

Upaya Pencapaian Target *Output* Mesin Injeksi 7 di PT. X

Kelly¹

Abstract: PT. X is an international shoe factory, located in Indonesia. PT. X has two factories, i.e., Factory 1 and Factory 2. Those factories produce two different types of footwear based on the Europe season, that is, the Autumn-Winter footwear and the Spring-Summer footwear. The objective of the topic is increasing the target output in the injection machine. To increase the target output, we first identified the problem in the injection machine from the machine setting and machine management point of views. In the machine setting, we found that the injection time is over the standard allowance time. While in the machine management, the delay caused by the improper roughing laser increased the loss of pairs in the production line. After some improvements have been made, the average of actual output increases from 141.85 pairs/hour to 154.4 pairs/hour.

Keywords: Cycle time, output.

Pendahuluan

PT. X merupakan perusahaan internasional yang memproduksi alas kaki. Jenis alas kaki yang diproduksi dibagi menjadi 2 musim yaitu *Autumn-Winter* dan *Spring-Summer*. Pada dasarnya alas kaki terbagi atas dua bagian utama, yaitu *upper* (bagian atas sepatu atau sandal) dan *shoe* (bagian bawah sepatu atau sandal). Atas dasar bagian utama inilah maka proses produksi yang ada pada pabrik tersebut digolongkan dalam dua divisi yang berada di bawah Departemen *Work Study*. Divisi *upper* bertugas untuk memotong, menjahit, dan menata semua perlengkapan bagian atas alas kaki. Divisi *shoe* bertugas untuk melakukan injeksi pada bagian sol alas kaki hingga finishing sebelum sepatu atau sandal tersebut didistribusikan. Factory 2 memiliki 3 mesin injeksi, yaitu mesin injeksi 5, 6, dan 7. Mesin tersebut terbagi berdasarkan tipe alas kaki yang diproduksi. Mesin 5 memproduksi sepatu tipe *casual*, mesin 6 memproduksi sepatu tipe *casual* dan *formal*, dan mesin 7 memproduksi tipe sepatu *formal* dan sandal. Tipe sepatu *formal* dan sandal termasuk tipe yang baru saja diproduksi oleh Factory 2, sehingga masih dalam proses perbaikan dan pengembangan. Target dari mesin injeksi 5 dan 6 dapat mencapai 160 *pairs/hour*, tetapi mesin 7 hanya memiliki target sebesar 140 *pairs/hour*. Departemen Produksi berencana untuk meningkatkan target pada mesin injeksi 7 sehingga perlu dianalisa faktor-faktor yang mempengaruhi output dari mesin injeksi. Departemen Produksi ingin meningkatkan target dari 140 *pairs/hour* menjadi 150 *pairs/hour*.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas metode-metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.

Fishbone Diagram

Besterfield [1], memaparkan bahwa *fishbone diagram* atau diagram sebab-akibat adalah diagram yang menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara penyebab dan akibat suatu masalah, untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan atas masalah tersebut. Liliانا [2] mengatakan terdapat 4 langkah untuk menggunakan alat ini, yaitu identifikasi masalah, mencari faktor-faktor utama yang terlibat, identifikasi kemungkinan penyebab, dan analisa diagram.

Menurut Gasperz [3] sumber penyebab masalah kualitas dapat dikelompokkan menjadi 7M, dimana pada penelitian ini hanya menggunakan prinsip 4M, yaitu: (1) *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam ketrampilan dasar yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stress, dan ketidakpedulian. (2) *Machines* (Mesin dan peralatan), berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan preventif terhadap mesin produksi, termasuk fasilitas dan 25 peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu rumit, dan terlalu panas. (3) *Methods* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, dan tidak cocok. (4) *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong.

¹Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: m25414025@petra.ac.id

Hasil dan Pembahasan

Mesin injeksi 7 memiliki pencatatan hasil *output* target dan aktual berupa jumlah pasang alas kaki yang telah diinjeksi oleh PSA setiap jam. Grafik perbandingan *output* mesin injeksi 7 antara target dan aktual sebelum dilakukan perbaikan terdapat pada Gambar 1. Data pada grafik adalah rata-rata *output* yang dihasilkan pada setiap *shift* kerja. Grafik garis putus-putus adalah target *output* sedangkan grafik garis lurus adalah *output* aktual. Rata-rata target *output* sebesar 129,61 *pairs/hour* dan rata-rata *output* aktual sebesar 142,09 *pairs/hour*. Hasil *output* aktual menunjukkan bahwa 90,63% atau 29 *shift* dari 32 *shift* kerja, mesin injeksi 7 dapat memproduksi lebih dari target yang telah ditentukan. Target yang ingin dicapai adalah sebanyak 150 *pairs/hour*. Kenaikan target dapat dilakukan dengan cara memperbaiki sistem pada mesin injeksi ataupun menganalisa dan meminimalkan *problem* yang terjadi pada mesin injeksi. Observasi dibagi menjadi 2, yaitu berdasarkan *machine settings* dan berdasarkan *machine management*.

Machine Settings

Observasi pada *machine settings* adalah melalui *cycle time* yang menggunakan metode *breakdown* setiap elemen *Cycle time* adalah waktu yang diperlukan untuk sebuah alas kaki dari *conveyor* ke *round table* untuk pembuatan sol hingga dari *round table* ke *conveyor* untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya. Area *Montage* mesin 7 memiliki dua buah PSA atau robot injeksi, sehingga pengambilan waktu elemen *breakdown* juga dilakukan pada keduanya. Setiap elemen yang memiliki standar waktu. Standar tersebut digunakan untuk mengetahui elemen mana yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.

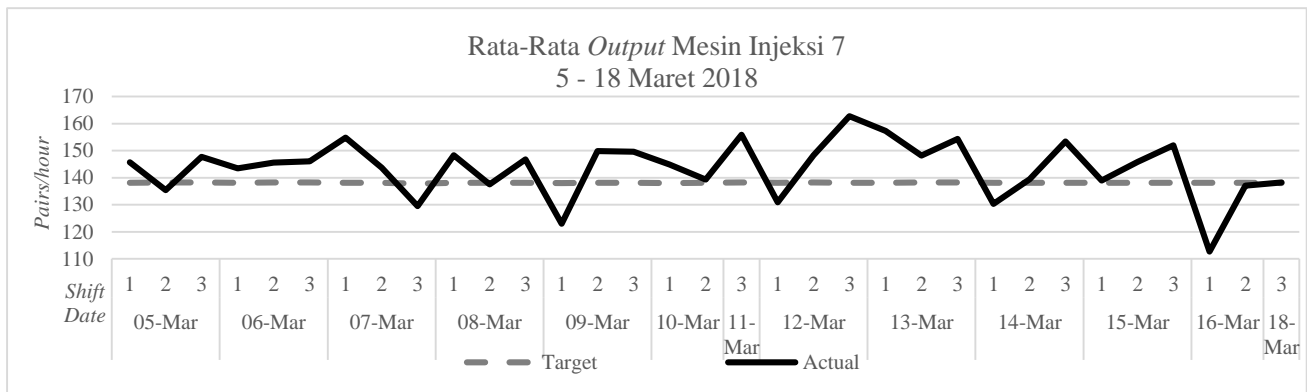
Tabel 1. adalah standar waktu yang diberikan untuk setiap elemen *breakdown*. Standar tersebut merupakan kesepakatan bersama dari perusahaan dan ber-

Tabel 1. Standar Waktu Elemen *Breakdown*

Elements	Time (secs)
Turning Time	2,9
Mouth Cleaner	2,9
PSA Movement	2
Inject Delay	0,1
Activator	3 (or follow injection)
Spray	3 (or follow injection)
Handling	7,5

	Injection				
Weight (gr)	≤150	≤175	≤200	≤225	≤250
Flow Rate (gr/sec)	50	50	50	50	50
Inject Time (sec)	3	3,5	4	4,5	5

laku pada pabrik lain yang berada di luar negeri. Elemen *activator* dan *spray* maksimal 3 detik atau mengikuti lama waktu injeksi. *Activator* dan *spray* tidak diperbolehkan lebih lama dari waktu injeksi dengan tujuan agar tidak terjadi *delay*. *Inject time* didapat dari membagi berat dengan kecepatan injeksi. Hasil pada Tabel 2. merupakan rata-rata dari 10 data pengambilan. Perhitungan *cycle time* dengan cara *breakdown* dibagi menjadi 3 elemen besar, yaitu ketika mesin bergerak, mesin berhenti, dan *handling robot*. *Handling robot* bergerak sendiri dan tidak dipengaruhi oleh kegiatan mesin berhenti maupun bergerak. *Cycle time* didapat dari waktu terbesar antara *handling robot* dengan jumlah waktu dari mesin bergerak dan mesin berhenti. Jika waktu pada *handling robot* lebih lama dibandingkan jumlah dari mesin bergerak dan berhenti, menunjukkan adanya masalah pada *handling robot*. Waktu pada saat mesin bergerak maupun berhenti didapat dari waktu terbesar pada elemen-elemen didalamnya. Perhitungan waktu untuk elemen yang berjalan secara seri atau berurutan adalah dengan menjumlahkannya, sedangkan untuk elemen lain yang berjalan secara paralel atau bersamaan akan diambil waktu terbesar dari elemen-elemen tersebut. Elemen *last up* terjadi setelah *mould open* sehingga jumlah waktu mereka akan dijumlah. Elemen *mould spray* berjalan



Gambar 1. Grafik Rata-Rata *Output* Mesin Injeksi Kondisi Awal

Tabel 2. Breakdown PSA I Tanggal 5 Maret

Condition		Machine 7 (PSA I)			
Machine Movement (secs)	2,2	Cleaner	Cleaner	Idle and Cleaning	0,83
		OR	1,93	Move Backward	0,68
		Mould Close OR	Mould Close	1,03	
		Turning	Turning	2,16	
Machine Stop (secs)	6,3	Inject time and Cleaner Forward	Inject Time and Cleaner Forward	Cleaner Move Forward	0,85
		OR		PSA Move Forward	1,11
		Mould Open and Last Up		PSA Move Backward	0,92
		OR		Inject Idle	0,10
		Last Down	6,29	Inject Time	3,43
		OR		Holding Time	0,30
		Mould Spray OR Puller	Mould Open and Last Up	Mould Open	0,73
			2,14	Last Up	1,40
	Last Down	1,34			
	Mould Spray	3,97			
	Puller	2,39			
Handling Robot		7,1 secs			
Actual Cycle Time		8,5 secs			
Remark		PSA Inject 3,43 secs (standard time 3 secs) Holding Time 0,3 secs (standard time 0 sec)			

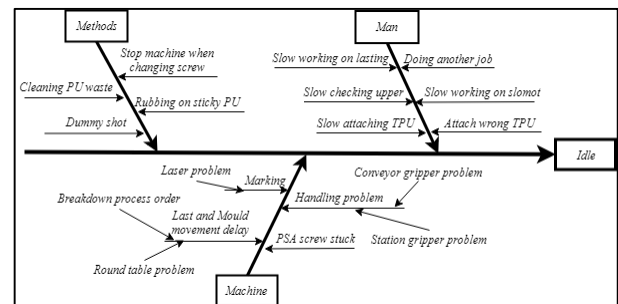
bersamaan dengan *puller* sehingga waktu keduanya tidak dijumlah.

PSA I memiliki dua elemen yang tidak sesuai dengan standar, yaitu *inject time* dan *holding time*. *Inject time* adalah waktu yang dibutuhkan PSA untuk menyuntikkan cairan kimia pada sol dan dipengaruhi oleh berat sol dan kecepatannya. Berat sol untuk alas kaki tipe *Group I* pada saat pengamatan sebesar 93 gr, sehingga berdasarkan Tabel 1. *inject time* standar untuk berat kurang dari 150 gr hanyalah sebesar 3 detik sedangkan pada saat pengamatan *inject time* aktual sebesar 3,43 detik. *Holding time* tidak terdapat pada tabel standar, sedangkan pada kondisi *actual* terdapat *holding time* sebesar 0,3 detik. Kegunaan *holding time* adalah untuk menjaga cairan yang telah disuntikkan agar tidak keluar dari lubang sehingga kepadatan sol terjamin. Tujuan lain *holding time* adalah untuk menyeimbangkan alur produksi agar setara dengan lama waktu proses sebelum dan sesudah injeksi.

Hasil pengamatan elemen *breakdown* pada PSA II dengan *Group R* menunjukkan bahwa masalah hanya terjadi pada elemen *holding time* saja, yaitu sebesar 0,3 detik. *Inject time* pada PSA II lebih kecil dibandingkan PSA I dikarenakan berat sol juga lebih kecil, yaitu sebesar 86 gr. Hasil observasi selama 5 hari menunjukkan bahwa permasalahan yang sering terjadi adalah *inject time* yang melebihi standar dan terdapat *holding time*.

Machine Management

Observasi dari sisi *machine management* adalah menghitung jumlah *loss pairs* untuk setiap jam



Gambar 2. Idle Problem Fishbone Diagram

dalam satu *shift*. *Loss pairs* dapat disebabkan oleh *idle* dan *loss inject*. *Idle* adalah ketika terjadi suatu masalah yang membuat *cycle time* untuk sebuah alas kaki menjadi lebih lama dari standar. *Loss inject* adalah ketika PSA tidak menyuntikkan cairan kimia yang disebabkan beberapa hal, sehingga jumlah *output* yang dihasilkan dalam satu putaran akan berkurang. Untuk mengetahui *problem* apa saja yang terjadi diperlukan pengamatan terlebih dahulu.

Idle Problem

Kelompok pertama masalah yang terjadi pada mesin injeksi adalah *idle*. Metode yang digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya *idle* adalah dengan *fishbone diagram*. Pengelompokan penyebab menggunakan prinsip 3M, yaitu *man*, *machine*, *methods*.

Gambar 2. adalah *fishbone diagram* untuk permasalahan *idle* dan penyebab yang ditemukan dari pengamatan. Total masalah yang didapat dari hasil pengamatan sebanyak 14. Kelompok *methods* terdiri dari 4 metode yang salah, yaitu:

- Stop machine when changing screw

Penukaran *screw* PSA yang kotor dengan yang baru. Biasanya dilakukan oleh teknisi ketika mesin berjalan, sehingga teknisi harus memberhentikan mesin sementara untuk menggantinya. Metode penukaran *screw* yang baik adalah ketika dilakukan bersamaan dengan *dummy shot* atau ketika mesin *idle*.

Cleaning PU Waste

PU waste adalah sisa cairan PU yang dibuang dari hasil *dummy shot*. Operator biasanya memberhentikan mesin secara manual untuk membersihkan. Saran yang dapat diberikan adalah seharusnya operator melakukan pembersihan PU ketika PSA melakukan *change screw*.

Rubbing on sticky PU

PU kering yang susah diberishkan biasanya digosok menggunakan stik kayu sehingga membutuhkan waktu lebih lama. Metode yang diusulkan adalah menggunakan semprot angin kencang (*air blow gun*).

Dummy shot

Proses *dummy shot* adalah membuang cairan kimia yang lama dikarenakan adanya pergantian warna pada cairan. Saran yang dapat dilakukan adalah mengatur urutan sepatu yang akan diproses dengan cara mengelompokkan warna sol.

Kategori *machine* terdiri dari 4 penyebab, berikut adalah penjelasannya:

Marking

Laser problem menyebabkan *upper* mengalami masalah pada motif samping sehingga perlu diperbaiki dengan cara *marking* dan melakukan *roughing* secara manual. *Marking* melalui sistem terjadi ketika *upper* terjadi masalah secara berkelanjutan dan hal ini menyebabkan *delay* pada *cycle time*.

Handling Problem

Handling robot dapat berhenti jika terjadi kemacetan pada pengunci *last* yang ada pada *conveyor* maupun pada stasiun di *round table*.

Last and Mould Movement Delay

Delay pada pergerakan *last* dan *mould* terjadi karena urutan dari *breakdown process* dan juga *round table problem*. Urutan pada *breakdown process* dapat diperbaiki dengan cara menyeimbangkan elemen pada saat mesin berhenti dan berputar.

PSA screw stuck

Pergantian *screw* pada PSA secara otomatis dapat terhambat dan menyebabkan *idle* pada mesin. Kategori *man* terdiri dari 6 penyebab, berikut adalah penjelasannya:

Slow working on lasting

Operator tidak dapat mengerjakan proses *lasting* sesuai dengan kecepatan *conveyor* sehingga terjadi *delay* pada proses *lasting*.

Slow working on slomot

Operator kurang terlatih pada saat pengerjaan dan sering terjadi kesalahan.

Slow checking upper

Operator yang melakukan pemeriksaan terlalu lama akan menghambat jalannya *round table* karena menggunakan tombol *stop* untuk menyelesaikan.

Slow attach TPU

Pemasangan TPU seharusnya menggunakan tangan kanan dan kiri, tetapi operator hanya menggunakan tangan kanan saja

Attach wrong TPU

Operator tidak fokus ketika mengambil TPU, sehingga tidak memasang TPU sesuai dengan ukuran alas kaki dan harus memberhentikan mesin sementara untuk mengganti TPU yang salah.

Doing another job

Operator yang bertugas membersihkan *mould* melakukan pekerjaan lain dan memberhentikan mesin sementara. Seharusnya operator tidak mengerjakan tugas yang lain.

Loss Inject Problem

Loss inject problem adalah masalah yang terjadi ketika mesin tidak melakukan injeksi pada stasiun *round table*. Metode yang digunakan untuk mengetahui penyebab *loss inject* menggunakan *fishbone diagram* berdasarkan prinsip 4M.

Gambar 3 adalah *fishbone diagram* untuk permasalahan *loss inject*. Masalah yang ditemukan sebanyak 9 masalah. Kelompok *methods* terdiri dari 2 penyebab, yaitu:

Cut sole

Injeksi dalam kondisi *cut sole* biasanya hanya satu sisi sepatu, sehingga *mould* sisi yang lain kosong. *Cut sole* merupakan hal yang pasti terjadi, tetapi akan menjadi masalah jika melebihi 2 *pairs/hour*.

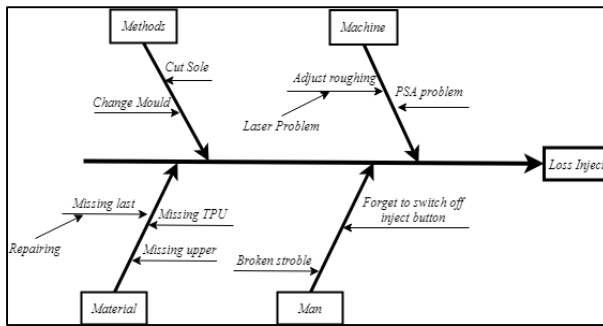
Change mould

Change mould adalah kondisi ketika ada pergantian tipe alas kaki, sehingga perlu mengubah *mould* yang ada pada *round table*. *Change mould* adalah hal yang pasti terjadi, tetapi akan menjadi masalah jika melebihi 6 *pairs/hour*.

Kelompok *machine* hanya terdiri dari 2 penyebab, yaitu:

Adjust roughing

Upper yang memiliki masalah pada motif samping tidak akan dilakukan injeksi sol, sehingga menyebabkan *loss inject*. Masalah pada *roughing* disebabkan oleh mesin *roughing laser*.



Gambar 3. Loss Inject Problem Fishbone Diagram

PSA problem

PSA yang mengalami masalah tidak akan menyuntikkan cairan injeksi. Kelompok *material* terdiri dari 3 penyebab, berikut penjelasannya:

Missing last

Last yang tidak terdapat pada stasiun terjadi karena adanya perbaikan pada *last*.

Missing TPU

TPU yang kurang biasanya dikarenakan tidak adanya informasi antara divisi *preparation* dengan operator *repair*. Seharusnya, operator *repair* memberikan *report* pada divisi *preparation* mengenai barang *reject* yang akan diproduksi ulang atau menyiapkan material beserta persentase *reject*.

Missing upper

Upper yang kurang biasanya juga dikarenakan tidak adanya informasi antara divisi *preparation* dengan operator *repair*. Kelompok *man* terdiri dari 2 penyebab saja, berikut penjelasannya:

Forget to switch off the inject button

Operator tidak mematikan tombol injeksi secara manual pada stasiun yang tidak memiliki *upper* sehingga mesin injeksi menyuntikkan cairan kimia pada stasiun kosong.

Broken stroble

Broken stroble adalah kondisi dimana jahitan pada *upper* rusak atau sobek sehingga tidak dilakukan injeksi pada *upper* tersebut. Kondisi jahitan rusak karena pada proses *stroble* operator tidak menjahit dengan tepat.

Tabel 3. adalah tabel keterangan *problem* yang terjadi pada 5 Maret 2018. Cara membaca keterangan adalah melihat *cycle time problem* pada stasiun dan putaran ke berapa, lalu melihat *issue* yang terjadi pada stasiun dan putaran yang sama tetapi pada kolom *issue*. Dalam keadaan yang sama dapat terjadi *idle* dan *loss inject problem* secara bersamaan seperti pada stasiun 12 putaran kedua. *Cycle time* sebesar

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Loss Pairs*

Problems	Average Loss Pairs per Hours				
	5 Mar	12 Mar	13 Mar	15 Mar	16 Mar
EHL	5	7	17	31	10
DS	2	10	1	5	4
CM	5	5	3	3	11
CS	3	8	1	2	8

24,99 detik dan terjadi *idle* dengan *issue R (repairing)* dan terjadi *loss inject* dengan *issue ML (missing last)*.

Observation Summary

Departemen *Work Study* bertugas untuk mengamati permasalahan yang terjadi pada sistem maupun memberikan masukan kepada departemen lain mengenai apa saja yang dapat dikembangkan. Pengamatan dilakukan selama 5 hari dan *report* akan diberikan kepada departemen yang bersangkutan setiap hari agar mereka juga dapat mempertimbangkan perbaikan-perbaikan yang ada. Selama 5 hari tersebut, mekanik juga melakukan uji coba dan perbaikan agar dapat mengetahui dampak yang diberikan. *Machine settings* berhubungan dengan divisi mekanik dimana mereka yang mengatur mengenai elemen pada mesin dan menentukan berat dan kecepatan injeksi sol yang sesuai.

Hasil masalah yang terdapat pada Tabel 3. diubah menjadi perhitungan jumlah *loss pairs*. Pengubahan jumlah *loss pairs* untuk *problem idle* dan *loss inject* tidak sama dikarenakan memiliki satuan yang berbeda. *Idle* memiliki satuan detik sedangkan *loss inject* sudah berupa jumlah alas kaki sehingga untuk *idle* perlu diperhitungkan ulang. *Problem* pada *idle* juga menghasilkan sebuah sepatu, sehingga perlu menghitung waktu *idle* murni. Cara menghitung waktu *idle* murni adalah mengurangi total waktu masalah dengan hasil kali dari jumlah kejadian masalah dengan rata-rata *cycle time* normal.

Langkah berikutnya adalah mengubah total waktu murni menjadi jumlah *loss pairs* dalam satu jam. Perhitungan jumlah *loss pairs* membutuhkan data total waktu *loss pairs problem*, *cycle time*, dan lama waktu pengamatan. Total waktu murni suatu masalah dibagi dengan rata-rata *cycle time* yang dikali 2. Hasil dari pembagian tersebut dikali dengan 3600 dan dibagi dengan lama waktu pengamatan.

Cycle time dikali 2 karena *cycle time* yang ada pada mesin hanya untuk sebuah alas kaki bukan untuk sepasang alas kaki. Lama waktu pengamatan adalah 2464,52 detik. Jumlah *loss pairs* dari EHL adalah sebanyak 4,6 *pairs/hour*. Perhitungan jumlah *loss pairs* untuk *loss inject* dari jumlah kejadian. Jumlah kejadian masalah dibagi 2 dan hasil pembagian

dikali dengan 3600 yang dibagi dengan lama waktu pengamatan.

Jumlah kejadian AR selama pengamatan adalah 3 kali atau setara dengan 3 buah alas kaki dan harus dibagi 2 untuk mendapatkan sepasang alas kaki. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa AR akan menyebabkan *loss pairs* sebanyak 2,2 *pairs/hour*.

Tabel 3. adalah 4 masalah dengan total *loss pairs/hour* 3 terbesar. Masalah pada *machine management* ditangani oleh Departemen Produksi karena mengatur proses produksi secara keseluruhan dimulai dari pengadaan material hingga masalah secara manajemen. Penyebab *loss pairs* terbesar selama 5 hari pengamatan adalah EHL atau *empty handling* yang disebabkan oleh *laser*, yaitu sebesar 70 *pairs/hour*. Masalah yang terjadi pada *roughing laser* dikarenakan ada masalah pada robot *laser*, sehingga terjadi *idle*. Departemen Produksi juga harus membantu *supervisor* dalam mengatur urutan tipe sepatu yang ingin diproduksi karena tipe sepatu juga mempengaruhi durasi melakukan *laser*.

Saran untuk masalah pembersihan sisa PU kering adalah dengan menggunakan *air blow gun* sehingga dapat mempercepat proses pembersihan. Waktu *idle* yang digunakan untuk membersihkan sisa PU, sebaiknya dilakukan bersamaan ketika PSA melakukan *change screw*, sehingga penyebab waktu *idle* dapat berkurang. *Idle* pada *dummy shot* dapat dikurangi dengan cara mengatur urutan warna sol dengan cara mengelompokkan warna yang sama. Perbaikan pada *upper* seharusnya dilakukan diluar proses injeksi, sehingga proses dapat berjalan terus tanpa harus dihentikan. Masalah pada mesin pergerakan *last* maupun *mould* dapat diatasi dengan mengatur urutan dan pembagian elemen kerja ketika mesin bergerak dan mesin diam. Masalah dalam kategori *man* dapat diatasi dengan melatih operator agar pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan SOP yang ada.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa masalah yang paling sering terjadi jika dilihat dari sisi *machine settings* adalah *inject time*. *Inject time* pada saat pengamatan telah melebihi dari standar yang ada, sehingga usulan yang diberikan kepada teknisi adalah untuk memperhatikan kondisi PSA apakah ada permasalahan. Usulan juga ditujukan kepada divisi PU *Analyst* untuk mengamati apakah ada yang dapat dikembangkan dari sisi berat sol dan *flow rate*. Masalah yang sering terjadi dari sisi *machine management* adalah terjadinya *empty handling* dikarenakan *roughing laser*. Usulan yang diberikan adalah untuk mengatur dan memperbaiki sistem pada *roughing laser*.

Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Improvement yang telah dilakukan adalah meningkatkan *flow rate*, memperbaiki *roughing la-ser*, mempercepat *last up*, dan mempercepat *cleaner* PSA II. Perbaikan dilakukan oleh pihak perusahaan. Peningkatan *flow rate* dilakukan dengan cara mencari kombinasi yang tepat antara *inject time* dan *weight sole*. Perbaikan bisa juga dilakukan dengan mengatur sistem pada PSA. Perbaikan yang dilakukan tidak dapat dijabarkan secara detil terkait dengan rahasia perusahaan.

Kondisi sebelum diamati pada tanggal 5, 12, 13, 15, dan 16 Maret dengan rata-rata *cycle time* selama 5 hari pengamatan sebesar 8,7 detik dengan permasalahan yang sering terjadi adalah besarnya *inject time* dan *holding time* pada PSA I dan II yang melebihi standar. Permasalahan pada *holding time* diabaikan dikarenakan besar waktu *holding time* digunakan untuk *balancing* alur produksi.

Pengamatan setelah perbaikan dilakukan pada tanggal 19, 23, 26, 27 Maret, dan 11 hingga 12 April dengan rata-rata *cycle time* dari 6 hari pengamatan kondisi sesudah perbaikan sebesar 8,5 detik. Permasalahan *inject time* telah diperbaiki, sehingga permasalahan tersebut tidak muncul pada kondisi sesudah dan untuk permasalahan *holding time* telah diabaikan. Permasalahan lain yang muncul adalah meningkatnya pergerakan PSA dan *cleaner* pada tanggal 19 hingga 27 Maret, tetapi pada tanggal 11 April permasalahan tersebut telah diatasi sehingga pergerakan *cleaner* telah sesuai standar dan pergerakan PSA telah berkurang. Pergerakan PSA pada tanggal 19 Maret adalah 3,38 detik untuk PSA I dan 2,98 detik untuk PSA II, tetapi pada tanggal 12 April pergerakan PSA I menjadi 2,45 detik dan PSA II menjadi 2,2 detik.

Data perbandingan waktu untuk elemen pergerakan *cleaner* dan PSA serta *inject time* dianalisa untuk mengetahui apakah ada perubahan yang signifikan antara sebelum dan sesudah perbaikan. Analisa menggunakan 2 *sample t-test* pada Minitab, dengan H_0 (hipotesa awal) adalah selisih rata-rata kondisi sebelum dan sesudah sebesar nol atau tidak ada perubahan yang signifikan, sedangkan H_1 (hipotesa alternatif) adalah selisih rata-rata kondisi sebelum dan sesudah tidak sama dengan nol atau adanya perubahan yang signifikan. Besar *alpha* yang telah ditentukan adalah 0,05.

Tabel 4. adalah hasil uji 2 *sample t-test* antara kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Perubahan yang signifikan yang terjadi pada PSA I adalah elemen

Tabel 4. Hasil Uji 2 *Sample t-Test Machine Settings*

Elements	PSA I				PSA II			
	Mean		StDev		Mean		StDev	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
<i>Delay and Cleaning</i>	0,87	1,09	0,21	0,2	1,2	1,11	0,05	0,11
<i>Cleaner Move Backward</i>	1,1	1,19	0,08	0,08	0,1	1,05	0,14	0,32
<i>Cleaner Move Forward</i>	0,84*	1,1*	0,15*	0,08*	1,11*	1,03*	0,04*	0,07*
<i>PSA Move Forward</i>	0,97	1,17	0,1	0,37	1,08	1,18	0,27	0,21
<i>PSA Move Backward</i>	0,88*	1,21*	0,05*	0,2*	0,94	1,06	0,24	0,2
<i>Inject Time</i>	3,39*	2,47*	0,2*	0,26*	2,95*	2,55*	0,24*	0,18*

* : *P-Value* ≤ 0,05

cleaner maju, *PSA* mundur, dan *inject time*, sedangkan perubahan signifikan pada *PSA II* adalah *cleaner* maju dan *inject time*. Pergerakan *cleaner* maju dan *PSA mundur* pada *PSA I* menjadi lebih lama sedangkan *inject time* menjadi lebih cepat. Pergerakan *cleaner* maju dan *inject time* pada *PSA II* menjadi lebih cepat.

Data perbandingan *loss pairs* sebelum dan sesudah perbaikan. Angka pada tabel didapat dari hasil konversi waktu *idle* dan jumlah kejadian pada saat pengamatan menjadi jumlah *pais* yang hilang dalam satu jam. Data tersebut diuji signifikansi dengan 2 *sample t-test* pada Minitab untuk mengetahui apakah perbaikan yang dilakukan memberikan dampak. Uji signifikansi menggunakan *alpha* sebesar 0,05.

Tabel 5. Adalah hasil uji 2 *sample t-test* untuk masalah *loss inject* yang mengalami perubahan secara signifikan. Perbedaan akan dikatakan signifikan jika nilai *p-value* kurang dari *alpha*, sehingga akan menolak hipotesa awal dan akan menerima hipotesa alternatif. Masalah yang mengalami perbedaan yang signifikan terjadi pada EHL dan M, yaitu *empty handling laser* dan *marking*. Jumlah *loss pairs* untuk permasalahan EHL dan M saat kondisi setelah perbaikan lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi sebelum. Perbedaan yang signifikan dikarenakan adanya perbaikan pada *roughing laser*, sehingga *idle* yang disebabkan menjadi berkurang dan juga mengurangi jumlah *marking* karena hasil dari *roughing laser* sudah lebih baik.

Usulan Perhitungan Perkiraan *Output*

Perhitungan perkiraan *output* yang telah dijelaskan terdapat kesalahan dalam perhitungan karena ekspektasi *output/hour* jauh dari aktual. Adanya kesalahan dalam memasukan rata-rata *cycle time* pada perhitungan, dimana perusahaan menggunakan rata-rata *cycle time* dalam kondisi normal atau tanpa ada permasalahan, sehingga hasil perhitungan *output* menggunakan *allowance* yang lebih besar. Seharusnya perusahaan menggunakan rata-rata

Tabel 5. Hasil Uji 2 *Sample t-Test Machine Management*

Loss Inject	Mean		StDev	
	Before	After	Before	After
EHL	14	2,17	10,5	2,79
M	2,2	1,17	0,45	0,75

cycle time secara keseluruhan pengamatan termasuk *cycle time problems*.

Tabel 6. adalah tabel perbandingan perhitungan *output/hour* menggunakan rata-rata *cycle time* kondisi normal atau tanpa gangguan dengan rata-rata *cycle time* keseluruhan. Kolom *actual output* adalah *output* aktual yang telah tercatat, dan kolom *calculate output* adalah perhitungan *output* menggunakan rata-rata *cycle time*. *Diff* didapat dari mengurangi *calculate output* dengan *actual output*. Rata-rata *different* antara perhitungan *output* dari CT normal adalah sebesar 28 *pairs/hour*, sedangkan rata-rata *different* menggunakan perhitungan CT keseluruhan sebesar 8,5 *pairs/hour*. Rata-rata selisih perhitungan *output* dengan aktual menggunakan rata-rata CT keseluruhan lebih kecil dibandingkan menggunakan rata-rata CT kondisi normal, menunjukkan bahwa perhitungan lebih mendekati dengan kondisi aktual.

Simpulan

PT. X ingin meningkatkan target *output* pada mesin injeksi 7, dimana awal target sebesar 140 *pairs/hour* yang akan ditingkatkan menjadi 150 *pairs/hour*. Upaya untuk mencapai target dengan menganalisa permasalahan yang terjadi. Analisa pada mesin ditinjau dari 2 sisi, yaitu dari *machine settings* dan *machine management*. Pengamatan sebelum perbaikan dilakukan selama 5 hari.

Machine settings menganalisa elemen-elemen *break-down* pada mesin dan dianalisa elemen mana yang menyebabkan jalannya mesin terhambat. Elemen pada mesin memiliki standar waktu yang telah ditentukan sebelumnya, dimana hasil pengamatan menunjukkan ada dua elemen yang tidak sesuai

dengan standar. Elemen pertama adalah *inject time* dengan rata-rata waktu sebesar 3,3 dimana melebihi dari waktu standar (3 detik). Elemen kedua adalah adanya *holding time* sebesar 0,3 detik yang tidak terdapat pada standar. Khusus untuk elemen *holding time* dapat diabaikan karena memiliki fungsi lain yaitu untuk menjaga kualitas sol dan mengatur *balancing* pada *line* produksi. Permasalahan yang ditemukan diberitahukan kepada teknisi dan PU *Analyst* untuk dapat memperbaiki *inject time* agar sesuai standar dengan menentukan kombinasi *weight sole* dan *flow rate* yang optimal. Hasil perbaikan menunjukkan adanya perubahan yang signifikan mengenai *inject time* sebelum dan sesudah pada kedua PSA. *Inject time* pada PSA 1 menurun dari 3,4 detik menjadi 2,5 detik, sedangkan pada PSA 2 menurun dari 2,95 detik menjadi 2,55 detik.

Machine management yaitu menganalisa dari sisi *loss pairs* dengan melihat penyebab terjadinya *delay* maupun *loss inject* pada mesin. Pencarian akar permasalahan menggunakan metode *fish bone* dan permasalahan tersebut diamati selama 6 hari. Hasil pengamatan menunjukkan adanya masalah pada *roughing laser* yang menyebabkan *delay* sehingga rata-rata *loss pairs* sebesar 14 *pairs/hour*. Permasalahan yang ditemukan diinformasikan kepada Departemen Produksi untuk memperbaiki sistem pada *roughing laser*. Hasil perbaikan menunjukkan penurunan rata-rata *loss pairs* yang disebabkan oleh masalah pada *roughing laser*, yaitu menjadi 2 *pairs/hour*. Perbandingan *loss pairs* sebelum dan sesudah diuji dengan 2 *sample t-test* dan menunjukkan bahwa perubahan tersebut signifikan. *Roughing laser* yang telah diperbaiki memberikan dampak pada penggunaan *marking* pada proses produksi, dikarenakan proses *marking* dilakukan untuk melakukan pemeriksaan ulang dari hasil *roughing laser*. *Loss pairs* yang disebabkan *marking* pada kondisi sebelum rata-rata sebanyak 2,2 *pairs/hour* dan turun menjadi 1,2 *pairs/hour*. Penurunan *loss pairs* yang disebabkan oleh *marking* telah diuji dan hasilnya signifikan.

Perbaikan yang dilakukan memberikan hasil berupa peningkatan *output* aktual pada mesin injeksi 7. Rata-rata *output* aktual sebelum perbaikan adalah 141,85 *pairs/hour* dan meningkat menjadi 154,4 *pairs/hour*. PT. X memiliki tujuan untuk meningkatkan target menjadi 150 *pairs/hour*,

dengan kondisi setelah perbaikan maka PT. X tidak akan ragu untuk menaikkan target.

Saran yang diberikan kepada PT. X berkaitan dengan *dummy shot*, yaitu menata urutan alas kaki berdasarkan warna sol agar dapat mengurangi jumlah *dummy shot*. Masalah lain yang ditemukan adalah operator yang menekan tombol *stop* manual dengan tujuan membersihkan sisa cairan PU hasil *dummy shot*. Saran yang diberikan adalah seharusnya operator membersihkan sisa cairan PU bersamaan dengan PSA melakukan *change screw*, sehingga waktu *delay* dapat dikurangi. Operator pada mesin injeksi sebaiknya tidak melakukan perbaikan pada alas kaki, karena ketika melakukan perbaikan operator akan memberhentikan jalannya mesin sementara, sehingga terjadi *delay*. Sebaiknya yang melakukan perbaikan alas kaki adalah operator lain di luar operator mesin injeksi sehingga operator yang bertugas pada mesin injeksi dapat melanjutkan pekerjaannya tanpa harus menghambat jalannya mesin. Disarankan operator menggunakan *air blow gun* untuk membantu membersihkan PU kering yang menempel pada *mould*.

Penulis menemukan adanya kesalahan dalam menghitung perkiraan *output* yang dilakukan pada perusahaan. Perhitungan perkiraan *output* pada perusahaan menggunakan *cycle time* dengan kondisi normal, sedangkan pada rumus yang tertera terdapat toleransi untuk kondisi tertentu, sehingga jika menggunakan *cycle time* dalam kondisi normal dapat dikatakan menggunakan toleransi yang berlebih. Saran yang diberikan adalah perbaikan perhitungan menggunakan *cycle time* keseluruhan saat pengamatan. Perhitungan perkiraan *output* menggunakan *cycle time* keseluruhan lebih mendekati aktual dibandingkan dengan menggunakan *cycle time* kondisi normal

Daftar Pustaka

1. Basterfield, D.H., *Quality Control 5th Edition*. New Jersey. Patience Hall International, 2009
2. Liliana, L., A New Model of Ishikawa Diagram for Quality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012099, 2016
3. Gaspersz, V., *Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum, 2002.