

PERBAIKAN WAKTU SET-UP DENGAN PENDEKATAN SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED) UNTUK MENGURANGI UNNECESSARY MOTION WASTE

(Studi Kasus : PT. Berlina Tbk. Pandaan)

IMPROVEMENT SET-UP TIME WITH SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED) APPROACH FOR MINIMISE UNNECESSARY MOTION WASTE

(Case Study : PT. Berlina Tbk. Pandaan)

Novitasari Putri Prasetyowati, Arif Rahman, Ceria Farela Mada Tantrika

Program Studi Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : novitaputri88@gmail.com, posku@ub.ac.id, ceria_fmt@ub.ac.id

ABSTRAK

Industri kemasan plastik mempunyai variasi produk yang sangat beragam, dan mungkin akan terus berubah dan bertambah sesuai dengan permintaan konsumen. Perbedaan bentuk dan spesifikasi dari produk menuntut mesin yang fleksibel dengan kemampuan cepat dilakukan perubahan set-up dan adjustment. Apabila kerugian waktu akibat dipergunakan untuk melakukan set-up mesin dapat direduksi, maka efektifitas mesin dapat ditingkatkan. Perbaikan waktu set-up mesin injection stretch blow moulding dapat dilakukan dengan menggunakan metode SMED untuk mereduksi gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion waste*). Hasil observasi pada proses set-up sebelum perbaikan, teridentifikasi sebanyak 77 aktivitas yang terdiri 75 aktivitas internal set-up dan 2 idle. Dari 75 aktivitas internal set-up, 4 aktivitas dikonversikan menjadi eksternal set-up. Analisa elemen gerakan kerja terhadap 7 aktivitas (aktivitas 4, 6, 7, 13, 23, 17, 48) memperbaiki waktu set-up karena adanya kombinasi eliminasi beberapa elemen kerja. Penelitian dapat mereduksi waktu set-up sebesar 43,71%.

Kata kunci : set-up mesin, SMED, *unnecessary motion waste*, analisa gerakan kerja, waktu set-up.

1. Pendahuluan

Industri kemasan plastik dihadapkan pada tantangan untuk selalu dapat mengembangkan variasi atas produk. PT Berlina Tbk termasuk jenis perusahaan *make to order* sehingga produk dibuat berdasarkan pesanan namun dengan kondisi ketidakpastian untuk memenuhi permintaan pasar yang cenderung fluktuatif dan spesifikasi produk yang variatif pula. Peningkatan variasi produk yang ditangani oleh mesin akan berimbas pada berubahnya setting mesin produksi yang digunakan.

Mesin *injection stretch blow moulding* merupakan salah satu mesin yang dimiliki oleh PT Berlina Tbk yang digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen untuk jenis kemasan plastik berupa botol. Mesin ini termasuk mesin yang membutuhkan waktu dalam proses set-up paling lambat karena perlu melakukan penggantian komponen saat peralihan dari produk satu ke produk lain dengan rangkaian aktivitas lebih kompleks dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya.

Perusahaan perlu untuk mereduksi waktu yang dibutuhkan saat melakukan set-up mesin agar dapat meningkatkan efektifitas mesin. Perbaikan waktu set-up dengan mereduksi gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion waste*) pada mesin *injection stretch blow moulding* dapat menggunakan pendekatan metode SMED.

Dengan diterapkannya metoda SMED diharapkan dapat mengurangi waktu set-up sesingkat mungkin pada mesin *injection stretch blow moulding* yang menjadi obyek dalam penelitian ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini tentang perbaikan waktu set-up dengan pendekatan SMED untuk mengurangi *unnecessary motion waste* merupakan penelitian eksplanatif.

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan proses mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian baik data sekunder yang dimiliki

PT Berlina Tbk maupun data primer berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara dengan *stakeholder*.

Data perbandingan waktu *set-up* 4 periode terakhir pada mesin *injection stretch blow moulding*, mesin *blow moulding*, dan mesin *injection moulding* di tunjukkan pada Tabel 1. Data waktu produksi aktual dan waktu produksi yang disediakan mesin *injection stretch blow moulding* pada 4 periode produksi terakhir ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Waktu Set-Up Mesin Existing

No	waktu set-up (jam)		
	<i>Injection Stretch Blow Moulding</i>	<i>Blow Moulding</i>	<i>Injection Moulding</i>
1	10,5	7	2,5
2	9,5	6,5	3
3	9,5	6,5	2,5
4	10	7	2,5

Sumber : PT. Berlina Tbk

Tabel 2 Waktu Produksi Aktual Dan Waktu Produksi Yang Disediakan Mesin *Injection Stretch Blow Moulding* Pada 4 Periode Produksi Terakhir

No	Waktu produksi (jam)	
	Aktual	Disediakan
1	73	100
2	225	313
3	561	642
4	348	545

Sumber : PT. Berlina Tbk

Data pengamatan langsung pada proses dan waktu *set-up existing* pada mesin *injection stretch blow moulding* ditunjukkan oleh Tabel 3 (Lampiran). Proses *set-up* dibreakdown menjadi beberapa aktivitas dan diukur waktunya. Pada Tabel 3, warna biru menunjukkan *idle*, warna kuning menunjukkan aktivitas yang dikerjakan oleh operator A, warna merah muda menunjukkan aktivitas yang dikerjakan B, dan warna hijau menunjukkan aktivitas yang dilakukan operator C.

Berikut merupakan penjelasan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Studi Lapangan
Studi lapangan dilakukan dengan melakukan observasi pada proses *set-up* mesin *injection stretch blow moulding*.
2. Studi Kepustakaan
Studi kepustakaan dilakukan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan SMED,

pengukuran waktu kerja dan analisa gerakan kerja.

3. Identifikasi Masalah

Setelah melakukan pengamatan ke seluruh proses *set-up* kemudian diidentifikasi permasalahan yang ada pada proses *set-up* dan membutuhkan perbaikan sistem.

4. Pengumpulan Data

Merupakan aktivitas pengambilan data-data yang diperlukan baik melalui pengamatan langsung, wawancara ataupun data yang sudah tersedia.

5. Mengukur Dan Merekam Proses Set-up

Melihat dan mencatat proses *set-up* apa saja yang terjadi pada mesin dengan metode *stopwatch time study*.

6. Membuat Peta Kerja Existing.

Membuat peta kerja berdasarkan hasil pengamatan pada proses *set-up* yang dilakukan pada saat ini (sebelum perbaikan). Pada penelitian ini peta kerja yang digunakan adalah peta kelompok kerja.

7. Menganalisa Elemen Gerakan Kerja

Melakukan analisa terhadap elemen gerakan kerja operator saat melakukan aktivitas *set-up*.

8. Menghilangkan Gerakan Yang Tidak Perlu, Kombinasi Gerakan Kerja, Otomasi Gerakan Elemen Kerja.

Mengubah sebanyak mungkin aktivitas *internal set-up* menjadi *eksternal set-up*.
Membuat Peta Kerja Perbaikan

Membuat peta kerja baru berdasarkan analisa terhadap elemen-elemen gerakan setelah dilakukan perbaikan untuk merancang metode kerja baru.

9. Melakukan Pengukuran Waktu Tidak Langsung

Melakukan pengukuran waktu secara tidak langsung terhadap rancangan metode kerja baru untuk mengestimasi waktu *set-up* setelah perbaikan.

10. Analisa Dan Pembahasan

Data yang sudah diolah kemudian dianalisa kelebihan dan kekurangannya, sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan waktu *set-up*.

11. Kesimpulan Dan Saran

Dari hasil analisa maka dapat diambil kesimpulan bahwa perbaikan waktu *set-up* yang telah dilakukan dapat

memberikan solusi dari masalah yang ditemukan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Data Pengamatan Proses *Set-Up* Sebelum Perbaikan (*Existing*) pada Mesin *Injection Stretch Blow Moulding*

Pengamatan pada proses *set-up* mesin *injection stretch blow moulding* dilakukan secara langsung dengan cara mengukur waktu dan merekam proses *set-up*. Waktu *set-up* dalam penelitian ini didefinisikan sebagai lama waktu yang dibutuhkan saat mesin dimatikan untuk mengakhiri proses produksi sampai mesin dihidupkan kembali dan siap melakukan aktivitas produksi selanjutnya. Sehingga didalam waktu *set-up* terdiri dari waktu melakukan persiapan peralatan *set-up*, waktu pergantian komponen mesin, melakukan penyesuaian komponen, melakukan penyetelan pada gerakan mesin sampai mesin kembali dihidupkan dan siap untuk melakukan aktivitas produksi selanjutnya. Proses dan waktu *set-up existing* pada mesin *injection stretch blow moulding* ditunjukkan pada Lampiran A.

Berdasarkan Lampiran A waktu yang dibutuhkan proses *set-up* mesin *injection stretch blow moulding* adalah selama 5 jam 9 menit 26 detik. Aktivitas yang teridentifikasi adalah sebanyak 77 aktivitas, termasuk 2 *idle*. Aktivitas ini dikerjakan oleh tiga orang operator namun masih terdapat ketidakefektifan dalam metode kerja yang dilakukan. Hal ini dapat terlihat dari jumlah waktu dan aktivitas kerja yang kurang seimbang diantara ketiga orang operator, dimana operator A melakukan 44 aktivitas selama 3 jam 25 menit 18 detik, operator B melakukan 29 aktivitas selama 2 jam 8 menit 18 detik, dan operator C melakukan 34 aktivitas selama 2 jam 10 menit 28 detik. Berdasarkan fakta yang demikian maka perlu dilakukan perbaikan waktu *set-up* dengan analisa elemen gerakan kerja untuk mengurangi *unnecessary motion waste* agar waktu *set-up* mesin dapat dipersingkat.

3.2. Peta Kerja Proses *set-up* pada Mesin *Injection Stretch Blow Moulding* Sebelum Perbaikan (*Existing*)

Peta kerja proses *set-up* dibuat berdasarkan hasil pengamatan pada proses *set-up* yang dilakukan sebelum perbaikan.

Pada penelitian ini peta kerja yang digunakan adalah peta kelompok kerja. Peta kerja ini dipilih karena mampu menggambarkan kemungkinan yang bisa diperoleh untuk memperbaiki kondisi kerja dengan jalan mengurangi waktu menganggur operator. Sehingga dapat mengindikasikan bahwa suatu proses atau operasi kerja dilaksanakan dengan memanfaatkan tenaga kerja yang dianggap terlalu banyak dari yang seharusnya diperlukan ataupun sebaliknya. Peta kelompok kerja proses *set-up* mesin *injection stretch blow moulding* sebelum perbaikan ditunjukkan oleh Lampiran B.

3.3. Identifikasi Aktivitas Internal dan Eksternal *Set-Up*

Dalam konsep SMED salah satu hal yang harus dilakukan untuk dapat mempercepat waktu *set-up* adalah mengkonversikan internal *set-up* menjadi eksternal *set-up* sebanyak-banyaknya dan menghilangkan *idle* yang dilakukan oleh operator. Internal *set-up* didefinisikan sebagai aktivitas yang dilakukan saat mesin harus dimatikan. Sedangkan eksternal *set-up* adalah aktifitas yang bisa dilakukan saat mesin berjalan dan memproduksi barang. Berdasarkan Lampiran A terdapat 77 aktivitas dalam proses *set-up* dengan 2 *idle*. Dalam konsep SMED, 2 *idle* ini harus dihilangkan sehingga aktivitas yang dapat dikonversi menjadi eksternal *set-up* sebanyak 75 aktivitas. waktu yang dibutuhkan untuk proses *set-up* sebelum konversi adalah selama 5 jam 6 menit 24 detik. Berdasarkan konversi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terdapat 4 aktivitas yang dapat dikonversikan menjadi eksternal *set-up* sehingga waktu setelah perbaikan (konversi internal *set-up* menjadi eksternal *set-up*) adalah sebesar 4 jam 25 menit 4 detik. 4 aktivitas yang dikonversi menjadi eksternal *set-up* adalah aktivitas 32, 33, 35, dan 75. pengurangan waktu sebelum perbaikan dan setelah perbaikan pada konversi internal *set-up* menjadi eksternal *set-up* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Selisih waktu set-up} &= \\ \text{waktu sebelum perbaikan} - \\ \text{waktu setelah perbaikan} \\ \text{Selisih waktu set-up} &= (05:06:24) - \\ & (04:25:04) = 00:41:20 \end{aligned}$$

$$\text{Persentase penurunan waktu set-up} = \frac{\text{selisih waktu}}{\text{waktu sebelum perbaikan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase penurunan waktu set-up} = \frac{00:41:20}{05:06:24} \times 100\% = 13,49\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan selisih waktu *set-up* sebesar 41 menit 20 detik atau sebesar 13,49%. Lama waktu *set-up* ini masih dapat direduksi kembali dengan menganalisa dan memperbaiki elemen gerakan kerja yang dilakukan selama proses *set-up*.

3.4. Analisa Elemen Gerakan Kerja

Analisa elemen gerakan yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada konsep elemen gerakan *therbligs* dimana elemen gerakan yang dianalisa diantaranya adalah menjangkau, mengangkat, memutar, memegang, mengarahkan, melepas, lepas rakit, gerakan mata, dan beberapa gerakan anggota badan lainnya. Analisa elemen gerakan kerja dilakukan terhadap aktivitas 4 (mengendurkan mur dan baut mould), 6 (melepas as wagen), 7 (melepas baut pengikat mould), 13 (melepas plat core pin bawah), 17 (melepas lift cavity 3), 23 (melepas baut pengikat mould preform), dan 49 (memasang lift cavity 3).

Unnecessary motion waste dan waktu *set-up* yang lama dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah kurangnya koordinasi antar operator sehingga pembagian pekerjaan kurang baik, isi *toolbox* yang tidak ditata dengan baik menyebabkan banayak gerakan-gerakan yang tidak perlu untuk mencari-cari peralatan yang akan digunakan. Gambar isi *toolbox* yang digunakan oleh operator mesin *injection stretch blow moulding* ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk menurunkan waktu *set-up* terdapat beberapa cara diantaranya adalah dengan menghilangkan gerakan yang tidak perlu, kombinasi gerakan kerja, otomatisasi gerakan kerja.



Gambar 1. *Toolbox* Yang Digunakan Oleh Operator Mesin *Injection Stretch Blow Moulding*

3.5. Analisa Perbaikan Elemen Gerakan Kerja

Perbaikan waktu *set-up* dilakukan dengan cara menghilangkan gerakan yang tidak perlu, kombinasi gerakan kerja, serta otomatisasi gerakan kerja. Perbaikan elemen gerakan kerja dalam proses *set-up* mesin *injection stretch blow moulding* dilakukan terhadap aktivitas 4 (mengendurkan mur dan baut mould), 6 (melepas as wagen), 7 (melepas baut pengikat mould), 13 (melepas plat core pin bawah), 17 (melepas lift cavity 3), 23 (melepas baut pengikat mould preform), dan 49 (memasang lift cavity 3).

Selain dengan cara menghilangkan, mengkombinasi, dan mengotomasi elemen gerakan kerja, pengurangan waktu *set-up* juga dapat didukung dengan penataan *toolbox* yang baik. Penataan *toolbox* yang baik adalah penataan yang memiliki *pallet* yang berprinsip pada 5 R (resik, rapi, ringkas, rawat, rajin) sehingga waktu yang terbuang untuk mencari dan merapikan peralatan dapat diminimalisir atau bahkan dapat dihilangkan sehingga waktu proses *set-up* dapat berlangsung lebih cepat. Contoh rekomendasi *pallet toolbox* 5R ditunjukkan oleh Gambar 2. Sistem penggantian *dies* secara konvensional menjadi otomatis juga dapat mendukung percepatan proses *set-up*. Penerapan konsep *Design for Assembly* (DFA) dan *interchangeable part* dalam desain komponen mesin dapat menjadi salah satu cara untuk mempercepat waktu *set-up*, hal ini dapat terjadi karena penerapan

konsep ini akan berdampak pada pengurangan elemen kerja sehingga waktu *set-up* juga dapat direduksi. Sosialisasi dan pelatihan konsep *lean manufacturing* kepada operator juga sangat penting dilakukan agar operator sebagai orang yang terjun secara langsung dalam aktivitas *set-up*.



Gambar 2. Contoh *Pallet Toolbox 5R*

3.6. Pengukuran Waktu Tidak Langsung Proses *set-up* Setelah Perbaikan

Pengukuran waktu secara tidak langsung yang dilakukan adalah menggunakan metode pengukuran waktu dengan konsep metode (*method time measurement*). Hal ini dikarenakan pengukuran waktu metode atau *methods time measurement* (MTM) merupakan suatu sistem penetapan awal waktu baku (*predetermine time standard*) yang dikembangkan berdasarkan studi gambar gerakan-gerakan kerja dari suatu operasi kerja industri yang direkam dalam film. Berdasarkan pengukuran waktu tidak langsung yang telah dilakukan, maka didapatkan suatu rancangan metode kerja baru yang dapat mengestimasi waktu *set-up* setelah perbaikan.

Berdasarkan Lampiran B dapat diketahui bahwa metode kerja yang dikerjakan oleh tiga orang operator setelah perbaikan dalam proses *set-up* lebih baik dari pada sebelum perbaikan, hal ini dapat dibuktikan dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *set-up*. Pendistribusian aktivitas diantara ketiga operator relatif lebih seimbang dari sebelum perbaikan, hal ini terlihat dari pendistribusian aktivitas diantara ketiga operator yang relatif lebih seimbang, dimana operator A bekerja selama 1 jam 47 menit 10 detik, operator B bekerja selama 1 jam 39 menit 40 detik, dan operator C selama 1 jam 48 menit 28 detik.

Perbaikan yang dilakukan juga berdampak terhadap jumlah aktivitas pada proses *set-up* mesin *injection stretch blow*

moulding PT Berlina Tbk adalah sebanyak 60 aktivitas. Hal ini menunjukkan penurunan jumlah aktivitas yang awalnya 78 aktivitas menjadi 60 aktivitas. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *set-up* juga berkurang, yaitu selama 5 jam 9 menit 26 detik menjadi 2 jam 54 menit 11 detik.

$$\begin{aligned} \text{Selisih waktu } \textit{set-up} &= \text{waktu sebelum perbaikan} - \text{waktu setelah perbaikan} \\ \text{Selisih waktu } \textit{set-up} &= (05:09:26) - (02:54:11) = 2:15:15 \end{aligned}$$

$$\text{Persentase penurunan waktu } \textit{set-up} = \frac{\text{selisih waktu}}{\text{waktu sebelum perbaikan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase penurunan waktu } \textit{set-up} = \frac{2:15:15}{05:09:26} \times 100\% = 43,71\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan selisih waktu *set-up* sebesar 2 jam 15 menit 15 detik dan persentase penurunan waktu *set-up* sebesar 43,71 %.

4. Penutup

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses *set-up* sebelum perbaikan (*existing*) mesin *injection stretch blow moulding* teridentifikasi sebanyak 77 aktivitas yang terdiri dari 75 aktivitas internal *set-up* dan 2 *idle*. Berdasarkan analisa dan evaluasi ketergantungan aktivitas terhadap status mesin, terdapat 4 aktivitas yang dapat dikonversi menjadi aktivitas eksternal *set-up* dari 75 aktivitas internal *set-up*.
2. Pada proses *set-up* sebelum perbaikan (*existing*) mesin *injection stretch blow moulding*, operator A melakukan 44 aktivitas; operator B melakukan 29 aktivitas; operator C melakukan 34 aktivitas. Sedangkan pada proses *set-up* setelah perbaikan, operator A melakukan 35 aktivitas; operator B melakukan 34 aktivitas; operator C melakukan 35 aktivitas.
3. Pada proses perbaikan waktu *set-up*, terdapat 7 aktivitas yang dapat direduksi dengan cara kombinasi dan eliminasi, 34 elemen gerakan pada aktivitas 4 berkurang menjadi 14 elemen gerakan, 34 elemen gerakan pada aktivitas 6

- berkurang menjadi 19 elemen gerakan, 13 elemen gerakan pada aktivitas 7 berkurang menjadi 10 elemen gerakan, 45 elemen gerakan pada aktivitas 13 berkurang menjadi 28 elemen gerakan, 18 elemen gerakan pada aktivitas 17 berkurang menjadi 15 elemen gerakan, 45 elemen gerakan pada aktivitas 23 berkurang menjadi 19 elemen gerakan, 55 elemen gerakan pada aktivitas 49 berkurang menjadi 23 elemen gerakan.
4. Reduksi waktu *set-up* yang dapat dihasilkan dengan metode SMED adalah sebesar 43,71%.

Daftar Pustaka

- Anonim, (2012), *Industri Update*. <http://www.bankmandiri.co.id/indonesia/erivi-ew-pdf/MGDJ49527909.pdf>. (diakses 25 September 2012)
- Anonim, (2011), *Smed bagian 2 manfaat dan metoda implementasi smed*. <http://www.leanindonesia.com/2010/11/smed-bagian-2-manfaat-dan-metoda-implementasi-smed/>. (diakses 25 September 2012)
- Anonim, (2012), *Toolbox5s*, <http://hzrongfa.en.made-inchina.com/productimage/osERvkjwOhd2f0j00LZpQbtDsafcj/China-PCS-Aluminum-Tool-CaseToolbox.html>. (diakses 30 Desember 2012)
- Arvianto, Ary & Arista, Rheza, (2011), *Usulan Perbaikan Operation Point Sheet Pada Mesin Feeder Aida 1100 PT. XXX Dengan Menggunakan Metode Smed*, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/download/2168/1891>. (diakses 10 Oktober 2012)
- Barnes, Ralph M., (1980), *Motion and Time Study Design and Measurement Work*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperzs, Vincent, (2007), *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hatmin, (2011), *Memperpendek waktu changeover dengan teknik SMED*. <http://hatmin.blogspot.com/2011/07/memperpendek-waktu-changeover-dengan.html>. (diakses 25 September 2012)
- Kanawaty, George, (1992), *Introduction to Work Study*. Fourth Edition. Geneva: International Labour Office.
- Karina, Sandra, (2011), *Penjualan Kemasan Plastik Naik 10%*, <http://economy.okezone.com/read/2011/05/08/320/454609/penjualan-kemasan-plastik-naik-10>. (diakses 20 September 2012)
- Meyers, Fred E & Stewart, James R., (2002), *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*. Third Edition. New jersey : Prentice Hall.
- Monden, Yasuhiro, (1995), *Sistem Produksi Toyota 1*, Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Nakajima, Seiichi, (1988), *Introduction to Total Productive Maintenance*. 1st Edition. Productivity Inc. Cambridge.
- Refrizal & Sudarmadji, Heri, (2011), *Aplikasi Metoda SMED Untuk Perbaikan Waktu Proses Ganti Model (Changeover Time) Dan Waktu Penyetelan (Set-Up Time)*. <http://jurnal.polban.ac.id/index.php/mesin/article/download/8/7> (diakses 10 Oktober 2012)
- Sutalaksana, I. Z., R.A. Anggawisastra, dan Jann H. Tjaraatmajda, (1980), *Teknik Tata Cara Kerja*. Edisi Pertama. Bandung: Departemen Teknik Industri ITB.
- Wignjosoebroto, Sritomo, (1995), *Ergonomi, Study Gerak dan Waktu*. Edisi Pertama. Surabaya : Penerbit PT Guna Widya.

Lampiran A Proses dan Waktu *Set-Up Existing* Mesin *Injection Stretch Blow Moulding*

No	Waktu	Operator A	Waktu	Operator B	Waktu	Operator C	Durasi	Mulai	Selesai
1	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	00:00:00	00:02:17
2	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	00:02:17	00:02:50
3	00:00:50	Clamping Manual					00:00:50	00:02:50	00:03:40
4	00:06:07	Mengendurkan Mur Dan Baut Mould	00:06:07	Mengendurkan Mur Dan Baut Mould			00:06:07	00:03:40	00:09:47
5	00:00:43	Clamping Manual					00:00:43	00:09:47	00:10:30
6	00:02:27	Melepas As Wagen	00:02:27	Melepas As Wagen			00:02:27	00:10:30	00:12:57
7	00:01:40	Melepas Baut Pengikat Mould	00:01:40	Melepas Baut Pengikat Mould			00:01:40	00:12:57	00:14:37
8	00:03:39	Mengangkat Mould	00:03:39	Mengangkat Mould	00:03:39	Mengangkat Mould	00:03:39	00:14:37	00:18:16
9					00:04:02	Melepas Bottom	00:04:02	00:18:16	00:22:18
10	00:02:06	Melepas Blowing					00:02:06	00:22:18	00:24:24
11	00:06:37	Melepas Selang Cooling					00:06:37	00:24:24	00:31:01
12					00:01:05	Clamping Manual	00:01:05	00:31:01	00:32:06
13	00:03:06	Melepas Plat Core Pin Bawah	00:03:06	Melepas Plat Core Pin Bawah			00:03:06	00:32:06	00:35:12
14					00:02:26	Clamping Manual	00:02:26	00:35:12	00:37:38
15	00:01:29	Melepas Plat Core Pin Atas	00:01:29	Melepas Plat Core Pin Atas			00:01:29	00:37:38	00:39:07
16	00:00:26	Melepas Cooling	00:00:26	Melepas Cooling			00:00:26	00:39:07	00:39:33
17	00:01:14	Melepas Lift Cavity 3	00:01:14	Melepas Lift Cavity 3		Melepas Lift Cavity 3	00:01:14	00:39:33	00:40:47
18					00:00:12	Clamping Manual	00:00:12	00:40:47	00:40:59
19	00:01:11	Melepas Lift Cavity 2	00:01:11	Melepas Lift Cavity 2			00:01:11	00:40:59	00:42:10
20					00:00:14	Clamping Manual	00:00:14	00:42:10	00:42:24
21	00:00:43	Melepas Lift Cavity 1	00:00:43	Melepas Lift Cavity 1			00:00:43	00:42:24	00:43:07
22					00:00:12	Clamping Manual	00:00:12	00:43:07	00:43:19
23	00:01:29	Melepas Baut Pengikat Mould Preform	00:06:38	Melepas Baut Pengikat Mould Preform			00:06:38	00:43:19	00:49:57
24					00:01:21	Melepas Pembuangan Udara	00:01:21	00:49:57	00:51:18
25			00:04:21	Melepas Mould Preform			00:04:21	00:51:18	00:55:39
26					00:00:14	Clamping Manual	00:00:14	00:55:39	00:55:53
27			00:01:46	Melepas Pengaman Nozzle Manifold			00:01:46	00:55:53	00:57:39
28	00:01:34	Menyiapkan Handtruck					00:01:34	00:57:39	00:59:13
29	00:26:54	Menurunkan Manifold	00:26:54	Menurunkan Manifold			00:26:54	00:59:13	01:26:07
30					00:04:26	Memasang Mould Ejector	00:04:26	01:26:07	01:30:33
31					00:27:07	Memasang Stretch Blow	00:27:07	01:30:33	01:57:40
32	00:30:01	Menyiapkan Manifold					00:30:01	01:57:40	02:27:41
33	00:03:14	Mengganti Seal Manifold	00:03:14	Mengganti Seal Manifold			00:03:14	02:27:41	02:30:55
34	00:02:59	IDLE	00:02:59	IDLE	00:02:59	IDLE	00:02:59	02:30:55	02:33:54
35	00:01:55	Memasang Casing Manifold	00:01:55	Memasang Casing Manifold			00:01:55	02:33:54	02:35:49
36			00:06:25	Menyiapkan Mould Preform			00:06:25	02:35:49	02:42:14
37	00:04:46	Memasang Mould Preform	00:04:46	Memasang Mould Preform			00:04:46	02:42:14	02:47:00
38	00:02:31	Memasang Slang Oli					00:02:31	02:47:00	02:49:31
39	00:00:23	Memasang Slang Cooling					00:00:23	02:49:31	02:49:54
40	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	02:49:54	03:15:06
41	00:03:23	Memasang Kabel Pemanas Manifold	00:03:23	Memasang Kabel Pemanas Manifold			00:03:23	03:15:06	03:18:29
42	00:00:03	IDLE	00:00:03	IDLE	00:00:03	IDLE	00:00:03	03:18:29	03:18:32
43	00:08:57	Memeriksa Temperatur					00:08:57	03:18:32	03:27:29

No	Waktu	Operator A	Waktu	Operator B	Waktu	Operator C	Durasi	Mulai	Selesai
44			00:01:23	Memasang Lift Cavity 1			00:01:23	03:27:29	03:28:52
45	00:01:20				00:01:20	Clamping Manual	00:01:20	03:28:52	03:30:12
46	00:03:13	Memasang Lift Cavity 2					00:03:13	03:30:12	03:33:25
47					00:01:21	Clamping Manual	00:01:21	03:33:25	03:34:46
48	00:05:00	Memasang Lift Cavity 3					00:05:00	03:34:46	03:39:46
49	00:03:11	Memasang Core Pin					00:03:11	03:39:46	03:42:57
50	00:01:48	Memasang Plat Cooling Core Pin					00:01:48	03:42:57	03:44:45
51	00:01:30	Memasang Ebonit (Isolator)					00:01:30	03:44:45	03:46:15
52	00:00:09	Memasang Cooling (Air)					00:00:09	03:46:15	03:46:24
53					00:00:26	Clamping Manual	00:00:26	03:46:24	03:46:50
54					00:03:30	Mengencangkan Baut	00:03:30	03:46:50	03:50:20
55					00:00:24	Clamping Manual	00:00:24	03:50:20	03:50:44
56			00:02:26	Memberi Pelumas Pada Bottom Mould			00:02:26	03:50:44	03:53:10
57			00:00:43	Memposisikan Mould	00:00:43	Memposisikan Mould	00:00:43	03:53:10	03:53:53
58					00:00:53	Memasang Mould Bagian Depan	00:00:53	03:53:53	03:54:46
59					00:00:54	Memasang Muold Bagian Belakang	00:00:54	03:54:46	03:55:40
60					00:00:41	Memasang Nepple Cooling Core Pin	00:00:41	03:55:40	03:56:21
61					00:01:13	Memasang As Wagen 1	00:01:13	03:56:21	03:57:34
62					00:00:21	Memasang As Wagen 2	00:00:21	03:57:34	03:57:55
63					00:00:23	Clamping Manual	00:00:23	03:57:55	03:58:18
64	00:01:43	Memasang Slang Cooling					00:01:43	03:58:18	04:00:01
65	00:02:28	Memasang Slang Cooling Mould Preform					00:02:28	04:00:01	04:02:29
66					00:05:59	Memasang Cooling Mould Blow Moulding	00:05:59	04:02:29	04:08:28
67	00:01:53	Memasang Cooling Keramat					00:01:53	04:08:28	04:10:21
68			00:09:06	Mengencangkan Baut Pengikat Mould			00:09:06	04:10:21	04:19:27
69	00:01:53	Memeriksa Arah Putaran Motor Cooling Core Pin					00:01:53	04:19:27	04:21:20
70					00:04:00	Memeriksa Kebocoran Cooling	00:04:00	04:21:20	04:25:20
71	00:11:21	Memberi Oli Pelumas Pada Cooling Keramat					00:11:21	04:25:20	04:36:41
72	00:16:58	Menyetel Stopper			00:16:58	Menyetel Stopper	00:16:58	04:36:41	04:53:39
73	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	04:53:39	04:55:54
74					00:02:29	Memasang Blowing	00:02:29	04:55:54	04:58:23
75					00:08:59	Membereskan Peralatan	00:08:59	04:58:23	05:07:22
76	00:00:24	Memberikan Vet Pada Permukaan Lift Cavity					00:00:24	05:07:22	05:07:46
77	00:01:46	Memasang Chute Dan Konveyor			00:01:40	Memasang Chute Dan Konveyor	00:01:40	05:07:46	05:09:26
Total		03:25:18		02:08:18		02:10:28		05:09:26	

Lampiran B Rancangan Perbaikan Metode Kerja dan Estimasi Waktu *Set-Up*

No	Waktu	Operator A	Waktu	Operator B	Waktu	Operator C	Durasi	Mulai	Selesai
1	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	Mengeluarkan Sisa Produk Dari Mesin	00:02:17	00:00:00	00:02:17
2	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	Membongkar Pintu Mesin	00:00:33	00:02:17	00:02:50
3	00:00:50	Clamping Manual					00:00:50	00:02:50	00:03:40
4	00:00:14	Mengendurkan Mur Dan Baut Mould	00:00:14	Mengendurkan Mur Dan Baut Mould	00:00:14	Mengendurkan Mur Dan Baut Mould	00:00:14	00:03:40	00:03:54
5	00:00:43	Clamping Manual					00:03:32	00:03:54	00:07:26
6	00:01:51	Melepas As Wagen	00:01:51	Melepas As Wagen			00:01:51	00:07:26	00:09:17
7	00:00:18	Melepas Baut Pengikat Mould	00:00:18	Melepas Baut Pengikat Mould			00:00:18	00:09:17	00:09:35
8	00:03:09	Mengangkat Mould	00:03:09	Mengangkat Mould	00:03:09	Mengangkat Mould	00:05:04	00:09:35	00:14:39
9	00:06:37	Melepas Blowing	00:06:37	Melepas Selang Cooling	00:06:37	Melepas Bottom	00:06:37	00:14:39	00:21:16
10					00:01:05	Clamping Manual	00:01:05	00:21:16	00:22:21
11	00:02:06	Melepas Plat Core Pin Bawah	00:02:06	Melepas Plat Core Pin Bawah			00:02:06	00:22:21	00:24:27
12					00:02:26	Clamping Manual	00:02:26	00:24:27	00:26:53
13	00:01:29	Melepas Plat Core Pin Atas	00:01:29	Melepas Plat Core Pin Atas	00:01:12	Melepas Cooling	00:01:12	00:26:53	00:28:05
14	00:00:58	Melepas Lift Cavity 3	00:00:58	Melepas Lift Cavity 3	00:00:58	Melepas Lift Cavity 3	00:00:58	00:28:05	00:29:03
15					00:00:12	Clamping Manual	00:00:12	00:29:03	00:29:15
16	00:00:58	Melepas Lift Cavity 2	00:00:58	Melepas Lift Cavity 2	00:00:58	Melepas Lift Cavity 2	00:00:58	00:29:15	00:30:13
17					00:00:14	Clamping Manual	00:00:14	00:30:13	00:30:27
18	00:00:58	Melepas Lift Cavity 1	00:00:58	Melepas Lift Cavity 1	00:00:58	Melepas Lift Cavity 1	00:00:58	00:30:27	00:31:25
19					00:00:12	Clamping Manual	00:00:12	00:31:25	00:31:37
20	0:00:37	Melepas Baut Pengikat Mould Preform	0:00:37	Melepas Baut Pengikat Mould Preform	0:00:37	Melepas Baut Pengikat Mould Preform	00:00:37	00:31:37	00:32:14
21					00:01:21	Melepas Pembuangan Udara	00:01:21	00:32:14	00:33:35
22			00:04:21	Melepas Mould Preform			00:04:21	00:33:35	00:37:56
23	00:01:46	Menyiapkan Handtruck	00:01:46	Melepas Pengaman Nozzle Manifold			00:01:46	00:37:56	00:39:42
24	00:13:59	Menurunkan Manifold	00:13:59	Menurunkan Manifold	00:13:59	Menurunkan Manifold	00:13:59	00:39:42	00:53:41
25	00:00:58	Memasang Casing Manifold	00:00:58	Memasang Casing Manifold	00:00:58	Memasang Casing Manifold	00:00:58	00:53:41	00:54:39
26	00:02:23	Memasang Mould Preform	00:02:23	Memasang Mould Preform	00:02:23	Memasang Mould Preform	00:02:23	00:54:39	00:57:02
27			00:02:31	Memasang Slang Oli			00:02:31	00:57:02	00:59:33
28	00:00:23	Memasang Slang Cooling					00:00:23	00:59:33	00:59:56
29	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	Memposisikan Manifold	00:25:12	00:59:56	01:25:08
30	00:03:23	Memasang Kabel Pemanas Manifold	00:03:23	Memasang Kabel Pemanas Manifold			00:03:23	01:25:08	01:28:31
31	00:08:57	Memeriksa Temperatur					00:08:57	01:28:31	01:37:28
32	00:01:19	Memasang Lift Cavity 1	00:01:19	Memasang Lift Cavity 1	00:01:19	Memasang Lift Cavity 1	00:01:19	01:37:28	01:38:47
33					00:01:20	Clamping Manual	00:01:20	01:38:47	01:40:07
34	00:01:19	Memasang Lift Cavity 2	00:01:19	Memasang Lift Cavity 2	00:01:19	Memasang Lift Cavity 2	00:01:19	01:40:07	01:41:27
35					00:01:21	Clamping Manual	00:01:21	01:41:27	01:42:48
36	00:01:19	Memasang Lift Cavity 3	00:01:19	Memasang Lift Cavity 3	00:01:19	Memasang Lift Cavity 3	00:01:19	01:42:48	01:44:07
37	00:01:29	Memasang Core Pin Atas					00:01:29	01:44:07	01:45:36
38			00:02:06	Memasang Core Pin Bawah			00:02:06	01:45:36	01:47:42
39			00:01:31	Memasang Ebonit (Isolator)			00:01:31	01:47:42	01:49:13
40					00:00:09	Memasang Cooling (Air)	00:00:09	01:49:13	01:49:22
41	00:00:26	Clamping Manual					00:00:26	01:49:22	01:49:48
42					00:01:10	Mengencangkan Baut Pengikat Core Pin	00:01:10	01:49:48	01:50:58

No	Waktu	Operator A	Waktu	Operator B	Waktu	Operator C	Durasi	Mulai	Selesai
43			00:00:24	Clamping Manual			00:00:24	01:50:58	01:51:22
44			00:00:49	Memberi Pelumas Pada Bottom Mould			00:00:49	01:51:22	01:52:11
45			00:00:22	Memposisikan Mould			00:00:22	01:52:11	01:52:33
46					00:00:53	Memasang Mould Bagian Depan	00:00:53	01:52:33	01:53:26
47			00:00:54	Memasang Muold Bagian Belakang			00:00:54	01:53:26	01:54:20
48					00:00:41	Memasang Nepple Cooling Core Pin	00:00:41	01:54:20	01:55:01
49	00:01:13	Memasang As Wagen 1	00:01:13	Memasang As Wagen 2			00:01:13	01:55:01	01:56:14
50	00:00:23	Clamping Manual					00:00:23	01:56:14	01:56:37
51					00:05:59	Memasang Cooling Mould Blow Moulding	00:05:59	01:56:37	02:02:36
52	00:01:53	Memasang Cooling Keramat					00:01:53	02:02:36	02:04:29
53			00:09:06	Mengencangkan Baut Pengikat Mould			00:09:06	02:04:29	02:13:35
54	00:01:53	Memeriksa Arah Putaran Motor Cooling Core Pin					00:01:53	02:13:35	02:15:28
55					00:04:00	Memeriksa Kebocoran Cooling	00:04:00	02:15:28	02:19:28
56	00:11:21	Memberi Oli Pelumas Pada Cooling Keramat					00:11:21	02:19:28	02:30:49
57					00:16:58	Menyetel Stopper	00:16:58	02:30:49	02:47:47
58	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	Mengencangkan Kembali Mur Dan Baut Pada Setiap Bagian	00:02:15	02:47:47	02:50:02
59			00:00:24	Memberikan Vet Pada Permukaan Lift Cavity	00:02:29	Memasang Blowing	00:02:29	02:50:02	02:52:31
60	00:01:40	Memasang Chute Dan Konveyor			00:01:40	Memasang Chute Dan Konveyor	00:01:40	02:52:31	02:54:11
Total		01:47:10		01:39:40		01:48:28		02:54:11	