaan (3).

$$\begin{aligned} BKA &= D_4 \overline{MR} \\ GT &= \frac{\sum_{i=2}^n |x_i - x_{i-1}|}{n-1} \\ BKB &= D_3 \overline{MR} \end{aligned} \quad (3)$$

Jika semua pengamatan berada didalam batas kontrol, baik pada diagram kontrol R , maupun dalam diagram kontrol I , maka pengamatan yang telah diambil adalah seragam, langkah selanjutnya akan dilakukan analisis.

3. Analyze

Pada tahap *analyze* akan dilakukan pengolahan data yang sudah diperoleh. Untuk menentukan waktu normal dan waktu standar maka terlebih dahulu ditentukan besar faktor penyesuaian yang merupakan suatu nilai yang menunjukkan kecepatan gerakan operator pada saat bekerja. Faktor kelonggaran merupakan waktu khusus operator untuk melakukan keperluan pribadi di luar kontrolnya. Perusahaan sudah menetapkan faktor kelonggaran sebesar 15%.

Waktu normal adalah waktu yang diperlukan oleh pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dalam kondisi wajar dan

kemampuan rata-rata. Untuk menentukan waktu normal dengan menggunakan persamaan 4.

$$\text{Waktu Normal} = \text{waktu siklus} \times \text{faktor penyesuaian} \quad (4)$$

Waktu standar adalah waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaan yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik saat itu. Untuk menentukan waktu standar dengan menggunakan persamaan 5.

$$\text{Faktor Standar} = \frac{\text{waktu normal}}{1 - \text{kelonggaran}} \quad (5)$$

Output standar yaitu banyaknya output yang dihasilkan dalam waktu tertentu. Dihitung output standar dengan menggunakan persamaan 6

$$\text{Output standar} = \frac{L}{\text{waktu standar}} \quad (6)$$

Produktivitas yaitu perbandingan banyaknya output yang dihasilkan dengan input (sumber daya) yang digunakan.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output yang dihasilkan}}{\text{input yang digunakan}} \quad (7)$$

Apabila produktivitas diketahui belum memenuhi seperti yang diharapkan, selanjutnya dilakukan upaya untuk mengurangi pemborosan dengan menggunakan metode VALSTAT. Metode VALSTAT merupakan alat untuk mempermudah melakukan perbaikan berkenaan dengan pemborosan yang terdapat di dalam *value stream*. VALSAT merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan pemborosan, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap alat dengan menggunakan tabel 1 [9].

Tabel 1. Tabel VALSTAT

Wastes	Mapping Tool						
	PAM	SCR M	PVF	QV M	DAM	DPA	PS
Overproducti on	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Trasportation	H						L
Unappropriat e Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

Keterangan: H = Faktor Pengali 9
M = Faktor Pengali 3
L = Faktor Pengali 1

4. Improvement

Tahap *improvement* adalah tahap untuk melakukan usulan-usulan perbaikan yang bisa diterapkan untuk meningkatkan kinerja proses berdasarkan hasil analisa sebelumnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam metode *lean six sigma*, pembahasan hasil pengukuran merupakan tahap *analyze* dan *improve*. Hasil yang akan

dibahas adalah pengukuran elemen kerja sebelum dan sesudah perbaikan, diagram sebab akibat, dan VALSTAT.

Pengukuran Elemen Kerja Sebelum Perbaikan

Untuk mengetahui apakah jumlah pengamatan waktu kerja proses *Butt Weld Orbital* yang telah diperoleh sudah mencukupi, maka dengan menggunakan persamaan 1, diperoleh dua elemen kerja yakni E2 dan E11 belum mencukupi karena $n < n'$, selanjutnya dilakukan penambahan jumlah pengamatan pada elemen kerja E2 dan E11. Setelah dilakukan penambahan sebanyak dua pengamatan pada elemen kerja E2 dan satu pengamatan pada E11 diperoleh hasil bahwa nilai $n \geq n'$ yang artinya jumlah pengamatan sudah mencukupi, selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.

Jumlah pengamatan yang sudah mencukupi, selanjutnya dilakukan pengecekan keseragaman data menggunakan diagram kontrol I-MR yang terdapat pada persamaan 2 & 3. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat empat elemen kerja yakni E1, E6, E11, dan E12 tidak seragam artinya pada elemen kerja tersebut terdapat pengamatan yang berada di luar batas kontrol sehingga perlu dicari penyebab terjadinya *out of control*. Pengamatan yang berada di luar batas kontrol selanjutnya dihilangkan dan dilakukan pemeriksaan lagi apakah jumlah pengamatan sudah mencukupi, dimana hasil selengkapnya pada tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Kecukupan Data dan Keseragaman Data

Elemen Kerja	n	n'	Kecukupan Data	Keseragaman Data
E1	13	11	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E2	17	17	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E3	15	13	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E4	15	7	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E5	15	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E6	14	13	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E7	15	1	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E8	15	11	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E9	15	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E10	15	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E11	15	12	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E12	14	6	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E13	15	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E14	15	12	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E15	15	7	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E16	15	9	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E17	15	7	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E18	15	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E19	15	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam

Setelah jumlah pengamatan yang diambil mencukupi dan seragam, selanjutnya ditentukan nilai faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran proses *Butt Weld Orbital*. Dalam penelitian ini faktor penyesuaian memiliki nilai yang berbeda pada setiap elemen kerja karena jenis aktivitas yang dilakukan juga berbeda. Faktor penyesuaian yang digunakan mengacu pada tabel *westinghouse* yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung di lokasi kerja dan diskusi bersama supervisor, sedangkan faktor kelonggaran dalam penelitian ini sebesar 15% sesuai aturan perusahaan.

Perhitungan waktu normal dan waktu standar proses *Butt Weld Orbital* dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) hasilnya bisa dilihat pada tabel 3 diman *FR* (*factor rating*), *WSR* (waktu siklus rata-rata), *WN* (waktu normal), *WS* (waktu standar) masing-masing elemen kerja.

Waktu normal yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan proses *Butt Weld Orbital* sebesar 2549 detik/*joint* atau 45 menit/*joint*, sedangkan waktu standar yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan satu pekerjaan proses *Butt Weld Orbital* adalah sebesar 2999 detik/*joint* atau 50 menit/*joint*.

Tabel 3.
Hasil Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

Elemen Kerja	FR	WSR	WN	WS
E1	0,95	163	143	169
E2	0,93	81	75	88
E3	0,93	197	183	216
E4	0,95	36	34	40
E5	0,95	112	107	125
E6	0,95	11	10	11
E7	0,97	301	292	343
E8	0,93	209	194	228
E9	0,95	27	26	30
E10	0,97	155	150	177
E11	0,93	198	170	199
E12	0,95	30	29	34
E13	0,97	197	191	224
E14	0,93	242	225	265
E15	0,95	31	29	34
E16	0,97	226	219	258
E17	0,93	250	232	273
E18	0,95	29	28	33
E19	0,97	219	212	250
Jumlah			2549	2999

Perhitungan produktivitas proses *Butt Weld Orbital* dapat ditentukan berdasarkan waktu standar yang telah diperoleh. Dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh produktivitas sama dengan 0,02 *joint*/menit atau 1,2 *joint*/jam sedang dengan menggunakan persamaan (6) diperoleh output per shift sebanyak 10 *joint* dimana satu shift setara dengan 8 jam kerja.

Hasil perhitungan output per shift menunjukkan bahwa PT. "X" bisa menghasilkan 10 *joint* dalam satu shift kerja, hal ini mengindikasikan bahwa target perusahaan yang menginginkan tiap mesin menghasilkan 12 *joint* per shift belum tercapai artinya ada dua *joint* yang belum dihasilkan maka nilai DPMO (*defect per million opportunities*) sebesar $\frac{2}{12} \times 1000000 = 166667$ yang berarti bahwa kinerja proses *Butt Weld Orbital* pada posisi 2,47 sigma, sehingga perlu dilakukan perbaikan guna meningkatkan nilai sigma proses *Butt Weld Orbital*.

Analisa Pemborosan Proses Butt Weld Orbital

Identifikasi pemborosan dilakukan dengan cara membagikan kuisioner kepada keempat operator mesin orbital *welding*, dimana setiap operator mengisi kuisioner, hasilnya pada tabel 4 yang menunjukkan bahwa jenis pemborosan yang sering terjadi adalah *waiting* dengan nilai rata-rata 2,75, hal ini disebabkan karena seringnya terjadi *interpass* pada proses *Butt Weld Orbital*, dimana nilai 0 artinya tidak pernah terjadi dan nilai 4 artinya sangat sering terjadi.

Tabel 4.
Hasil survey tentang pemborosan

No	Jenis Pemborosan	Operator ke-				Rata-rata	Rangking
		1	2	3	4		
1	Overproduction	0	0	0	0	0	7
2	Transportation	1	1	1	1	1	3
3	Unnecessary motion	0	0	0	1	0,25	6
4	Unappropriate Processing	1	1	0	1	0,75	4
5	Unnecessary Inventory	0	1	1	0	0,5	5
6	Waiting	2	3	3	3	2,75	1
7	Defect	1	2	2	2	1,75	2

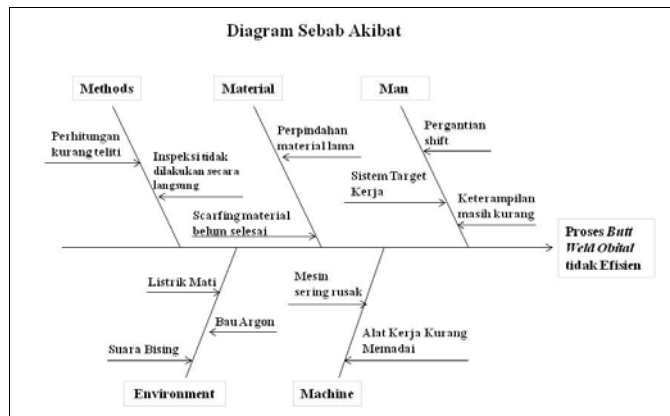
Banyaknya pemborosan yang terjadi pada proses *Butt Weld Orbital* merupakan alasan utama tidak efisiennya proses produksi yang mengakibatkan tidak tercapainya target

perusahaan yaitu 12 *joint*. Penyebab terjadinya pemborosan dalam pengukuran kerja adalah *transportation*, *waiting*, *inappropriate processing*, *unnecessary motion* yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5
Identifikasi Penyebab Pemborosan Pengukuran Kerja

Pemborosan	Penyebab
<i>Transportation & Waiting</i>	1. Memindahkan material pipa yang sudah dilas ke tempat yang sudah ditentukan dan sebaliknya mengambil material pipa yang akan dilas dari tempat penyimpanan sehingga operator harus menunggu. 2. Mesin orbital rusak sehingga operator harus menunggu mesin diperbaiki dahulu oleh bagian perawatan. 3. Terjadi pemadaman listrik pada saat jam kerja. 4. Ada aktivitas interpass atau menunggu suhu las turun sesuai dengan yang sudah ditetapkan saat pengelasan.
<i>Inappropriate Processing</i>	1. <i>Tungsten</i> (jarum las) yang kurang lancip bisa menyebabkan kecacatan produk. 2. Ada kejadian kawat las bengkok pada saat proses pengelasan sehingga proses harus dihentikan untuk meluruskan kawat las tersebut.
<i>Unnecessary Motion</i>	Operator mesin mencari atau meminjam peralatan kerja kepada operator lain.

Pemborosan bisa diketahui dengan melakukan wawancara dengan operator mesin serta dengan pengamatan langsung di lokasi kerja, agar lebih mudah mengetahui penyebabnya digunakan diagram sebab akibat seperti pada gambar 1.



Gambar. 1. Penyebab Proses *Butt Weld Orbital* Tidak Efisien.

Dengan menggunakan diagram sebab akibat akan diketahui penyebab yang saling berkaitan [10]. Faktor manusia dipengaruhi oleh pergantian shift yang membuat operator pada shift selanjutnya kurang senang ketika ada pekerjaan pada shift sebelumnya yang terjadi cacat produk. Faktor material dipengaruhi oleh perpindahan material baik sebelum dan sesudah dilas yang terlalu lama karena harus menunggu mesin *cran* dan proses *scarfing*. Faktor mesin dipengaruhi oleh sering rusaknya mesin *orbital* selain itu peralatan kerja yang ada belum memadai untuk setiap mesin. Faktor selanjutnya adalah metode yaitu proses inspeksi yang tidak dilakukan secara langsung sehingga tidak bisa dilakukan perbaikan segera pada pipa yang cacat dan kurangnya ketelitian saat mengecek apakah ujung-ujung antar pipa sudah lurus atau belum. Faktor lingkungan merupakan faktor yang tidak secara langsung mempengaruhi proses *Butt Weld Orbital*, seperti

suara di tempat kerja yang bising, bau argon yang kurang nyaman yang disebabkan oleh proses pengelasan, dan matinya listrik untuk menjalankan mesin orbital.

Value Stream Analysis Tools (VALSTAT)

Setelah dilakukan penilaian tentang jenis pemborosan, selanjutnya akan dilakukan pemilihan terhadap *mapping tools* mana yang akan digunakan dengan cara memberikan pembobotan pada alat tersebut dengan cara mengalikan nilai rata-rata masing-masing pemborosan pada tabel 4 dengan faktor pengali pada tabel 1, hasilnya disajikan pada tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan bahwa *Process Analysis Mapping* (PAM) mempunyai nilai tertinggi dari tujuh alat yang ada yaitu sebesar 46, sehingga alat ini akan digunakan untuk menentukan berapa besarnya aktivitas yang bernilai tambah, aktivitas tidak bernilai tambah, aktivitas yang tidak bernilai tambah tetapi tidak bisa dihilangkan pada proses *Butt Weld Orbital*.

Tabel 6
Pembobotan Alat VALSTAT

Wastes	Mapping Tool						
	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
<i>Overproduction</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Waiting</i>	24,75	24,75	2,75	0	8,25	8,25	0
<i>Transportation</i>	9	0	0	0	0	0	1
<i>Unappropriate processing</i>	6,75	0	2,25	0,75	0	0,75	0
<i>Unnecessary inventory</i>	1,5	0,5	1,5	0	4,5	1,5	0,5
<i>Unnecessary motion</i>	2,25	0,25	0	0	0	0	0
<i>Defect</i>	1,75	0	0	15,75	0	0	0
Total	46	25,5	6,5	16,5	12,75	10,5	1,5

Hasil pemetaan proses *Butt Weld Orbital* pada tabel 7 menunjukkan bahwa waktu aktivitas operasi mewakili 55% dari keseluruhan waktu standar aktivitas yang dijalankan. Aktivitas yang tidak bernilai tambah yaitu inspeksi pada elemen kerja E1 dan E3 mewakili 13%. Aktivitas ketiga yakni *delay* sebesar 32%, kesemuanya diakibatkan oleh waktu *interpass* pada elemen kerja E8, E11, E14 dan E17 yang cukup lama, sehingga perlu adanya perbaikan untuk mengurangi waktu *delay* tersebut.

Tabel 7
Tipe Aktivitas Proses *Butt Weld Orbital*

Tipe Aktivitas	Operasi	Inspeksi	Delay
Jumlah	13	2	4
Waktu (detik)	1648	384	966
Prosentase	55%	13%	32%

Improvement

Setelah diketahui waktu standar, produktivitas dan jenis-jenis pemborosan yang terjadi pada proses *Butt Weld Orbital*, maka selanjutnya diberikan usulan-usulan perbaikan pada perusahaan yang disajikan pada tabel 8.

Berdasarkan usulan perbaikan, maka perusahaan merubah peta aliran proses *Butt Weld Orbital* dan merubah jumlah operator yaitu satu operator mengoperasikan dua mesin.

Selanjutnya dilakukan lagi pengukuran waktu pada elemen kerja proses *Butt Weld Orbital*, dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh hasil bahwa elemen kerja E6 data yang diambil belum mencukupi karena $n > n'$.

Setelah dilakukan penambahan pengukuran waktu sebanyak tiga pada elemen kerja E6 menunjukkan bahwa $n \geq n'$ yang artinya pengamatan sudah cukup.

Tabel 8
Usulan Perbaikan Proses *Butt Weld Orbital*

Pemborosan	Usulan Perbaikan
<i>Transportation & Waiting</i>	1. Memperpendek jarak tempat penyimpanan dengan tempat pengelasan sehingga operator tidak terlalu lama menunggu. 2. Bagian perawatan melakukan pengecekan mesin las sebelum proses pengelasan atau di awal memulai kerja. 3. Perusahaan harus menyediakan sumber listrik lain yang bisa memenuhi kebutuhan listrik satu perusahaan. 4. Aktivitas <i>interpass</i> dikurangi dengan cara merubah metode pengelasan yaitu satu operator mengoperasikan dua mesin sehingga ketika ada aktivitas <i>interpass</i> di salah satu mesin operator bisa mengoperasikan mesin yang lainnya. 5. Membuat peta aliran proses <i>Butt weld Orbital</i> yang baru
<i>Inappropriate Processing</i>	1. Operator sebaiknya meruncingkan <i>tungsten</i> sebelum melakukan proses pengelasan. 2. Opeartor melakukan pengecekan terhadap kawat las di awal mau memulai kerja.
<i>Unnecessary Motion</i>	1. Operator mesin sebaiknya meletakkan peralatan kerja yang telah dipakai pada tempatnya sehinga mudah ketika membutuhkan alat tersebut. 2. Perusahaan menyediakan peralatan kerja yang memadai untuk keperluan operator mesin

Data pengamatan yang sudah mencukupi, selanjutnya dilihat apakah sudah seragam dengan menggunakan diagram kontrol I-MR. Hasilnya perhitungan menunjukkan bahwa terdapat dua elemen kerja yakni E15 dan E17 berada di luar atas batas kontrol sehingga perlu dicari penyebab terjadinya data *out of control*. Data pengamatan yang berada di luar atas kontrol dihilangkan dan dilakukan kecukupan data lagi yang hasilnya bisa dilihat pada tabel 9.

Tabel 9.
Hasil Kecukupan Data dan Keseragaman Data

Elemen Kerja	n	n'	Kecukupan Data	Keseragaman Data
E1	10	4	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E2	10	3	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E3	10	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E4	10	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E5	10	7	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E6	14	14	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E7	10	1	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E8	10	3	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E9	10	4	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E10	10	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E11	10	6	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E12	10	6	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E13	10	3	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E14	10	4	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E15	9	6	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E16	10	4	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E17	8	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E18	10	5	Jumlah Data Cukup	Data Seragam
E19	10	2	Jumlah Data Cukup	Data Seragam

Setelah pengamatan yang diambil mencukupi dan seragam, selanjutnya ditentukan nilai faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran proses *Butt Weld Orbital*. Faktor penyesuaian yang digunakan mengacu pada tabel *westinghouse* yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung di lokasi kerja dan diskusi bersama supervisor, sedangkan faktor keloggaran dalam penelitian ini sebesar 15% sesuai aturan perusahaan.

Perhitungan selanjutnya adalah menentukan waktu normal dan waktu standar proses *Butt Weld Orbital* yang hasilnya bisa dilihat pada tabel 10 dengan *FR* (*factor rating*), *WSR* (waktu

siklus rata-rata), *WN* (waktu normal), *WS* (waktu standar) masing-masing elemen kerja.

Tabel 10.
Hasil Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

Elemen Kerja	FR	WSr	Wn	Ws
E1	0,97	127	123	145
E2	0,95	58	55	64
E3	0,95	139	132	156
E4	0,97	39	38	44
E5	0,97	110	107	125
E6	0,97	11	11	12
E7	0,99	297	294	346
E8	0,95	145	138	162
E9	0,97	23	23	26
E10	0,99	168	166	195
E11	0,95	169	161	189
E12	0,97	24	23	27
E13	0,99	196	194	228
E14	0,95	201	191	225
E15	0,97	23	22	26
E16	0,99	200	198	233
E17	0,95	233	221	260
E18	0,97	21	21	24
E19	0,99	204	202	237
Jumlah			2317	2726

Waktu normal yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan proses *Butt Weld Orbital* sebesar 2317 detik/*joint* atau 39 menit/*joint*. Waktu standar yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan satu pekerjaan proses *Butt Weld Orbital* adalah sebesar 2726 detik/*joint* atau 45 menit/*joint*.

Perhitungan produktivitas proses *Butt Weld Orbital* dapat ditentukan berdasarkan waktu standar yang telah diperoleh. Dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh produktivitas sebesar 0,022 *joint*/menit atau 1,3 *joint*/jam, sedangkan dengan menggunakan persamaan (6) diperoleh output sebesar 1,3 *joint*/jam atau 11 *joint* per shift.

Hasil perhitungan output per shift menunjukkan bahwa PT. "X" bisa menghasilkan 11 *joint* dalam satu shift kerja, hal ini mengindikasikan bahwa target perusahaan yang menginginkan tiap mesin menghasilkan 12 *joint* per shift belum tercapai artinya ada satu *joint* yang belum dihasilkan maka nilai *DPMO* (*defect per million opportunities*) sebesar $\frac{1}{1.000.000} = 83333$ yang berarti bahwa kinerja proses *Butt Weld Orbital* pada posisi 2,89 sigma.

Setelah dilakukan perhitungan waktu standar pada proses *Butt Weld Orbital* yang baru maka dapat dihitung pemetaan aktivitas proses *Butt Weld Orbital* pada tabel 11.

Tabel 11
Tipe Aktivitas Proses *Butt Weld Orbital*

Tipe Aktivitas	Operasi	Inspeksi	Delay
Jumlah	13	2	4
Waktu (detik)	1590	301	836
Prosentase	58%	11%	31%

Hasil pemetaan proses *Butt Weld Orbital* pada tabel 11 menunjukkan bahwa waktu aktivitas operasi mewakili 58% dari keseluruhan waktu standar aktivitas yang dijalankan. Aktivitas yang tidak bernilai tambah yaitu inspeksi pada elemen kerja E1 dan E3 mewakili 11%. Aktivitas ketiga yakni *delay* sebesar 31%, kesemuanya diakibatkan oleh waktu *interpass* pada elemen kerja E8, E11, E14 dan E17

yang cukup lama, sehingga perlu adanya perbaikan untuk mengurangi waktu *delay* tersebut.

Tabel 12 menunjukkan perbandingan hasil waktu standar, produktivitas, serta jenis aktivitas proses *Butt Weld Orbital* sebelum dan sesudah *improvement*.

Tabel 12.

Perbandingan Sebelum dan Sesudah *Improvement*

	Sebelum	Sesudah	Selisih
Waktu Standar	2999 detik	2726 detik	273 detik
Produktivitas	10 <i>joint</i>	11 <i>joint</i>	1 <i>joint</i>
Operasi	1648 detik	1590 detik	58 detik
Inspeksi	384 detik	301 detik	83 detik
Delay	966 detik	836 detik	130 detik

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa waktu standar proses *Butt Weld Orbital* setelah dilakukan *improvement* lebih cepat 273 detik atau 4,55 menit, produktivitasnya bertambah satu *joint*, aktifitas-aktivitas pada proses *Butt Weld Orbital* rata-rata waktu penyelesaiannya lebih cepat

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa setelah dilakukan perbaikan, maka:

1. a. Produktivitas proses *Butt Weld Orbital* setiap shift kerja meningkat dari 10 *joint* menjadi 11 *joint*.
- b. Waktu standar proses *Butt Weld Orbital* lebih cepat dari 50 menit menjadi 45 menit.
2. a. Aktivitas operasi meningkat dari 55% menjadi 58%.
- b. Aktivitas inspeksi berkurang dari 13% menjadi 11%.
- c. Waktu *interpass* (menunggu) berkurang dari 32% menjadi 31%.

Saran yang dapat diberikan adalah PT. "X" perlu melakukan upaya perbaikan terhadap masalah seringnya terjadi cacat produk pada proses *Butt Weld Orbital* dan Penelitian selanjutnya sebaiknya dihitung juga sistem antrian terhadap proses *Butt Weld Orbital* yang saat ini metodenya dua operator mengoperasikan satu mesin guna mengetahui tingkat waktu tunggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. "X" yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di perusahaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G.P. Anindya, "Penerapan Metode *Lean Six Sigma* dalam Mengefisienkan Jam Kerja Pegawai (Studi Kasus Lab *Photometry and Life Test*, Dept *GLS*, PT. *Philips Indonesia*)". Tugas Akhir Jurusan Statitika ITS, Surabaya (2011).
- [2] H. Tatit, "Pendekatan *Time Study* untuk Perbaikan Proses Produksi Guna Menunjang Penerapan *Lean Six Manufacturing* (Studi Kasus Dept. *GLS*, Group A, PT. *Philips Lighting Indonesia*)". Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FTI ITS, Surabaya (2006).
- [3] B. D. Gayatri, "Peningkatan Kualitas Proses Produksi *Fineed Tube* dengan Pendekatan *Lean Six Sigma* (Studi Kasus: PT.*ALSTOM Power Energy System Indonesia*)". Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FTI ITS, Surabaya (2009)
- [4] G. Vincent, "*Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*". Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (2007).
- [5] L. Wilson, "*How To Implement Lean Manufacturing*". The McGraw-Hill Companies Inc, United States (2010).

- [6] C.T. Hendradi, "*Statistik Six Sigma dengan Minitab*". Andi, Yogyakarta (2006).
- [7] W. Sritomo, "*Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Teknik Analisa Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*". Prima Printing, Surabaya (2006).
- [8] D. C. Montgomery, "*Introduction to Statistical Quality Control 5th edition*". John Wiley and Sons Inc, New York (2005).
- [9] P. Hines and N. Rich "*The Seven Value Stream Mapping Tools, International Journal Of Operation Production Management*", vol 17, p (1997) 46-64.
- [10] Haris, (2012, 23 February) *.Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram)*. [Online]. Available: <http://harismunandar.web.id/?p=417.html>.