UNIVERSITAS INDONESIA

PERBAIKAN WAKTU *CHANGEOVER MOLD* DENGAN METODE SMED PADA PROSES INJEKSI PLASTIK : STUDI KASUS PT XYZ

SKRIPSI

SAMUEL JOSHUA
1206241104

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2016

UNIVERSITAS INDONESIA

PERBAIKAN WAKTU *CHANGEOVER MOLD* DENGAN METODE SMED PADA PROSES INJEKSI PLASTIK : STUDI KASUS PT XYZ

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

SAMUEL JOSHUA
1206241104

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2016

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	**: Samuel Joshua**
NPM	**: 1206241104**
Tanda Tangan	**:**
Tanggal	**: 1 Juni 2016**

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

Nama	: Samuel Joshua
NPM	: 1206241104
Program Studi	: Teknik Industri
Judul Skripsi	: Perbaikan Waktu *Changeover Mold* dengan Metode SMED pada Proses Injeksi Plastik : Studi Kasus PT XYZ

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Ir. Yadrifil, M.Sc.	( )
Penguji	: Dr. Ir. M. Dachyar, M.Sc.	( )
Penguji	: Dr. Ir. Rahmat Nurcahyo, M.Eng.,Sc.	( )
Penguji	: Dr. Ir. Djoko Gabriel, M.T.	( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juni 2016

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih pada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung setiap upaya yang dilakukan penulis dalam menyusun skripsi ini :

1. Ir. Yadrifil, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan dukungan yang sangat membantu dalam menyusun skripsi ini.
2. Ibu Era Muji Susilowati, atas kesempatan yang diberikan bagi penulis untuk melaksanakan penelitian di PT XYZ.
3. Pak Muhaimin, Pak Kursetiawan, Pak Edi, Mas Dana, Kak Karina, beserta segenap karyawan di seksi *Plastic Injection* PT XYZ yang telah membantu, mendukung, serta memberikan pengetahuan yang sangat berguna dalam menyusun skripsi ini.
4. Pak Maman, Pak Ruhiyat, Pak Hendri, Pak Supri, beserta para operator yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam melaksanakan observasi di PT XYZ.

Penulis menyampaikan terima kasih pada Ir. Erlinda Muslim, MEE selaku Pembimbing Akademis penulis yang telah membimbing penulis selama 4 tahun berkuliah di Universitas Indonesia. Penulis menyampaikan terima kasih pada Mama, Papa, Yoel, Pho-pho, beserta segenap keluarga yang telah membantu dan mendukung dalam doa. Penulis juga menyampaikan terima kasih pada rekan-rekan TIUI 2012 serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca, pengembangan ilmu, serta penelitian selanjutnya. Terima kasih.

Depok, 1 Juni 2016

Samuel Joshua

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Samuel Joshua
NPM	:	1206241104
Program Studi	:	Teknik Industri
Departemen	:	Teknik Industri
Fakultas	:	Teknik
Jenis karya	:	Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERBAIKAN WAKTU *CHANGEOVER MOLD* DENGAN METODE SMED PADA PROSES INJEKSI PLASTIK : STUDI KASUS PT XYZ

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 1 Juni 2016

Yang menyatakan

(Samuel Joshua)

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

ABSTRAK

Nama : Samuel Joshua

Program Studi : Teknik Industri

Judul : Perbaikan Waktu *Changeover Mold* dengan Metode SMED pada Proses Injeksi Plastik : Studi Kasus PT XYZ

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki waktu *changeover mold* dalam studi kasus proses injeksi plastik. PT XYZ sebagai produsen sepeda motor memiliki seksi injeksi plastik yang memproduksi *part* plastik untuk sepeda motor. Sebuah mesin injeksi digunakan untuk memproduksi lebih dari satu jenis *part*, sehingga pergantian jenis *part* membutuhkan proses *changeover*. Proses *changeover* yang sering dilakukan menghasilkan *waste* bagi PT XYZ berupa waktu mengganggur. Penelitian ini menggunakan metode *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) untuk mengurangi durasi pelaksanaan *changeover* secara signifikan. Penelitian dilakukan sesuai dengan tiga tahap metode SMED yaitu mengelompokkan aktivitas ke dalam *setup* internal dan *setup* eksternal, mengkonversi aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal, dan memperlancar seluruh pelaksanaan aktivitas *setup*. Langkah perbaikan pada tahap ketiga disimulasikan dengan simulasi *Monte Carlo* pada *Ms. Excel*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SMED dapat mengurangi waktu *changeover* sebesar 42,86%. Pengurangan ini berdampak pada penurunan waktu menggangur sebesar 760,77 menit dan peningkatan produktivitas sebesar 1.030 *part* dalam waktu satu bulan.

Kata kunci : injeksi plastik, produktivitas, *Single Minute Exchange of Dies (SMED)*, waktu *changeover mold*, waktu menggangur.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

ABSTRACT

Nama	:	Samuel Joshua
Program Studi	:	Industrial Engineering
Judul	:	Improvement of Mold Changeover Time with SMED Method on Plastic Injection Molding Process : A Case Study of PT XYZ

This research aims to improve mold changeover time on plastic injection molding case. PT XYZ as a motorcycle manufacturer has a plastic injection section which produces plastic parts for motorcycle body. An injection machine is used to produce more than one part type, so changeover process is needed. The frequent changeovers result in idle time waste for the company. The research uses Single Minute Exchange of Dies (SMED) method to reduce changeover time significantly. The research was conducted based on three steps of SMED, namely, separating internal and external setup, converting internal to external setup, and streamlining all aspects of the setup operation. Improvement actions on the third step were simulated by Monte Carlo simulation in MS. Excel. The result showed that SMED is capable to reduce changeover time by 42.86%. This leads to 760.77 minutes of idle time reduction and an increase in productivity by 1,030 parts within one month.

Keywords: plastic injection molding, productivity, Single Minute Exchange of Dies (SMED), mold changeover time, idle time.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
UCAPAN TERIMA KASIH v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS vii
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah 4
1.3 Rumusan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 5
1.6 Metodologi Penelitian 6
1.7 Sistematika Penulisan 8
BAB 2 LANDASAN TEORI 9
2.1 *Lean manufacturing* 9
2.2 *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) 11
2.2.1 Aktivitas *Setup* Sebelum Berkembangnya SMED 11
2.2.2 Sejarah SMED 15
2.2.3 Bagian-bagian dalam Prosedur *Setup* 15
2.2.4 Tahap 1 SMED : Memisahkan *Internal Setup* dan *External Setup* 16
2.2.5 Tahap 2 SMED : Mengkonversi *Internal Setup* menjadi *External Setup* 18
2.2.6 Tahap 3 SMED : Memperlancar Seluruh Aspek Operasi *Setup*.....18
2.3 Proses Injeksi Plastik 20
2.4 Pengukuran Kerja (*Work Measurement*) 21
2.4.1 *Work Sampling* 22
2.4.2 *Time Study* 23
2.5 Simulasi *Monte Carlo* 26
BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 28
3.1 Pemilihan Mesin sebagai Objek Penelitian 28
3.2 Kondisi Saat Ini (*Before* SMED) 32
3.2.1 Instruksi Kerja Pergantian *Mold* 32
3.2.2 Observasi Aktivitas *Changeover Mold* 35
3.2.3 Durasi *Changeover Mold* Saat ini 38
3.3 Implementasi SMED Tahap 1 39
3.4 Implementasi SMED Tahap 2 44
3.5 Implementasi SMED Tahap 3 45

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

3.5.1 Perbaikan Fungsi Gerak *Crane* ……...46
3.5.2 Instalasi Sistem *Auto-clamp* ……...47
3.6 Kondisi Setelah Perbaikan (*After* SMED) ……...48
3.7 Skenario Implementasi SMED pada Seluruh Mesin Injeksi ……...51
BAB 4 ANALISIS DATA ……...56
4.1 Analisis SMED Tahap 1 ……...56
4.2 Analisis SMED Tahap 2 ……...57
4.3 Analisis SMED Tahap 3 ……...59
4.3.1 Analisis Perbaikan Fungsi Gerak *Crane* ……...59
4.3.2 Analisis Instalasi Sistem *Auto-clamp* ……...60
4.3.3 Analisis Simulasi ……...61
4.4 Dampak Penurunan Waktu *Setup* terhadap PT XYZ ……...63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN ……...66
5.1 Kesimpulan ……...66
5.2 Saran ……...67
DAFTAR REFERENSI ……...68

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah ……..4
Gambar 1.2. Metodologi Peneltian ……..7
Gambar 2.1. Kasus Pengurangan Jumlah *Setup* ……....13
Gambar 2.2. Strategi *Economic Lot* ……14
Gambar 2.3. Tahap-tahap Konseptual Metode SMED ……17
Gambar 2.4. Teknik-teknik Pengukuran Kerja ……22
Gambar 2.5. Jenis-jenis *Allowance* ……26
Gambar 3.1. Kebutuhan Kapasitas Mesin PI Berdasarkan MPS Maret 2016……...31
Gambar 3.2. Rangkaian Aktivitas *Changeover Mold*……38
Gambar 3.3. Perbandingan Durasi Sebelum dan Sesudah Tahap 1 SMED ……42
Gambar 3.4. *Layout* Pabrik ……46
Gambar 3.5. Kunci L dan Tongkat ……47
Gambar 3.6. Sistem *Auto-clamp* ……48
Gambar 4.1. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 1……57
Gambar 4.2. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 2……59
Gambar 4.3. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 3……63
Gambar 4.4. Peningkatan *Available Time* Setiap Mesin ……64
Gambar 4.5. Peningkatan Produktivitas Setiap Mesin ……64

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Bagian-bagian dalam Prosedur *Setup* ……16
Tabel 2.2. Berbagai Skala dalam Menentukan Nilai *Rating*……25
Tabel 3.1. Daftar Mesin Injeksi PI Maret 2016 ……29
Tabel 3.2. Daftar *Mold* dan Kapasitas Produksi PI Maret 2016 ……30
Tabel 3.3. Instruksi Kerja Pergantian *Mold* ……33
Tabel 3.4. Aktivitas *Changeover Mold* M07 ……36
Tabel 3.5. *Internal Setup* dan *External Setup* ……39
Tabel 3.6. Durasi *Changeover Mold* di Mesin M07 ……43
Tabel 3.7. Langkah Perbaikan Aktivitas Internal ……46
Tabel 3.8. Durasi *Changeover Mold* di Mesin M21 ……49
Tabel 3.9. Parameter Alpha dan Beta Setiap Aktivitas ……50
Tabel 3.10. Jumlah *Changeover Mold* Maret 2016 ……52
Tabel 3.11. Kategori Mesin ……53
Tabel 3.12. Hasil Perhitungan Skenario ……55
Tabel 4.1. Hasil Uji Distribusi Gamma pada *Minitab 16* ……62
Tabel 4.2. Perbaikan Durasi *Changeover* oleh Setiap Tahap Metode SMED 63

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

BAB 1
PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu upaya akademisi dalam memberikan kontribusi terhadap perkembangan proses manufaktur. Bab ini akan menjelaskan rumusan masalah yang akan dijawab oleh penelitian, tujuan dilaksanakannya penelitian, batasan dan ruang lingkup penelitian, metodologi atau alur yang akan ditempuh selama penelitian, serta sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan dunia industri menimbulkan persaingan antar perusahaan dalam upaya memberikan produk atau pelayanan yang lebih baik. Perusahaan berjuang keras untuk mempertahankan keberlangsungannya dalam iklim kompetisi global (Maruthi dan Rashmi, 2015). Agar tetap kompetitif, sebuah perusahaan harus menerapkan strategi atau konsep tertentu (Verrier et al., 2014). Penerapan strategi mencakup aspek yang sangat luas, baik internal maupun eksternal perusahaan. Bagi perusahaan manufaktur, salah satu area pengembangan strategi yang penting adalah dalam bidang produksi atau proses manufaktur itu sendiri.

Salah satu strategi atau pendekatan yang cukup sering dilakukan oleh perusahaan manufaktur dalam mempertahankan daya saingnya adalah *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* merupakan cara pandang yang membantu sebuah perusahaan dalam mengidentifikasi, mengurangi, dan mengeliminasi limbah (*waste*) menggunakan proses pemikiran jangka panjang serta pemecahan masalah melalui pembelajaran dan inovasi berkelanjutan (Liker, 2004). Konsep *lean manufacturing* merupakan pengembangan dari *Toyota Production System* (TPS) yang dilakukan oleh Toyota untuk bersaing dengan perusahaan-perusahaan otomotif Amerika sekitar tahun 1940 (Johansson dan Winroth, 2009).

Salah satu elemen dalam TPS adalah pengurangan waktu *setup*. Waktu *setup* adalah waktu yang diperlukan untuk mempersiapkan peralatan, mesin, dan sistem untuk beroperasi (*Business Dictionary*, 2015). *Setup* umumnya dilakukan

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

saat awal produksi atau saat terjadi pergantian jenis produk yang akan diproduksi di suatu stasiun kerja. Pengurangan waktu *setup* merupakan salah satu aplikasi *lean manufacturing* karena dapat mengurangi *waste* berupa waktu menganggur (*idle time*). Di sisi lain, pelaksanaan *setup* yang lebih singkat dapat meningkatkan efisiensi perusahaan. Aktivitas *setup* yang lambat tidak selalu berdampak signifikan pada setiap jenis perusahaan manufaktur. Dampak yang signifikan umumnya dirasakan pada produksi dengan volume rendah dan variasi tinggi (Shingo, 1985). Salah satu proses produksi yang merasakan dampak yang besar dari aktivitas *setup* adalah injeksi plastik (*The Rodon Group*, 2014).

Proses injeksi plastik (*injection molding*) adalah proses pengolahan bijih plastik menjadi komponen atau *part* plastik menggunakan mesin injeksi yang umum digunakan karena kemampuannya dalam menghasilkan tingkat produksi yang tinggi (*high production rate*). Dalam proses ini terdapat aktivitas *setup* berupa pergantian cetakan atau *mold* yang dikenal dengan aktivitas *changeover*. *Changeover mold* merupakan aktivitas pergantian cetakan pada suatu mesin injeksi pada saat akan memproduksi produk atau komponen yang berbeda. Aktivitas *changeover* diawali dengan proses penurunan *mold* lama dari mesin, pergantian atau penaikan *mold* yang baru, dan diakhiri dengan pengaturan parameter untuk mendapatkan kualitas produk yang baik.

Proses injeksi plastik dijumpai di PT XYZ sebagai produsen sepeda motor. Seksi *Plastic Injection* PT XYZ bertugas memproduksi *part* plastik untuk kerangka sepeda motor. Proses produksi yang ada melibatkan puluhan jenis *part* dan sejumlah mesin injeksi (*multi-part and multi-machine process*). Sebuah mesin injeksi dapat digunakan untuk memproduksi lebih dari satu jenis *part*, sehingga pergantian jenis *part* membutuhkan proses *changeover*. Proses *changeover* menghasilkan *waste* bagi PT XYZ berupa waktu mengganggur (*idle time*).

Tingginya *idle time* dapat mengurangi utilisasi pada mesin tersebut, sehingga mengurangi jumlah produk yang dapat dihasilkan dalam kurun waktu tertentu. Berdasarkan instruksi kerja *changeover mold* yang dimiliki PT XYZ saat ini, waktu yang dibutuhkan adalah sekitar 37 menit atau sebesar 7,7% dari waktu rata-rata efektif produksi dalam 1 *shift* kerja. Observasi lebih lanjut juga

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

menunjukkan durasi pelaksanaan *changeover* di lapangan yang sangat bervariasi dan cenderung lebih lambat, bahkan mencapai waktu 1 jam.

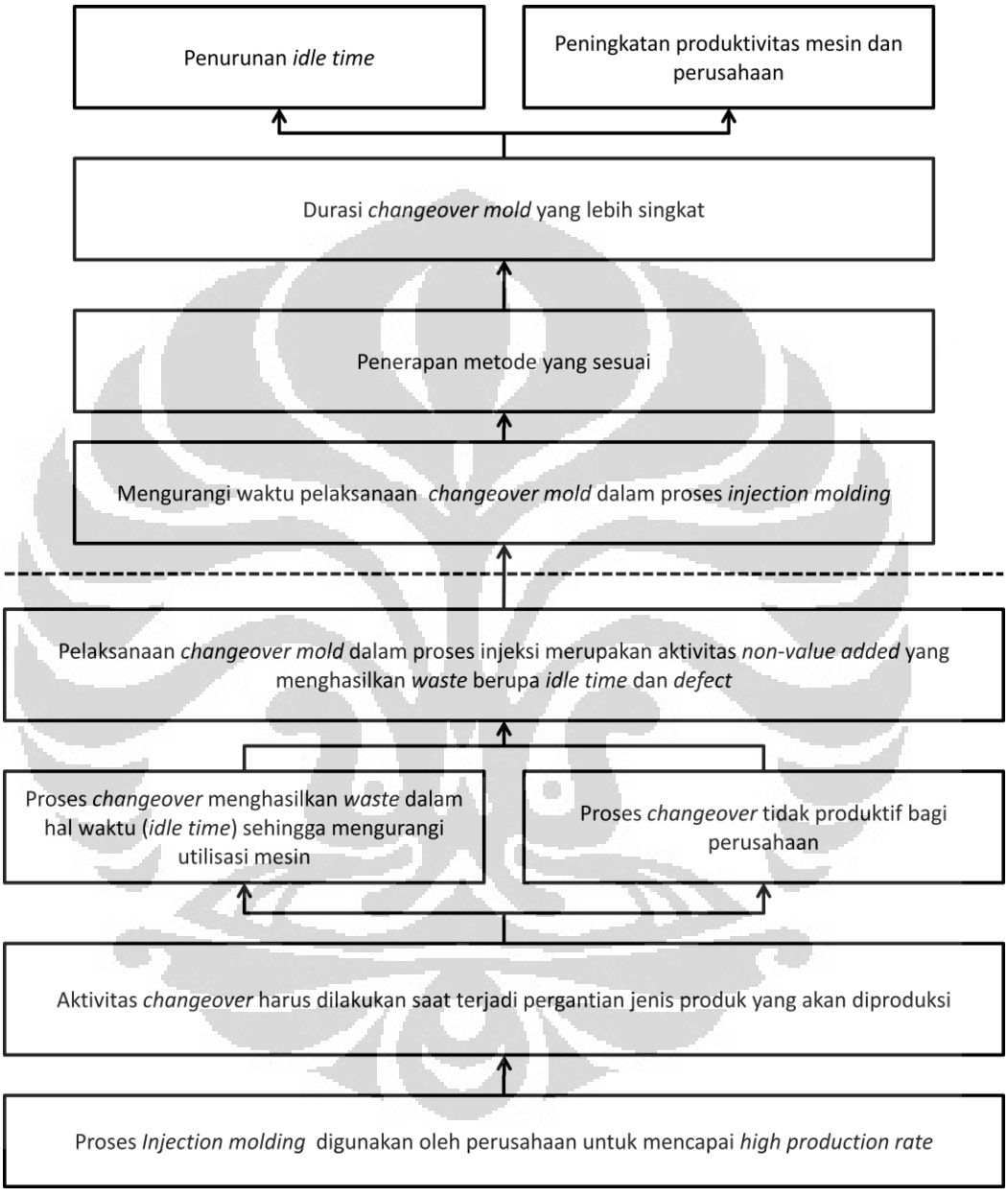
Sebuah metode yang sering digunakan dalam mengurangi durasi *setup* (*changeover*) adalah *Single Minute Exchange of Dies* (SMED). Metode yang dikembangkan oleh Shigeo Shingo ini berupaya mempercepat proses *changeover* dengan melakukan perbaikan terhadap tahapan aktivitas yang ada. Prinsip kerja SMED adalah mengurangi, menghilangkan, mempercepat aktivitas internal (aktivitas yang harus dilakukan pada saat mesin dalam kondisi mati) atau mengkonversinya menjadi aktivitas eksternal (aktivitas yang dapat dilakukan pada saat mesin dalam kondisi hidup) apabila memungkinkan (Shingo, 1985). Pendekatan metodologi SMED umumnya bersifat kualitatif dan terbuka terhadap perkembangan (Karasu et al., 2014).

Penelitian ini akan berfokus pada perbaikan waktu aktivitas pergantian cetakan (*changeover mold*) pada PT XYZ. Dengan kata lain, hasil utama penelitian yang hendak dicapai adalah pengurangan waktu *changeover mold*. Pengurangan waktu *changeover mold* akan mengurangi jumlah *idle time*, sehingga dapat meningkatkan utilisasi mesin dan produktivitas perusahaan secara menyeluruh.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berikut adalah diagram keterkatian masalah dalam penelitian ini.



Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah.

1.3 Rumusan Masalah

Proses penggantian cetakan yang dilakukan di PT XYZ membutuhkan waktu yang panjang. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengganti cetakan saat ini adalah 50 menit yang dinilai terlalu lama. Penggantian cetakan yang memakan waktu lama berdampak pada menurunnya produktivitas mesin dan perusahaan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi waktu penggantian cetakan dalam proses injeksi plastik di PT XYZ. Penelitian ini juga menganalisis dampak pengurangan waktu penggantian cetakan terhadap peningkatan produktivitas injeksi plastik PT XYZ dalam kurun waktu tertentu.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian diberikan untuk menjaga alur penelitian, sehingga hasil penelitian yang diperoleh bersifat spesifik, terarah, menjawab tujuan penelitian, serta mengurangi berbagai faktor baik internal maupun eksternal yang dapat menyebabkan biasnya hasil penelitian. Batasan penelitian yang digunakan adalah :

- Penelitian akan dilakukan terhadap seksi *Plastic Injection* di PT XYZ dengan rentang waktu penelitian yang diperkirakan adalah Maret-Mei 2016.
- Penelitian akan dilakukan terhadap mesin injeksi tertentu sesuai dengan pertimbangan dan analisis lebih lanjut.
- Penelitian akan dilakukan sesuai tahap-tahap metode *Single Minute Exchange of Dies (SMED).*

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

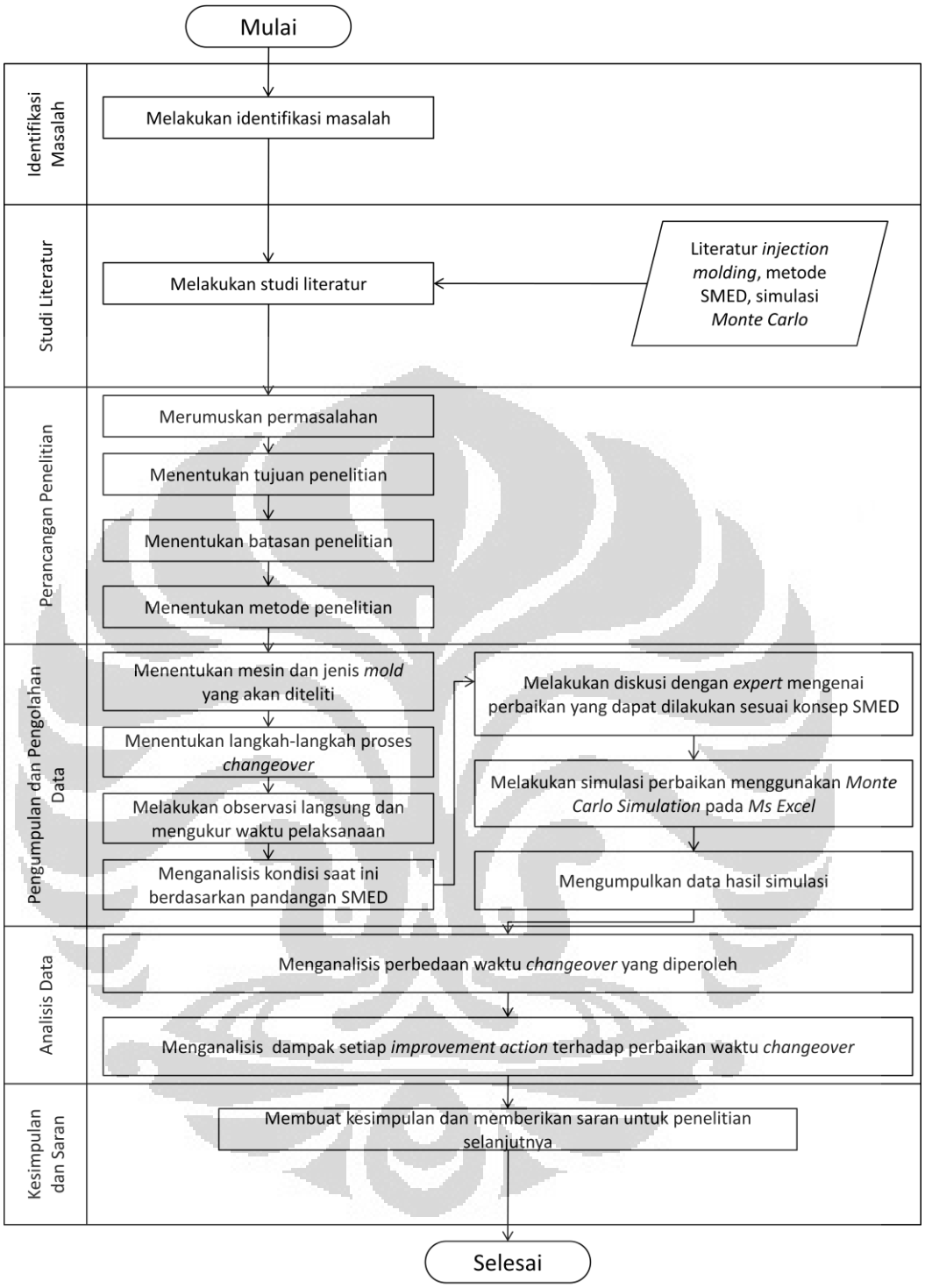
1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian berupa langkah-langkah penelitian terstruktur yang akan dilaksanakan selama penelitian berlangsung. Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Single Minute Exchange of Dies (SMED)*.

Pencarian data dilakukan dengan cara pengamatan langsung aktivitas *changeover*, pengukuran waktu kerja, wawancara, serta permintaan data sekunder pada PT XYZ. Data yang dikumpulkan antara lain berupa data produksi seksi *Plastic Injection* PT XYZ, data kapasitas mesin dan karakteristik cetakan atau *mold*, daftar aktivitas dalam melakukan proses *changeover*, dan data waktu untuk melakukan setiap komponen aktivitas *changeover*.

Metodologi penelitian secara garis besar terbagi dalam 6 bagian yaitu identifikasi masalah, studi literatur, perancangan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis data, serta kesimpulan dan saran. Berikut adalah diagram alir metodologi yang akan dilakukan :

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016



Gambar 1.2. Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terbagi dalam 5 bab yaitu Pendahuluan, Landasan Teori, Pengumpulan dan Pengolahan Data, Analisis Data, Kesimpulan dan Saran.

- Bab 1 Pendahuluan

  Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan, tujuan, ruang lingkup, dan metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

- Bab 2 Landasan Teori

  Bab ini membahas dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

- Bab 3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

  Bab ini akan menyajikan keseluruhan data penelitian, aplikasi metode dalam penelitian, serta upaya perbaikan yang dilakukan.

- Bab 4 Analisis dan Pembahasan

  Bab ini akan menganalisis hasil penelitian.

- Bab 5 Kesimpulan dan Saran

  Bab ini akan memberikan kesimpulan dan saran penelitian untuk penelitian selanjutnya.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

BAB 2
LANDASAN TEORI

Pada bagian ini dijabarkan berbagai teori yang menunjang pelaksanaan penelitian. Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk menjaga validitas dan reliabilitas penelitian. Adapun beberapa studi literatur tersebut mencakup landasan teori mengenai *lean manufacturing*, tahap-tahap pelaksanaan metode SMED, pengenalan proses injeksi plastik, penelitian kerja, serta simulasi *Monte Carlo*.

2.1 Lean Manufacturing

Konsep *lean manufacturing* dikembangkan untuk memaksimalkan utilisasi terhadap segala sumber daya dengan berfokus pada minimalisasi *waste* (Sundar et al., 2014). *Lean manufacturing* merupakan cara pandang yang membantu sebuah perusahaan dalam mengidentifikasi, mengurangi, dan mengeliminasi limbah (*waste*) menggunakan proses pemikiran jangka panjang serta pemecahan masalah melalui pembelajaran dan inovasi berkelanjutan (Liker, 2004). Konsep *lean manufacturing* merupakan pengembangan dari *Toyota Production System* (TPS) yang dilakukan oleh Toyota untuk bersaing dengan perusahaan-perusahaan otomotif Amerika sekitar tahun 1940 (Johansson dan Winroth, 2009).

TPS memiliki 14 prinsip manajemen menurut Liker (2004) yaitu :

- Mendasari manajemen pengambilan keputusan berdasarkan filosofi jangka panjang
- Membuat alur proses kontinu untuk mengangkat masalah ke permukaan
- Menggunakan sistem tarik (*pull system*) untuk menghindari produksi berlebih
- Perataan beban kerja (*heijunka*)
- Mambangun budaya memperbaiki masalah untuk mendapatkan kualitas yang baik sejak awal
- Standarisasi *task* adalah fondasi perbaikan berkelanjutan dan pemberdayaan pekerja

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

- Menggunakan kontrol visual agar tidak ada masalah yang tersembunyi
- Menggunakan teknologi yang dapat diandalkan dan bermanfaat bagi proses dan manusia
- Menumbuhkan pemimpin yang mengerti dan menjalankan filosofi organisasi serta mampu mengajarkannya kepada orang lain
- Mengembangkan individu dan tim yang luar biasa dalam menjalankan filosofi perusahaan
- Menghargai hubungan dengan rekan kerja dan supplier dengan cara menantang dan membantu mereka dalam melakukan *improvement*
- Melihat sendiri secara langsung untuk memahami suatu situasi (*genchi genbutsu*)
- Membuat keputusan secara perlahan dengan mempertimbangkan segala pilihan: implementasikan secara cepat (*nemawashi*)
- Menjadi organisasi yang terus belajar melalui refleksi dan perbaikan berkelanjutan (*kaizen*).

Liker (2004) memandang kegiatan mengeliminasi *waste* sebagai inti dari TPS (*the heart of the Toyota Production System*). *Waste* yang dimaksud adalah segala jenis buangan yang merugikan organisasi atau perusahaan yaitu :

- *Overproduction*, produksi berlebih ketika tidak ada perintah atau *order*
- *Waiting time*, waktu yang terbuang karena menunggu proses selanjutnya, penggantian lot produksi, *bottleneck* kapasitas, kekurangan stok, dan sebagainya
- *Unnecessary transport or conveyance*, transportasi yang panjang dan tidak efisien dalam memindahkan material, WIP, produk, dan lain-lain
- *Overprocessing or incorrect processing*, langkah-langkah pemrosesan yang tidak diperlukan atau proses produksi yang tidak efisien
- *Excess inventory*, kelebihan bahan baku, WIP, dan barang jadi yang menimbulkan biaya penyimpanan serta dapat mengakibatkan kerusakan (*damaged goods*).
- *Unnecessary movement*, segala pergerakan yang tidak diperlukan dan dapat dihindari misalnya mencari komponen yang hilang
- *Defects*, produk cacat yang tidak sesuai standar produksi

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

- *Unused employee creativity*, segala ide, kemampuan, waktu, dan peluang yang hilang akibat tidak mendengarkan atau memperhatikan pekerja.

Salah satu jenis *waiting time* adalah waktu *setup*. Waktu *setup* dialami pada saat awal produksi atau saat terjadi penggantian lot produksi. Oleh karena itu, waktu *setup* adalah salah satu *waste* yang bersifat merugikan bagi organisasi.

2.2 *Single Minute Exchange of Dies* (SMED)

Metode *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) adalah metode yang paling sering digunakan dalam rangka mengurangi durasi *setup* (Ferradas dan Salonitis, 2013). Pengertian aktivitas *setup* menurut Jacobs dan Chase (2014) adalah aktivitas mempersiapkan mesin untuk membuat suatu item. *Setup* dalam proses manufaktur berarti segala aktivitas yang diperlukan untuk mempersiapkan suatu alat produksi atau mesin agar dapat menghasilkan suatu jenis produk. Waktu *setup* adalah durasi waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktivitas *setup*. Aktivitas *setup* banyak dilakukan pada saat awal produksi atau saat terjadi pergantian jenis produk yang akan diproduksi pada sebuah mesin (Shingo, 1985).

2.2.1 Aktivitas *Setup* Sebelum Berkembangnya SMED

Di masa lalu, para manajer atau pimpinan perusahaan menganggap produksi dengan volume kecil dan variasi tinggi sebagai salah satu tantangan terberat dalam dunia manufaktur (Shingo, 1985). Produksi dengan tipe seperti ini berkembang karena meningkatnya permintaan dan ekspektasi pelanggan terhadap fitur-fitur berbeda pada suatu produk (Lau, 1995). Peningkatan variasi dari suatu produk diikuti dengan menurunnya kuantitas permintaan pada setiap jenis produk, sehingga volume produksi untuk spesifikasi produk tertentu berkurang. Aktivitas produksi yang terdiversifikasi membutuhkan banyak proses *setup* (Singo, 1985). Fasilitas yang tersedia, misalnya mesin-mesin produksi, sering digunakan untuk memproduksi lebih dari satu jenis produk. Pergantian jenis produk yang diproduksi pada alat atau mesin yang sama inilah yang membutuhkan proses *setup*,

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

atau yang juga dikenal dengan proses *changeover*. Pengertian *changeover* menurut *Cambridge Dictionary* adalah proses pergantian dari suatu sistem atau metode menjadi sistem atau metode lain. Dapat disimpulkan bahwa *changover* adalah aktivitas *setup* di mana terjadi pergantian dari komponen sistem tersebut.

Aktivitas *setup* adalah aktivitas yang tidak produktif bagi perusahaan manufaktur (Karasu, 2013). Akar permasalahan yang dihadapi sistem manufaktur tradisional bukanlah banyaknya variasi produk, melainkan tingginya jumlah *setup* yang diperlukan untuk memproduksi varian-varian produk tersebut dalam jumlah lot yang kecil (Shingo, 1985). Sebagai akibatnya, sistem manufaktur tradisional cenderung menerapkan prinsip memperbesar lot untuk mengurangi jumlah *setup*. Memperbesar ukuran lot memang dapat mengurangi jumlah pelaksanaan *setup* yang diperlukan, misalnya dalam contoh kasus berikut.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Setup Time	Lot Size	Principal Operation Time Per Item	Operation Time	Ratio (%)	Ratio (%)
4 hrs.	100	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 \times 60}{100} = 3.4 \text{ min.}$	100	
4 hrs.	1,000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 \times 60}{1.000} = 1.24 \text{ min.}$	36	100
4hrs.	10,000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 \times 60}{10.000} = 1.024 \text{ min.}$	30	83

Setup Time	Lot Size	Principal Operation Time Per Item	Operation Time	Ratio (%)	Ratio (%)
8 hrs.	100	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{8 \times 60}{100} = 5.8 \text{ min.}$	100	
8 hrs.	1,000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{8 \times 60}{1.000} = 1.48 \text{ min.}$	26	100
8 hrs.	10,000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{8 \times 60}{10.000} = 1.048 \text{ min.}$	18	71

Setup Time	Setup Time Saved	Work Day	Days Saved
4 hours	4 × 9 = 36 hours	8 hours	4.5
8 hours	8 × 9 = 72 hours	8 hours	9

Gambar 2.1. Kasus Pengurangan Jumlah *Setup*

Sumber : Shingo, 1985

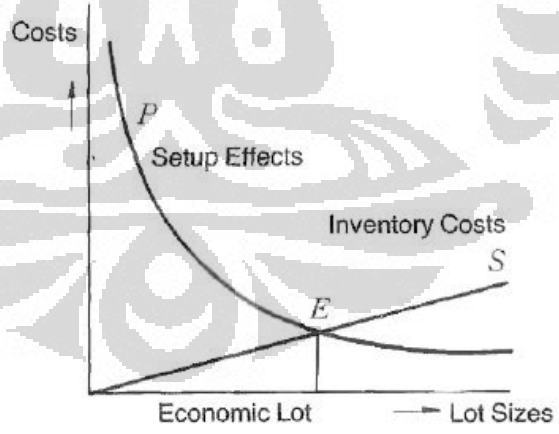
Misalkan suatu mesin memproduksi dengan ukuran lot 100 unit dengan waktu *setup* atau *changeover* yang dibutuhkan untuk mengganti produk selama 4 jam. Apabila memperhitungkan total waktu operasi dan waktu *setup*, sebuah produk dihasilkan dalam waktu rata-rata 3,4 menit. Apabila perusahaan memperbesar ukuran lot menjadi 1.000 unit, waktu rata-rata untuk menghasilkan sebuah produk menjadi 1,24 menit atau tereduksi sebesar 64%. Untuk ukuran waktu *setup* yang lebih besar (8 jam), dampak perbesaran ukuran lot sepuluh kali lipat memberikan hasil reduksi yang lebih besar (74%). Jumlah waktu mengganggur (*idle time*) yang dikurangi seiring dengan berkurangnya jumlah *setup* juga meningkat apabila durasi *setup* bertambah besar (tabel ketiga). Hal-hal tersebutlah yang menyebabkan metode memperbesar ukuran lot digemari pada sistem manufaktur

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

tradisional. Meski demikian, ada dua hal penting yang menjadi titik kelemahan metode ini.

Pertama, berlakunya *law of deminishing return*. Apabila ukuran lot diperbesar kembali dari 1.000 unit menjadi 10.000 unit, terlihat bahwa penurunan rasio tidak terlalu signifikan, yaitu hanya sebesar 6% dibandingkan penurunan sebelumnya sebesar 64% (ketika ukuran lot diperbesar dari 100 unit menjadi 1.000 unit).

Kedua, permasalahan inventori. Hal ini yang tidak terlihat langsung pada kasus, namun kenyataannya berdampak signifikan terhadap performa manufaktur. Memperbesar ukuran lot berarti memproduksi produk yang sama dengan jumlah yang lebih tinggi pada saat bersamaan. Hal tersebut menyebabkan kelebihan inventori (*excess inventory*) yang memakan biaya. Oleh karena itu muncul konsep *economic lot*, yang melihat titik ekonomis dari ukuran lot dan inventori. Konsep lot ekonomis terlihat baik secara teori, namun masih menyisakan kelemahan, yaitu bahwa pengurangan waktu yang drastis tidak mungkin dicapai (Shingo, 1985).



Gambar 2.2. Strategi *Economic Lot*

Sumber : Shingo, 1985

2.2.2 Sejarah SMED

Sejarah lahirnya metode SMED berawal dari tahun 1950-an ketika Shigeo Shingo melakukan survei perbaikan di pabrik *Toyo Kogyo's Mazda* di Hiroshima (Shingo, 1985). Perusahaan tersebut mengalami kendala *bottleneck* pada mesin *large body-molding press*. Penelitian Shingo menunjukkan bahwa rendahnya kapasitas mesin tersebut disebabkan karena durasi pergantian cetakan (*changeover*) yang lambat. Shingo menemukan prinsip dasar SMED, yaitu bahwa operasi *setup* terbagi 2 secara fundamental yaitu *internal setup* (IED) yang hanya dapat dilakukan saat mesin berhenti beroperasi dan *eksternal setup* (OED) yang dapat dilakukan saat mesin beroperasi (Shingo, 1985).

Penelitian Shingo berikutnya pada tahun 1957 menemukan dasar lain dalam SMED, yaitu mengkonversi atau mengubah aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal. Penelitian pada *Mitsubishi Heavy Industry* tersebut mengubah aktivitas penandaan dan *centering* pada *planer* mesin menjadi aktivitas eksternal dengan cara mengnstalasi *planer* kedua sehingga aktivitas *centering* dapat dilakukan secara terpisah. Perbaikan ini mampu meningkatkan produktivitas sebesar 40% (Shingo, 1985).

Penelitian-penelitian lain yang dilakukan Shingo selama 19 tahun terus mengembangkan konsep SMED, diantaranya standarisasi peralatan *setup*. Shingo (1985) menyebut SMED sebagai metode pendekatan ilmiah untuk mengurangi waktu pelaksanaan *setup* yang dapat diterapkan pada perusahaan atau mesin apapun.

2.2.3 Bagian-bagian dalam Prosedur *Setup*

Bagian-bagian dalam prosedur *setup* seringkali dirasakan terlalu bervariasi. Shingo (1985) mengelompokkannya ke dalam 4 bagian sebagai berikut.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 2.1. Bagian-bagian dalam Prosedur *Setup*

No.	Operasi	Porsi Waktu
1	Persiapan, *after-process adjustment*, pengecekan bahan baku, *blades*, *dies*, *jigs*, *gauges*	30%
2	*Mounting and removing blades*	5%
3	*Centering*, *dimensioning*, dan pengaturan kondisi lainnya	15%
4	Uji coba (*trial runs*) dan penyesuaian	50%

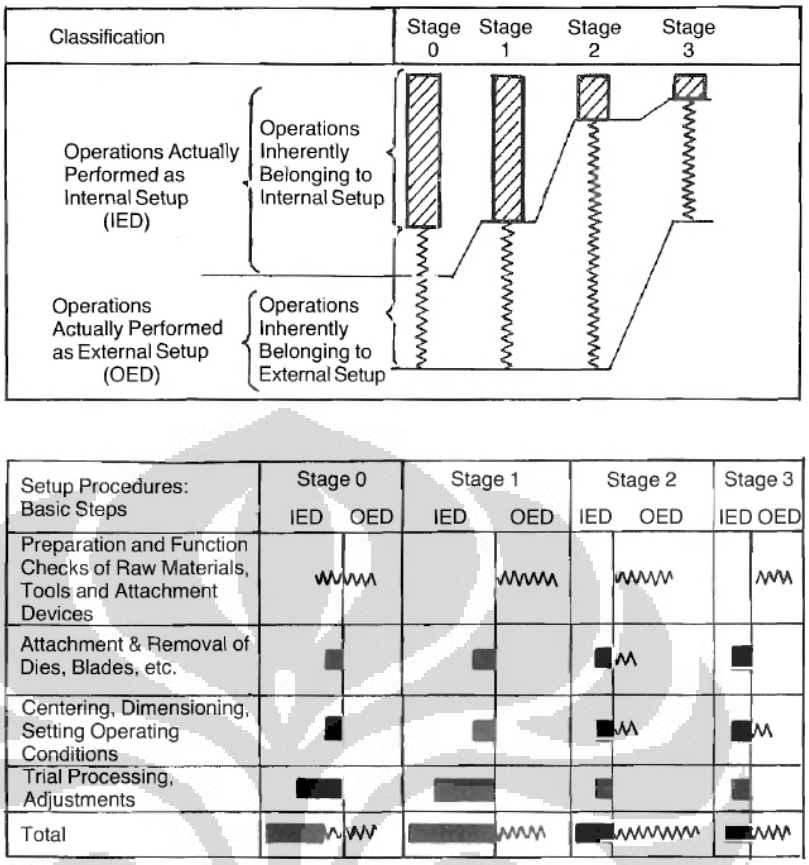
Sumber : Shingo, 1985

Bagian pertama memastikan seluruh *part* dan peralatan yang akan digunakan berfungsi dengan baik. Bagian kedua berisi pergantian komponen-komponen untuk memproduksi lot sebelumnya dengan komponen-komponen untuk memproduksi lot selanjutnya. Bagian ketiga merupakan tahap yang berkaitan dengan segala aktivitas pengukuran dan kalibrasi yang diperlukan untuk menjalankan operasi produksi selanjutnya. Bagian terakhir merupakan tahap uji coba untuk mendapatkan produk dengan kualitas yang diinginkan, serta dilakukan penyesuaian apabila diperlukan.

2.2.4 Tahap 1 SMED : Memisahkan *Internal Setup* dan *External Setup*

Metode SMED terdiri atas 3 tahap konseptual (Shingo, 1985). Gambar berikut menunjukkan tahapan metode SMED beserta perkembangan durasi *setup* pada masing-masing tahap.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016



Gambar 2.3. Tahap-tahap Konseptual Metode SMED

Sumber : Shingo, 1985

Pada tahap awal (tahap 0) atau *preliminary stage*, tidak ada definisi yang jelas akan pengolongan suatu aktivitas *setup*, apakah termasuk aktivitas internal atau aktivitas eksternal. Sebagai akibatnya, banyak aktivitas yang pada dasarnya merupakan aktivitas eksternal namun dilaksanakan secara internal sehingga menimbulkan *idle time* pada mesin.

Tahap pertama SMED adalah menbedakan, memisahkan, serta mengelompokkan aktivitas-aktivitas *setup* ke dalam aktivitas internal dan aktivitas eksternal (Shingo, 1985). Aktivitas internal adalah aktivitas yang harus dilakukan pada saat mesin berhenti beroperasi. Aktivitas eksternal adalah aktivitas yang dapat dilakukan pada saat mesin sedang beroperasi. Dampak dari pelaksanaan tahap pertama ini mampu mengurangi durasi pelaksanaan *setup* internal hingga 30-50%.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Penggolongan suatu aktivitas ke dalam kelompok aktivitas internal atau eksternal harus dilakukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan (*actual shop floor study*) (Shingo, 1985).

2.2.5 Tahap 2 SMED : Mengkonversi *Internal Setup* Menjadi *External Setup*

Tahap kedua SMED adalah mengkonversi aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal. Shingo (1985) mengemukakan dua hal penting dalam mengkonversi aktivitas *setup* :

- Memeriksa kembali aktivitas, apakah aktivitas tersebut disalah artikan sebagai aktivitas internal
- Mencari cara mengubah suatu aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal.

Upaya mengkonversi aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal bersifat terbuka. Upaya tersebut dapat dilakukan selama *feasible* dan tidak berbahaya bagi keselamatan kerja. Upaya-upaya yang dapat dilakukan antara lain *pre-heating dies* dan standarisasi fungsi. Shingo menjabarkan tahap ini kedalam beberapa contoh kasus, misalnya :

- *Trial shots* pada mesin *die-casting* yang dilakukan secara internal dengan memanaskan cetakan menggunakan lelehan logam. Aktivitas tersebut diubah menjadi aktivitas eksternal dengan menggunakan pemanas listrik untuk memanaskan cetakan sebelum proses *setup* dimulai.
- Standarisasi fungsi pada *press die* dengan dua jenis cetakan (*mold*) berbeda. Dengan melakukan aktivitas eksternal yaitu memasang pengganjal pada *mold* yang lebih kecil, aktivitas internal mengatur ketinggian *clamp* dapat dihilangkan.

2.2.6 Tahap 3 SMED : Memperlancar Seluruh Aspek Operasi *Setup*

Tahap ketiga SMED memerlukan analisis mendalam untuk memperlancar atau mempercepat (*streamlining*) seluruh aspek *setup*. Tahap ini terbagi atas upaya mempercepat pelaksanaan aktivitas

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

internal dan upaya mempercepat pelaksanaan aktivitas eksternal. Pada umumnya perusahaan-perusahaan berfokus pada upaya mempercepat aktivitas internal karena aktivitas tersebut mempengaruhi secara langsung durasi *setup*. Meski demikian, upaya mempercepat aktivitas eksternal juga dapat memperlancar keseluruhan proses *setup* (Shingo, 1985).

Menurut *leanindonesia.com* (2015) beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memperbaiki (*improve*) proses *setup* antara lain :

- Kesalahan dan kekurangan peralatan, verifikasi yang tidak mencukupi sehingga menyebabkan penundaan
- Mesin yang tidak lengkap sehingga mengakibatkan penundaan dan pengerjaan ulang (*rework*)
- Proses pengaturan yang membutuhkan waktu lama
- Kurangnya penandaan visual untuk penempatan *part* pada mesin
- Kurangnya standarisasi fungsi, misalnya penggunaan baut yang berbeda-beda untuk mengencangkan.
- Pergerakan operator yang tidak efisien saat pelaksanaan *setup*
- Titik penempelan yang terlalu banyak, misalnya menggunakan 10 pengencang padahal 8 pengencang sudah cukup
- Proses pengencangan membutuhkan waktu yang lama
- Perlu memanggil tenaga ahli khusus saat pelaksanaan *setup*

Shingo (1985) menyatakan bahwa tahap kedua dan ketiga SMED tidak harus dilakukan secara berurutan, melainkan dapat pula dilakukan secara simultan. Dampak dan manfaat SMED secara penuh baru dapat dirasakan setelah dilakukan analisis mendalam terhadap ketiga tahap konseptual tersebut. Berbagai teknik yang efektif dapat diterapkan di setiap tahap untuk menghasilkan perbaikan yang drastis pada waktu *setup* serta peningkatan produktivitas yang signifikan bagi perusahaan.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

2.3 Proses Injeksi Plastik

Plastik adalah bahan baku yang sering digunakan dalam proses manufaktur (*The Rodon Group*, 2014). Proses injeksi plastik atau yang dikenal dengan *plastic injection molding* adalah proses manufaktur plastik untuk memproses biji plastik menjadi berbagai bentuk atau produk yang diinginkan. Kelebihan yang dimiliki *plastic injection molding* sebagai proses manufaktur adalah (*The Rodon Group*, 2014):

- Tingkat produksi yang tinggi (*high production rate*)
- Biaya pekerja yang rendah
- Kehilangan material (*material loss*) yang minimal
- Aktivitas *finishing* yang minimal.

Aplikasi penggunaan plastik sangat luas, mulai dari pembuatan *part* untuk produk otomotif hingga pembuatan bagian tubuh manusia. Oleh karena itu diperlukan proses *molding* yang tepat sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. *The Rodon Group* (2014) menjabarkan jenis-jenis *plastic molding* yaitu :

- *Blow Molding*, digunakan untuk objek berongga, misalnya botol
- *Compression Molding*, digunakan untuk objek dengan ukuran yang lebih besar seperti *auto parts*
- *Extrusion Molding*, digunakan untuk objek berongga yang panjang seperti pipa, sedotan, tabung, dan sebagainya
- *Injection Molding*, digunakan untuk proses manufaktur *part* dengan volume dan kualitas tinggi.

Dalam kasus penelitian ini, proses injeksi plastik di PT XYZ adalah *injection molding* menggunakan mesin injeksi horizontal. Cara kerja proses injeksi terbagi atas 5 tahap yaitu :

- Menutup cetakan (*mold close*)
- Pengisian atau injeksi (*fill injection*)
- Injeksi menahan (*holding injection*)
- Pengisian dan pendinginan (*charging and cooling*)
- Membuka cetakan (*mold open*).

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Sebuah mesin injeksi dapat digunakan untuk memproduksi lebih dari 1 jeni produk. Setiap jenis produk memiliki cetakan (*mold*) yang berbeda. Proses pergantian cetakan atau *changeover mold* dilakukan saat sebuah mesin injeksi dijadwalkan untuk memproduksi *part* yang berbeda dari sebelumnya. Proses *changeover mold* pada dasarnya terdiri atas tahap persiapan, pelepasan dan penurunan *mold* lama dari mesin, penaikan dan pemasangan *mold* baru pada mesin, serta tahap penyelesaian. Sesuai dengan definisi aktivitas *setup* menurut Jacobs dan Chase (2014), aktivitas *changeover mold* dalam proses injeksi plastik merupakan aktivitas *setup*.

2.4 Pengukuran Kerja (*Work Measurement*)

Definisi pengururan kerja menurut Kanawaty (1992) adalah teknik mengukur waktu yang dibutuhkan oleh pekerja terkualifikasi (*qualified worker*) untuk menyelesaikan suatu tugas dalam tingkat kerja (*rate of working*) tertentu. Tujuan dari pengukuran kerja adalah :

- Membandingkan efisensi kerja dari beberapa alternatif metode
- Menyeimbangkan kerja para anggota dalam suatu tim sehingga setiap anggota memiliki durasi kerja yang setara
- Menentukan jumlah mesin yang dapat dioperasikan oleh seorang pekerja
- Memberikan dasar pertimbangan dalam perencanaan dan kontrol produksi, desain *layout*, dan sistem kontrol inventori JIT
- Memberikan informasi untuk memperkirakan tender, harga jual, dan tanggal pengiriman
- Memberikan standar bagi utilisasi mesin dan performa tenaga kerja
- Memberikan informasi untuk mengontrol biaya tenaga kerja.

Prosedur standar dalam pengukuran kerja terbagi atas 6 tahap yaitu *select*, *record*, *examine*, *measure*, *compile*, dan *define*. Tahap pertama adalah memilih jenis pekerjaan yang akan diukur. Tahap kedua adalah mengumpulkan seluruh data yang relevan terkait pekerjaan tersebut beserta metode dan elemen aktivitasnya. Tahap ketiga adalah memeriksa data yang terkumpul untuk memastikan metode dan gerakan yang paling efektiflah yang digunakan untuk

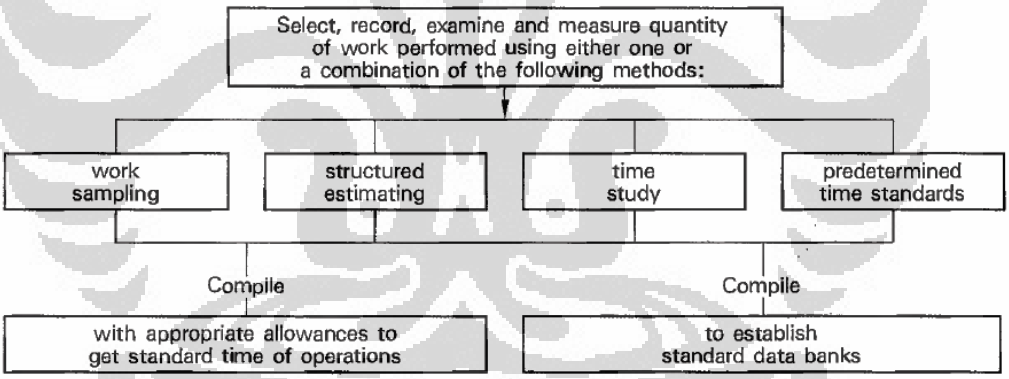
Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

melakukan pekerjaan tersebut. Tahap keempat adalah mengukur waktu pelaksanaan setiap elemen kerja. Tahap kelima adalah menghitung dan mengumpulkan waktu standar dari keseluruhan operasi atau aktivitas. Tahap keenam adalah mendefinisikan secara detil rangkaian aktivitas kerja, metode yang digunakan, serta waktu standar dari aktivitas tersebut.

Berdasarkan definisi yang diberikan, *work measurement* merupakan sekumpulan teknik atau metode pengukuran kerja. Teknik-teknik pengukuran kerja yang tersedia menurut Kanawaty (1992) antara lain :

- *Work sampling*
- *Structured estimating*
- *Time study*
- *Predetermind time standards (PTS)*

Teknik yang paling sering digunakan adalah *work sampling* dan *time study*. Berikut merupakan diagram teknik utama dalam melakukan pengukuran kerja.



Gambar 2.4. Teknik-teknik Pengukuran Kerja

Sumber : Kanawaty, 1992

2.4.1 *Work Sampling*

Work sampling merupakan metode untuk menentukan persentase kemunculan suatu aktivitas menggunakan sampel statistik dan observasi acak (Kanawaty, 1992). *Work sampling* didasari oleh prinsip probabilitas, yaitu tingkat kemungkinan munculnya kejadian tertentu. Ukuran sampel sangat menentukan tingkat representasi data.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

2.4.2 Time Study

Time study adalah teknik pengukuran kerja dengan merekam waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu aktivitas atau elemen-elemen aktivitas dalam kondisi tertentu (Kanawaty, 1992). Analisis *time study* dilakukan untuk menentukan waktu standar yang dibutuhkan oleh operator untuk melakukan aktivitas tersebut dalam tingkat performa tertentu. Pengukuran kerja dilakukan menggunakan *stopwatch*. Tahap-tahap dalam melakukan *time study* adalah :

- Mengumpulkan seluruh informasi yang berkaitan dengan pekerjaan yang akan diukur
- Membagi pekerjaan ke dalam elemen-elemen kerjanya
- Menentukan jumlah sampel
- Melakukan pengukuran dengan alat ukur (*stopwatch*)
- Menentukan *performance rating* dari operator berdasarkan pandangan pengamat
- Menghitung *basic time* (*normal time*) dari hasil observasi (*observed time*)
- Menentukan *allowance* atau kelonggaran yang diijinkan
- Menentukan waktu standar dari aktivitas atau operasi tersebut.

Dalam menentukan jumlah sampel, peneliti harus terlebih dahulu mengambil sejumlah data waktu. Dari data awal yang terkumpul, peneliti dapat menguji kecukupan sampel data menggunakan formula :

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \qquad (2.1)$$

di mana *n* adalah jumlah sampel yang dibutuhkan, *n'* adalah jumlah sampel awal, dan *x* data waktu yang terukur. Nilai *n* yang lebih besar dari *n*' menunjukkan bahwa pengambilan data awal tidak cukup dalam tingkat keyakinan 95,45%. Namun hal tersebut tidak menjamin bahwa sampel menjadi cukup setelah pengambilan data lebih lanjut sebanyak

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

n – n'. Pengujian kecukupan sampel harus terus dilakukan hingga tercapai kondisi *n* yang lebih kecil atau sama dengan *n'*.

Dalam *time study* dikenal tiga istilah waktu yaitu waktu observasi atau *observed time* (OT), waktu normal atau *normal time* (NT) yang disebut juga *basic time*, dan waktu standar atau *standard time* (ST). Waktu observasi adalah waktu rata-rata untuk menyelesaikan percobaan yang didapat secara langsung dari pengamatan dengan bantuan *stopwatch*. Waktu normal adalah waktu yang dibutuhkan oleh operator dalam melaksanakan perkerjaan tersebut. Waktu normal dapat ditentukan dengan memberikan *rating* (R) pada waktu observasi dengan hubungan :

$$NT = OT \times \frac{R}{100} \tag{2.2}$$

Rating merupakan penilaian yang diberikan oleh pengamat terhadap performa operator dalam melaksanakan tugasnya. *Rating* 100 umumnya diberikan pada operator yang bekerja dengan performa rata-rata atau sesuai standar. Apabila operator bekerja lebih keras dengan performa yang baik, nilai R akan lebih besar dari 100. Sebaliknya, operator yang bekerja dengan performa yang buruk memiliki nilai R kurang dari 100. Berikut merupakan skala *rating* yang umum digunakan (Kanawaty, 1992).

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 2.2. Berbagai Skala dalam Menentukan Nilai *Rating*

Scales				Description
60-80	75-100	100-133	0-100 (Std)	
0	0	0	0	No activity
40	50	67	50	Very slow; clumsy, fumbling movements; operative appears half asleep, with no interest in the job
60	75	100	75	Steady, deliberate, unhurried performance, as of a worker not on piece work but under proper supervision; looks slow, but time is not being intentionally wasted while under observation
80	100	133	100 (Standard Rating)	Brisk, business-like performance as of an average qualified worker on piece work; necessary standard of quality and accuracy achieved with confidence
100	125	167	125	Very fast; operative exhibits a high degree of assurance, dexterity and coordination of movement, well above that of an average trained worker
120	150	200	150	Exceptionally fast; requires intense effort and concentration, and is unlikely to be kept up for long periods; a "virtuoso" performance achieved only by a few outstanding workers

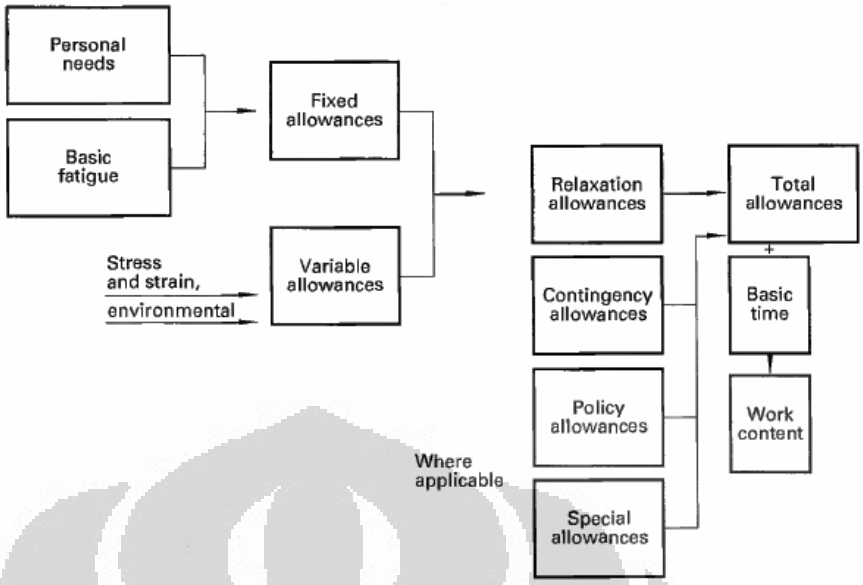
Sumber : Kanawaty, 1992

Waktu standar adalah waktu yang diharapkan pada operator untuk menyelesaikan suatu aktivitas. Waktu standar diperoleh dengan menambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) pada waktu normal :

$$ST = NT(1 + Allowance) \qquad (2.3)$$

Kelonggaran diberikan pada aktivitas-aktivitas repetitif, misalnya dalam kegiatan produksi pada perusahaan manufaktur. Berikut merupakan hal-hal yang sering disertakan dalam menghitung *allowance*.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016



Gambar 2.5. Jenis-jenis *Allowance*

Sumber : Kanawaty, 1992

2.5 Simulasi *Monte Carlo*

Nama *Monte Carlo* pertama kali digunakan pada penelitian senjata nuklir di Los Alamos sekitar tahun 1940 (Kalos dan Whitlock, 2008). Simulasi *monte carlo* adalah sebuah teknik simulasi probabilistik yang banyak digunakan dalam menentukan dampak risiko dan ketidakpastian dalam bidang finansial, manajemen proyek, biaya, dan sebagainya. Simulasi *Monte Carlo* memodelkan ketidakpastian sistem dengan jumlah percobaan atau replikasi yang sangat besar. Oleh karena itu, penggunaan metode *Monte Carlo* memerlukan sejumlah besar bilangan acak. Hal tersebut dipermudah dengan perkembangan pembangkit bilangan pesudo-acak yang jauh lebih cepat dan praktis dibandingkan dengan metode sebelumnya yang menggunakan tabel bilangan acak untuk sampling statistik.

Dalam mengembangkan model peramalan (*forecasting model*) selalu terdapat asumsi. Asumsi tersebut dapat berupa biaya proyek, durasi pelaksanaan aktivitas, dan lain-lain. Nilai aktual tidak dapat ditentukan secara tepat, namun berdasarkan data historis dan pengalaman di lapangan, kita dapat melakukan estimasi. Dalam beberapa kasus sangat mungkin dilakukan estimasi terhadap jangkauan (*range*) dari nilai. Apabila *range* sulit ditentukan, data historis dapat

digunakan untuk melihat karakteristik seperti tipe distribusi data, nilai rata-rata, dan varians data. Karakteristik tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam membangkitkan bilangan acak dalam simulasi.

Pada saat ini telah tersedia berbagai perangkat lunak untuk melakukan simulasi *Monte Carlo*. Cara paling sederhana dalam melakukan simulasi *Monte Carlo* adalah dengan menggunakan program *Ms. Excel*. Bilangan acak dapat dibangkitkan mengguanakan formula randomisasi =RAND(). Fungsi tersebut dikombinasikan dengan fungsi lain agar nilai acak yang terbentuk sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Misalnya, apabila ingin mendapatkan nilai acak yang terdistribusi secara *uniform* dalam *range* tertentu dapat menggunakan formula :

$$= RAND() * (Range\ atas - Range\ bawah) + Range\ bawah \qquad (2.4)$$

Apabila ingin mendapatkan nilai acak yang terdistribusi normal dengan nilai rata-rata dan varians tertentu dapat menggunakan formula :

$$= NORMINV(RAND(), \mu, \sigma^2) \qquad (2.5)$$

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

BAB 3
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi proses pengumpulan dan pengolahan data penelitian. Hal-hal yang dijabarkan dalam bagian ini adalah penentuan objek penelitian, kondisi pergantian *mold* saat ini, implementasi setiap tahap metode SMED, serta simulasi perbaikan.

3.1 Pemilihan Mesin sebagai Objek Penelitian

PT XYZ merupakan pelopor industri sepeda motor di Indonesia. Sebagai produsen sepeda motor, seksi PI bertugas memproduksi komponen-komponen atau *part* plastik untuk keperluan kerangka sepeda motor. PT XYZ memiliki beberapa fasilitas pabrik, namun penelitian ini hanya dilaksanakan di *Plant* 1 yang memproduksi 4 tipe sepeda motor. Keempat tipe sepeda motor tersebut diberi kode K41, K61, KYZ, dan K25G.

Proses produksi yang berlangsung di PI adalah *multi-machine and multi-part process*. Penerapan metode SMED untuk mengurangi waktu *changeover* dapat berbeda untuk masing-masing mesin. Hal tersebut dikarenakan berbagai faktor seperti layout pabrik, spesifikasi, dan umur mesin. Untuk menjaga konsistensi, penelitian dilakukan terhadap 1 mesin saja.

Saat ini PI memiliki 20 unit mesin injeksi yang beroperasi. Mesin-mesin tersebut digunakan untuk memproduksi sejumlah *part* untuk keempat tipe sepeda motor tersebut. Setiap *part* memiliki cetakan atau *mold* masing-masing. Berikut adalah daftar mesin injeksi yang beroperasi di PI serta jenis-jenis *part* yang diproduksi.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.1. Daftar Mesin Injeksi PI Maret 2016

M/C	Tipe	Mold No.				Total Mold	% MC
1	Toshiba IS 550 GS	9				1	54%
2	Toshiba IS 850 GT - 110A	32				1	58%
4	JSW J550SSII	1	2			2	59%
6	Toshiba IS 1050 GT - 81AM	29				1	89%
7	Toshiba IS 1050 GT - 81AM	18	19	20	36	4	102%
8	Toshiba IS 1050 GT - 81AM	34				1	88%
9	Toshiba IS 850 GTW -81A	30				1	89%
10	Toshiba IS 850 GT - 81A	33				1	64%
11	Toshiba IS 1050 GT -81AM	31				1	35%
12	Toshiba IS 650 E	22	28			2	54%
13	Toshiba IS 550 E	10	12	17		3	57%
15	Krauss Maffei 420 SP2700 C2	24				1	2%
16	Krauss Maffei 420 SP2700 C2	8				1	21%
17	Krauss Maffei 420 SP2700 C2	7				1	30%
18	Krauss Maffei 420 SP2700 C2	3	4			2	49%
19	Krauss Maffei 500 SP3500 C2	13	21	23		3	29%
20	Toshiba IS 450 GS i27 ; i29	5	6			2	52%
21	Toshiba IS 350 GS i29 ; i27	11	25	27		3	29%
22	Toshiba IS 350 GS i29	14	26			2	3%
25	Toshiba IS 550 E	15	16	35		3	92%

Sumber : PT XYZ

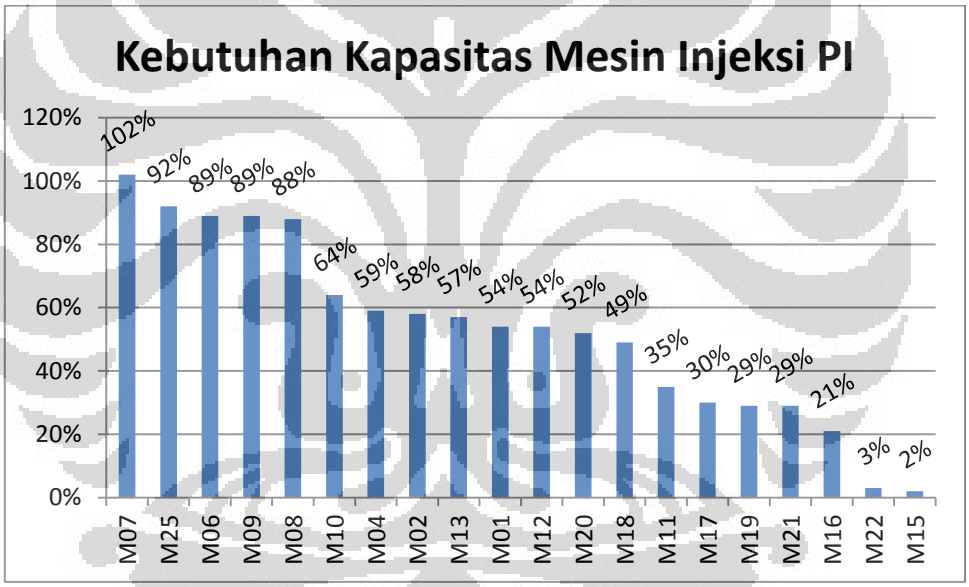
Tabel 3.2. Daftar *Mold* dan Kapasitas Produksi PI Maret 2016

No.	Tipe	Mold	Cavity	MC	Cap.	Order	Unit	Reject
1	K41	Cover Front Top 1	1	M04	1186	100%	657	6%
2	K41	Cover Front Top 2	1	M04	1186	0%	0	6%
3	K41	Cover Handle Front 1	1	M18	1428	100%	657	6%
4	K41	Cover Handle Front 2	1	M18	1428	0%	0	6%
5	K41	Cover Handle Rear 1	1	M20	1345	0%	0	6%
6	K41	Cover Handle Rear 2	1	M20	1345	100%	657	6%
7	K41	Cover Main Pipe Center 1	2	M17	2332	100%	657	6%
8	K41	Cover Tail 1	2	M16	3254	100%	657	6%
9	K41	Front Fender A 1	1	M01	1296	100%	657	6%
10	K41	Front Fender A 2	1	M13	1166	0%	0	6%
11	K41	Visor Front 1	2	M21	2691	100%	657	6%
12	K41	Cover R/L Side 1	1	M13	1272	100%	657	6%
13	K41	Cover Center 1	2	M19	2544	100%	657	2%
14	KYZ	Case, Drive Chain	2	M22	3109	100%	29	2%
15	KYZ	Cover Handle Front	1	M25	1399	100%	29	6%
16	KYZ	Cover Handle Rear	1	M25	1399	100%	29	6%
17	KYZ	Fender A Front	1	M13	1166	100%	29	6%
18	KYZ	Cover R Main Pipe Side	1	M07	1166	100%	29	6%
19	KYZ	Cover L Main Pipe Side	1	M07	1166	100%	29	6%
20	KYZ	Cover R/L Body	1	M07	1166	100%	29	6%
21	KYZ	Fender B Front	1	M19	1555	100%	29	2%
22	KYZ	Cover Main Pipe Upper	1	M12	1399	100%	29	2%
23	KYZ	Cover Front Body	2	M19	3109	100%	29	2%
24	KYZ	Louver R/L	1	M15	1627	100%	29	3%
25	KYZ	Cover Tail	2	M21	2798	100%	29	6%
26	KYZ	Cover Tail Under	1	M22	1555	100%	29	2%
27	KYZ	Cover Head Light	1	M21	1555	100%	29	6%
28	K61	Cover Center #1	2	M12	2691	100%	1381	2%
29	K61	C Under + C Fl Side R/L #1	1	M06	1272	80%	1105	2%
30	K61	Cover Front Lower #1	1	M09	1272	80%	1105	2%
31	K61	Cover Body R/L #1	1	M11	1128	27%	373	6%
32	K61	Cover Handle Front #1	2	M02	2544	100%	1381	6%
33	K61	Front Fender #1	2	M10	2294	100%	1381	6%
34	K61	Cover Front #1	1	M08	1166	70%	967	6%
35	K25G	Fender Front	1	M25	1249	100%	1038	6%
36	K25G	Cover Front	1	M07	1166	100%	1038	6%

Sumber : PT XYZ

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Data di atas diambil pada bulan Maret 2016, saat *Master Production Schedule* (MPS) untuk masing-masing tipe sepeda motor secara berturut-turut adalah 657, 1381, 29, dan 1038 unit. Tabel 3.2. menunjukkan prediksi *loading* PI yang diolah oleh bagian *engineering* setiap bulannya. Kapasitas dihitung berdasarkan waktu siklus produksi (*cycle time*) dan ketersediaan waktu kerja. Order merupakan persentase MPS yang harus dipenuhi oleh PI. Nilai order yang tidak 100% menunjukkan bahwa sebagian kebutuhan MPS diperoleh dengan bantuan sub-kontraktor. Berdasarkan perhitungan jumlah unit yang harus diproduksi dan jumlah *reject* yang diizinkan, diperoleh tingkat kapasitas yang dibutuhkan pada setiap mesin seperti ditunjukkan pada kolom paling kanan tabel 3.1. Kebutuhan kapasitas setiap mesin tersebut dapat diurutkan sebagai berikut.



Gambar 3.1. Kebutuhan Kapasitas Mesin PI berdasarkan MPS Maret 2016

Pada gambar 3.1. terlihat bahwa mesin 7 (M07) memiliki tingkat kebutuhan kapasitas tertinggi. Kondisi serupa dialami pada bulan-bulan lainnya karena sebuah *mold* tidak pernah dipasang pada 2 mesin yang berbeda. Penempatan *mold* pada mesin yang berbeda membutuhkan pengaturan lebih lanjut sehingga hal tersebut cenderung dihindari oleh perusahaan. Untuk mencapai tingkat kebutuhan kapasitas di atas 100%, dilakukan produksi *overtime* misalnya dengan memanfaatkan waktu istirahat. Karena M07 memiliki kebutuhan kapasitas

tertinggi dan bertugas memproduksi jenis *part* terbanyak (4 *mold*), maka objek penelitian menggunakan mesin M07 dengan jenis *mold* :

- K25G *Cover Front*, lebih lanjut akan disebut sebagai *mold* A
- KYZ *Cover R Main Pipe Side*, lebih lanjut akan disebut sebagai *mold* B
- KYZ *Cover L Main Pipe Side*, lebih lanjut akan disebut sebagai *mold* C
- KYZ *Cover R/L Body*, lebih lanjut akan disebut sebagai *mold* D

3.2 Kondisi Saat Ini (*Before* SMED)

3.2.1 Instruksi Kerja Pergantian *Mold*

Dalam melaksanakan aktivitas *changeover*, PI memiliki prosedur standar berupa Instruksi Kerja Penurunan *Mold*, Penaikan *Mold*, dan Pergantian *Mold* (IK-PEPO1-007). Aktivitas *changeover* dilakukan oleh 2 tenaga kerja (teknisi) yang bertugas secara paralel. Tenaga kerja 1 bekerja pada sisi operator (*operator side*) sedangkan tenaga kerja 2 bekerja pada sisi lainnya (*non-operator side*). Instruksi Kerja Penurunan *mold* adalah aktivitas pelepasan dan pengeluaran cetakan dari mesin, misalnya untuk keperluan *maintenance*, namun tidak diikuti dengan pemasangan *mold* lain pada mesin. Sebaliknya, Instruksi Kerja Penaikan *Mold* adalah aktivitas pemasangan cetakan pada mesin yang tidak didahului oleh aktivitas penurunan *mold*. Instruksi Kerja Pergantian *Mold* atau prosedur *changeover* yang diteliti adalah aktivitas penurunan *mold* yang segera dilanjutkan dengan penaikan *mold* yang baru pada mesin.

Prosedur pergantian *mold* dikelompokkan menjadi 4 kelompok aktivitas yaitu :

- Awal Kerja
- Penurunan *Mold*
- Penaikan *Mold*
- Akhir Kerja.

Penomoran setiap aktivitas menggunakan 3 digit dengan aturan sebagai berikut :

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

- Digit pertama menunjukkan tenaga kerja
- Digit kedua menunjukkan kelompok aktivitas
- Digit ketiga menunjukkan urutan aktivitas dalam setiap kolompok.

Tabel 3.3. Instruksi Kerja Pergantian *Mold*

	Tenaga Kerja 1			Tenaga Kerja 2		
	No.	Aktivitas	Durasi (s)	No.	Aktivitas	Durasi (s)
Awal Kerja	1.1.1	Pastikan kesesuaian antara *mold* dan *mesin*.	120	2.1.1	Pastikan kondisi *mold* dan mesin dalam kondisi OK.	120
	1.1.2	Persiapkan *tool set* dan peralatan pendukung (*termocontrol*, selang *core* jika dibutuhkan).	120	2.1.2	Persiapkan *mold*, mesin dan *crane* di lokasi mesin yang direncanakan.	120
Penurunan Mold	1.2.1	*Setting* mesin pada *set up*, posisikan *mold* tertutup kemudian matikan mesin.	30	2.2.1	Luruskan tanda titik tengah mesin pada *crane*.	30
	1.2.2	Pastikan *chiller* dan *termocontrol* dalam kondisi *off*.	30	2.2.2	Pasang *sling* pada *eye bolt* di sisi atas *mold*.	30
	1.2.3	Tutup *value cooling mold*, lepas koneksi *heater mold* dan selang *core* (jika digunakan).	30	2.2.3	*Setting* crane pada posisi menahan *mold* arah vertikal.	30
	1.2.4	Lepaskan *nipple/hose band cooling* pada *mold* pada *operator side*. Tempatkan air yang tersisa di selang dan *mold* pada penampung. (Pastikan tidak ada air yang tercecer di lantai).	60	2.2.4	Lepaskan *nipple/hose band cooling* pada *mold* pada *non-operator side*. Tempatkan air yang tersisa di selang dan *mold* pada penampung. (Pastikan tidak ada air yang tercecer di lantai).	60
	1.2.5	Lepaskan baut/*clam* pada *operator side*.	300	2.2.5	Lepaskan baut/*clam* pada *non-operator side*.	300
	1.2.6	Nyalakan mesin, buka *clamping unit* untuk proses pengangkatan dan matikan mesin.	30	2.2.6	Setelah mesin *off*, angkat *mold* dengan menggunakan *crane* dan tempatkan pada area *marking* untuk *mold*.	30

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.3. (Sambungan)

	Tenaga Kerja 1			Tenaga Kerja 2		
	No.	Aktivitas	Durasi (s)	No.	Aktivitas	Durasi (s)
Penaikan Mold	1.3.1	Persiapkan baut, *clamp*, dan peralatan pendukung *mold* (*termocontrol*, selang *core* jika dibutuhkan), pastikan juga minimal 4 *ejector* digunakan dan berfungsi baik.	30	2.3.1	Pindahkan *sling* pada *mold* baru, angkat *mold* dengan *crane* pada posisi *center* mesin.	30
	1.3.2	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.	120	2.3.2	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.	120
	1.3.3	Nyalakan mesin, dan *setting* pada *mold set up*.	30	2.3.3	Posisikan *crane* untuk proses *mold set up*.	30
	1.3.4	Pasang baut/*clamp* pada *operator side* dan pastikan cukup kencang.	300	2.3.4	Pasang baut/*clamp* pada *non-operator side* dan pastikan cukup kencang.	300
	1.3.5	Pasang selang *cooling mold* pada *operator side*.	60	2.3.5	Pasang baut/*clamp* pada *non-operator side*.	60
	1.3.6	Pasang selang *core* dan konektor *termocontrol* (jika digunakan).	30	2.3.6	Turunkan tegangan *sling* dan lepas *sling* dari *mold*, posisikan *crane* pada posisi yang tidak mengganggu.	30
	1.3.7	Cek aliran *cooling* dengan membuka *valve cooling*, pastikan tidak ada kebocoran. Jika NG laporkan ke bagian *Mold Repair*.	60	2.3.7	Nyalakan *termocontrol* dan pastikan kondisi beroperasi normal. Jika NG laporkan ke bagian proses.	60
	1.3.8	Nyalakan mesin dan cek operasional *mold*.	60	2.3.8	Pindahkan *mold*lama ke area *mold* sesuai rencana produksi. Pindahkan *crane* ke area yang aman.	60
Akhir Kerja	1.4.1	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.	120	2.4.1	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.	120
	1.4.2	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.	300	2.4.2	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.	300
	1.4.3	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.	120	2.4.3	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.	120
	1.4.4	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.	60	2.4.4	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.	60

Sumber : PT XYZ

3.2.2 Observasi Aktivitas *Changeover Mold*

Untuk memperoleh data yang akurat, penulis melaksanakan observasi langsung terhadap aktivitas *changeover mold*. Tujuan observasi ini adalah membandingkan instruksi kerja dengan aktivitas *changeover mold* yang dilakukan. Hasil observasi menunjukkan beberapa perbedaan antara instruksi kerja dengan prosedur yang dilakukan oleh para teknisi di lapangan. Perbedaan tersebut adalah :

- Aktivitas 1.2.4 tidak dilakukan karena selang *cooling* hanya terdapat pada *non-operator side*
- Aktivitas 1.3.1 dilakukan oleh tenaga kerja 2
- Aktivitas 1.3.5 dilakukan oleh tenaga kerja 2 karena selang *cooling* berada pada *non-operator side*
- Aktivitas 1.3.7 dilakukan oleh tenaga kerja 2 karena *valve cooling* berada pada *non-operator side*
- Aktivitas 2.2.1 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 2.2.2 dilakukan oleh kedua tenaga kerja
- Aktivitas 2.2.3 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 2.2.6 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 2.3.1 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 2.3.3 hanya dilakukan secara singkat ketika posisi *crane* memerlukan penyesuaian
- Aktivitas 2.3.6 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 2.3.7 dilakukan oleh tenaga kerja 1
- Aktivitas 1.3.2 dan 2.3.2 dilakukan oleh kedua tenaga kerja secara bersamaan
- Pergantian *mold* pada M07 tidak menggunakan selang *core*.

Berdasarkan perbedaan yang diperoleh dari observasi, berikut adalah daftar aktivitas *changeover mold* M07 yang akan diteliti. Penomoran aktivitas disederhanakan untuk mempermudah proses analisis selanjutnya.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.4. Aktivitas *Changeover Mold* M07

	Tenaga Kerja 1			Tenaga Kerja 2		
	No.	Aktivitas	Durasi	No.	Aktivitas	Durasi
Awal Kerja	1	Pastikan kesesuaian antara *mold* dan *mesin*.	02:00.00	3	Pastikan kondisi *mold* dan mesin dalam kondisi OK.	02:00.00
	2	Persiapkan *tool set* dan peralatan pendukung (*termocontrol*).	02:00.00	4	Persiapkan *mold*, mesin dan *crane* di lokasi mesin yang direncanakan.	02:00.00
Penurunan Mold	5	*Setting* mesin pada *set up*, posisikan *mold* tertutup kemudian matikan mesin.	00:30.00			
	6	Pastikan *chiller* dan *termocontrol* dalam kondisi *off*.	00:30.00			
	7	Tutup *value cooling mold*, lepas koneksi *heater mold*.	00:30.00			
	8	Luruskan tanda titik tengah mesin pada *crane*.	00:30.00			
	9	Pasang *sling* pada *eye bolt* di sisi atas *mold*.	00:30.00	9	Pasang *sling* pada *eye bolt* di sisi atas *mold*.	00:30.00
	10	*Setting* crane pada posisi menahan *mold* arah vertikal.	00:30.00			
	11	Lepaskan baut/*clam* pada *operator side*.	05:00.00	12	Lepaskan *nipple/hose band cooling* pada *mold* pada *non-operator side*. Tempatkan air yang tersisa di selang dan *mold* pada penampung. (Pastikan tidak ada air yang tercecer di lantai).	01:00.00
				13	Lepaskan baut/*clam* pada *non-operator side*.	05:00.00
	14	Nyalakan mesin, buka *clamping unit* untuk proses pengangkatan dan matikan mesin.	00:30.00			
	15	Setelah mesin *off*, angkat *mold* dengan menggunakan *crane* dan tempatkan pada area *marking* untuk *mold*.	00:30.00			

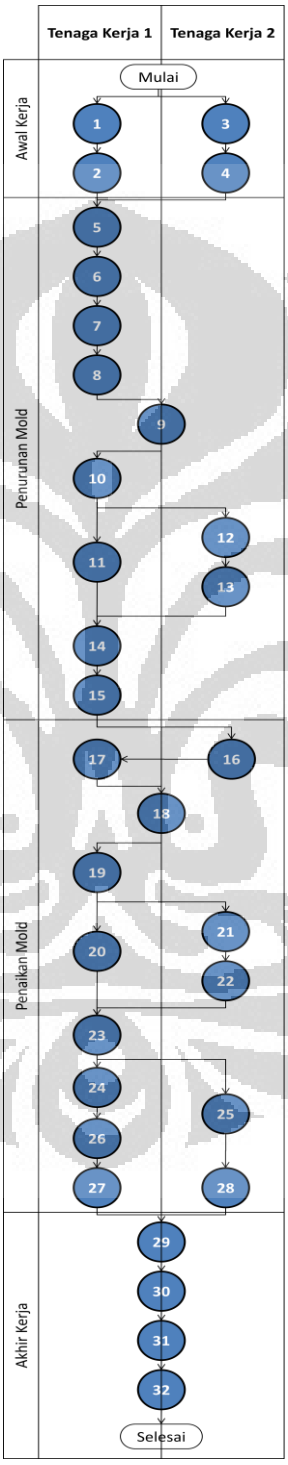
Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.4. (Sambungan)

	Tenaga Kerja 1			Tenaga Kerja 2		
	No.	Aktivitas	Durasi	No.	Aktivitas	Durasi
Penaikan Mold	17	Pindahkan *sling* pada *mold* baru, angkat *mold* dengan *crane* pada posisi *center* mesin.	00:30.00	16	Persiapkan baut, *clamp*, dan peralatan pendukung *mold* (*termocontrol*), pastikan juga minimal 4 *ejector* digunakan dan berfungsi baik.	00:30.00
	18	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.	02:00.00	18	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.	02:00.00
	19	Nyalakan mesin, dan *setting* pada *mold set up*.	00:30.00			
	20	Pasang baut/*clamp* pada *operator side* dan pastikan cukup kencang.	05:00.00	21	Pasang selang *cooling mold* pada *operator side*.	01:00.00
				22	Pasang baut/*clamp* pada *non-operator side* dan pastikan cukup kencang.	05:00.00
	23	Pasang konektor *termocontrol*.	00:30.00			
	24	Turunkan tegangan *sling* dan lepas *sling* dari *mold*, posisikan *crane* pada posisi yang tidak mengganggu.	00:30.00	25	Cek aliran *cooling* dengan membuka *valve cooling*, pastikan tidak ada kebocoran. Jika NG laporkan ke bagian *Mold Repair*.	01:00.00
	26	Nyalakan *termocontrol* dan pastikan kondisi beroperasi normal. Jika NG laporkan ke bagian proses.	01:00.00			
	27	Nyalakan mesin dan cek operasional *mold*.	01:00.00	28	Pindahkan *mold*lama ke area *mold* sesuai rencana produksi. Pindahkan *crane* ke area yang aman.	01:00.00
Akhir Kerja	29	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.	02:00.00	29	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.	02:00.00
	30	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.	05:00.00	30	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.	05:00.00
	31	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.	02:00.00	31	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.	02:00.00
	32	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.	01:00.00	32	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.	01:00.00

3.2.3 Durasi *Changeover Mold* Saat Ini

Berikut adalah diagram rangkaian aktivitas pergantian *mold* secara keseluruhan yang dilakukan di lapangan.



Gambar 3.2. Rangkaian Aktivitas *Changeover Mold*

Perhitungan durasi *changeover mold* saat ini dilakukan berdasarkan prosedur yang dilakukan di lapangan :

$$T = \max\big((t_1 + t_2), (t_3 + t_4)\big) + \sum_{n=5}^{10} t_n + \max\big((t_{11}), (t_{12} + t_{13})\big) + \sum_{n=14}^{15} t_n + t_{16} + t_{17} + \sum_{n=18}^{19} t_n + \max\big((t_{20}), (t_{21} + t_{22})\big) + t_{23} + \max\big((t_{24} + t_{26} + t_{27}), (t_{25} + t_{28})\big) + \sum_{n=29}^{32} t_n \quad (3.1)$$

dengan T adalah durasi *changeover*, t_n adalah durasi aktivitas ke-n dengan total sebanyak 32 aktivitas. Aktivitas-aktivitas paralel hanya memperhitungkan nilai yang lebih besar. Durasi yang diperoleh adalah 50,12 menit.

3.3 Implementasi SMED Tahap 1

Tahap pertama dalam metode SMED adalah mengelompokkan aktivitas ke dalam *internal setup* dan *external setup*. Warna merah menunjukkan *internal setup* dan warna hijau menunjukkan *external setup*.

Tabel 3.5. *Internal Setup* dan *External Setup*

	Tenaga Kerja 1		Tenaga Kerja 2	
	No.	Aktivitas	No.	Aktivitas
Awal Kerja	1	Pastikan kesesuaian antara *mold* dan *mesin*.	3	Pastikan kondisi *mold* dan mesin dalam kondisi OK.
	2	Persiapkan *tool set* dan peralatan pendukung (*termocontrol*).	4	Persiapkan *mold*, mesin dan *crane* di lokasi mesin yang direncanakan.
Penurunan Mold	5	*Setting* mesin pada *set up*, posisikan *mold* tertutup kemudian matikan mesin.		
	6	Pastikan *chiller* dan *termocontrol* dalam kondisi *off*.		
	7	Tutup *value cooling mold*, lepas koneksi *heater mold*.		
	8	Luruskan tanda titik tengah mesin pada *crane*.		
	9	Pasang *sling* pada *eye bolt* di sisi atas *mold*.	9	Pasang *sling* pada *eye bolt* di sisi atas *mold*.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.5. (Sambungan)

	Tenaga Kerja 1		Tenaga Kerja 2	
	No.	Aktivitas	No.	Aktivitas
Penurunan Mold	10	*Setting* crane pada posisi menahan *mold* arah vertikal.		
	11	Lepaskan baut/*clam* pada *operator side*.	12	Lepaskan *nipple/hose band cooling* pada *mold* pada *non-operator side*. Tempatkan air yang tersisa di selang dan *mold* pada penampung. (Pastikan tidak ada air yang tercecer di lantai).
			13	Lepaskan baut/*clam* pada *non-operator side*.
	14	Nyalakan mesin, buka *clamping unit* untuk proses pengangkatan dan matikan mesin.		
	15	Setelah mesin *off*, angkat *mold* dengan menggunakan *crane* dan tempatkan pada area *marking* untuk *mold*.		
Penaikan Mold	17	Pindahkan *sling* pada *mold* baru, angkat *mold* dengan *crane* pada posisi *center* mesin.	16	Persiapkan baut, *clamp*, dan peralatan pendukung *mold* (*termocontrol*), pastikan juga minimal 4 *ejector* digunakan dan berfungsi baik.
	18	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.	18	Lakukan *centering sprue* dan lubang baut.
	19	Nyalakan mesin, dan *setting* pada *mold set up*.		
	20	Pasang baut/*clamp* pada *operator side* dan pastikan cukup kencang.	21	Pasang selang *cooling mold* pada *operator side*.
			22	Pasang baut/*clamp* pada *non-operator side* dan pastikan cukup kencang.
	23	Pasang konektor *termocontrol*.		
	24	Turunkan tegangan *sling* dan lepas *sling* dari *mold*, posisikan *crane* pada posisi yang tidak mengganggu.	25	Cek aliran *cooling* dengan membuka *valve cooling*, pastikan tidak ada kebocoran. Jika NG laporkan ke bagian *Mold Repair*.
	26	Nyalakan *termocontrol* dan pastikan kondisi beroperasi normal. Jika NG laporkan ke bagian proses.		
	27	Nyalakan mesin dan cek operasional *mold*.	28	Pindahkan *mold* lama ke area *mold* sesuai rencana produksi. Pindahkan *crane* ke area yang aman.
Akhir Kerja	29	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.	29	Rapikan semua *tool* dan peralatan kerja. Pastikan semua pada tempatnya.
	30	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.	30	Bersihkan area dan mesin apabila ada air yang bocor selama proses pergantian *mold*.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.5. (Sambungan)

	Tenaga Kerja 1		Tenaga Kerja 2	
	No.	Aktivitas	No.	Aktivitas
Akhir Kerja	31	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.	31	Kembalikan *tool set* pada tempatnya.
	32	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.	32	Buat laporan/laporan pimpinan kerja.

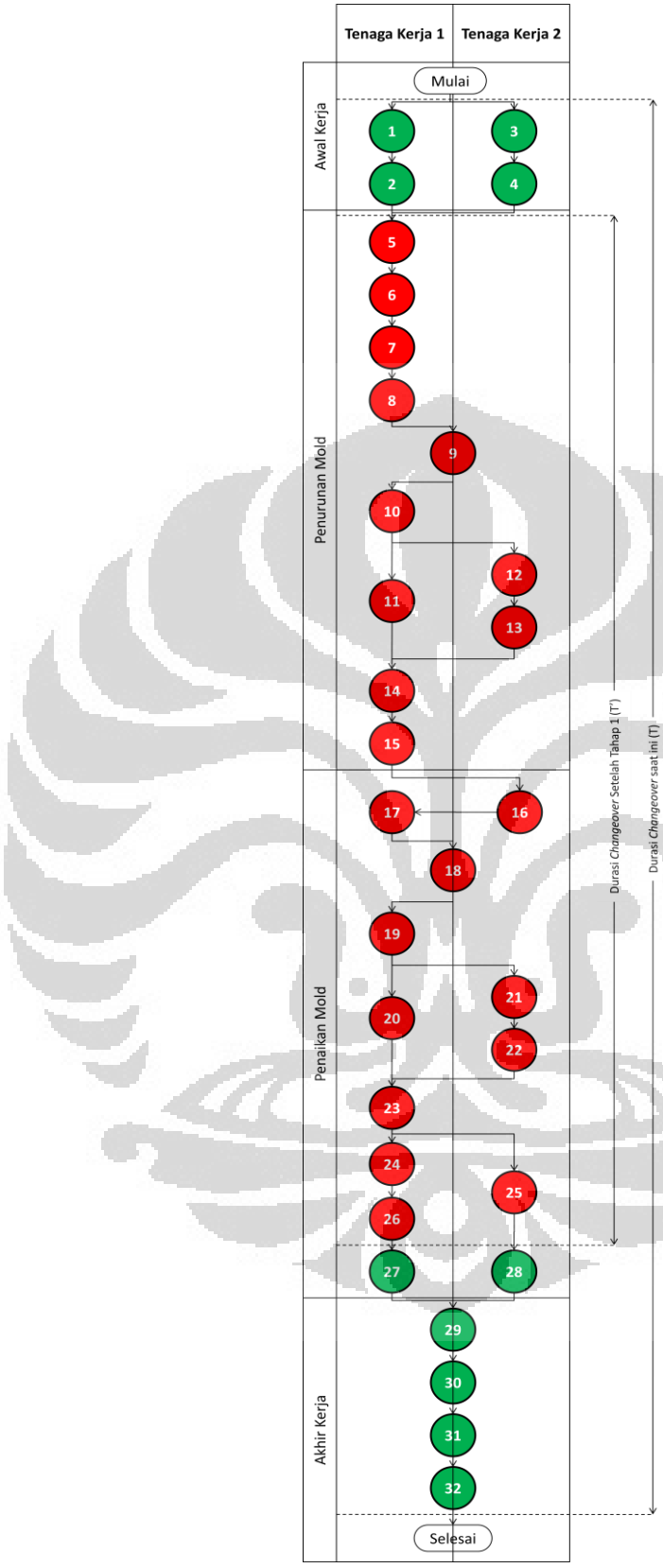
Dampak dari pengelompokkan aktivitas menjadi *internal setup* dan *external setup* adalah pengurangan durasi *changeover mold*. Hal ini dikarenakan aktivitas eksternal yang dilakukan di bagian awal dan akhir tidak lagi diikutsertakan dalam perhitungan durasi. Aktivitas-aktivitas yang tidak lagi diikutsertakan dalam perhitungan total durasi adalah aktivitas 1, 2, 3, 4, 27, 28, 29, 30, 31, dan 32. Meski aktivitas 14 dan 19 menghidupkan mesin, namun pelaksanaanya sementara dan diapit oleh aktivitas-aktivitas internal, sehingga masih diperhitungkan. Durasi pelaksanaan *changeover mold* setelah tahap pertama SMED adalah durasi total aktivitas mulai dari aktivitas *internal setup* pertama hingga aktivitas *internal setup* terakhir. Durasi *changeover* setelah tahap 1 SMED (T') dinyatakan oleh :

$$T' = \sum_{n=5}^{10} t_n + \max\big((t_{11}), (t_{12} + t_{13})\big) + \sum_{n=14}^{15} t_n + t_{16} + t_{17} + \sum_{n=18}^{19} t_n + \max\big((t_{20}), (t_{21} + t_{22})\big) + t_{23} + \max\big((t_{24} + t_{26}), t_{25}\big) \quad (3.2)$$

Durasi untuk masing-masing aktivitas diperoleh dari *time study* terhadap aktivitas *changeover mold* yang berlangsung dalam periode Maret sampai dengan Mei 2016. Untuk aktivitas-aktivitas paralel, nilai yang diperhitungkan adalah yang terbesar. Observasi dilaksanakan sebanyak 8 kali dan diambil nilai rata-ratanya :

$$Rata - rata\ Durasi\ Changeover\ Setelah\ Tahap\ 1\ (\widetilde{T'}) = \frac{\sum_{m=1}^{j} T'_m}{j} \quad (3.3)$$

dengan j adalah jumlah observasi yaitu 8 kali. Berikut merupakan perbandingan antara durasi *changover* awal dengan durasi *changeover* setelah melalui tahap 1 SMED.



Gambar 3.3. Perbandingan Durasi Sebelum dan Sesudah Tahap 1 SMED

Berikut merupakan data hasil observasi terhadap aktivitas pergantian *mold* di mesin M07.

Tabel 3.6. Durasi *Changeover Mold* di Mesin M07

Aktivitas	Observasi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	00:05.43	00:10.07	00:15.01	00:07.71	00:15.33	00:15.02	00:10.13	00:12.55
6	00:20.07	00:25.03	00:10.92	00:22.43	00:15.14	00:19.46	00:15.71	00:27.81
7	00:20.03	00:31.56	00:34.39	00:21.29	00:47.02	00:37.24	00:19.23	00:33.11
8	01:01.76	01:20.06	00:55.23	00:51.84	00:54.12	00:50.58	00:47.44	00:42.90
9	00:37.02	00:10.20	00:25.57	00:24.86	00:47.07	01:33.90	00:49.51	00:35.52
10	00:45.22	00:05.73	00:22.71	00:33.37	00:36.79	01:02.48	00:29.90	00:29.28
11	03:51.41	03:23.25	03:39.44	03:50.66	02:36.20	04:36.46	04:17.61	03:47.51
12	01:50.77	01:20.17	01:22.27	01:08.56	01:01.59	00:53.04	00:59.13	00:54.26
13	03:20.21	03:48.42	03:57.18	03:28.50	02:32.44	05:37.92	04:23.52	04:02.89
14	00:25.98	00:23.78	00:38.11	02:01.88	00:21.89	01:04.61	01:37.59	02:09.06
15	04:12.44	08:35.42	06:06.86	05:07.75	05:57.25	05:38.66	06:03.31	06:01.58
17	04:22.66	02:35.71	03:56.08	05:07.14	06:41.57	06:39.36	04:33.07	04:46.47
18	02:11.14	05:42.52	03:55.41	03:41.89	03:05.28	02:34.76	04:21.11	03:56.49
19	00:41.56	00:50.04	00:55.67	01:09.32	00:53.72	00:46.95	00:40.44	00:49.19
20	05:17.75	05:17.75	03:17.10	02:43.68	04:07.88	05:12.05	03:51.56	04:20.19
21	01:33.89	01:33.89	01:57.81	01:47.19	00:54.12	03:16.77	01:19.06	00:59.22
22	04:21.18	04:21.18	03:19.05	02:30.88	05:14.30	04:37.07	04:01.59	03:17.44
23	00:53.30	00:47.71	00:43.29	00:56.66	00:50.62	00:47.11	00:29.39	00:42.20
24	00:57.31	00:17.83	00:47.62	00:30.03	00:40.23	01:28.35	01:00.07	00:35.77
25	00:15.27	00:12.67	00:15.53	00:10.97	00:23.80	00:25.67	00:15.46	00:19.92
26	02:24.26	03:21.12	02:23.51	02:37.65	02:05.42	01:52.29	01:12.13	01:59.26

Berdasarkan perhitungan data hasil observasi, rata-rata durasi *changeover mold* setelah tahap 1 SMED adalah 2107,34 detik atau 35,12 menit. *Performance rating* yang diberikan untuk tenaga kerja yang bertugas adalah 100% karena bekerja pada kondisi rata-rata atau normal. Faktor kelonggaran atau *allowance* yang digunakan adalah 0% karena proses *changeover* bersifat non-repetitif dan durasi pelaksanaannya kurang dari 1 jam, sehingga faktor kelelahan (*fatigue*) maupun kebutuhan pribadi (*personal needs*) dapat diabaikan. Oleh karena itu, waktu standar (ST) dan waktu normal (NT) sama dengan waktu observasi (OT).

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Hasil ini menunjukkan pengurangan waktu sebesar 15 menit atau sebesar 29,93% dari durasi awal.

3.4 Implementasi SMED Tahap 2

Tahap kedua dalam metode SMED adalah mengkonversi sebanyak mungkin aktivitas *internal setup* menjadi *external setup*. Meski demikian, faktor yang harus diperhatikan adalah *feasibility* dan keamanan (*safety*).

Berdasarkan tabel 3.5., hampir seluruh aktivitas internal yang ada tidak dapat lagi diubah menjadi eksternal. Aktivitas-aktivitas tersebut mutlak dilakukan pada saat mesin dalam kondisi mati dan tidak beroperasi. Diskusi dengan para *expert* dan teknisi menghasilkan aktivitas 16 sebagai satu-satunya aktivitas yang dapat dikonversi dari *internal setup* menjadi *external setup*.

Aktivitas 16 adalah aktivitas mempersiapkan peralatan untuk *mold* yang baru, seperti baut, *termocontrol*, dan sebagainya. Pada kenyataannya, baut dan *termocontrol* tidak perlu lagi dipersiapkan. Pada mesin M07, baut dan *termocontrol* yang sama digunakan untuk keempat jenis *mold*. Teknisi yang bertugas memasangkan baut sementara proses *changeover* berlangsung pada lubang baut yang tidak digunakan. *Termocontrol* tetap berada di sisi mesin selama proses *changeover*. Sebagai akibatnya, aktivitas ini lebih sering digunakan oleh tenaga kerja 2 untuk memasang *eye bolt* di sisi atas *mold*. *Eye bolt* berbentuk cincin dan merupakan tempat memasang kait *crane* sehingga *mold* dapat diangkat. Aktivitas ini dapat dikonversi menjadi aktivitas eksternal dengan cara memasang *eye bolt* pada *mold* yang baru sejak awal di tempat penyimpanan *mold*, sehingga *eye bolt* sudah terpasang pada saat *mold* baru akan ditransportasi menuju mesin. Cara ini *feasible* untuk dilakukan karena *mold* tidak disimpan secara bertumpuk. Selain itu, cara ini juga aman dan tidak berisiko terhadap keselamatan kerja.

Dengan terkonversinya aktivitas 16 menjadi *external setup*, maka durasi pelaksanaanya dapat dihilangkan. Tahap kedua SMED menghasilkan perhitungan rata-rata durasi *changeover* yang baru yaitu :

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

$$T'' = \sum_{n=5}^{10} t_n + \max\big((t_{11}), (t_{12} + t_{13})\big) + \sum_{n=14}^{15} t_n + t_{17} + \sum_{n=18}^{19} t_n + \max\big((t_{20}), (t_{21} + t_{22})\big) + t_{23} + \max\big((t_{24} + t_{26}), t_{25}\big) \quad (3.4)$$

$$Rata - rata\ Durasi\ Changeover\ Setelah\ Tahap\ 2\ (\widetilde{T''}) = \frac{\sum_{m=1}^{j} T''_m}{j} \quad (3.5)$$

Rata-rata durasi *changeover mold* setelah tahap 2 SMED adalah 2047,58 detik atau 34,13 menit. Hasil ini menunjukkan pengurangan waktu sebesar 15,99 menit atau sebesar 31,91% dari durasi awal. SMED tahap 2 secara mandiri mengurangi 1,99% durasi *changeover*.

3.5 Implementasi SMED Tahap 3

Tahap ketiga dalam metode SMED adalah memperlancar (*streamlining*) seluruh aspek *setup*, atau dalam hal ini adalah seluruh aktivitas *changeover mold* baik internal maupun eksternal. Upaya yang dilakukan adalah mempercepat pelaksanaan aktivitas-aktivitas yang ada dengan langkah perbaikan (*improvement actions*) yang sesuai. Oleh karena perbaikan terhadap aktivitas eksternal tidak akan berdampak secara langsung terhadap durasi *changeover*, maka tahap ini difokuskan pada aktivitas internal. Langkah-langkah perbaikan yang dilakukan dihimpun berdasarkan pandangan para *expert* dan teknisi melalui diskusi dan kuesioner. Tiga hal yang menjadi input dalam tahap ketiga SMED ini adalah :

- Langkah perbaikan yang dapat dilakukan
- Aktivitas internal yang terkena dampaknya
- Ekspektasi penurunan durasi aktivitas yang bersangkutan.

Berikut merupakan langkah perbaikan menurut para *expert* beserta dampaknya terhadap aktivitas yang bersangkutan.

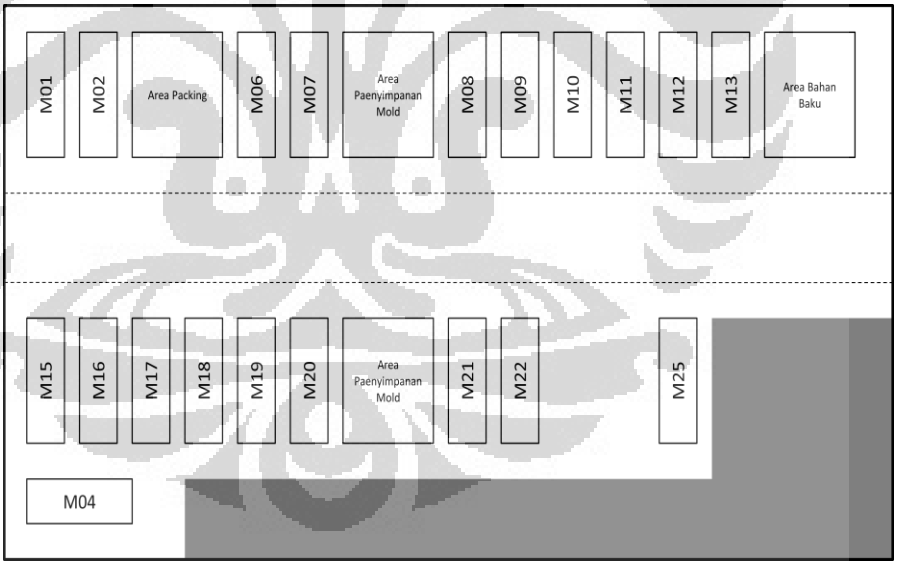
Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 3.7. Langkah Perbaikan Aktivitas Internal

No.	Langkah Perbaikan	Aktivitas Internal yang Terkena Dampak
1	Perbaikan fungsi gerak *crane*	15, 17
2	Instalasi sistem *auto-clamp*	11, 13, 20, 22

3.5.1 Perbaikan Fungsi Gerak *Crane*

Proses penurunan *mold* lama dari mesin dan penaikan *mold* baru menggunakan kait atau *crane*. PT XYZ memiliki dua unit *crane* yang identik. *Crane* pertama digunakan untuk menganti *mold* pada mesin-mesin di sisi utara pabrik, sedangkan *crane* kedua digunakan untuk mengganti *mold* pada mesin-mesin di sisi selatan pabrik. Dalam kondisi tidak digunakan, *crane* berada di atas area penyimpanan *mold*. Berikut adalah *layout* bagian injeksi plastik PT XYZ.



Gambar 3.4. *Layout* Pabrik

Sumber : PT XYZ

Pada saat penelitian berlangsung, *crane* yang digunakan untuk proses *changeover* M07 mengalami kesulitan untuk bergerak turun. Dalam kondisi normal, *crane* tersebut seharusnya memiliki kecepatan naik

dan turun yang sama besar. Lambatnya proses *crane* ketika bergerak turun berpengaruh terhadap durasi aktivitas pengangkatan *mold* dari mesin menuju area penyimpanan (aktivitas 15) dan penempatan *mold* baru pada mesin (aktivitas 17). Dengan kata lain, perbaikan *crane* akan mempersingkat durasi pelaksanaan aktivitas 15 dan 17, serta mengurangi durasi *changeover* secara keseluruhan.

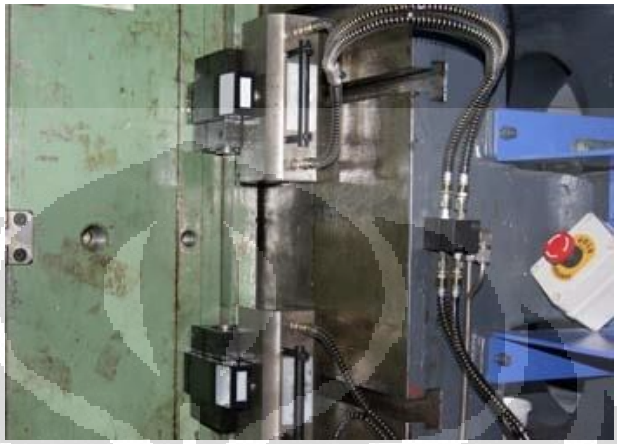
3.5.2 Instalasi Sistem *Auto-clamp*

Otomatisasi merupakan salah satu cara yang banyak diterapkan dalam metode SMED untuk mempercepat durasi pelaksanaan suatu komponen aktivitas. Dalam penelitian ini, otomatisasi dilakukan pada proses pemasangan baut yang mengunci posisi *mold* pada mesin. Saat ini proses pemasangan baut di mesin M07 dilakukan secara manual oleh teknisi menggunakan alat bantu berupa kunci L dan tongkat. Kunci L berfungsi mengencangkan baut, sedangkan tongkat digunakan untuk mempermudah pergerakan memutar kunci L.

Gambar 3.5. Kunci L dan Tongkat

PT XYZ telah mendesain sistem penguncian otomatis atau *auto-clamp* untuk mempercepat proses pemasangan baut pada *mold*. Namun sistem ini baru diuji coba pada satu mesin, yaitu mesin M21. Teknologi ini jauh lebih efisien karena mampu memasang dan mengencangkan baut dalam waktu 10-15 detik saja. Tugas teknisi adalah memposisikan *clamp* pada *mold*, sebanyak 4 unit di sisi operator dan 4 unit di sisi non-operator. Setelah itu, teknisi yang

berada pada sisi operator akan menjalankan *clamp* dengan cara menekan tombol kunci yang terintegrasi pada panel pengaturan mesin. Penerapan teknologi yang serupa pada mesin M07 akan mempercepat durasi pelaksanaan aktivitas 11,13,20, dan 22.



Gambar 3.6. Sistem *Auto-clamp*

Sumber : elver.com

3.6 Kondisi Setelah Perbaikan (*After* SMED)

Salah satu cara untuk melihat dampak perbaikan terhadap pengurangan durasi *changeover* setelah melalui tahap ketiga SMED adalah dengan implementasi langsung langkah-langkah perbaikan tersebut di lapangan. Namun hal tersebut akan memakan waktu yang lama. Selain itu, proses observasi harus dilakukan secara repetitif agar memberikan hasil yang akurat. Cara lain yang lebih efektif dari segi waktu adalah menggunakan simulasi. Simulasi *Monte Carlo* digunakan untuk memodelkan hasil perbaikan.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam memodelkan langkah perbaikan dari implementasi SMED tahap 3 tersebut adalah :

- Distrubusi durasi untuk setiap aktivitas menggunakan distribusi gamma.
- Implementasi perbaikan fungsi gerak *crane* dilakukan menggunakan data observasi aktivitas yang serupa pada mesin M21.
- Implementasi sistem *auto-clamp* dilakukan menggunakan data observasi aktivitas yang serupa pada mesin M21.

Ada beberapa pertimbangan dalam menetapkan asumsi-asumsi tersebut. Pertama, distribusi gamma merupakan distribusi yang sering digunakan dalam memodelkan waktu pelaksanaan suatu aktivitas. Kedua, kondisi mesin M21 yang serupa dengan M07. Proses penggantian *mold* untuk seluruh mesin injeksi di PT XYZ sama dan standar, sehingga penerapan sistem *auto-clamp* pada M07 akan sama dengan M21. Selain itu berdasarkan *layout* pabrik pada gambar 3.4., letak mesin M21 dan M07 persis di sebelah tempat penyimpanan *mold*. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi normal, durasi aktivitas transportasi *mold* dari tempat penyimpanan menuju kedua mesin maupun sebaliknya haruslah sama.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, durasi pelaksanaan *changeover mold* di mesin M21 dibutuhkan sebagai input simulasi. Oleh karena itu dilakukan observasi langsung terhadap M21. Tujuan observasi ini adalah :

- Mengetahui durasi aktivitas 15 dan 17 saat crane dalam kondisi normal
- Mengetahui durasi aktivitas 11, 13, 20, dan 22 apabila penggantian *mold* menggunakan sistem *auto-clamp*.

Observasi langsung terhadap aktivitas *changeover mold* M21 dilakukan sebanyak 3 kali. Hasil observasi terhadap M21 adalah sebagai berikut.

Tabel 3.8. Durasi *Changeover Mold* di Mesin M21

Aktivitas	Observasi		
	1	2	3
11	02:16.31	01:47.13	01:58.22
13	01:57.63	02:00.09	02:27.46
15	04:12.29	04:49.56	04:06.95
17	04:57.80	04:36.24	04:29.20
20	02:22.11	02:34.69	02:13.17
22	01:44.06	02:17.18	02:07.87

Simulasi dilakukan menggunakan program *Microsoft Excel*. Untuk memperoleh data yang akurat, dilakukan replikasi sebanyak 1000 kali. Durasi aktivitas dalam simulasi diperoleh dengan cara melakukan randomisasi terhadap nilai rata-rata dan standar deviasi observasi menggunakan fungsi =GAMMAINV pada *Microsoft Excel*. Nilai rata-rata μ dan standar deviasi σ terlebih dahulu

diubah ke dalam parameter-parameter distribusi gamma, yaitu α dan β dengan cara :

$$\beta = \frac{\sigma^2}{\mu} \qquad (3.6)$$

$$\alpha = \frac{\mu}{\beta} \qquad (3.7)$$

Nilai rata-rata dan varians (kuadrat standar deviasi) diperoleh dari hasil observasi pada tabel 3.6. Untuk aktivitas yang mengalami perbaikan yakni aktivitas 11, 13, 15, 17, 20, dan 22, nilai rata-rata dan varians diperoleh dari tabel 3.8. Berikut adalah perhitungan nilai alpha dan beta untuk setiap komponen aktivitas.

Tabel 3.9. Parameter Alpha dan Beta Setiap Aktivitas

Aktivitas	Mean	Variance	Alpha	Beta
5	11.41	13.65	9.53	1.20
6	19.57	30.79	12.44	1.57
7	30.48	94.69	9.81	3.11
8	55.49	129.38	23.80	2.33
9	40.46	628.34	2.60	15.53
10	33.19	272.23	4.05	8.20
11	120.55	216.95	66.99	1.80
12	71.22	375.79	13.50	5.28
13	128.39	274.17	60.13	2.14
14	65.36	2029.06	2.11	31.04
15	262.93	538.86	128.30	2.05
17	281.08	222.06	355.79	0.79
18	221.08	4366.10	11.19	19.75
19	50.86	83.70	30.91	1.65
20	143.32	116.88	175.75	0.82
21	100.24	2002.00	5.02	19.97
22	123.04	291.75	51.89	2.37
23	46.29	69.92	30.64	1.51
24	47.15	471.14	4.72	9.99
25	17.41	27.32	11.10	1.57
26	134.46	1406.94	12.85	10.46

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Nilai parameter α dan β tersebut digunakan sebagai input simulasi. Untuk aktivitas *i* dan replikasi ke *n* diperoleh durasi pelaksanaan sebesar :

$$t_{in} = GAMMAINV(RAND(), \alpha_i, b_i) \quad (3.8)$$

Fungsi RAND() digunakan untuk menghasilkan bilangan acak dengan besar $0 \leq x \leq 1$. Bilangan acak yang diperoleh akan terdistribusi secara gamma setelah melalui proses perhitungan dengan parameter aplha dan beta.

Simulasi *Monte Carlo* menghasilkan perkiraan durasi *changeover mold* setelah melalui SMED tahap 3 yaitu sebesar 28,64 menit. Dengan demikian implementasi ketiga tahap metode SMED secara menyeluruh menghasilkan penurunan durasi sebesar 42.86%. SMED tahap 3 secara mandiri mengurangi 10,95% durasi *changeover* dengan rincian perbaikan fungsi gerak *crane* sebesar 3,46% dan instalasi sistem *auto-clamp* sebesar 7,49%.

3.7 Skenario Implementasi SMED pada Seluruh Mesin Injeksi

Observasi penelitian telah dilakukan secara spesifik pada mesin M07. Skenario ini dirancang untuk melihat dampak perbaikan waktu *changeover* apabila metode SMED tersebut diimplementasikan pada seluruh mesin injeksi PT XYZ (20 unit mesin) dalam waktu 1 bulan. Dasar yang digunakan dalam perhitungan skenario ini adalah :

- Prosedur aktivitas *changeover mold* sama untuk setiap mesin
- Mesin-mesin di sebelah selatan *layout* pabrik (M04, M15, M16, M17, M18, M19, M20, M21, M22, dan M25) tidak mengalami masalah pada gerak turun *crane*. Hanya mesin-mesin di sebelah utara *layout* yang mengalami masalah pada gerak turun *crane*
- Hanya M21 yang sudah menggunakan sistem *auto-clamp*
- Sistem *auto-clamp* dapat diterapkan pada setiap mesin
- Jumlah *changeover mold* menggunakan data perusahaan bulan Maret 2016.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan jumlah *changeover* rata-rata yang terjadi di PT XYZ dalam waktu 1 bulan. Berikut merupakan data jumlah *changeover mold* untuk setiap mesin pada bulan Maret 2016.

Tabel 3.10. Jumlah *Changeover Mold* Maret 2016

No. Mesin	Jumlah *Changeover*
1	4
2	0
4	0
6	0
7	10
8	0
9	0
10	0
11	0
12	4
13	1
15	0
16	0
17	0
18	2
19	4
20	3
21	6
22	2
25	2

Sumber : PT XYZ

Berdasarkan tabel 3.10. terlihat bahwa beberapa mesin tidak melakukan *changeover* pada bulan Maret, dikarenakan mesin-mesin tersebut menjalani proses penurunan dan penaikan *mold* secara terpisah sehingga tidak diperhitungkan dalam skenario.

Langkah selanjutnya adalah mengelompokkan setiap mesin ke dalam kategori-kategori berdasarkan kondisinya.

Tabel 3.11. Kategori Mesin

Kategori	Kondisi	Mesin
1	*Crane* bermasalah, belum memakai sistem *auto-clamp*	1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
2	*Crane* tidak bermasalah, belum memakai sistem *auto-clamp*	4, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25
3	*Crane* tidak bermasalah, sudah memakai sistem *auto-clamp*	21

Pembagian mesin ke dalam kategori-kategori digunakan untuk menentukan durasi awal *changeover* pada setiap mesin. Acuan yang digunakan adalah M07 dengan durasi 50,12 menit, sehingga durasi awal *changeover* untuk kategori 1 adalah 50,12 menit. Untuk kategori 2, *crane* berada dalam kondisi normal. Perbaikan fungsi gerak *crane* tidak berlaku untuk kategori ini, sehingga durasi awal *changeover* untuk kategori 2 lebih singkat. Perbaikan fungsi gerak *crane* mengurangi durasi *changeover* sebesar 3,46% atau 1,73 menit, maka durasi awal untuk kategori 2 adalah :

$$Durasi\ Awal\ Kategori\ 2 = Durasi\ Awal\ Kategori\ 1 - 1{,}73\ menit \qquad (3.9)$$

Untuk kategori 3, *crane* berada dalam kondisi normal dan sistem *auto-clamp* sudah dilakukan. Oleh karena itu kedua langkah perbaikan tidak berlaku untuk kategori ini. Kedua langkah perbaikan memberikan kontribusi penurunan durasi 10,95% atau 5,49 menit, maka durasi awal untuk kategori 3 adalah :

$$Durasi\ Awal\ Kategori\ 3 = Durasi\ Awal\ Kategori\ 1 - 5{,}49\ menit \qquad (3.10)$$

Durasi akhir dari setiap mesin adalah sama, yaitu 28,64 menit. Penurunan *idle time* untuk setiap mesin pada satu kali proses pergantian *mold* didapat dengan mengurangi durasi awal dan durasi akhir.

Langkah selanjutnya adalah menentukan peningkatan produktivitas yang dapat dicapai dengan asumsi penurunan *idle time* (peningkatan *available time*) ditunakan oleh PT XYZ untuk memproduksi *part*. *Throughput rate* untuk sebuah

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

mesin diperoleh dari rata-rata *cycle time* dan *cavity* setiap *part* yang diproduksi pada mesin tersebut. Hubungannya adalah :

$$Throughput\ rate\ part\ i = \frac{1}{Cycle\ time\ part\ i} \times Cavity\ part\ i \tag{3.11}$$

$$Throughput\ rate\ mesin = \frac{\sum_{i=1}^{n} Produksi\ part\ i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{Produksi\ part\ i}{Throughput\ rate\ part\ i}} \tag{3.12}$$

dengan *n* merupakan banyaknya *part* yang diproduksi oleh mesin tersebut. Karena jumlah produksi *part* tidak diketahui, diambil asumsi bahwa produksi untuk setiap *part* sama besar (misal sebanyak x) sehingga persamaan 3.12 dapat disederhanakan menjadi :

$$Throughput\ rate\ mesin = \frac{nx}{\sum_{i=1}^{n} \frac{x}{Throughput\ rate\ part\ i}} \tag{3.13}$$

Dari persamaan 3.13 terlihat bahwa nilai *x* tidak akan mempengaruhi *throughput rate* mesin, sehingga untuk *x* = 1, persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$Throughput\ rate\ mesin = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{Cycle\ time\ part\ i}{Cavity\ part\ i}} \tag{3.14}$$

Cycle time untuk masing-masing *part* menggunakan data yang tertera pada tabel 3.2. Jenis *mold* yang diproduksi di setiap mesin menggunakan data pada tabel 3.1. Hasil perhitungan keseluruhan skenario ditampilkan pada tabel 3.12.

Tabel 3.12. Hasil Perhitungan Skenario

MC	Jumlah *Changeover*	Durasi Awal (menit)	Durasi Setelah SMED (menit)	Penurunan Idle Time 1 Bulan (menit)	TR (*Part*/s)	Output 1 Bulan	Kenaikan Produktivitas (*Part*/hari)
1	4	50.12	28.64	85.92	0.02	95.47	4.77
2	0	50.12	28.64	0.00	0.04	0.00	0.00
4	0	48.39	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
6	0	50.12	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
7	10	50.12	28.64	214.80	0.02	214.80	10.74
8	0	50.12	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
9	0	50.12	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
10	0	50.12	28.64	0.00	0.03	0.00	0.00
11	0	50.12	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
12	4	50.12	28.64	85.92	0.03	135.66	6.78
13	1	50.12	28.64	21.48	0.02	22.09	1.10
15	0	48.39	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
16	0	48.39	28.64	0.00	0.05	0.00	0.00
17	0	48.39	28.64	0.00	0.02	0.00	0.00
18	2	48.39	28.64	39.49	0.02	48.36	2.42
19	4	48.39	28.64	78.98	0.03	149.65	7.48
20	3	48.39	28.64	59.24	0.02	68.35	3.42
21	6	44.63	28.64	95.95	0.03	179.91	9.00
22	2	48.39	28.64	39.49	0.03	70.21	3.51
25	2	48.39	28.64	39.49	0.02	45.57	2.28

BAB 4
ANALISIS DATA

Bab ini berisi analisis terhadap setiap tahap penelitian, pengolahan data, serta interpretasi hasil penelitian. Bab ini juga membahas dampak penelitian terhadap bagian injeksi plastik PT XYZ.

4.1 Analisis SMED Tahap 1

Arti penting pengelompokan komponen aktivitas dalam suatu proses *setup* ke dalam kelompok internal dan eksternal adalah pemahaman bahwa durasi aktivitas eksternal bukan merupakan waktu mengganggur (*idle time*). Hal ini dikarenakan aktivitas eksternal dapat dilakukan saat mesin tersebut dalam kondisi beroperasi. Hasil implementasi SMED tahap 1 terhadap mesin M07 menunjukkan bahwa aktivitas-aktivitas berikut merupakan aktivitas eksternal :

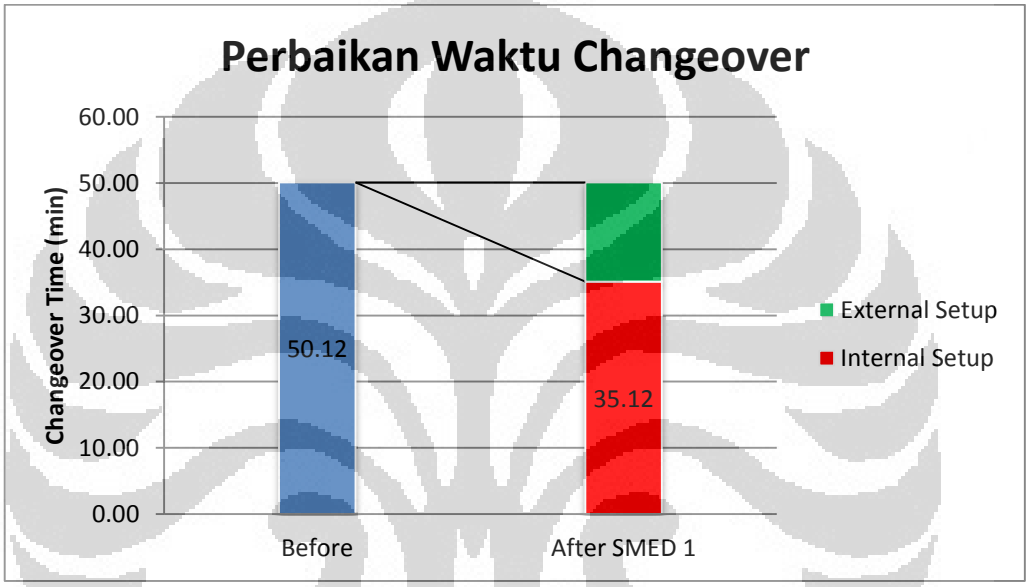
- Memeriksa kondisi *mold* baru yang akan dipasang pada mesin
- Memeriksa kondisi mesin yang akan menjalani proses *changeover*
- Mempersiapkan *tool set* dan peralatan pendukung untuk proses *changeover*
- Mempersiapkan *mold* dan *crane* di lokasi mesin yang direncanakan
- Memindahkan *mold* lama ke area penyimpanan
- Merapikan seluruh *tool set* dan peralatan pendukung yang telah selesai digunakan, serta mengembalikannya ke tempat penyimpanan
- Membersihkan area kerja
- Membuat laporan kerja

Aktivitas-aktivitas tersebut tanpa disadari telah dilakukan oleh teknisi yang bertugas secara eksternal, dalam arti dipersiapkan sebelumnya, atau dilakukan sesudah mesin beroperasi kembali. Penulisan aktivitas-aktivitas tersebut dalam instruksi kerja juga sudah tepat karena merupakan bagian dari prosedur kerja secara menyeluruh. Meski demikian, hasil pengelompokan aktivitas ini sangat berguna bagi PT XYZ dalam merancang produksi harian yang dapat dilakukan oleh mesin. Saat ini, PT XYZ menyediakan waktu hingga 1 jam untuk

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

satu kali proses *changeover mold* dalam menetapkan target produksi. Dengan menyadari bahwa waktu yang dibutuhkan sebenarnya lebih singkat, PT XYZ dapat meningkatkan target produksi yang lebih tinggi.

Eliminasi terhadap durasi aktivitas-aktivitas eksternal mempersingkat total waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan *changover mold* dari sebelumnya 50,12 menit menjadi 35,12 menit. Hasil ini mengurangi durasi sebesar 29,93%. Berikut adalah perbaikan durasi yang dicapai.



Gambar 4.1. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 1

4.2 Analisis SMED Tahap 2

Tahap kedua dalam metode SMED adalah mengkonversi aktivitas-aktivitas internal menjadi eksternal apabila memungkinkan. Tidak ada batasan yang pasti dalam mengkonversi aktivitas, karena dapat berbeda-beda untuk setiap kasus. Meski demikian, beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah :

- Faktor keselamatan kerja
- Faktor mesin, apabila aktivitas tersebut berinteraksi secara langsung dengan mesin.

Dalam kasus PT XYZ, implementasi SMED tahap 2 ini mencari aktivitas-aktivitas internal apa saja yang sebenarnya dapat dilaksanakan secara eksternal.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, hanya 1 aktivitas yang diperoleh berdasarkan hasil diskusi dengan *expert*. Aktivitas tersebut adalah aktivitas 16, yaitu mempersiapkan perlengkapan yang dibutuhkan untuk proses penaikan dan pemasangan *mold* baru pada mesin. Perlengakapan tersebut antara lain :

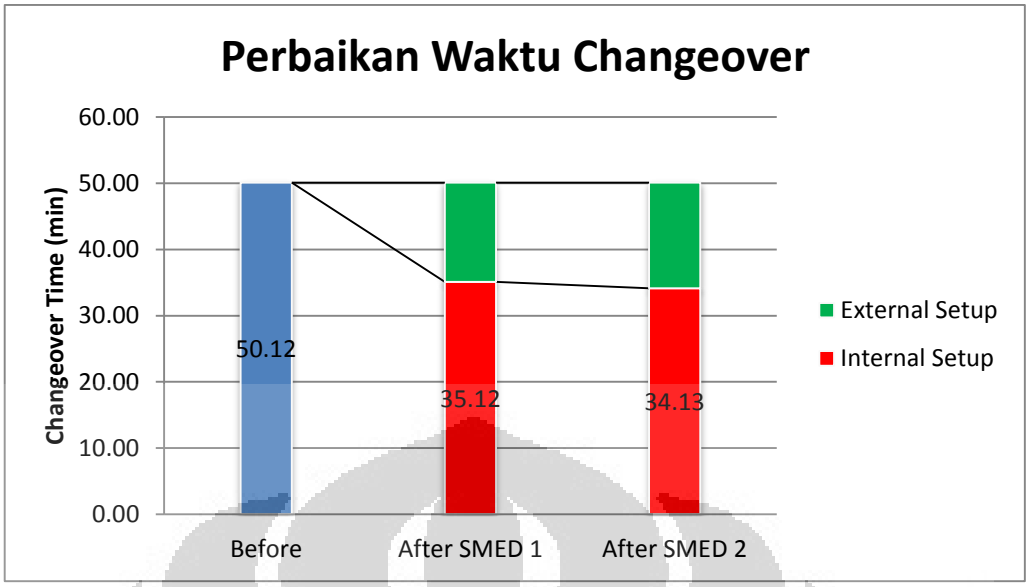
- Baut
- *Termocontrol*
- *Eye bolt*

Baut dan *termocontrol* tidak perlu dipersiapkan lagi, karena baut yang digunakan untuk setiap jenis *mold* pada M07 sama. *Termocontrol* selalu tersedia 1 unit untuk setiap mesin, sehingga selalu diletakkan di samping mesin. Komponen yang perlu dipersiapkan adalah *eye bolt*. *Eye bolt* merupakan komponen berbentuk cincin yang dipasang pada bagian atas *mold*. Fungsi *eye bolt* adalah tempat mengait cetakan agar dapat diangkat oleh *crane*. Saat ini proses menyiapkan *eye bolt* menghabiskan waktu karena baru dicari pada saat dibutuhkan.

Mempersiapkan *eye bolt* pada *mold* yang akan digunakan dapat dilakukan sebelum proses *changover* dimulai, karena :

- *Mold* tidak disimpan secara bertumpuk, *eye bolt* dapat dipasang sejak *mold* masih berada di area penyimpanan
- Persiapan tersebut tidak berbahaya bagi keselamatan kerja, serta tidak melibatkan mesin secara langsung.

Dengan mengkonversi aktivitas 16 menjadi aktivitas eksternal, durasi pelaksanaannya dapat dihilangkan. Implementasi SMED tahap 2 memperbaiki total durasi *changeover* sebesar 0,99 menit dari tahap sebelumnya menjadi 2047,58 detik atau 34,13 menit. Setalah melalui dua tahap SMED, durasi *changover* berkurang sebesar 31,91%. Berikut adalah perbaikan durasi yang dicapai.



Gambar 4.2. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 2

4.3 Analisis SMED Tahap 3

Implementasi SMED tahap 3 dilakukan untuk mempercepat durasi pelaksanaan setiap komponen aktivitas. Pada dasarnya upaya mempersingkat durasi tidak hanya berlaku bagi aktivitas-aktivitas internal, tetapi juga untuk aktivitas-aktivitas eksternal. Namun perbaikan aktivitas eksternal tidak berdampak langsung pada penurunan durasi *changover*, sehingga penelitian ini berfokus pada upaya mempercepat pelaksanaan aktivitas-aktivitas internal. Hasil diskusi dengan para *expert* menghasilkan langkah perbaikan yang mungkin dilaksanakan yaitu :

- Perbaikan fungsi gerak *crane*
- Instalasi sistem *auto-clamp*

4.3.1 Analisis Perbaikan Fungsi Gerak *Crane*

Seperti telah dijabarkan pada bab sebelumnya, perbaikan fungsi gerak *crane* untuk mesin-mesin di sebelah utara *layout* pabrik akan mempercepat proses transportasi naik dan turun *mold*. Hal ini berdampak pada durasi pelaksanaan aktivitas 15 (penurunan *mold* lama) dan 17 (penaikan *mold* baru). Dampak perbaikan diperkirakan dengan membandingkan proses penggantian *mold* di mesin M07

dengan mesin M21. Mesin M07 dengan masalah pada *crane* memiliki rata-rata durasi t_{15} sebesar 357,91 detik, sedangkan mesin M21 dengan *crane* yang beroperasi normal memiliki rata-rata durasi t_{15} sebesar 262,93 detik. Serupa dengan itu, t_{17} untuk M07 sebesar 290,26 detik dan t_{17} untuk M21 sebesar 281,08 detik. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan antara aktivitas 15 dan aktivitas 17.

Pada aktivitas 15, pergerakan turun *crane* berlangsung dari titik tertinggi secara vertikal hingga peletakan *mold* di tanah. Pada aktivitas 17, pergerakan turun *crane* hanya berlangsung dari titik tertinggi secara vertikal hingga ketinggian titik tengah mesin dari atas tanah atau tempat *mold* diposisikan pada mesin. Jarak yang ditempuh *crane* untuk bergerak turun pada aktivitas 15 lebih jauh dari aktivitas 17. Hal tersebut menjelaskan penyingkatan waktu yang lebih besar untuk t_{15} dibandingkan dengan t_{17}.

Total waktu yang dapat dihemat dengan memperbaiki fungsi *crane* adalah 104,16 detik. Dampak perbaikan fungsi *crane* terhadap pengurangan durasi *changeover* total adalah 3,46%.

4.3.2 Analisis Instalasi Sistem *Auto-clamp*

Otomatisasi menggunakan sistem *auto-clamp* mempercepat pelaksanaan aktivitas 11 dan 13 (pelepasan *clamp*) serta aktivitas 20 dan 22 (pemasangan atau penguncian *clamp*). Dengan membandingkan durasi aktivitas-aktivitas tersebut pada M07 dan M21, terlihat bahwa sistem *auto-clamp* lebih cepat dibandingkan pemasangan baut secara manual dengan kunci L dan tongkat.

Durasi rata-rata pelaksanaan sistem *auto-clamp* di M21 adalah t_{11} = 120,55 detik, t_{13} = 128,39 detik, t_{20} = 143,32 detik, dan t_{22} = 123,04 detik. Durasi tersebut lebih cepat dari durasi aktivitas yang sama pada M07 yaitu t_{11} = 225,32 detik, t_{13} = 241,23 detik, t_{20} = 256,00 detik, dan t_{22} = 244,74 detik.

Waktu pengencangan atau penguncian *clamp* secara otomatis hanya berlangsung 10-15 detik. Durasi yang terukur selama 2 menit pada

observasi M21 disebabkan karena operator perlu memastikan *clamp* telah diposisikan secara sempurna pada *mold*. Pada saat dilepaskan dari *mold* lama, posisi *clamp* dijauhkan dari *mold* sehingga perlu diposisikan kembali pada saat *mold* baru berada di mesin. Meski demikian, penggunaan sistem tersebut mampu mengurangi durasi total *changeover* sebesar 7,49%.

4.3.3 Analisis Simulasi

Simulasi dilakukan dengan membuat randomisasi terhadap durasi pelaksanaan setiap aktivitas. Distribusi yang digunakan untuk memodelkan durasi tersebut adalah distribusi gamma. Untuk memastikan kesesuaian dengan distribusi gamma, data observasi terlebih dahulu diuji distribusinya menggunakan bantuan program *Minitab 16*. Pengujian dilakukan menggunakan menu *Stat* > *Quality Tools* > *Individual Distribution Identification*. Berikut adalah hasil analisis *Minitab 16* terhadap setiap aktivitas yang diuji.

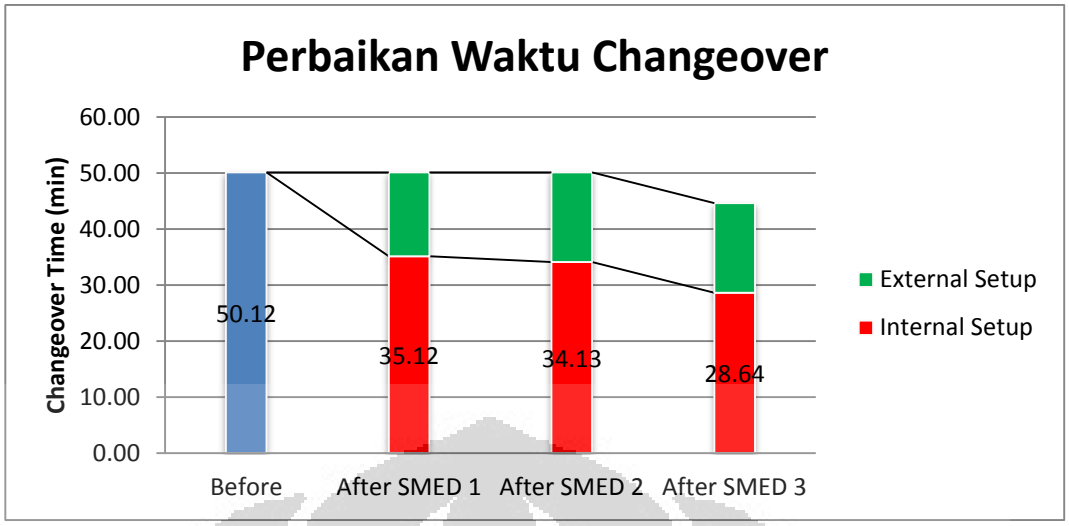
Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

Tabel 4.1. Hasil Uji Distribusi Gamma pada *Minitab 16*

Aktivitas	P Value for Gamma
5	>0.250
6	>0.250
7	>0.250
8	>0.250
9	>0.250
10	>0.250
11	>0.250
12	>0.250
13	>0.250
14	0.218
15	0.150
17	>0.250
18	>0.250
19	>0.250
20	>0.250
21	>0.250
22	>0.250
23	>0.250
24	>0.250
25	>0.250
26	>0.250

Nilai *p* untuk seluruh aktivitas lebih besar dari 0,05, sehingga dapat dikatakan untuk tingkat kepercayaan sebesar 95%, data hasil observasi sesuai dengan distribusi gamma. Perkiraan durasi *changeover* hasil simulasi atau durasi *changeover* setelah melalui SMED tahap 3 adalah 28,64 menit.

Grafik berikut memperlihatkan perbaikan durasi *changeover* untuk masing-masing tahap. Pada tahap ketiga, total perbaikan waktu mencapai 42,86% dari durasi awal.



Gambar 4.3. Perbaikan Waktu *Changeover* Setelah SMED Tahap 3

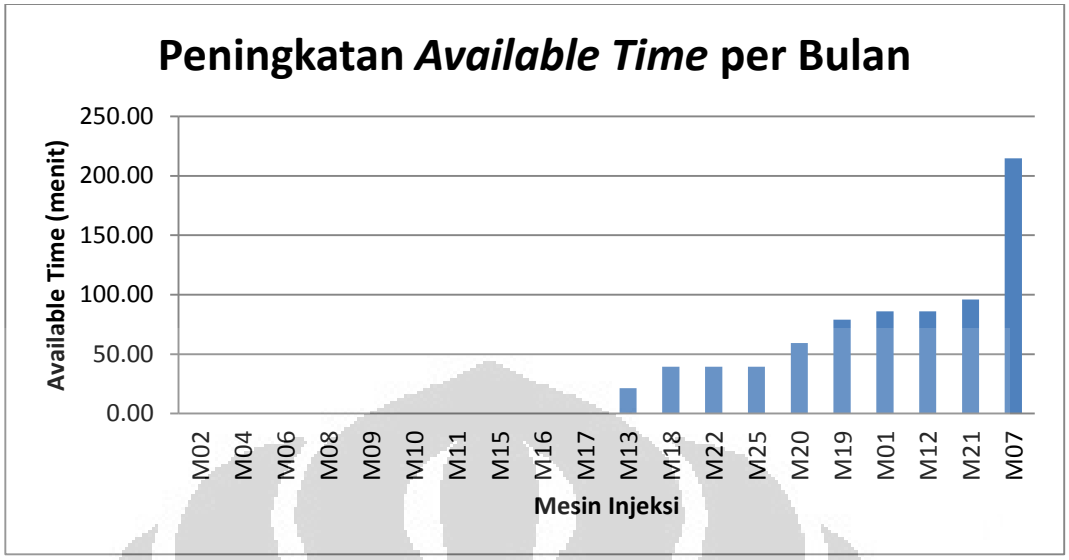
Selain itu dapat pula dilihat pengaruh masing-masing tahap secara terpisah terhadap durasi total, seperti pada tabel berikut. Untuk tahap 3, perbaikan durasi sebesar 10,95% terdiri atas perbaikan fungsi gerak *crane* sebesar 3,46% dan instalasi sistem *auto-clamp* sebesar 7,49%.

Tabel 4.2. Perbaikan Durasi *Changeover* oleh Setiap Tahap Metode SMED

Kondisi	Perbaikan Durasi	Perbaikan Durasi Kumulatif
Before	0.00%	0.00%
After SMED Tahap 1	29.93%	29.93%
After SMED Tahap 2	1.99%	31.91%
After SMED Tahap 3	10.95%	42.86%

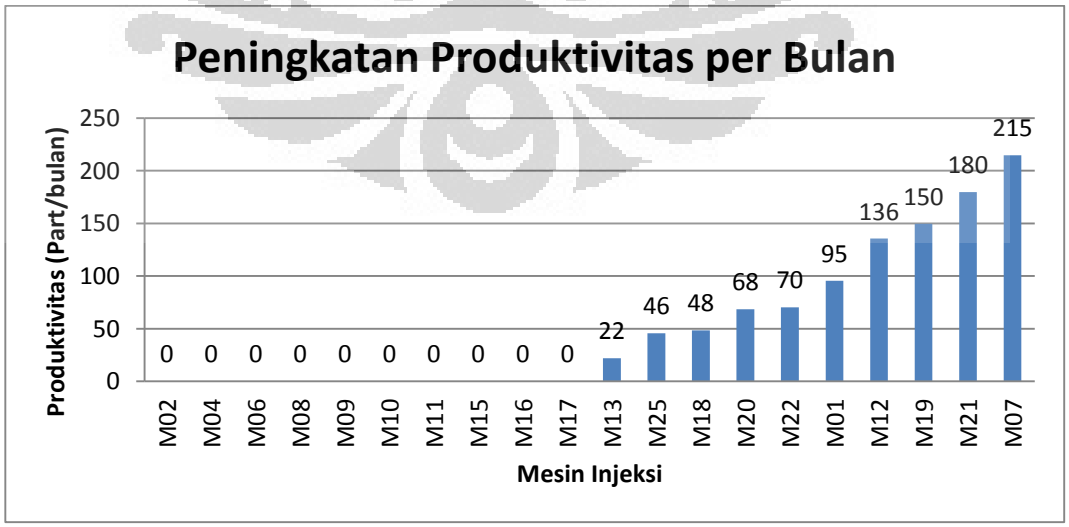
4.4 Dampak Penurunan Waktu *Setup* terhadap PT XYZ

Penurunan waktu *setup* berdampak pada menurunnya *idle time*. Dengan kata lain *available time* atau waktu yang tersedia untuk kegiatan produksi meningkat. Implementasi SMED pada mesin M07 telah menghasilkan penurunan *idle time* sebesar 21,48 menit untuk 1 kali proses *changeover mold*. Berdasarkan perhitungan skenario implementasi SMED terhadap seluruh mesin, penurunan *idle time* yang dialami PT XYZ mencapai 760,77 menit/bulan. Berikut adalah grafik peningkatan *available time* pada masing-masing mesin.



Gambar 4.4. Peningkatan *Available Time* Setiap Mesin

Lebih jauh lagi, peningkatan *available time* akan meningkatkan jumlah unit yang mampu diproduksi oleh PT XYZ dalam kurun waktu tertentu, sehingga produktivitas PT XYZ dapat meningkat. Berdasarkan perhitungan skenario implementasi SMED terhadap seluruh mesin, produktivitas PT XYZ dapat meningkat sebesar 51,5 *part*/hari. Dengan asumsi 20 hari kerja dalam sebulan, kenaikan tersebut mencapai 1030 *part*/bulan. Berikut adalah grafik peningkatan produktivitas pada masing-masing mesin.



Gambar 4.5. Peningkatan Produktivitas Setiap Mesin

Perlu diingat bahwa perhitungan skenario ini hanya melibatkan aktivitas pergantian *mold* selama bulan Maret 2016. Aktivitas pergantian *mold* yang dimaksud adalah aktivitas penurunan *mold* lama yang langsung diikuti oleh aktivitas penaikan *mold* baru. Dengan kata lain, proses penurunan *mold* saja dan proses penaikan *mold* saja yang banyak terjadi pada bulan Maret tidak diperhitungkan. Apabila diperhitungkan, penurunan *idle time* dan peningkatan produktivitas akan semakin besar. Implementasi SMED pada aktivitas penurunan *mold* dan penaikan *mold* akan memperbesar penurunan *idle time* dan peningkatan produktivitas yang dialami PT XYZ dalam kurun waktu tertentu.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini merupakan penutup dari keseluruhan penelitian. Bagian ini akan menjabarkan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian serta saran bagi PT XYZ dan penelitian lebih lanjut yang dapat dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan penelitian yang didapat berdasarkan pengolahan data dan analisis hasil yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya.

- Metode SMED telah diaplikasikan untuk mengurangi waktu *changeover mold* M07 pada seksi *Plastic Injection* di PT XYZ.
- Durasi *changeover mold* M07 saat ini adalah 50,12 menit.
- Aplikasi metode SMED memperbaiki durasi *changeover mold* M07 menjadi 35,12 menit setelah tahap pertama (berkurang 29,93%), 34,13 menit setelah tahap kedua (berkurang 1,99%), dan 28,64 menit setelah tahap ketiga (berkurang 10,95%).
- Durasi *changeover mold* M07 setelah melalui ketiga tahap SMED berkurang sebesar 42,86% dari durasi awal.
- Penggunaan metode SMED dalam memperbaiki waktu *changeover* mengurangi jumlah *idle time*, menambah jumlah *available time*, serta meningkatkan produktivitas perusahaan.
- Skenario implementasi SMED terhadap 20 mesin injeksi plastik pada PT XYZ menghasilkan penurunan *idle time* sebesar 760,77 menit/bulan dan peningkatan produktivitas sebanyak 1030 *part*/bulan.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

5.2 Saran

Bagian ini merupakan penutup penelitian yang berisikan saran bagi PT XYZ dan pengembangan penelitian yang akan datang.

- Penelitian dilakukan berdasarkan observasi langsung terhadap M07. Observasi pada mesin-mesin lain dapat dilakukan untuk melihat apakah ada pengaruh faktor mesin dalam penurunan durasi *changeover mold*.
- Dalam penelitian, dampak perbaikan fungsi gerak *crane* dan instalasi sistem *auto-clamp* disimulasikan. PT XYZ dapat melaksanakan langkah-langkah perbaikan tersebut secara langsung di lapangan untuk melihat dampaknya secara nyata.
- Selain mempercepat pelaksanaan aktivitas internal, PT XYZ sebaiknya juga berupaya mempercepat pelaksanaan aktivitas eksternal. Hal tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti membuat daftar peralatan yang akan digunakan beserta jumlahnya secara spesifik untuk setiap mesin, menata alat-alat tersebut sesuai urutan penggunaannya sebelum proses *changeover* dimulai, dan sebagainya.

Perbaikan waktu ..., Samuel Joshua, FT UI, 2016

DAFTAR REFERENSI

Almomani, M.A., et al. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers and Industrial Engineering*, 66, 461-469.

Azizi, A. & Manoharan, T. (2015). Designing a future value stream mapping to reduce lead time using SMED - a case study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158.

Dave, Y. & Sohani, N. (2012). Single minute exchange of dies: literature review. *International Journal of Lean Thinking*, 3, 27-37.

Fadjar, A. (2008). Aplikasi simulasi Monte Carlo dalam estimasi biaya proyek. *Jurnal SMARTek*, 6, No. 4.

Ferradas, P.G. & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598-603.

Harinaldi. (2005). *Prinsip-prinsip statistik untuk teknik dan sains*. Jakarta: Erlangga.

Introduction to plastic injection molding. (2014). Hatfield: The Rodon Group.

Jacobs, F.R. & Chase, R.B. (2014). *Operations and supply chain management*. New York: McGraw-Hill.

Johansson, G. & Winroth, M. (2009) Lean vs green manufacturing: similarities and differences. *ResearchGate Conference Paper*.

Joshi, R.R. & Naik, G.R. (2012). Application of SMED methodology – a case study in small scale industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2, 1-4.

Kanawaty, G. (1992). *Introduction to work study* (4th revised ed.). Geneva: International Labor Office

Kalos, M.H. & Whitlock, P.A. (2008). *Monte carlo methods* (2nd revised ed.). Weinheim: Wiley-VCH.

Karasu, M.K., et al. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. *Measurement*, 47, 741-748.

Kayis, B. & Kara, S. (2007). Set-up reduction in injection molding process – a case study in packaging industry. *4th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds*.

Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.

Lean Manufacturing – Lean Service. (2015). *SMED (bagian 2) - Manfaat dan metoda implementasi SMED*. 11 Juni 2015. Lean Manufacturing – Lean Service. http://www.leanindonesia.com/tag/smed-2/

Maruthi, G.D. & Rashmi, R. (2015). Green manufacturing: it's tools and techniques that can be implemented in manufacturing sectors. *4th International Conference on Materials Processing and Characterization*, 2, 3350-3355.

Mendez, R.R., et al. (2015) A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant. *IFAC-PapersOnLine*, 48, 1399-1404.

Moreira, A.C. & Pais, G.C.S. (2011). Single Minute Exchange of Die, a case study implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6, 129-146.

Prasetyowati, N.P., Rahman, A., & Tantrika, C.F.M. (2013). Improvement setup time with single minute exchange of dies (SMED) approach to minimize unnecessary motion waste (Case study : PT Berlina Tbk. Pandaan). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1-10.

Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: Productivity, Inc.

Simoes, A. & Tenera, A. (2010). Improving setup time in a press line – application of the SMED methodology. *2010 Management and Control of Production Logistics*, 297-302.

Stadnicka, D. (2015). Setup analysis: combining SMED with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6, 36-50.

Sudargo, K.W. & Felicia. (2015). Penurunan waktu changeover dengan metode SMED di PT Schneider Electric Manufacturing Batam-Plant Electro Mechanic. *Jurnal Tirta*, 3, 35-40.

Sugiharto, B. (2007). Aplikasi simulasi untuk peramalan permintaan dan pengelolaan persediaan yang bersifat probabilistik. *Jurnal INASEA*, 8, 112-120.

Sundar, R., Balaji, A.N., & SatheeshKumar, R.M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.

Verrier, B. et al. (2014). Combining organizational performance with sustainable development issues: the lean and green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production*, 85, 83-93.