

Implementasi Metode Single Minute Exchange Of Die Untuk Mengurangi Waktu Persiapan dan Penyesuaian *Mold* di Industri Polimer

Hery Hamdi Azwir¹⁾, Nico Chandra Wijaya²⁾, Hirawati Oemar³⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas President, Jababeka, Cikarang, Bekasi 17530

³Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Bandung, Bandung 40191

E-mail: hery.azwir@president.ac.id

ABSTRAK

PT. X adalah manufaktur polimer terkemuka nasional yang berfokus pada produksi komponen sepeda motor. Di departemen produksi, akan ada target output yang harus dicapai per hari. Berdasarkan data, pada Oktober 2017, output aktual dari mesin hanya dapat memenuhi 85,09%, pada November 2017 adalah 83,97% dan pada Desember 2017 adalah 83,62% yang berarti terjadi penurunan pada saat itu. Faktor yang paling mempengaruhi proses produksi tidak dapat mencapai target adalah *downtime*. SMED dipilih sebagai topik utama yang termasuk dalam *downtime* yang direncanakan. Pengaturan saat ini dan waktu *mold* penyesuaian adalah satu jam lima puluh delapan menit empat puluh sembilan detik. Single Minute Exchange of Die (SMED) digunakan untuk mengurangi waktu pengaturan dan penyesuaian. Setelah perbaikan, waktu setup dan penyesuaian *mold* menjadi satu jam lima belas menit dan delapan belas detik. Ini berkurang 37% dari proses saat ini. Total biaya untuk perbaikan adalah IDR 734.680.000 dan penghematan setelah perbaikan adalah IDR 160.171.200. BEP adalah empat bulan dan 19 hari.

Kata Kunci: Setup and Adjustment; *Planned Downtime*; *Mold*; *Single Minute Exchange of Die*; SMED.

ABSTRACT

PT. X is a national leading polymer manufacturing that focused on producing parts for motorcycles. In the production department, there will be a target output that should be achieved per day. Based on the data, in October 2017, the actual output from the machines can only fulfill 85.09%, in November 2017 is 83.97% and in December 2017 is 83.62% which means decreasing by the time. The factor that mostly affects the production process that cannot achieve the target is down time. Setup and adjustment mold has been chosen as the main topic that includes planned downtime. The current setup and adjustment mold times are one-hour fifty-eight minutes and forty-nine seconds. Single Minute Exchange of Die (SMED) is used to decrease the setup and adjustment time. After the improvement, the setup and adjustment mold time become one hour fifteen minutes, and eighteen seconds. It decreased 37% from the current process. Total expense for improvement is IDR 734,680,000 and saving after improvement is IDR 160,171,200. The breakeven point resulted in four-month and 19 days for return.

Keywords: Setup and Adjustment; *Planned Downtime*; *Mold*; *Single Minute Exchange of Die*; SMED.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan bisnis di era sekarang bergerak begitu cepat, terutama di industri manufaktur. Ada begitu banyak industri manufaktur seperti otomotif, makanan dan minuman, elektronik, dan lain-lain. Satu jenis industri dapat diisi oleh sejumlah perusahaan yang bersaing untuk menjadi pemimpin di bidangnya. Persaingan setiap perusahaan terkait dengan kualitas produk juga biaya yang dikeluarkan. Selain kualitas dan biaya, faktor-faktor lainnya di dalam sistem produksi juga

diperhitungkan sebagai faktor penting dalam sebuah perusahaan manufaktur.

PT. X adalah produsen polimer nasional terkemuka yang berfokus pada produksi komponen sepeda motor untuk PT. Y. Karena permintaan dari PT. Y terus meningkat, sebagai vendor, total output produksi juga harus disesuaikan. Berdasarkan data tahun 2017, terdapat 52 mesin yang terbagi menjadi dua lini produksi dan enam kelompok yang dipimpin oleh supervisor yang juga sebagai pemimpin unit. Sayangnya, hanya 47 mesin yang

berfungsi, sedangkan lima mesin lainnya dihentikan karena daya tahannya rendah.

PT. X memiliki target output dalam unit per harinya. Namun, sebagian besar tidak dapat mencapai target karena beberapa faktor. Berdasarkan data, pada Oktober 2017 realisasi output dari mesin hanya dapat memenuhi 85,09%, November 2017 sebesar 83,97% dan Desember 2017 sebesar 83,62%. *Downtime*, penghentian kecil, pengurangan kecepatan, dan lain-lain adalah faktor-faktor yang secara langsung mempengaruhi realisasi output yang akhirnya tidak dapat mencapai target. Dalam penelitian ini, *downtime* akan menjadi fokus perhatian yang harus dikurangi.

Pada lini produksi PT. X, *downtime* dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *downtime* terencana dan tidak terencana. *Planned downtime* adalah saat proses produksi berhenti pada waktu yang telah dijadwalkan dan *unplanned downtime* adalah saat proses produksi berhenti secara tiba-tiba. Berdasarkan data lini produksi PT. X, lima besar *downtime* adalah masalah *mold* dengan persentase 25,2%, *set-up* dan *adjustment mold* sebesar 21,8%, mekanik sebesar 20,9%, kualitas *start-up troubleshoot* sebesar 17,6% dan tidak ada material dengan persentase 14,5%. Masalah *mold* dan mekanik telah ditangani oleh perusahaan, sehingga penelitian ini akan fokus pada *set-up* dan *adjustment mold* yang merupakan bagian dari *downtime* yang direncanakan..

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses *set-up* dan *adjustment mold* yang meliputi proses *change-over* harus dikurangi untuk mencapai target output. Pengurangan waktu *set-up* adalah sangat penting dan ini bisa dicapai dengan bantuan metode SMED (Single Minute Exchange of Die) (Shingo, 1989). SMED adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi waktu *set-up* atau *change-over*.

Lean manufacturing dapat digambarkan sebagai metode produksi dari Toyota Production System (TPS). Teori *lean manufacturing* didefinisikan sebagai “Sebuah filosofi, berdasarkan Sistem Produksi Toyota, dan praktik manajemen Jepang lainnya yang berusaha untuk mempersingkat waktu antara pesanan pelanggan dan pengiriman produk akhir, dengan menghilangkan pemborosan secara konsisten” (Singh, 2014).

Toyota telah mendefinisikan beberapa jenis aktivitas non-nilai tambah utama dalam proses manufaktur yang umumnya dikenal sebagai tujuh pemborosan atau TIMWOOD (Liker, 2004) yaitu *Transportation, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing, and Defect*. Menurut Shingo (1989), Studi Sistem Produksi Toyota dari sudut pandang Teknik Industri telah membawa Shingo pada kesimpulan berikut:

- Penghapusan pemborosan akibat kelebihan produksi tidak dapat dicapai tanpa Single Minute Exchange of Die (SMED)
- Waktu siklus yang dipersingkat menuntut produksi lot kecil (SMED menjadi penting)
- SMED harus dicapai jika pekerja ingin mampu merespon perubahan permintaan konsumen secara cepat.

Mengenai pemborosan, banyak organisasi menggunakan istilah Muda dalam bahasa Jepang, meskipun Muda dalam bahasa Jepang memiliki definisi yang jauh lebih terbatas. Lebih khusus lagi, orang Jepang mendefinisikan (Chiarini, 2013):

- Muda = kapasitas lebih dari beban kerja (pemborosan nyata)
- Mura = kapasitas yang berayun di sekitar target tetap (pemborosan di sini adalah yang tidak stabil)
- Muri = beban kerja lebih dari kapasitas (pekerja dan mesin terlalu sibuk)

SMED telah berhasil diterapkan di banyak kasus industri. Beberapa kasus diantaranya adalah Arvianto dan Arista mengusulkan penerapannya untuk perbaikan operation point sheet pada mesin *feeder Aida 1100* (Arvianto & Arista, 2012), penghematan hingga 30% per tahun di perusahaan pengolahan kaca lembaran yang memproduksi ratusan jenis produk (Filla, 2016), proses produksi as roda interkoneksi (Morales Méndez & Silva Rodríguez, 2016), perbaikan desain yang sesuai dari komponen penting yaitu perlengkapan penjepit dan *tie-rod* (Desai & Rawani, 2017), meningkatkan kinerja mesin di industri makanan (Lozano, Saenz-Díez, Martínez, Jiménez, & Blanco, 2017), pengurangan *set-up* pada mesin cetak injeksi (Amrina, Junaedi, & Prasetyo, 2018), dan praktik di pabrik garmen siap pakai di Bangladesh (Hossain, Hamja, & Rabbi, 2018).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui sejumlah tahapan dimulai dari observasi, pengumpulan data mentah dari Departemen Produksi PT. X kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengolahan data, berikutnya adalah analisis dan upaya perbaikan yang dilakukan, hingga perhitungan biaya. Implementasi SMED dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Observasi awal.
2. Identifikasi masalah.
3. Menentukan tujuan.
4. Pengumpulan data kondisi awal waktu *set-up* dan *adjustment mold*.
5. Uji kecukupan dan keseragaman data.
6. Kondisi awal, aktivitas *set-up* internal dan eksternal tidak dibedakan.
7. Pisahkan aktivitas *set-up* internal dan eksternal.
8. Ubah aktivitas *set-up* internal menjadi eksternal.
9. Merampingkan (streamlining) aktivitas *set-up* internal.
10. Analisis perhitungan biaya.

Proses observasi awal akan difokuskan pada lean manufacturing. Semua proses kerja di lini produksi dianggap efektif dan efisien. Dari hasil observasi tersebut teridentifikasi adanya perbedaan antara target output dan output aktual per bulan dinyatakan dalam satuan pcs. Setelah masalah teridentifikasi, selanjutnya menentukan tujuan penelitian ini yaitu, ketika melakukan *set-up* dan *adjustment mold*, beberapa langkah harus diperbaiki dan mengurangi aktivitas atau pemborosan yang tidak bernilai tambah.

Setelah menentukan tujuan penelitian kemudian dilanjutkan dengan mengumpulkan data waktu *setup* dan *adjustment mold* pada kondisi awal. Dilanjutkan dengan uji kecukupan dan keseragaman untuk menguji apakah data sudah cukup dan cukup seragam. Jika data sudah mencukupi dan seragam, maka proses selanjutnya adalah perhitungan *time study*. Yang dimaksud dengan studi waktu adalah menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan satu pekerjaan, dalam kondisi normal oleh pekerja yang terlatih. Tujuan perhitungan studi waktu adalah untuk memperbaiki cara/langkah kerja dan juga untuk menentukan waktu standar untuk suatu pekerjaan tertentu guna meningkatkan efisiensi peralatan dan personel (Niebel, 2009). Dalam

penelitian ini, teknik observasi yang akan digunakan adalah studi waktu *stopwatch*. Keuntungan melakukan studi waktu *stopwatch* adalah sederhana, hanya mencatat waktu tanpa membagi setiap elemen kerja, dan dapat langsung melihat kondisi sistem kerja yang sebenarnya. Kerugiannya adalah membutuhkan lebih banyak waktu untuk mendapatkan data untuk pengukuran yang teliti dan akurat.

Waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kondisi nyata dan kemampuan rata-rata dapat disebut waktu normal (NT). Waktu normal dapat ditentukan oleh rata-rata waktu pengamatan (OT) dan peringkat kinerja (R). Waktu yang diamati adalah waktu kondisi nyata yang dicatat oleh pengamat. Perhitungan waktu normal ini akan menggunakan tabel Westinghouse untuk menentukan peringkat kinerja. Menurut Niebel (2009), rumus untuk menentukan waktu normal adalah,

$$NT = OT \times \frac{R}{100} \quad (1)$$

Yang dimaksud dengan waktu standar (ST) adalah waktu yang dibutuhkan oleh pekerja biasa untuk menyelesaikan pekerjaannya dengan kinerja terbaiknya pada saat itu (Niebel, 2009). Waktu standar terkait NT dan *allowance*. Untuk *allowance*, studi kasus ini menggunakan tabel *allowance* dari Satalaksana (1979). Rumus untuk menentukan ST adalah,

$$ST = NT \times (1 + Allowance) \quad (2)$$

Dalam melakukan studi waktu, jumlah siklus yang harus dilakukan untuk memeriksa kecukupan dan keseragaman merupakan hal yang penting. Perhitungan ini membuat hasil analisis dapat lebih baik dan mirip dengan kondisi sebenarnya. Rumus untuk menghitung jumlah siklus menggunakan taraf signifikansi 5% dan tingkat kepercayaan 95% (Satalaksana, et al., 1979). Selanjutnya bawah ini adalah rumus untuk menghitung uji kecukupan

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (3)$$

Dimana:

N' = Jumlah observasi yang harus dilakukan

N = Jumlah total observasi

X = Jumlah pengamatan di setiap elemen kerja di setiap siklus

Rumus lainnya adalah untuk menghitung uji keseragaman. Dalam uji keseragaman, faktor yang penting adalah mean (\bar{x}) dan standard deviation (σ). Rumus-rumus yang digunakan oleh Sitalaksana (1979) adalah,

$$CL = \bar{x} \quad (4)$$

$$UCL = \bar{x} + 3\sigma \quad (5)$$

$$LCL = \bar{x} - 3\sigma \quad (6)$$

Proses perbaikan difokuskan pada metode SMED yang biasanya digunakan untuk mengatasi kerugian *downtime* seperti *downtime* yang direncanakan dalam *set-up* dan kerugian akibat *adjustment*. *Set-up* dan *changeover* dapat dikatakan sebagai proses mengubah satu produk ke produk lain dalam serangkaian mesin (Benjamin, 2013). Tahapan konseptual dalam perbaikan *set-up* berdasarkan metode SMED adalah sebagai berikut (Shingo, S., 1985):

- *Preliminary Stage*: Kondisi internal dan eksternal tidak dibedakan.
- *Stage-1*: Memisahkan *set-up* internal dan eksternal.
- *Stage-2*: Mengubah *set-up* internal menjadi eksternal.
- *Stage-3*: Merampingkan (streamlining) semua aspek operasi *set-up*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini akan dibagi menjadi tiga bagian yaitu kondisi awal; analisis dan perbaikan; dan hasil setelah perbaikan.

4.1. Kondisi Awal

Sebagian besar output aktual tidak dapat mencapai target dalam beberapa bulan terakhir. Data dari produksi menunjukkan ada begitu banyak jam yang diambil akibat dari *downtime*. Penelitian ini akan difokuskan pada *downtime* terencana yang terbesar yaitu *set-up* dan *adjustment mold*.

Setelah dilakukan pengumpulan data sebanyak 8 sampel kemudian dilanjutkan dengan uji kecukupan menggunakan formula 3 dengan tingkat signifikansi 5% dan tingkat kepercayaan 95%. Perhitungan adalah sebagai berikut,

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{8(354955200)} - (2826410896)}{53164} \right)^2 = 7,489 \text{ Observations}$$

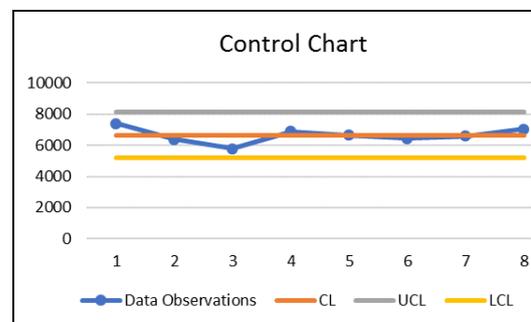
Berdasarkan perhitungan uji kecukupan, jumlah data pengamatan atau $N(8) > N'(7,489)$ yang berarti data tersebut cukup atau data pengamatan yang telah diambil dapat mewakili kondisi yang sebenarnya di perusahaan. Sedangkan perhitungan uji keseragaman dilakukan dengan mencari nilai CL, UCL dan LCL menggunakan formula (4-6) yang hasilnya ditunjukkan di bawah ini:

$$CL = \bar{x} = 6645,5$$

$$UCL = \bar{x} + 3\sigma = 6645,5 + 3(486,068) = 8103,7$$

$$LCL = \bar{x} - 3\sigma = 6645,5 - 3(486,068) = 5187,3$$

Garis kontrol (CL) akan menentukan data waktu total rata-rata, garis kontrol atas (UCL) akan menentukan batas atas waktu total dalam pengamatan dan garis kontrol bawah (LCL) akan menentukan batas bawah waktu total dalam pengamatan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Control Chart Uji Keseragaman

Berdasarkan perhitungan dan peta kendali, data pengamatan yang diambil dapat dikatakan seragam karena tidak ada data di luar UCL dan LCL yang berarti data cukup baik untuk digunakan dalam penelitian. Langkah selanjutnya adalah menentukan waktu normal dan waktu standar.

Waktu normal adalah saat operator bekerja dalam kondisi normal dan kecepatan rata-rata. Perhitungan waktu normal akan menggunakan tabel Westinghouse, seperti terlihat pada Tabel 1. Saat menggunakan sistem Westinghouse, waktu normal menjadi meningkat sekitar 11 menit. Setelah

mendapatkan nilai waktu normal, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor penyisihan dari berbagai faktor lingkungan. Tabel 2 menunjukkan faktor penyisihan penghitungan.

Tabel 1. Tabel Westinghouse

Kemampuan (Skill)	C1	0,06
Usaha (Effort)	C2	0,02
Kondisi	D	0,00
Konsistensi	C	0,01
Total	Σ	0,09
Faktor <i>Performance</i>		1,09

$$\begin{aligned}
 NT &= 7129 * 1,09 \\
 &= 7770,61 \text{ detik} \\
 &= 2 \text{ Jam } 9 \text{ menit } 31 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dan merujuk pada Tabel 2:

$$\begin{aligned}
 ST &= NT * (1 + allowance) \\
 &= 7770,61 * (1 + 0,265) \\
 &= 9829,82 \text{ detik} \\
 &= 2 \text{ Jam } 43 \text{ menit } 50 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Waktu standar setelah memasukkan perhitungan faktor kelonggaran menjadi meningkat secara signifikan sekitar 34 menit karena beban kerja dan kondisi masih perlu perbaikan.

4.2. Analysis and Improvement

Ada empat langkah penting dalam implementasi metode SMED untuk mengurangi waktu *set-up* dan *adjustment*. Dalam penelitian ini, kegiatan dimulai dari persiapan *mold* baru hingga uji coba dan produksi massal. Bukan hanya *changeover* tetapi juga *adjustment* dengan parameter standar pengaturan mesin.

Tabel 2. Tabel Kelonggaran (Allowance)

No	Factors	Condition	Percentage
1	Personal Needs	Man	2,00%
A.	Workload	Light	7,50%
B.	Work Motion	Standing on 2 feet	1,00%
C.	Work Movement	At some part of the body	5,00%
D.	Eyestrain	view constantly	6,00%
E.	Temperature	Normal	0,00%
F.	Atmosphere	Good	0%
G.	Good Environment	Clean, Healthy, Bright with low noise level	0,00%
2	Unavoidable Delay		5,00%
TOTAL			26,50%

Berikut ini akan dijelaskan setiap langkah dari metode SMED:

(1) Preliminary Stage: Faktor internal dan eksternal tidak dibedakan

Pada tahap ini, kondisi awal aktivitas *set-up* internal dan eksternal tidak dibedakan. Semua kegiatan akan ditampilkan dengan waktu mulai sampai waktu akhir setiap kegiatan. Daftar aktifitas ditunjukkan pada Tabel 3. Sebagai catatan, jenis *changeover* ini masih banyak digunakan di beberapa perusahaan tanpa mempertimbangkan waktu *set-up*. Waktu untuk *set-up* juga sering diabaikan karena menurut perusahaan tidak akan berpengaruh banyak dalam proses manufaktur tetapi pada kondisi sebenarnya, waktu *changeover* akan berdampak besar dan menimbulkan pemborosan.

(2) Stage-1: Pemisahan *set-up* internal dan eksternal

Proses *changeover mold* akan dipisah menjadi aktivitas internal dan eksternal untuk mengurangi waktu *set-up* dan gangguan terhadap proses produksi. Tabel 4 menunjukkan hasil tahap pertama dimana total waktu aktivitas eksternal adalah 28 menit dan 32 detik. Artinya dari 1 jam 58 menit, sampai langkah ini pengurangan waktunya sekitar 24,01%, hampir seperempat dari waktu total.

Tabel 3. Aktifitas *Setup dan Adjustment Mold PT. X*

No step	Langkah-langkah aktifitas	Waktu rata-rata (durasi)	Waktu mulai	Waktu selesai
1	Persiapan alat dan peralatan pergantian cetakan			
	A. Mtc /hrc / booster / power pack	00:04:39	0	00:04:39
	B. Tool box	00:02:23	00:04:39	00:07:02
	C. Oil and water container			
	D. New mold	00:04:47	00:07:02	00:11:49
	E. Rust prevention spray			
	F. Rig clamp for hose			
	G. Legran			
	H. Harting cable			
	I. Eyebolt for new and old mold	00:01:37	00:11:49	00:13:26
2	Periksa cetakan lama menggunakan cetakan checksheet	00:02:56	00:13:26	00:16:21
3	Semprotkan anti karat pada permukaan cetakan	00:00:52	00:16:21	00:17:14
4	Pasang eyebolt di bagian atas cetakan lama	00:01:21	00:17:14	00:18:35
5	Pasang hook crane ke eyebolt cetakan lama	00:00:34	00:18:35	00:19:09
6	Lepaskan selang			
	A. Selang pendingin	00:05:48	00:19:09	00:24:57
	B. Selang corepull			
	C. Harting hot runner	00:06:42	00:24:57	00:31:39
7	Lepaskan sisi cetakan penjepit pengukur baut yang bergerak	00:08:15	00:31:39	00:39:54
8	Lepaskan sisi tetap cetakan baut pengukur penjepit			
9	Angkat cetakan lama menggunakan hoist crane dan letakkan di samping mesin	00:05:15	00:39:54	00:45:08
10	Pindahkan eyebolt dari cetakan lama ke cetakan baru	00:01:24	00:45:08	00:46:33
11	Pasang hook crane ke eyebolt cetakan baru	00:00:42	00:46:33	00:47:15
12	Pasang cetakan baru ke dalam mesin			
	A. Bawa cetakan ke mesin bagian tetap	00:04:54	00:47:15	00:52:09
	B. Pastikan cincin lokasi dari cetakan masuk ke mesin pencari	00:01:42	00:52:09	00:53:51
	C. Sejajarkan cetakan dengan piring	00:02:27	00:53:51	00:56:18
	D. Menjepit cetakan baru ke mesin	00:02:09	00:56:18	00:58:27
13	Melakukan kalibrasi penjepitan	00:05:53	00:58:27	01:04:21
14	Pasang dan kencangkan baut pada jig clamp			
	A. Kencangkan klem jig baut di sisi fix menyilang	00:09:02	01:04:21	01:13:23
	B. Kencangkan klem jig baut di sisi yang bergerak bersilang			
15	Buka hook crane yang terpasang di cetakan	00:00:25	01:13:23	01:13:49
16	Lepaskan eyebolt dari cetakan baru	00:01:05	01:13:49	01:14:53
17	Pasang selang ke dalam cetakan baru			
	A. Selang pendingin	00:06:45	01:14:53	01:21:38
	B. Selang corepull			
	C. Harting hot runner	00:11:13	01:21:38	01:32:52
18	Periksa selang pendingin, htc / mtc / booster / power pack berfungsi	00:03:55	01:32:52	01:36:47
19	Periksa mekanisme cetakan baru berfungsi dengan baik menggunakan siklus kering	00:01:12	01:36:47	01:37:59
20	Membersihkan cetakan dari anti karat sebelumnya	00:01:32	01:37:59	01:39:31
21	Bawa cetakan lama ke area cetakan mold	00:05:04	01:39:31	01:44:35
22	Produk pengaturan masuk	00:03:40	01:44:35	01:48:15
23	Running in	00:07:48	01:48:15	01:56:03
24	Setting the robot	00:02:46	01:56:03	01:58:49
Total time			01:58:49	

Tabel 4. Waktu total aktifitas external Stage-1

No step	Step activity	Average time
1	Persiapan alat dan peralatan pergantian cetakan	00:04:39
	A. Mtc /hrc / booster / power pack	
	B. Tool box	00:02:23
	C. Oil and water container	
	D. New mold	00:04:47
	E. Rust prevention spray	
	F. Rig clamp for hose	
	G. Legran	
	H. Harting cable	
	I. Eyebolt for new and old mold	00:01:37
2	Periksa mold lama menggunakan mold checksheet	00:02:56
3	Semprotkan anti karat pada permukaan cetakan	00:00:52
4	Pasang eyebolt di bagian atas cetakan lama	00:01:21
5	Pasang hook crane ke eyebolt cetakan lama	00:00:34
20	Membersihkan cetakan dari anti karat sebelumnya	00:01:32
21	Bawa cetakan lama ke area cetakan mold	00:05:04
24	Mengatur robot	00:02:46
Total waktu aktivitas eksternal		00:28:32

(3) Stage-2: Mengonversi pengaturan internal ke eksternal

Tahap ini merupakan langkah penting yang dapat mengurangi waktu secara signifikan. Untuk langkah ini harus mengetahui lebih jauh kasusnya, misalnya pada mesin injection moulding, pengamat harus mengetahui setiap langkah dan proses yang berhubungan dengan *mold* dan mesin tersebut. Mengkonversi kegiatan berarti membuat standarisasi baru mengenai proses pergantian. Di bawah ini adalah kegiatan yang mungkin dapat diubah menjadi kegiatan eksternal,

- Menggunakan dua pasang *eyebolt* .

Gambar 2 menunjukkan, setiap pergantian, operator hanya menggunakan sepasang *eyebolt* untuk membawa *mold* baru ke dalam mesin. Setelah *mold* baru tiba, operator memindahkan *eyebolt* dari *mold* baru ke *mold* lama di mesin untuk mengambil *mold* menggunakan *hoist crane* . Aktivitas internal ini dapat diubah menjadi eksternal dengan menggunakan dua pasang *eyebolt* . Jadi, operator tidak perlu memasang dan melepas *eyebolt* selama *set-up* internal. Aktivitas nomor 10 dan 16 dapat diubah menjadi eksternal.



Gambar 2. Menggunakan 2 pasang *eyebolt*

- Memanaskan *mold* terlebih dahulu
 Dalam proses *molding* injeksi plastik, *mold* adalah hal utama untuk membentuk produk. Bahan dari *hopper* akan disuntikkan ke dalam *mold* dan kemudian dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan. *Preheating mold* akan mempengaruhi aktivitas nomor 22 dan 23 karena dalam *entry setting* produk dan *running in* akan dilakukan beberapa kali uji coba untuk mengecek produk apakah bagus atau tidak. Proses ini membutuhkan waktu lama untuk diverifikasi sebagai produk yang baik. Dengan menggunakan pemanas listrik untuk *mold* , dapat mengurangi waktu secara signifikan namun anggaran yang terbatas akan menunda ide yang diusulkan ini.

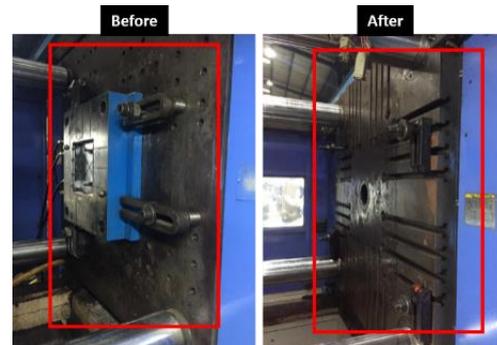
Dari dua kegiatan yang dikonversi yaitu memindahkan eyebolt dari *mold* lama ke *mold* baru (kegiatan nomor 10) dan melepas *eyebolt* dari *mold* baru (kegiatan nomor 16), waktu total *changeover mold* dapat dikurangi sekitar 2 menit dan 29 detik. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 5.

(4) Stage-3: Merampingkan semua aspek operasi set-up

Langkah terakhir dari metodologi SMED adalah merampingkan aktivitas dalam proses *changeover mold*. Biasanya, langkah ini disebut sebagai analisis detail atau analisis lebih lanjut. Pada langkah ini perbaikan yang dilakukan dapat diulang terus menerus karena setiap aktifitas dapat diperbaiki kembali walaupun sebemunya sudah. Di bawah ini adalah perampingan beberapa kegiatan,

- Ganti menggunakan pelat dan klem slot-T
 Gambar 3 menunjukkan *mold* terjepit yang terpasang pada mesin akan mempengaruhi waktu pengencangan baut pada sisi tetap dan bergerak. Pada kondisi saat ini ketika operator ingin mengencangkan baut, operator masih perlu mengatur posisi dan lubang baut ulir. Pada pelat T-slot dan penjepit, operator tidak perlu meletakkan baut di tempat yang berbeda tetapi baut

dapat digantung dari seluruh posisi terdekat.

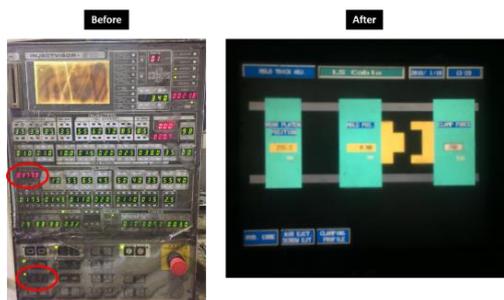


Gambar 3. Menggunakan plat dan slot T-slot

- Penggunaan kalibrasi penjepitan otomatis
 Kalibrasi *mold* harus dalam aktivitas internal tetapi dapat dikurangi jika pekerjaan dilakukan dengan mesin. Gambar 4 menunjukkan kondisi saat ini, kalibrasi penjepitan dilakukan oleh operator untuk mengukur jarak *mold* saat menutup atau membentuk produk
- Klasifikasi *mold*
 Kegiatan nomor 12 adalah tentang memasang *mold* baru ke dalam mesin. Proses ini tidak dapat dilakukan dengan cepat karena jenis *mold* tidak cukup sesuai dengan mesin. Terkadang *mold* sedang

Tabel 5. Waktu total aktivitas external Stage-2

No step	Step activity	Average time
1	Persiapan alat dan peralatan pergantian cetakan	00:04:39
	A. Mtc /hrc / booster / power pack	
	B. Tool box	00:02:23
	C. Oil and water container	
	D. New mold	00:04:47
	E. Rust prevention spray	
	F. Rig clamp for hose	
	G. Legran	
	H. Harting cable	
	I. Eyebolt for new and old mold	00:01:37
2	Periksa cetakan lama menggunakan cetakan checksheet	00:02:56
3	Semprotkan anti karat pada permukaan cetakan	00:00:52
4	Pasang eyebolt di bagian atas cetakan lama	00:01:21
5	Pasang hook crane ke eyebolt cetakan lama	00:00:34
20	Membersihkan cetakan dari anti karat sebelumnya	00:01:32
21	Bawa cetakan lama ke area cetakan mold	00:05:04
24	Mengatur robot	00:02:46
10	Pindahkan eyebolt dari cetakan lama ke cetakan baru	00:01:24
16	Lepaskan eyebolt dari cetakan baru	00:01:05
Total waktu aktivitas eksternal		00:31:00



Gambar 4. Kalibrasi manual and automated clamping

direncanakan menjadi mesin besar yang mana operator membutuhkan lebih banyak waktu untuk menyesuaikan *mold* baru. Pelat dalam mesin dan tonase akan menjadi ukuran standar *mold* yang sesuai untuk masuk. Tabel 6 mengklasifikasikan *mold* berdasarkan tonase mesin yang akan memudahkan operator untuk melakukan pergantian *mold* terutama untuk kegiatan nomor 12.

Tabel 6. Klasifikasi Mold

No	Machine	Mold
1	D4IM-139 TOYO 850	CAP XXX-NATURAL
		CAP XXX-NATURAL
		CAP XXX-SILVER
		CAP XXX-NATURAL
		CAP XXX-NATURAL
		CAP XXX-NATURAL
6	D4IM-115 LG 850 M	XXX ASSY K59A
		LID XXX K59A
		XXX ASSY K59A EXP
		LID XXX K59A EXP
		COVER XXX K56
		COVER XXX K56
		COVER XXX K56 EXP
		COVER XXX K56 EXP

• **Magnetic Platen**

Jenis pelat ini biasanya digunakan pada mesin *mold* injeksi. Bentuk atau tampilannya tidak berbeda dengan pelat saat ini tetapi bekerja secara elektrik. Operator tidak perlu mengencangkan dan melepas baut saat pengoperasian *changeover mold* sedang berlangsung. Bagi industri *molding*, memiliki produk seperti ini merupakan hal yang sangat penting. Dalam studi kasus ini, jika pelat magnetik digunakan, dapat menghilangkan aktivitas

nomor 7, 8, dan 13, sehingga dapat mengurangi waktu total sekitar 17 menit. Pelat magnet telah diminta oleh manajemen PT. X namun masih tertunda karena ada beberapa kebutuhan perusahaan yang lebih mendesak sehingga tidak dapat dilaksanakan dalam waktu dekat tetapi akan segera dilaksanakan untuk mengurangi waktu *changeover*. Gambar 5 menunjukkan salah satu contoh pelat magnetik.



Source :

<http://www.mouldbasesa.co.za/injection-moulding-toolmaking/magnetic-platens/>

Gambar 5. Plat magnetic di injection molding machine

Pada Tabel 7, tiga kegiatan dapat disederhanakan untuk mengurangi waktu. Untuk langkah nomor 12, pengurangan waktu sekitar lima menit, untuk langkah nomor 13, pengurangan sekitar 4 menit dan untuk langkah nomor 16, pengurangan total sekitar 3 menit. Untuk kegiatan nomor 13 harus ditambah dengan perbaikan pelat magnet tetapi masih dinegosiasikan oleh pihak perusahaan sehingga tidak dapat ditambah pada tahap 3. Total pengurangan waktu pada tahap ketiga adalah 13 menit 37 detik

4.3. Hasil Setelah Perbaikan

Hasil akhir metode SMED pada tahap *preliminary* tidak akan mengurangi waktu karena tidak membedakan antara aktivitas internal atau eksternal. Tahap pertama memisahkan aktivitas internal dan eksternal dan dapat menurun sebesar 24%. Tahap kedua yaitu mengubah *set-up* internal menjadi eksternal dapat mengurangi 26% dari waktu total *changeover*. Tahap terakhir adalah perampingan setiap aktifitas, dalam hal ini tiga aktifitas telah dirampingkan dan hasil akhirnya

Tabel 7. Perampingan beberapa aktifitas

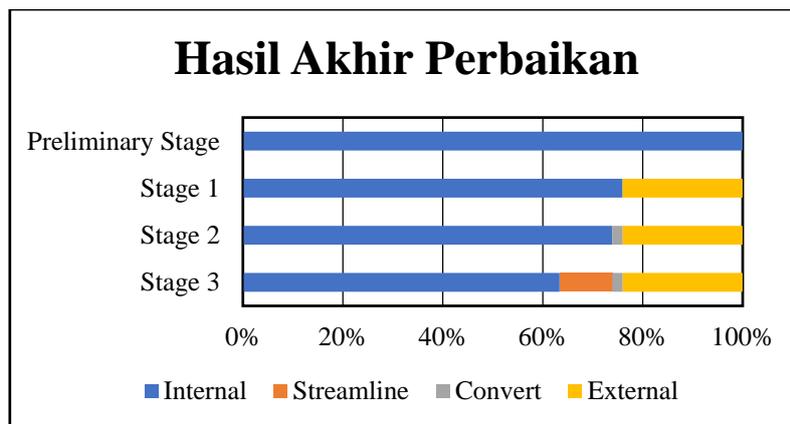
No step	Langkah-langkah aktifitas	Waktu rata-rata (sebelum)	Waktu rata-rata (setelah)
12	Pasang cetakan baru ke dalam mesin		
	A. Bawa cetakan ke mesin bagian tetap	00:04:54	00:02:38
	B. Pastikan cincin lokasi dari cetakan masuk ke mesin pencari	00:01:42	00:00:53
	C. Sejajarkan cetakan dengan pelat	00:02:27	00:01:30
	D. Menjepit cetakan baru ke mesin	00:02:09	00:01:09
13	Melakukan kalibrasi penjepitan	00:05:53	00:02:05
14	Pasang dan kencangkan baut pada jig clamp		
	A. Kencangkan klem jig baut di sisi fix menyilang	00:09:02	00:05:23
	B. Kencangkan klem jig baut di sisi yang bergerak bersilang		
Total		00:26:08	00:13:37

dapat mengurangi 37% dari waktu total *changeover* saat ini. Gambar 6 menunjukkan grafik persentase pengurangan di setiap tahap

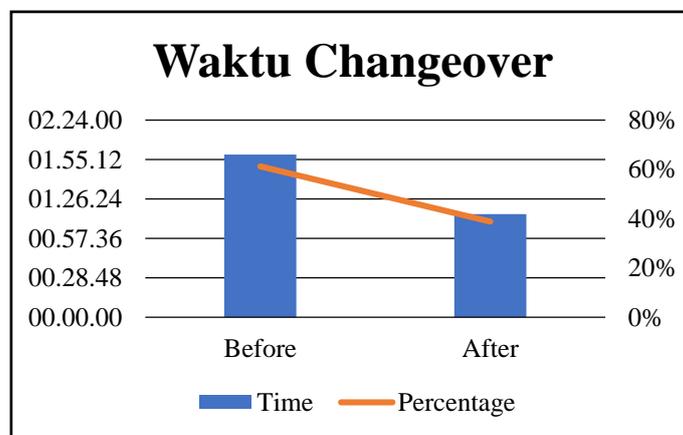
Waktu *changeover* terakhir akan berkurang sekitar 37% dari sebelumnya 1 jam 58 menit 49 detik menjadi 1 jam 15 menit 18 detik. Perbaikan berdasarkan metode SMED ini dimulai dengan mengubah aktivitas internal

menjadi kegiatan eksternal dan merampingkan beberapa kegiatan internal. Perbandingan waktu pergantian sebelum dan sesudah perbaikan ditunjukkan pada Gambar 7.

Langkah selanjutnya adalah perhitungan biaya, PT. X memerlukan investasi beberapa peralatan untuk membuat aktivitas *changeover* menjadi lebih cepat. Untuk menginvestasikan



Gambar 6. Hasil akhir metode SMED



Gambar 7. Perbandingan sebelum dan setelah perbaikan dengan SMED

Tabel 8. Total pengeluaran

Item	Unit Cost	Qty	Unit	Total Price
Eyebolt Type 24	IDR 80.000	2	pc	IDR 160.000
Eyebolt Type 30	IDR 125.000	2	pc	IDR 250.000
Eyebolt Type 36	IDR 230.000	2	pc	IDR 460.000
Eyebolt Type 42	IDR 305.000	2	pc	IDR 610.000
T-Slot Clamp and Platen	IDR 15.600.000	47	pc	IDR 733.200.000
Investasi Total				IDR 734.680.000

Tabel 9. Total penghematan

Remarks	Qty	Unit
Total waktu pergantian sebelum peningkatan per bulan	582,64	jam
Total waktu pergantian setelah perbaikan per bulan	361,44	jam
Total waktu yang tersedia	221,2	jam
	796.320	detik
Waktu siklus rata-rata satu produk	0,0116	jam
	41,76	detik
Total produk yang dapat diproduksi per bulan	19.068,97	unit
	19.068	unit
Harga rata-rata per produk	8.400	IDR
Total penghematan per bulan	160.171.200	IDR

beberapa alat tentunya membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Tabel 8 dan Tabel 9 merupakan perhitungan pengeluaran biaya untuk investasi dan penghematan biaya karena pengurangan *changeover* dari waktu ke waktu dan juga perhitungan BEP. Berdasarkan Tabel 8 dan 9, total biaya yang dikeluarkan adalah Rp 734.680.000 karena membeli beberapa alat seperti *eyebolt* dan klem dan pelat T-slot. Penghematan yang dapat diperoleh PT. X adalah, Rp 160.171.200 per bulan karena pengurangan waktu *changeover* dapat menghasilkan peningkatan waktu yang tersedia. Menurut perhitungan BEP tidak lebih dari lima bulan,

$$\begin{aligned}
 BEP &= \frac{\text{Pengeluaran total}}{\text{Penghematan total per bulan}} \\
 &= \frac{\text{IDR } 734.680.000}{\text{IDR } 160.171.200} = 4,58 \text{ bulan} \\
 &= 138 \text{ days}
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Perbaikan waktu *set-up* dan *adjustment mold* menggunakan SMED adalah waktu *set-up* menjadi lebih cepat yaitu dari 1 jam 58 menit 49 detik menjadi 1 jam 15 menit 18 detik atau mengurangi waktu sekitar 43 menit.

Dari analisa biaya, total biaya yang dikeluarkan adalah Rp 734.680.000 karena

beberapa item yang harus dibeli seperti *eyebolt* dengan tipe yang berbeda dan klem dan pelat T-slot untuk setiap mesin. Total penghematan dengan mengurangi waktu pergantian adalah Rp 160.171.200 per bulan. Break-Even Point bisa didapat dari total penghematan per bulan dibagi total pengeluaran, hasilnya 4,58 bulan atau 4 bulan 19 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrina, U., Junaedi, D., & Prasetyo, E. (2018). Setup Reduction in Injection Moulding Machine Type JT220RAD By Applying Single Minutes Exchange of Die (SMED). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 453, 012033. <https://doi.org/10.1088/175799X/453/1/012033>
- Arvianto, A., & Arista, R. (2012). Usulan Perbaikan Operation Point Sheet Pada Mesin Feeder Aida 1100 PT. XXX Dengan Menggunakan Metode Smed. *J@TI UNDIP : Jurnal Teknik Industri*, 6(2). <https://doi.org/10.12777/jati.6.2.125-136>
- Benjamin, S. Jebaraj, Murugaiah, Uthiyakumar, Marathamuthu, M. Srikamaladevi "The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm." *Journal of*

- Manufacturing Technology Management (JMTM)*, 2013 Vol. 24 No. 5 PP: 792-807
- Chiarini, Andrea. 2013. *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Verlag Italia: Springer
- Desai, M. S., & Rawani, A. M. (2017). *Productivity Improvement of Shaping Division of an Automobile Industry by Using Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology*. 12(8), 15.
- Filla, J. (2016). The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line. *Journal of Competitiveness*, 8(2), 59–69. <https://doi.org/10.7441/joc.2016.02.05>
- Hossain, A., Hamja, A., & Rabbi, F. (2018). Single Minute Exchange of Dies (SMED) practice in readymade garments factories in Bangladesh- Issues and challenges. *International Conference on Engineering Research and Education School of Applied Sciences & Technology, SUST, Sylhet*, 6.
- Liker, J. K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill
- Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2017). Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9–12), 3607–3618. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9686-x>
- Morales Méndez, J. D., & Silva Rodríguez, R. (2016). Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(9–12), 1907–1916. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7845>
- Niebel, Benjamin, and Freivalds, Andris. 2009. *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*. New York: McGraw-Hill.
- Shingo, S. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press.
- Shingo, S. 1989. *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge: Productivity Press
- Singh, Sumit K., Kumar, Deepak, and Gupta, Tarun. “Elimination of Wastes in Die Casting Industry by Lean Manufacturing: A Case Study.” *International Organization of Scientific Research (IOSR)*, 2014 Vol. 4 pp: 29-35
- Sutalaksana, Iftikar Z., Anggawisata, Ruhana, Tjakraatmadja, John H. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Penerbit ITB.