

Pengurangan Waktu Setup pada High Frequency Welding Perusahaan Manufaktur Pipa Baja dengan Metode SMED

Fajrur Rido Ataubakumarwa dan Moses Laksono Singgih
Departemen Teknik dan Sistem Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: moseslsinggih@ie.its.ac.id

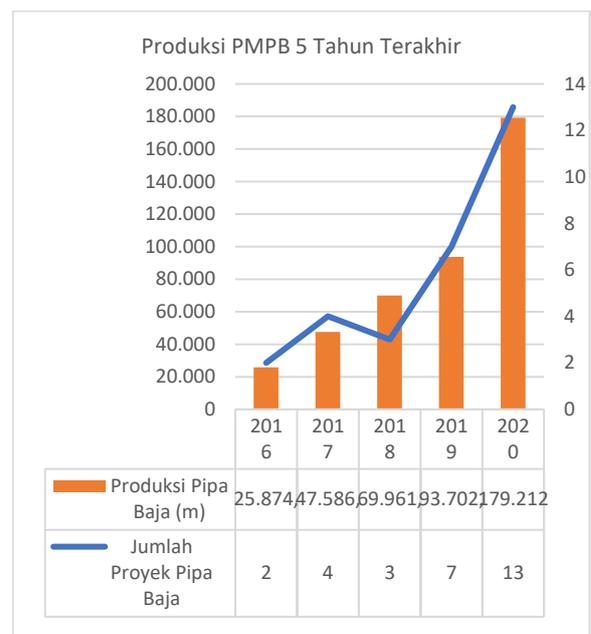
Abstrak—Perusahaan Manufaktur Pipa Baja (PMPB) merupakan salah satu perusahaan dalam negeri yang memproduksi pipa baja untuk *oil and gas* dengan sistem *engineering to order* (ETO) sesuai dengan standar API-5L. Peneliti memilih lini produksi *high frequency welding* (HFW) karena permasalahan waktu setup yang lebih lama dari waktu produksi. Waktu setup saat ini adalah 2.846 menit yang terdiri dari waktu setup internal adalah 1.922 menit dan waktu setup eksternal 922 menit. Waktu setup tersebut tidak sebanding dengan kecepatan produksi pipa baja, yaitu 12-20 meter per menit atau hanya membutuhkan waktu sekitar 2 hari untuk menghasilkan 70 pipa baja. Berdasarkan kondisi tersebut biaya setup yang dibutuhkan adalah sebesar Rp180.264.372. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *single minute exchange of dies* (SMED) dengan pengurangan waktu setup secara keseluruhan adalah 2.504 menit (12,02%) yang terdiri dari pengurangan waktu setup internal sebesar 8,95% dan waktu setup eksternal sebesar 18,22%.

Kata Kunci—*Engineering to Order* (ETO), *Five Whys Analysis*, *High Frequency Welding* (HFW), *Oil and Gas Pipe*, *Single Minute Exchange of Dies* (SMED).

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN Manufaktur Pipa Baja selanjutnya disebut PMPB (nama disamarkan untuk menjaga kerahasiaan data perusahaan) merupakan salah satu perusahaan manufaktur dalam negeri yang memproduksi pipa baja dengan sistem produksi *engineering to order* (ETO). Karakteristik produk yang dihasilkan PMPB terbagi menjadi tiga jenis pipa baja berdasarkan fungsinya, antara lain: *structural pipe* sebagai material dalam proyek konstruksi, *water pipe* digunakan dalam jaringan proses distribusi air, dan *oil & gas pipe* digunakan dalam jaringan proses distribusi minyak dan gas. Fokus penelitian ini adalah pada *oil & gas pipe* dikarenakan memiliki aliran material yang paling banyak dibandingkan produk lainnya. Aliran material yang dimaksud adalah *hydrostatic pressure test*, *weldseam AUT inspection*, dan *pipe body lamination check*. Proses-proses tersebut merupakan inspeksi standar yang ditetapkan oleh *American Petroleum Institute* (API) dan digunakan secara umum oleh industri minyak dan gas di Indonesia dalam pembuatan pipa baja sehingga menjadikan proses inspeksi merupakan proses terikat dalam pembuatan pipa baja dan tidak dapat dilakukan penghilangan proses tersebut. Standar API pada pipa baja ditandai dengan monogram API yang digunakan dalam verifikasi proses manufaktur yang digunakan [1].

Berdasarkan wawancara dengan salah satu pimpinan di PMPB, diketahui beberapa permasalahan yang dihadapi dalam memproduksi pipa baja antara lain: kuantitas dan



Gambar 1. Produksi PMPB 5 tahun terakhir.

karakteristik pipa baja yang diproduksi berbeda-beda berdasarkan dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh *customer*, waktu setup yang relatif lama (sekitar 7 hari kerja), waktu tunggu antar *workstation*, rasio *yield to tensile* melebihi standar yang ditentukan, dan *production yield* bernilai rendah. Penelitian ini berfokus dalam penyelesaian masalah waktu setup pada lini produksi HFW dikarenakan durasi yang cukup lama, yaitu selama 7 hari kerja. Padahal proses pembuatan pipa baja sendiri hanya membutuhkan waktu kurang lebih 2 hari untuk menghasilkan 70 pipa baja karena kecepatan produksi dari HFW adalah sekitar 12-20 meter per menit. Pemilihan fokus penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan lain berdasarkan pada permasalahan yang dihadapi PMPB, misalnya alasan fokus penelitian tidak pada perbedaan kuantitas dan karakteristik pipa baja dikarenakan tidak terdapat standar baku yang mengatur jumlah dan perbedaan kondisi lingkungan aplikasi pipa baja, permasalahan waktu tunggu pada *workstation* dan nilai rasio *yield to tensile* tinggi tidak dipilih dikarenakan diperlukan pemahaman terkait teknis dan mekanisme proses sesuai standar yang berlaku, selanjutnya alasan tidak berfokus pada *production yield* yang rendah dikarenakan terdapat pipa baja yang harus di-*reject* dikarenakan standar yang berlaku. Pengurangan waktu setup pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan *single minute exchange of dies* (SMED).

Studi literatur terkait penerapan SMED dilakukan dengan

Tabel 1.
Kondisi terkini waktu setup

No	Grup Kerja	Aktivitas Setup	Waktu (menit)	
1	Grup kerja roll	<i>Forming roll component changing</i>	574	
2		<i>Sizing roll component changing</i>	348	
3	Sub grup kerja coil join	<i>Loading coil</i>	14	
4		<i>Pinch roll</i>	8	
5		<i>Leveller machine</i>	8	
6		<i>Set roll</i>	4	
7		<i>Join machine</i>	37	
8		<i>Guide roll</i>	24	
9		<i>Flame cutting</i>	5	
10		<i>Grinder</i>	23	
11		<i>Accumulator input</i>	140	
12		<i>First coil process</i>	144	
13		<i>Second coil process</i>	215	
14		<i>Belting</i>	17	
15		<i>Third coil process</i>	102	
16		Sub grup kerja HFW	<i>Uninstall forming cover</i>	105
17			<i>Change forming roll</i>	505
18	<i>Install sizing cover</i>		126	
19	<i>Forming roll and sprayer positioning</i>		214	
20	<i>Pinch roll</i>		8	
21	<i>Leveller machine</i>		8	
22	<i>Milling machine</i>		102	
23	<i>Impeder and scrapping installation</i>		120	
24	<i>PWHT</i>		33	
25	<i>Conveyor roll</i>		88	
26	<i>Coil installation</i>		231	
27	Grup kerja sizing		<i>Cooling</i>	25
28			<i>Uninstall sizing cover</i>	76
29			<i>Change sizing roll</i>	278
30		<i>Install sizing cover</i>	72	
31		<i>Numbering machine</i>	7	
32		<i>Saw mahine</i>	35	
33		<i>Sizing roll and sprayer positioning</i>	105	
34		<i>Pipe installation</i>	58	
		Waktu Setup Eksternal (Menit)	922	
		Waktu Setup Eksternal (Hari)	2,20	
		Waktu Setup Internal (Menit)	1922	
		Waktu Setup Internal (Hari)	4,58	
		Total Waktu Setup (Menit)	2846	
		Total Waktu Setup (Hari)	6,78	

tujuan pengembangan SMED pada penelitian ini. Penerapan SMED sering dilakukan pada salah satu proses permesinan dalam perusahaan manufaktur. Mothilal pernah mengimplementasikan SMED yang terintegrasi dengan otomasi pada press shop. Hasilnya didapatkan nilai setup reduction (SUR) sebesar 52,4% dengan *net of effectiveness* sebesar INR 4,78,820 per bulan [2]. Penerapan SMED pada proses tertentu juga dilakukan oleh Bidarra dkk, yaitu pada proses stamping di perusahaan otomotif. Implementasi SMED pada penelitian ini memberikan keuntungan berupa pengurangan waktu sebesar 45% [3]. Monteiro dkk melakukan pengurangan waktu setup pada vertical dan horizontal milling menggunakan SMED [4]. Penelitian ini dilakukan dengan mengimplementasikan beberapa *improvement*. Hasilnya adalah didapatkan pengurangan setup time pada *vertical milling* sebesar 40% dan horizontal milling sebesar 57%. Penerapan SMED pada proses *cold profiling* di industri pengerjaan logam pernah dilakukan oleh Vieira dkk [5]. Penelitian ini dilakukan pada *5 profiling machine* yang berbeda-beda. Hasil penelitian ini adalah didapatkan peningkatan rata-rata *overall equipment effectiveness* (OEE) mencapai 10,8% melalui penerapan SMED dan 5S pada proses *cold profiling*. Selain itu, Silva dkk pernah melakukan *action research methodology* terkait penerapan SMED pada *cutting line* [6]. Pada penelitian ini juga dilakukan pemindahan lokasi beberapa tool, penambahan toolkit, dan

duplikasi tool. Target yang ditetapkan pada penelitian ini adalah terjadi pengurangan waktu setup sebesar 15% dari kondisi terkini, yaitu 64 menit dikerjakan oleh 3 orang. Hasil yang dalam implementasi kasus ini adalah waktu setup meningkat menjadi 66 menit, tetapi hanya dikerjakan 2 orang.

Penerapan SMED juga dapat dilakukan pada skala industri. Hal ini dilakukan oleh Sabadka, Molnar dan Fedorko pada perusahaan manufaktur *shaft* [7]. Penelitian ini menghasilkan model baru berupa universal pallet. Hasil implementasi universal pallet ini adalah berkurangnya waktu produksi sebanyak 2,06 jam dan produktivitas tahunan meningkat 0,48%. Selain itu, Sousa dkk melakukan penelitian pada *cork industry* menggunakan VSM dan SMED Indikator yang digunakan dalam mengetahui keberhasilan pada penelitian ini adalah OEE [8]. Hasil penelitian ini adalah pengurangan waktu setup sebesar 43% dari penerapan SMED yang diintegrasikan dengan *improvement* beberapa equipment yang digunakan di perusahaan. Bhade dan Hegde menerapkan SMED dengan tujuan mendapatkan nilai OEE yang lebih tinggi pada industri mobil. Hasil penelitian ini adalah didapatkan peningkatan OEE dari 58,74% menjadi 68,41% [9]. Hasil lainnya adalah peningkatan produktivitas sebesar 25,63%. Vieira dkk menerapkan SMED dan *standard work* pada industri otomotif [5]. Penelitian ini menargetkan terjadinya penurunan waktu setup sebesar 20%. Hasil yang didapatkan adalah pengurangan waktu setup sebesar 38% dan

Tabel 2.
Perbandingan waktu setup terkini dan alternatif perbaikan

No	Grup Kerja	Aktivitas Setup	Terkini	Alternatif Usulan Perbaikan
			Waktu Terkini (menit)	Waktu Perbaikan (menit)
1	Grup kerja roll	<i>Forming roll component changing</i>	574	469
2		<i>Sizing roll component changing</i>	348	272
3		<i>Loading coil</i>	14	14
4		<i>Pinch roll</i>	8	8
5		<i>Leveller machine</i>	8	8
6		<i>Set roll</i>	4	4
7		<i>Join machine</i>	37	12
8	Sub grup kerja coil join	<i>Guide roll</i>	24	25
9		<i>Flame cutting</i>	5	5
10		<i>Grinder</i>	23	23
11		<i>Accumulator input</i>	140	28
12		<i>First coil process</i>	144	144
13		<i>Second coil process</i>	215	215
14		<i>Belting</i>	17	17
15		<i>Third coil process</i>	102	102
16		<i>Uninstall forming cover</i>	105	105
17		<i>Change forming roll</i>	505	505
18	Sub grup kerja HFW	<i>Install sizing cover</i>	126	126
19		<i>Forming roll and sprayer positioning</i>	214	133
20		<i>Pinch roll</i>	8	8
21		<i>Leveller machine</i>	8	8
22		<i>Milling machine</i>	102	102
23		<i>Impeder and scrapping installation</i>	120	108
24		<i>PWHT</i>	33	33
25		<i>Conveyor roll</i>	88	16
26		<i>Coil installation</i>	231	231
27		<i>Cooling</i>	25	17
28		<i>Uninstall sizing cover</i>	76	76
29		<i>Change sizing roll</i>	278	278
30	Grup kerja sizing	<i>Install sizing cover</i>	72	72
31		<i>Numbering machine</i>	7	7
32		<i>Saw mahine</i>	35	35
33		<i>Sizing roll and sprayer positioning</i>	105	72
34		<i>Pipe installation</i>	58	58
Waktu Setup Eksternal (Menit)			922	754
Waktu Setup Eksternal (Hari)			2,20	1,80
Waktu Setup Internal (Menit)			1922	1750
Waktu Setup Internal (Hari)			4,58	4,17
Total Waktu Setup (Menit)			2846	2504
Total Waktu Setup (Hari)			6,78	5,96

peningkatan OEE sebesar 7,7%.

SMED dapat dikombinasikan dengan *tools* lainnya. Hal ini dilakukan oleh Stadnicka melakukan penelitian waktu setup pada mesin CNC *turning lathe* [10]. Penelitian ini mengkombinasikan SMED dengan FMEA dan spaghetti diagram. Indikator yang digunakan dalam mengukur efisiensi pada penelitian ini adalah EPZ, EUT, dan CESMED. Hasilnya adalah didapatkan nilai EPZ= 0.94, EUT= 0.82 dan CESMED = 0.77. Brito dkk dengan mengintegrasikan SMED dan REBA dengan tujuan mempercepat waktu setup, namun tetap mempertimbangkan aspek ergonomis pada industri metalurgi [11]. Penelitian ini mampu meningkatkan produktivitas sebesar 24% dan mengurangi waktu setup dari 105 menit menjadi 57 menit atau berkurang sebesar 46%. Hasil lain dari penelitian ini adalah penurunan MSD dari level high menjadi low dan usulan desain mesin yang mempertimbangkan penyelesaian masalah yang berhubungan

dengan ergonomi. Braglia, Frosolini dan Gallo melakukan kombinasi 5-Why khusus pada langkah ke-3 dari SMED yang disebut sebagai metode SWAN [12]. Hasil penerapan metode ini adalah didapatkannya pengurangan waktu setup sebesar 75%, yaitu dari 20 menit menjadi 4 menit 50 detik, dan peningkatan OEE dari 48% menjadi 75%.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu Changeover

Waktu *changeover* merupakan komponen penting dalam proses *changeover* selain biaya. Waktu *changeover* sering kali didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan dalam proses penggantian alat. Menurut Wedgwood waktu *changeover* adalah *value added activity* yang dilakukan pada akhir produk pertama hingga *value added activity* pada awal produk selanjutnya [13]. Pengertian ini sesuai dengan

penjelasan waktu yang dibutuhkan dalam produksi dari akhir item produk pertama sampai awal item produk selanjutnya Cakmakci dan Karasu [14]. Perbedaan definisi ini dapat menjadikan perubahan sudut pandang dalam menghargai waktu yang digunakan dalam sebuah setup sehingga seluruh waktu dapat dimanfaatkan secara maksimal. Berdasarkan pengertian ini jenis waktu setup dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *external* dan *internal setup time*. *External setup time* merupakan waktu yang dibutuhkan dalam pengaturan kondisi lingkungan berdasarkan aktivitas tertentu sebelum dan sesudah periode setup. Sedangkan *internal setup time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan kondisi tertentu saat tidak ada proses permesinan.

B. Single Minutes Exchange of Dies (SMED)

Menurut King dan King terdapat empat langkah dalam melakukan *improvement* menggunakan SMED [15]. Penjelasan terkait masing-masing langkah adalah sebagai berikut.

- Mengidentifikasi *external tasks*. Identifikasi dapat dilakukan dengan mengklasifikasikan aktivitas yang dilakukan pada proses setup.
- Memindahkan *external tasks* di luar *changeover time*. Pemindahan *external tasks* ada dua pilihan, yaitu di awal atau akhir penggantian (saat mesin berjalan).
- Menyederhanakan *internal tasks*. Penyederhanaan *internal tasks* dapat dilakukan standarisasi dan penyeimbangan tugas semua operator yang terlibat.
- Jika memungkinkan, *internal tasks* dilakukan secara paralel. Hal ini dapat dilakukan apabila beberapa operator dapat melakukan tugas secara bersamaan tanpa melakukan penambahan terhadap jumlah pekerja.

Pengurangan waktu setup dapat berkontribusi dalam penurunan *inventory investment* dan peningkatan produktivitas. Selain itu, pengurangan waktu setup menjadikan sebuah perusahaan dapat memproduksi dalam jumlah *batch* yang kecil, *inventory levels* yang lebih rendah, dan mengurangi *cycle time* sehingga perusahaan dapat memiliki keunggulan dalam variasi produk yang dapat meningkatkan kepuasan *customer* [16].

Meskipun demikian, menurut Silva dkk terdapat beberapa kesulitan dalam menerapkan SMED ke dalam sebuah perusahaan, seperti diperlukan pemahaman terkait aspek teknis intrinsik dari *equipment* dan *tools* yang digunakan, memahami metode kerja, serta memahami *job description* masing-masing pekerja dan waktu pelaksanaannya [6].

C. Five Whys Analysis

Five whys analysis merupakan sebuah cara yang digunakan oleh Toyota dalam mencari sebuah akar permasalahan. Penggunaan *five whys analysis* adalah dengan memberikan pertanyaan sebanyak 5 kali terhadap sebuah permasalahan secara beruntun untuk didapatkan sebuah akar permasalahan [13]. Berikut ini merupakan pembagian kelas *five whys analysis*:

- 1st Why: Symptom*
- 2nd Why: Excuse*
- 3rd Why: Blame*
- 4th Why: Cause*
- 5th Why: Root Cause*

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Produksi Pipa Baja HFW

Aktivitas PMPB dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *maintenance & innovation*, setup, dan produksi. Aktivitas *maintenance & innovation* merupakan aktivitas PMPB yang dilakukan saat tidak terdapat *order*, sedangkan setup dan produksi merupakan aktivitas saat terdapat *order*. Aktivitas pada PMPB tersebut dilakukan oleh dua jenis tenaga kerja, yaitu karyawan dan *outsourcing*. Berikut pembagian jam kerja berdasarkan jenis tenaga kerja di PMPB:

Outsourcing: Senin – Jumat, Pukul 07.00 – 16.00 WIB

Karyawan : Senin – Jumat, Pukul 07.00 – 17.00 WIB

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, diketahui bahwa kondisi terkini dari lini produksi HFW sedang mengalami peningkatan kapasitas produksi setiap tahunnya. Pada Gambar 1 tersebut dapat diketahui bahwa pernyataan peningkatan kapasitas produksi pada HFW didasarkan pada data produksi pipa baja dalam satuan panjang, yaitu meter. Selain itu, terdapat data jumlah proyek yang dikerjakan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir yang digunakan sebagai data pendukung dari pernyataan bahwa terjadi peningkatan produksi pada PMPB setiap tahun. Meskipun mengalami penurunan pada tahun 2018, tetapi produksi pipa baja tetap mengalami kenaikan setiap tahun.

B. Waktu Setup Terkini

Penyajian waktu setup terkini didasarkan pada grup kerja dan sub grup kerja. Selanjutnya dilakukan perincian terkait aktivitas dan sub-aktivitas pada masing-masing grup kerja tersebut. Ringkasan waktu setup pada setup lini produksi HFW disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menjelaskan terkait waktu yang dibutuhkan dalam proses setup lini produksi HFW sesuai aktivitas yang dilakukan. Berdasarkan tabel 1 tersebut diketahui bahwa waktu setup keseluruhan adalah 2.846 menit atau sekitar 6,78 hari. Pada waktu setup keseluruhan didapatkan dari penjumlahan antara waktu setup eksternal dan waktu setup internal. Waktu setup eksternal yang dibutuhkan pada lini produksi HFW adalah selama 922 menit atau sekitar 2,20 hari, sedangkan waktu setup internal sekitar 1.922 menit atau 4,58 hari untuk menyelesaikan semua aktivitas.

C. Alternatif Usulan Perbaikan

Alternatif usulan perbaikan dilakukan pada lingkup sub-aktivitas. Selain itu, pada alternatif usulan perbaikan ini mempertimbangkan kondisi lapangan yang memungkinkan dengan tujuan untuk mempersingkat waktu setup internal pada lini produksi HFW dan hasil *five whys analysis* dengan fokus terhadap permasalahan yang dapat dilakukan perbaikan. Berikut adalah alternatif usulan perbaikan pada setup lini produksi HFW.

1) Flame Cutting

Usulan perbaikan pada proses ini didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- 1st Why* : Jumlah *flame cutting* yang dimiliki terbatas dan digunakan secara bergantian
- 2nd Why*: Jarak memindahkan *flame cutting* cukup jauh

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan pemindahan *flame cutting* pada waktu memulai aktivitas tersebut. Hal ini ditujukan agar proses penyiapan *flame cutting* tidak berkontribusi dalam waktu setup internal sehingga

pemindahan flame cutting hendaknya dilakukan langsung setelah tidak digunakan pada grup kerja lainnya sehingga waktu 5 menit pemindahan flame cutting dapat dihilangkan.

2) *Cooling*

Usulan perbaikan pada proses penuangan dromus ke dalam kolam water soluble oil. Pemindahan dari *internal tasks* ke *external tasks* dilakukan agar didapatkan waktu setup internal yang lebih singkat dengan pertimbangan aktivitas di lapangan yang dapat dilakukan saat mesin berjalan baik itu sebelum atau setelah produksi.

3) *Forming dan sizing roll component changing*

Usulan perbaikan pada *forming* dan *sizing roll component changing* didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- a. *1st Why*: Proses pemasangan dan pelepasan ring membutuhkan waktu lama
- b. *2nd Why*: Dilakukan proses pengukuran dan pemasangan ring secara berulang
- c. *3rd Why*: Keterbatasan jumlah ring yang dimiliki perusahaan dengan yang harus dipasang
- d. *4th Why*: Tidak dilakukan perencanaan terkait ring yang akan dilepas dan dipasang
- e. *5th Why*: Tidak dilakukan pencatatan terkait ukuran ring yang akan dilepas dan dipasang

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan pembuatan *datasheet* dan pencatatan komponen yang digunakan dalam aktivitas pelepasan dan pemasangan komponen suku cadang *roll*. Pencatatan ini ditujukan agar tidak diperlukan proses pelepasan semua komponen dan pengukuran berulang pada aktivitas pelepasan dan pemasangan komponen suku cadang *roll*. Berdasarkan wawancara di lapangan, diketahui bahwa perkiraan waktu yang dibutuhkan ketika sudah menerapkan *datasheet* dan pencatatan komponen adalah pada interval 8-10 menit dengan pertimbangan waktu pengukuran, di mana kondisi terkini pada kisaran 14-18 menit.

4) *Accumulator input*

Usulan perbaikan pada *accumulator input* didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- a. *1st Why*: Penarikan coil ke dalam accumulator membutuhkan waktu yang lama
- b. *2nd Why*: Dilakukan proses pemasangan dan pelepasan menggunakan crane secara berulang
- c. *3rd Why*: Terdapat empat *guide roll* yang perlu dilewati sebelum memasuki *accumulator*

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan melakukan penggantian metode memasukkan *coil* ke dalam *accumulator* di mana sebelumnya menggunakan *crane*. Metode yang diusulkan adalah disesuaikan dengan metode penarikan *coil* dari mesin *welding* ke *accumulator* sehingga diperlukan modifikasi pada *accumulator* dengan melakukan penambahan motor penarik *coil*. Waktu disesuaikan dengan metode serupa pada kondisi terkini sehingga pada perbaikan disesuaikan dengan metode tersebut.

5) *Forming roll, sizing roll, sprayer positioning, dan impeder and scrapping installation*

Usulan perbaikan *forming roll, sizing roll, sprayer positioning, dan impeder and scrapping installation* didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- a. *1st Why*: Proses memposisikan masing-masing roll membutuhkan waktu yang cukup lama

- b. *2nd Why*: Terdapat perbedaan hasil antara output parameter dari software dan di lapangan
- c. *3rd Why*: Terdapat aktivitas mengukur yang dilakukan secara berulang
- d. *4th Why*: Penyesuaian parameter mesin di lapangan dilakukan setiap produksi pipa baja

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan pembuatan *datasheet* parameter pada masing-masing mesin *forming* dan *sizing*. Pembuatan *datasheet* ini ditujukan untuk mengurangi proses pengukuran dan penyesuaian parameter saat proses setup. Perbaikan ini diusulkan dikarenakan ketika terjadi perubahan pada salah satu parameter dapat memengaruhi output pada mesin sehingga berpengaruh pada penyesuaian parameter mesin selanjutnya. Berdasarkan wawancara di lapangan, diketahui bahwa perkiraan waktu yang dibutuhkan ketika sudah menerapkan *datasheet* ini adalah pada interval 10-15 menit.

Selain itu, usulan perbaikan pada aktivitas ini adalah penggantian *nozzle* selang penyemprot pada *forming* dan *sizing machine*, di mana penyemprot sebelumnya memerlukan pengencangan menggunakan kunci pas. Penggantian ini sebenarnya sudah diterapkan pada salah beberapa mesin *sizing* dan terbukti waktu hanya membutuhkan waktu sebentar untuk penyesuaian posisi. Berdasarkan penggunaan *nozzle* tersebut diperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk penyesuaian *nozzle* kisaran 1-2 menit per mesin dari kondisi terkini kisaran 3-6 menit.

6) *Join machine*

Usulan perbaikan pada *join machine* didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- a. *1st Why*: Melakukan pemanasan *join machine* membutuhkan waktu yang lama
- b. *2nd Why*: Diameter kawat yang digunakan memerlukan perlakuan khusus
- c. *3rd Why*: Berhubungan dengan kualitas pipa dan berat coil yang akan digunakan pada proses pembuatan pipa

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan pemindahan pada *external tasks*. Secara rinci usulan perbaikan yang dimaksud adalah melakukan proses *warm up* bersamaan dengan aktivitas *coil loading* sehingga proses menunggu dapat dimanfaatkan untuk aktivitas lainnya. Hal ini didasarkan pada karakteristik mesin yang memerlukan aktivitas *warm up* sebelum digunakan dikarenakan diameter kawat yang digunakan dalam proses pengelasan memerlukan proses khusus tersebut dengan tujuan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang bagus.

7) *Grinder*

Usulan perbaikan pada grinder didasarkan pada *five whys analysis* sebagai berikut.

- a. *1st Why*: Menyiapkan grinding terdiri dari beberapa aktivitas dan membutuhkan waktu cukup lama
- b. *2nd Why*: Terdiri dari aktivitas pengecekan, penggantian mata gerinda, dan menyalipkan stop kontak

Berdasarkan analisis tersebut diusulkan melakukan persiapan saat dilakukan proses penarikan oleh roll secara otomatis. Hal ini ditujukan agar tidak diperlukan waktu yang lama dan bersifat serial dalam tahap persiapan.

8) *Conveyor roll*

Usulan perbaikan pada *conveyor roll* adalah dengan melakukan penyesuaian dengan operator lebih dari satu

orang. Hal ini ditujukan agar tahap persiapan *conveyor roll* dapat dipersingkat dengan memanfaatkan waktu senggang pada operator lainnya. Usulan yang diberikan melakukan perubahan jumlah operator yang melakukan penyesuaian dari 1 orang menjadi 3 orang sehingga waktu setup dari aktivitas ini dibagi menjadi 3 dikarenakan masing-masing orang mendapatkan sepertiga dari pekerjaan di awal.

D. Pengurangan Waktu Setup

Analisis kondisi terkini dan pengurangan waktu setup dilakukan dengan cara melakukan perbandingan waktu setup internal, eksternal, dan total. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan metode CI-SR dapat diketahui bahwa waktu setup internal mengalami penurunan sebesar 172 menit atau sekitar 8,95%. Sedangkan waktu setup eksternal mengalami penurunan sebesar 168 menit atau sebesar 18,22%. Secara kumulatif pengurangan waktu setup menggunakan metode SMED adalah sebesar 342 menit atau sekitar 12,02%.

Pengurangan waktu setup tersebut terjadi akibat diterapkan beberapa perbaikan antara lain terkait pemindahan *internal tasks* di luar *changeover time* lebih aktivitas *flame cutting* berupa pemindahan *tools* dan *cooling* berupa pencampuran dromus dengan air pada kolam *water soluble oil*. Selain itu, dilakukan penyederhanaan *internal tasks* berupa pembuatan *datasheet* dan pencatatan komponen pada grup kerja *roll*, mengubah metode memasukkan *coil* ke dalam *accumulator*, pembuatan *datasheet* parameter dalam sub aktivitas penyesuaian posisi *roll* pada grup kerja *join* dan *sizing*, serta perubahan menjadi *flexible nozzle* pada mesin *forming* dan *sizing*. Perbaikan yang terakhir adalah dengan membuat aktivitas secara paralel, yaitu pada sub-aktivitas *warm up* pada *join machine*, *grinder*, dan penyesuaian posisi *conveyor roll*.

Berdasarkan usulan alternatif perbaikan tersebut, maka perbandingan antara kondisi terkini dan estimasi pengurangan waktu setup pada lini produksi HFW dapat dilihat pada Tabel 2.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi, maka dapat ditarik kesimpulan: (1) Penerapan metode SMED dapat menurunkan waktu setup internal perusahaan sebesar 172 menit atau sekitar 8,95%, di mana pada kondisi terkini dibutuhkan waktu setup internal selama 1.922 menit (4,56 hari) menjadi 1.750 menit (4,17 hari). Sedangkan waktu setup eksternal mengalami penurunan sebesar 168 menit atau sebesar 18,22%. Berdasarkan penurunan tersebut, didapatkan waktu setup secara keseluruhan adalah sebesar 342 menit atau sekitar 12,02%. (2) Usulan perbaikan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah pemindahan *internal tasks* di luar *changeover time* lebih tepatnya pada aktivitas *flame cutting* berupa pemindahan *tools* dari tempat satu ke tempat lainnya dan *cooling* berupa pencampuran dromus dengan air pada kolam *water soluble oil*. Selain itu, perbaikan juga dilakukan

melalui penyederhanaan *internal tasks* pada grup kerja tertentu dengan kondisi di lapangan yang memungkinkan. Penyederhanaan *internal tasks* yang dimaksud adalah pembuatan *datasheet* dan pencatatan komponen pada grup kerja *roll*, mengubah metode memasukkan *coil* ke dalam *accumulator*, pembuatan *datasheet* parameter dalam sub aktivitas penyesuaian posisi *roll* pada grup kerja *join* dan *sizing*, serta perubahan *nozzle* dari selang penyemprot pada mesin *forming* dan *sizing*. Perbaikan yang terakhir adalah dengan membuat aktivitas secara paralel, yaitu pada sub-aktivitas *warm up* pada *join machine*, aktivitas *grinder*, dan penyesuaian posisi *conveyor roll*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute, *API Monogram Licensing Program Requirements*. USA: API Monogram Program, 2019.
- [2] D. R. S. K. Mothilal, "Coalesce of automation and SMED to enhance SUR-A case study," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 6, no. 5, pp. 1287–1291, 2017.
- [3] T. Bidarra, R. Godina, J. C. O. Matias, dan S. G. Azevedo, "SMED methodology implementation in an automotive industry using a case study method," *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [4] C. Monteiro, L. P. Ferreira, N. O. Fernandes, J. C. Sá, M. T. Ribeiro, dan F. J. G. Silva, "Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool smed," *Procedia Manuf.*, vol. 41, pp. 555–562, 2019.
- [5] A. M. Vieira, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, J. C. Sá, dan T. Pereira, "SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry," *Procedia Manuf.*, vol. 51, no. 2020, pp. 1416–1422, 2020.
- [6] A. Silva, J. C. Sá, G. Santos, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, dan M. T. Pereira, "Implementation of SMED in a cutting line," *Procedia Manuf.*, vol. 51, no. 2020, hal. 1355–1362, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.189.
- [7] D. Sabadka, V. Molnar, dan G. Fedorko, "The use of lean manufacturing techniques – SMED analysis to optimization of the production process," *Adv. Sci. Technol. Res. J.*, vol. 11, no. 3, pp. 187–195, 2017, doi: 10.12913/22998624/76067.
- [8] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, dan R. P. Silva, "applying SMED methodology in cork stoppers production," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 611–622, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.103.
- [9] S. Bhade dan S. Hegde, "Improvement of overall equipment efficiency of machine by SMED," *Mater. Today Proc.*, vol. 24, hal. 463–472, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.298.
- [10] D. Stadnicka, "Setup analysis: Combining SMED with other tools," *Management and Production Engineering Review.*, vol. 6, no. 1, pp. 36–50, 2015, doi: 10.1515/mper-2015-0006.
- [11] M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, dan M. A. Gonçalves, "Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1112–1119, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.172.
- [12] M. Braglia, M. Frosolini, dan M. Gallo, "SMED enhanced with 5-Whys analysis to improve set-up-reduction programs: the SWAN approach," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, no. 5–8, pp. 1845–1855, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9477-4.
- [13] I. Wedgwood, *Lean Sigma: A Practitioner's Guide*, 2nd ed., vol. 53, no. 9. Boston: Prentice Hall, 2016.
- [14] M. Cakmakci dan M. K. Karasu, "Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 33, no. 3–4, pp. 334–344, 2007, doi: 10.1007/s00170-006-0466-x.
- [15] P. L. King dan J. S. King, *Value Stream Mapping for the Process Industries*. New York: Productivity Press, 2017.
- [16] K. Herr, *Quick Changeover Concepts Applied*. New York: Productivity Press, 2013.