

Automasi Sistem Load/Unload (LUL) Benda Kerja pada Proses Cold Forging Menggunakan Pendekatan Sistematis

Fitra Vertikal¹, Ir. Susanto Sudiro¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: fitra.vertikal@gmail.com

ABSTRAK

Proses *load/unload* (LUL) dan perpindahan benda kerja secara manual memberikan dampak perpindahan benda kerja efisien dan tepat waktu yang cukup signifikan pada produktivitas dan daya saing sistem manufaktur secara keseluruhan. Agar tercapainya peningkatan produktivitas, maka dapat dirancang dan diaplikasikan suatu sistem automasi LUL benda kerja pada proses *cold forging* menggunakan metode VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*) yang merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi. Sistem automasi ini mengintegrasikan beberapa peralatan yang terdiri dari robot beserta Griper sebanyak 2 unit, *Feeding Conveyor*, *positioner*, *Output Conveyor*, mesin *icheki* dan mesin *coining*. Automasi LUL benda kerja pada mesin *cold forging* mempercepat *cycle time* produksi dari 14 detik menjadi 12 detik. Dalam peningkatan proses pada sel manufaktur dengan sistem automasi LUL benda kerja, Hasil Analisa investasi dengan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* dan *Periode payback* menyimpulkan bahwa proyek automasi LUL benda kerja layak untuk dijalankan.

Kata kunci: Automasi, Cycle time, dan Load/Unload.

ABSTRACT

The process of load/unload (LUL) and moving workpieces manually has a significant impact on the productivity and competitiveness of the manufacturing system as a whole. In order to achieve increased productivity, a workpiece LUL automation system can be designed and applied to the cold forging process using the VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) method which is one of the methods to solve problems and optimize the use of materials, technology and economic conditions. This automation system integrates several leveling consisting of robots along with 2 units of Griper, Feeding Conveyor, positioner, Output Conveyor, icheki machine and coining machine. LUL automation of the workpiece on the cold forging machine accelerates the production cycle time from 14 seconds to 12 seconds. In improving the process in manufacturing cells with the workpiece LUL automation system, the investment analysis results using the Net Present Value (NPV), Internal Rate Return and Payback Period methods concluded that the workpiece LUL automation project is feasible to run.

Keywords: Automation, Cycle time, and Load/Unload.

PENDAHULUAN

Cold Forging merupakan proses pembentukan logam di bawah titik rekristalisasi yang diletakan pada *dies* dan diberikan tekanan hidrolik. Pembentukan logam pada proses ini biasanya dilakukan pada mesin tempa (*forging*) yang memberikan tekanan secara bertahap pada *dies*.

Berdasarkan proses aktual, aspek penting pada proses penempaan adalah proses perpindahan benda kerja yang mana memberikan dampak yang cukup signifikan pada produktivitas [1]. Gougar et

al., [2] menyatakan perpindahan benda kerja yang efisien dan tepat waktu menjadi penting dalam sistem manufaktur yang nantinya kecepatan perpindahan benda kerja memiliki dampak langsung pada luaran sistem manufaktur. Aspek pendukung lainnya yaitu tata letak pabrik, organisasi dan penentuan penjadwalan juga dipengaruhi secara signifikan oleh efisiensi sistem perpindahan benda kerja, yang pada efeknya mempengaruhi produktivitas dan daya saing sistem manufaktur secara keseluruhan [3,4].

Pada bagian LUL sering terjadi masalah, yaitu keterlambatan operator untuk melakukan

LUL benda kerja untuk diproses sehingga mempengaruhi produktivitas pada sel manufaktur tersebut. Selain itu faktor keamanan operator juga menjadi faktor yang sangat penting dari masing-masing sel manufaktur, terutama pada sel manufaktur *coining*. Demi tercapainya peningkatan produktivitas maka dapat dirancang dan diaplikasikan suatu sistem automasi LUL benda kerja. Proses automasi direncanakan menggunakan dua robot *arm* dan beberapa peralatan pendukung agar proses yang saat ini dapat diautomasi. Robot *arm* dapat memindahkan bagian yang berbeda secara efisien dan memosisikannya secara akurat di seluruh sistem manufaktur. Siklus perpindahan robot dapat disesuaikan dengan konfigurasi sistem dan bagian yang akan diproses, sehingga memaksimalkan tingkat produksi dan jalur produksi dapat diintegrasikan dengan mesin lainya. Selain itu, faktor ekonomi juga menjadi pertimbangan untuk mengimplementasikan proses automasi ini. Sebab perusahaan mempunyai target pengembalian investasi dalam peningkatan proses sel manufaktur.

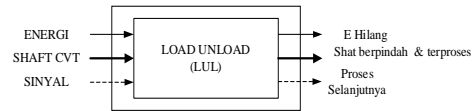
METODE PENELITIAN

Automasi dapat diterapkan pada semua manufaktur, dari bahan baku hingga produk jadi, dan dalam semua jenis produksi, dari yang kecil hingga fasilitas manufaktur besar, untuk melakukan proses automasi perlu dilakukan identifikasi dan pertimbangan dengan cermat, dimana kriteria yang harus dipenuhi yaitu mempertimbangkan operasi yang memungkinkan untuk dilakukan berdasarkan fisik robot, operasi yang akan dilakukan tidak memerlukan penilaian dari robot dan operasi yang sedang dipertimbangkan harus membenarkan penggunaan robot.

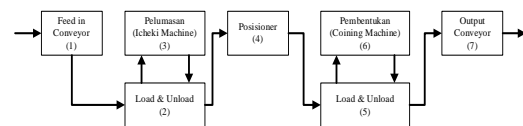
Perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (*Verein Deutcher Ingenieure*) merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi.

Pada tahap desain automasi *loading-unloading* dilakukan penyusunan struktur fungsi penyusun yang terbagi dalam beberapa bagian komponen utama sesuai dengan sub fungsi (Gambar 2) yang menggambarkan fungsi

keseluruhan (Gambar 1). Masing – masing komponen ini akan diintegrasikan sehingga menjadi kesatuan sistem automasi *loading-unloading* benda kerja.



Gambar 1. Fungsi Keseluruhan Load Unload (LUL)



Gambar 2. Sub fungsi load unload (LUL) shaft CVT

Proses pembuatan produk pendukung otomatisasi. Dimulai dari perencanaan jadwal dan proses manufaktur, pemilihan material, sampai dengan evaluasi hasil manufaktur berdasarkan desain yang telah ditentukan. Instalasi, uji fungsi dan pengukuran *cycle time* aktual penerapan automasi dan menyimpulkan penerapan automasi sistem LUL benda kerja [5]. Dilakukan uji eksperimental dengan pengukuran *Cyle time* dan perhitungan biaya investasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bersarakan hasil penerapan sistem automasi LUL benda kerja diperoleh waktu proses automasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu proses automasi

Alur Proses	Waktu proses yang tidak memberikan nilai tambah	Waktu proses yang memberikan nilai tambah
Proses automasi pada mesin icheki		
Robot 1 mengambil benda kerja dari Feeding Conveyor menggunakan Griper A	1.5	
Mesin icheki open	0	
Robot 1 mengambil benda kerja yang telah di proses dari mesin icheki menggunakan Griper B	1.5	
Robot 1 meletakkan benda kerja pada Griper A ke mesin icheki	2	

Robot 1 keluar dari mesin <i>icheki</i>	0	
Mesin <i>Icheki</i> Process		4
Robot 1 meletakkan benda kerja pada <i>Griper</i> B ke meja indeks	2	
Indeksi tabel mendeteksi over ball	0	
Overball Terdeteksi	0	
Total	7	4
Total waktu automasi mesin <i>icheki</i>	11	
Proses automasi pada mesin <i>coining</i>		
Robot 2 mengambil benda dari posisioner menggunakan <i>Griper</i> A	1.5	
Mesin <i>coining</i> Open	0	
Robot 2 mengambil benda kerja yang telah diproses dari mesin <i>coining</i> menggunakan <i>Griper</i> B	1.5	
Robot 2 meletakkan benda kerja pada <i>Griper</i> A ke mesin <i>coining</i>	1.5	
Robot 2 keluar dari mesin <i>coining</i>	0	
Mesin <i>Coining</i> Process		6
Robot 2 meletakkan benda erja pada <i>Griper</i> B ke conveyor exit	1.5	
Benda kerja di pindahkan ke proses selanjutnya	0	
Total	6	6
Total waktu automasi mesin <i>coining</i>	12	

Cycle time proses pada mesin <i>Coining</i>	13 detik	12 detik	
Jumlah part yang dihasilkan / jam dengan waktu proses maksimum	235 pcs/jam	285 pcs/jam	Efisiensi manual 0.85, Auto 0.95
Keamanan pada masing-masing proses	Rentan	Aman	

Sistem automasi *load-unload* benda kerja mampu memproses benda kerja sebesar 285 pcs/jam. Hal ini dikarenakan sistem automasi selalu konstan dalam melakukan prosesnya, sehingga tidak banyak factor-faktor yang mempengaruhi penurunan produktivitas. Berbeda halnya dengan proses yang dilakukan secara manual, banyak faktor yang mempengaruhi produktivitas yang dihasilkan terutama dari operator.

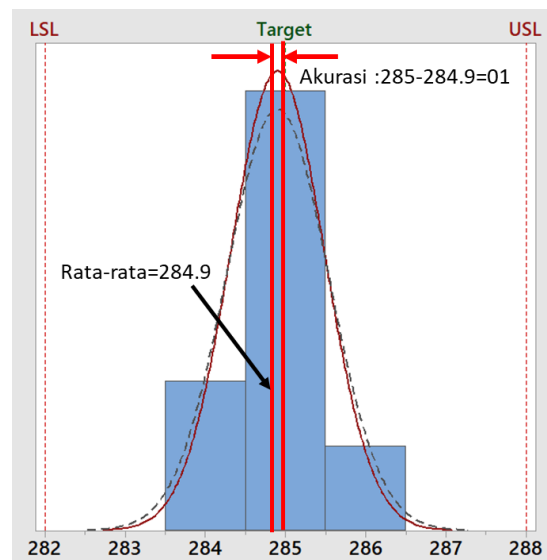
Berdasarkan persamaan kemampuan proses yang digunakan untuk menghitung kemampuan proses didapatkan kemampuan proses sebesar 1.8. dimana kriteria penilaian kemampuan proses dikatakan baik apabila nilai $C_p > 1.33$. Histogram USL dan LSL dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Tabel. 1 diperoleh waktu aktual proses automasi LUL pada masing-masing mesin. Pada proses di mesin *icheki*, waktu total yang dibutuhkan sebesar 11 detik. Pada proses di mesin *coining*, waktu total yang dibutuhkan sebesar 12 detik.

Perbandingan dari sistem LUL maupun dengan sistem automasi dibagi beberapa kategori, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan sistem load/unload manual dan sistem automasi

Deskripsi	Manual	Automasi	Keterangan
Cycle time proses pada mesin <i>icheki</i>	11 detik	11 detik	



Gambar 3. Target akurasi sistem automasi

Terlihat bahwa sistem automasi LUL bekerja dengan baik, karena target penyelesaian proses yang ditentukan pada sistem tersebut dapat tercapai dengan baik dan sebaran distribusinya

normal. Performa automasi LUL benda kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Performa automasi LUL benda kerja

	KPI Proses
Akurasi	0.1
Presisi	0.6393
Probabilitas (%)	100 %
Kapabilitas (Cp)	1,8
Std Deviasi Acuan	1.6393

Pengembalian Nilai Investasi Sistem Automasi LUL Benda Kerja pada penerapan sistem automasi LUL benda kerja memerlukan investasi awal sebesar Rp. 1.336.000.000.

Tabel 4. Biaya proyek automasi LUL

Biaya Proyek Automasi LUL		
No	Deskripsi	Biaya
I	Biaya Robot	
	Robot	Rp 726,000,000
	Training	Rp 20,000,000
	Total Biaya Robot	Rp 746,000,000
II	Biaya Peralatan Pendukung	
	Gripper Robot 1 & 2	Rp 80,000,000
	Feeding Conveyor	Rp 75,000,000
	Posisioner	Rp 85,000,000
	Output Conveyor	Rp 125,000,000
	Modifikasi Peralatan yang sudah ada	Rp 75,000,000
	Total Biaya Peralatan Pendukung	Rp 440,000,000
III	Biaya Instalasi	
	Instalasi Mekanik	Rp 25,000,000
	Instalasi Elektrik	Rp 50,000,000
	Total Biaya Instalasi	Rp 75,000,000
IV	Biaya Engineering	
	Desain Mekanik dan Eletrik	Rp 50,000,000
	Program	Rp 25,000,000
	Total Biaya Engineering	Rp 75,000,000
	Total (I+II+III+IV)	Rp 1,336,000,000

Penerapan automasi loading unloading dapat menghemat biaya sebesar Rp. 523.656.000/Tahun. Penghematan tersebut diperoleh karena pada proses LUL pada mesin *icheki* dan *coining* sudah menerapkan automasi.

Tabel 5. Penghematan proses LUL yang sudah menerapkan automasi

Deskripsi	Nilai
Gaji Pokok	Rp 4,500,000
Transport	Rp 322,000
Makan	Rp 517,500
PPH 15%	Rp 675,000
BPJS Kesehatan 4%	Rp 180,000

Jaminan Hari Tua (JHT) 3.70%	Rp 166,500
Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) 1.30%	Rp 58,500
Jaminan Kematian (JKM) 0.30%	Rp 13,500
Jaminan Pensiun (JP) 2%	Rp 90,000
Total Penghasilan Perbulan	Rp 6,523,000
Total Penghasilan Pertahun (12 Bulan)	Rp 78,276,000
Tunjangan Hari Raya (THR)	Rp 4,500,000
Bonus Pertahun	Rp 4,500,000
Total 1 Orang / Tahun	Rp 87,276,000
Total 6 Orang / Tahun	Rp 523,656,000

Biaya operasional sistem automasi pada tahun ke 1-3 sebesar Rp. 16.000.000/Tahun, biaya tersebut meliputi biaya lubrikasi komponen utama dan baterai pada robot dan perlatan pendukung. Pada tahun ke 4 biaya operasional dibutuhkan sebesar Rp. 25.000.000/Tahun karena pergantian beberapa komponen yang sudah aus. Pada Tahun ke 5-6 biaya operasional yang dibutuhkan sebesar Rp. 16.000.000.

Untuk menganalisa pengembalian investasi harus dibuat terlebih dahulu arus kas bersih sesuai dengan periode evaluasi. Arus kas dihitung menggunakan persamaan 1 [5].

$$X_j = (G - C)_j - (G - C - D)_j(T) - K + L_j \quad (1)$$

Dengan

- X_j Arus bersih pertahun j
- G_j Pendapatan kotor pertahun j
- C_j Biaya yang dikeluarkan pertahun j
- D_j Pajak depreciasi pertahun j
- T Persentasi pajak (Asumsi Konstan)
- K Total investasi
- L Nilai Salvage pertahun j

Hasil arus kas dan Analisa investasi automasi LUL dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Arus kas dan Analisa investasi automasi LUL

Tahun	K & L	G	C	D	X (4.1)
0	Rp 1.336.000.000				-Rp 1.336.000.000
1		Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 267.200.000	Rp 471.587.600.00
2		Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 430.192.000	Rp 496.036.400.00
3		Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 256.512.000	Rp 469.984.400.00
4		Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 153.907.200	Rp 454.593.680.00
5		Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 153.907.200	Rp 454.593.680.00
6	Rp 50.000.000	Rp 523.656.000	Rp 16.000.000	Rp 76.953.600	Rp 493.050.640.00
		Formula 2.1	Analisa Net Present Value (NPV)		Rp51,022,787.33
		Formula 2.2	Analisa Internal Rate Return (IRR)		27%
			Analisa Periode Payback		2.55

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh hasil NPV sebesar Rp.51.022.787,33, artinya hasil tersebut positif, $NPV > 0$, dengan nilai k sebesar 25%. Berdasarkan hal tersebut proyek sistem automasi loading unloading diterima. Analisa IRR memperoleh 27 % artinya nilai $IRR >$ dari tingkat pengembalian yang diinginkan, oleh sebab itu proyek juga di terima. Pada hasil Analisa periode payback diperoleh waktu 2.55 tahun artinya waktu tersebut masuk kriteria yang diinginkan untuk melaksanakan proyek automasi ini.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai Automasi sistem LUL benda kerja pada proses cold forging dapat ditarik kesimpulan:

1. Penghubung antara sistem automasi dengan operator yang akan mengoperasikan menggunakan HMI (Human Machine Interface), dimana unit ini dapat mengopeasikan seluruh fungsi dari sistem automasi loading-unloading serta informasi kondisi sistem automasi.
2. Penerapan sistem automasi load/unload benda kerja dapat mempercepat proses load/unload dan perpindahan benda kerja. Cycle time maksimum automasi ini lebih cepat 2 detik dari proses manual. Pada proses automasi diperoleh cycle time maksimum pada mesin *coining* sebesar 12 detik sedangkan pada proses manual sebesar 13 detik. Sistem automasi LUL mempunyai indeks keandalan sebesar C_p 1.8.
3. Hasil Analisa menggunakan NPV diperoleh nilai positif sebesar Rp. 51.022.787 dan IRR memperoleh nilai persentasi lebih besar dari nilai $k=25\%$ yaitu 27 %. Sedangkan untuk periode payback proyek ini selama 2.55 tahun. Hasil Analisa NPV, IRR dan periode

payback menyimpulkan bahwa proyek automasi LUL layak untuk di dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] My, C. A., Le, C. H., Packianather, M., & Bohez, E. L. J. (2019). Novel robot arm design and implementation for hot forging press automation. *International Journal of Production Research*, 57(14), 4579–4593. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1521026>
- [2] Gougar, H., Cho, S., & Prabhu, V. (2002). High performance loading robot design for a tool-delivery system. *International Journal of Production Research*, 40(14), 3401–3424. <https://doi.org/10.1080/00207540210146170>
- [3] Sriskandarajah, C., & Shetty, B. (2017). A review of recent theoretical development in scheduling dual-gripper robotic cells. *International Journal of Production Research*, 7543(November), 1–31. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1397792>
- [4] Taylor, P., Gultekin, H., Akturk, M. S., & Karasan, O. E. (2008). *International Journal of Production Scheduling in robotic cells: process flexibility and cell layout. December 2014*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00207540601100262>
- [5] Y. Nof, S. (1999). *Handbook of Industrial Robotics* (Second). John Wiley & Sons, Inc.