

Lean dalam Pengurangan Kitaran Masa Operasi di Sektor Pembuatan dengan Menggunakan Aplikasi Simulasi Arena

Ahmad Nur Aizat Ahmad^{1,*}, Nur Shahirah Hanapiah¹ & Md Fauzi Ahmad¹

¹Department of Production and Operations Management, Faculty of Technology Management and Business, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA.

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2021.02.01.044>

Received 01 March 2021; Accepted 30 April 2021; Available online 01 June 2021

Abstract: Along with the development of manufacturing industry which is growing quite intense, there are competition between companies. Therefore, the manufacturing industry need to produce product at minimal cost. Thus, production planning is seen as one of the important roles in making production scheduling in the operation of work that must be done. Problems that occur on time cycles in a production line are usually by excess of raw materials, long waiting times and irregular layout. To improve the situation, studies using lean techniques and workstation improvements in accordance with the desired production accuracy were carried out. The longest operation produced the increasing cycle time in the production line. Work-based techniques serve as efficient improvement techniques. An accurate time cycle also requires an operator user to be appropriately placed on the workstation available for the waiting time. This study was conducted at XYZ Company located in Johor. Cycle time was studied to see the reduction of cycle time by using lean technique and ARENA simulation model in the process of making table of 70 pieces per day. This technique will help XYZ Company to reorganize their workstations. ARENA simulations were used in this study for comparison of previous and subsequent results. The results showed that a time reduction rate of 20% was done through this study.

Keywords: Lean, Arena simulation, Cycle time

Abstrak: Seiring dengan perkembangan industri pembuatan yang semakin membangun terjadinya persaingan yang cukup sengit antara perusahaan. Oleh itu, industri pembuatan perlu menghasilkan produk yang berkualiti dengan kos yang minimum. Oleh yang demikian, perencanaan pengeluaran dilihat sebagai salah satu peranan yang penting dalam membuat penjadualan pengeluaran terutama dalam pengaturan operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan. Masalah yang terjadi pada kitaran masa dalam suatu baris pengeluaran biasanya disebabkan oleh

lambatkan bahan mentah, waktu menunggu yang lama dan susun atur yang tidak teratur. Bagi memperbaiki keadaan tersebut kajian menggunakan teknik lean iaitu penambahbaikan stesen kerja sesuai dengan ketepatan pengeluaran yang diinginkan telah dijalankan. Operasi yang paling lambat menyebabkan kitaran masa semakin meningkat dalam baris pengeluaran. Teknik lean pada stesen kerja berfungsi sebagai teknik penambahbaikan yang efisien. Kitaran masa yang baik juga memerlukan kehadiran operator yang ditempatkan bersesuaian pada stesen-stesen kerja yang ada bagi mengelakkan masa menunggu. Kajian ini telah dijalankan di Syarikat XYZ yang terletak Johor. Kitaran masa telah dikaji untuk melihat pengurangan masa kitaran dengan menggunakan teknik lean dan model simulasi ARENA dalam proses pembuatan meja sebanyak 70 buah sehari. Teknik ini akan membantu Syarikat XYZ untuk menyusun semula stesen-stesen kerja mereka. Simulasi ARENA digunakan dalam kajian ini untuk membandingkan hasil sebelum dan selepas. Hasil kajian menunjukkan bahawa kadar pengurangan masa sebanyak 20% telah dicapai melalui kajian ini.

Kata Kunci: Lean, Simulasi Arena, Kitaran masa

1. Pengenalan

Malaysia masa kini lebih menumpukan kepada sektor pembuatan sebagai sektor yang dapat menumbuhkan ekonomi negara. Pertumbuhan ini ditransformasikan daripada sektor pertanian kepada sektor perindustrian yang digalakkan oleh kerajaan (Jabatan Perangkaan 2015). Permintaan perabot yang semakin meningkat telah membuatkan industri bekerja keras mencari penyelesaian untuk meningkatkan produktiviti dalam memenuhi permintaan pelanggan.

Teknik lean merupakan kaedah untuk pengurangan kitaran masa dalam pengeluaran dan meminimumkan kos pengeluaran. Teknik ini penting kerana dapat membantu industri pembuatan perabot untuk mengurangkan masa pengeluaran, dan memaksimumkan pengeluaran produk. Teknik ini melibatkan penyusunan aktiviti pemprosesan dan penentuan bilangan operator atau pekerja di stesen kerja supaya jumlah masa yang diperlukan pada setiap stesen kerja. Teknik ini juga dapat membantu dalam menghapuskan atau mengurangkan aktiviti yang tidak bermanfaat ditakrifkan sebagai *non value-added activities* (Rathod, 2016).

Simulasi ARENA adalah satu kaedah yang baik untuk melakukan perbandingan model semasa dan selepas penambahbaikan kerana susunan proses dan nilai yang sama boleh digunakan. Teknik lean terbukti berjaya meningkatkan pengeluaran syarikat, mengurangkan masa proses pengeluaran dan mengurangkan masa lead seperti dalam kajian-kajian yang sebelum ini terbukti boleh ditunjukkan menggunakan simulasi ARENA sebagai model pengeluaran. Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan teknik lean yang dapat mengurangkan kitaran masa dalam meningkatkan pengeluaran rangka katil di syarikat XYZ.

1.1 Latar Belakang Kajian

Kajian ini telah memilih syarikat perabot iaitu Syarikat XYZ, lokasi syarikat ini terletak di Muar, Johor. Syarikat Perabot XYZ yang menghasilkan perabot kayu dan ianya khusus dalam set bilik tidur dan set makan. Syarikat XYZ menjadi sub-sub pembinaan untuk melakukan produk eksport baik untuk negara asing.

Syarikat XYZ mempunyai 55 orang pekerja yang bekerja sebagai operator dan 7 orang pekerja di bahagian pentadbiran. Kesemua pekerja operator mempunyai kemahiran bertukang dan mengendali mesin. Syarikat ini dianggarkan dapat menyiapkan 70 buah sub- rangka kayu dalam tempoh masa 3 hari. Penghasilan katil ini bergantung kepada kitaran masa bekerja dengan masa operasi bekerja.

Dalam kajian ini, hanya satu jenis produk yang dikaji, ianya ialah sub perabot yang berbentuk rangka katil tradisional.

1.2 Pernyataan Masalah

Dalam syarikat perabot, organisasi perlu penambahbaikan sistem mereka, salah satu penambahbaikan yang boleh dilakukan oleh syarikat perabot ialah mengurangkan masa operasi yang tidak bermanfaat (Hartini, 2013). Syarikat perabot juga perlu meminimumkan pembaziran dalam syarikat mereka dan mengurangkan masa kitaran pengeluaran perabot. Tambahan pula, Syarikat perabot perlu mengoptimumkan daya pemprosesan setiap tugas kerja yang pada masa yang sama mengurangkan tenaga kerja dan kos yang diperlukan.

Maklumat umum dan pemerhatian pada pengeluaran telah dijalankan. Terdapat beberapa masalah pengeluaran yang telah dikenal pasti. Antara masalah yang dihadapi ialah:

- a) Syarikat tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan dalam masa yang ditetapkan.
- b) Syarikat mengalami masalah dalam susun atur mesin dalam baris pengeluaran.
- c) Syarikat tidak dapat menyiapkan produk mengikut waktu sehingga menyebabkan lambakan bahan mentah di dalam stor.

Berdasarkan masalah ini, pengurangan masa dalam proses pengeluaran perlu dilakukan dan penyusunan pemprosesan dilakukan dalam baris pengeluaran. Oleh itu, kajian ini menggunakan teknik lean untuk mengurangkan masa dan menggunakan simulasi ARENA untuk melihat perbandingan sebelum melakukan penambahbaikan dan selepas melakukan penambahbaikan.

2. Kajian Literatur

2.1 Teori Pembuatan Lean

Pembuatan Lean ditakrifkan sebagai "Falsafah berdasarkan sistem pengeluaran Toyota dan Amalan Pengurusan Jepun yang berusaha untuk memendekkan garis masa antara pesanan pelanggan dan penghantaran produk akhir dengan penghapusan sisa secara konsisten" (Modi *et al.*, 2014).

Di dalam aktiviti penambahan nilai, pembaziran dikenal pasti dan dikurangkan atau dihapuskan menyebabkan pengurangan kos dalam pengeluaran produk, penambahbaikan produktiviti, kualiti yang lebih baik dan masa penghantaran yang dinyatakan oleh Kumar *et al.* (2012).

Pengeluaran lean telah ditentukan dengan mencadangkan nilai, aliran nilai, aliran tarikan dan kesempurnaan adalah lima daripada prinsip asas dalam pengeluaran lean (Koh, 2012). Lima prinsip asas lean ialah standardisasi, memudahkan, penambahbaikan yang berterusan, mengejar matlamat yang ideal, dan kepakaran fungsional dan kestabilan.

Alat dan teknik digunakan adalah "merancang perancangan kualiti, mendengar suara pelanggan, menangkap data, mengendalikan proses, membuat perbaikan, menyelesaikan masalah dan memperbaiki secara keseluruhan (Dale *et al.*, 2003). Antara alat dan teknik ini termasuk Just-in-time, pembuatan Selular, Just-In-Time, Kaizen, Pemetaan arus nilai, amalan Lima S, Single Minute Exchange of Dies (SMED), analisis masa Takt dan Kaizen.

Kepentingan melaksanakan konsep lean di mana-mana organisasi boleh mendapat banyak kelebihan berbanding prestasi operasi. Menurut kesusasteraan empirikal (Rahman *et al.*, 2010) dan kajian yang dilakukan oleh (Anand *et al.*, 2009) telah menunjukkan bahawa pelaksanaan sistem pembuatan lean menghasilkan prestasi organisasi yang unggul berbanding amalan lain iaitu pembuatan fleksibel sistem dan sistem perkilangan bersepadu komputer.

2.2 Pembaziran dan Masa Kitaran

Jenis-jenis pembaziran dinyatakan oleh Ohno (1988) atau lebih dikenali sebagai 7 pembaziran sistem produksi Toyota dan digunakan untuk memberi pemahaman kepada pekerja tentang konsep pembaziran. Antara pembaziran dinyatakan ialah lebihan produksi, masa menunggu, inventori, pengangkutan yang tidak diperlukan, pergerakan yang tidak penting, pergerakan yang tidak penting, proses yang tidak diperlukan dan produk yang rosak.

Menurut Kumar (2014), masa kitaran adalah masa antara permulaan dan penyelesaian proses. Dalam sebuah syarikat perkilangan yang terlibat dalam produk modal besar, masa kitaran mungkin juga menjadi masa dari resit bahan mentah sehingga masa item pengeluaran selesai pemeriksaan akhir.

2.3 Simulasi

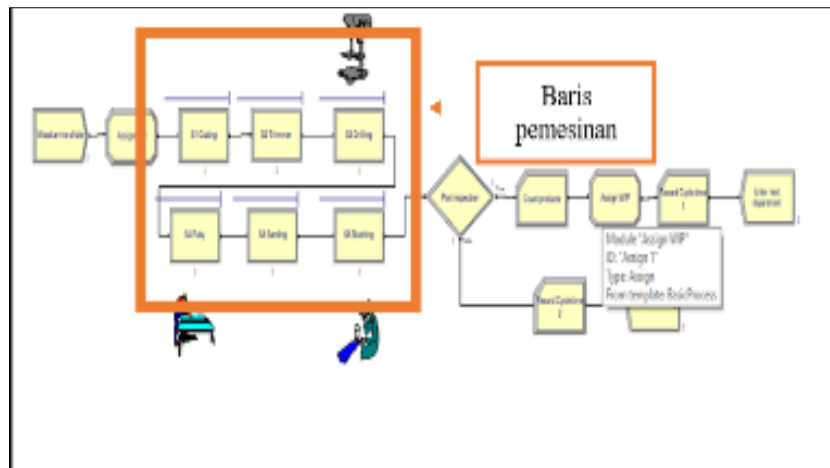
Seperti yang dinyatakan oleh Mourtzis (2014), simulasi adalah proses yang berterusan dan bukan aplikasi yang digunakan sekali sahaja. Simulasi komputer adalah kaedah berulang yang merangkumi beberapa peringkat.

Simulasi mempunyai banyak manfaat bagi pengguna seperti yang digariskan oleh Savona *et al.* (2012). Merancang, membina, menguji, mereka bentuk semula, membina semula dan menguji semula boleh menjadi projek yang mahal. Simulasi mengambil fasa bangunan atau pembinaan semula daripada gelung dengan menggunakan model yang telah dibuat dalam fasa reka bentuk. Kebanyakan masa, ujian simulasi lebih murah dan lebih cepat daripada melakukan pelbagai ujian reka bentuk setiap kali. Kebaikan ARENA Simulation dalam kajian ini ialah:

- i. Pakej perisian ARENA terutamanya digunakan untuk membuat model animasi dan mewakili mana-mana sistem yang hampir.
- ii. Perisian ARENA boleh digunakan untuk membangunkan model kitaran hayat produk sepanjang proses pembuatan dan membina hubungan antara pengurusan kedua-dua aspek ini.
- iii. ARENA memberikan keupayaan simulasi masa nyata yang terintegrasi dan juga memanipulasi data yang dipertingkatkan.

3. Metodologi Kajian

Berdasarkan kajian terdapat dua set simulasi yang telah dilakukan oleh aplikasi simulasi ARENA. Simulasi pertama adalah dengan menggunakan susunan mesin asal yang disediakan oleh kilang. Simulasi kedua pula adalah selepas beberapa perubahan dan penambahbaikan dibuat kepada proses dan susunan mesin dengan penerapan teknik lean. Rajah 1 menunjukkan susunan asal mesin dalam tapak pengeluaran yang telah dikaji dalam tapak ini mempunyai enam stesen kerja dalam proses pengeluaran.



Rajah 1: Susunan asal mesin dalam tapak pengeluaran

Manakala, Rajah 2 menunjukkan hasil masa per entiti setiap proses semasa dengan menggunakan simulasi ARENA. Dalam hasil ini menunjukkan masa setiap stesen untuk pemrosesan menyiapkan satu proses.

Replication 1			
Start Time:	0.00	Stop Time:	420.00
Time Units: Minutes			
Process Detail Summary			
Time per Entity			
	Total Time	VA Time	Wait Time
S1 Cutting	136.83	4.99	131.84
S2 Trimming	2.01	2.01	0.00
S3 Drilling	4.01	4.01	0.00
S4 Putting	108.90	10.00	98.90
S5 Sanding	7.00	7.00	0.00
S6 Blushing	77.16	14.98	62.18

Rajah 2: Hasil masa per entiti semasa daripada Simulasi ARENA

3.1 Peringkat Pertama

Menyatakan dan menjelaskan pernyataan masalah, menentukan objektif dan skop kajian dan membangunkan rangka kajian penyelidikan. Jadual 1 menunjukkan proses yang terlibat dalam pengeluaran perabot di Syarikat XYZ.

Jadual 1: Dapatan masa semasa pemerhatian kajian

Stesen kerja	Aktiviti	Masa (min)			Masa purata (min)
		1	2	3	
1	Memotong kayu	3	2	3	3
	Potong lebihan rangka rasok	2	1	2	
2	Trim kayu	2	2	1	2
3	Tebuk rangka kaki	4	4	3	4
4	Mengamplas rangka rasok	6	7	6	6
	Mengamplas rangka kaki	4	3	4	
5	Sanding rangka rasok	4	4	4	4
	Sanding rangka kaki	3	3	3	
6	Brushing rangka rasok	10	11	10	10
	Brushing rangka kaki	5	4	5	
7	Pemeriksaan kualiti	5	5	5	5

3.2 Peringkat Kedua

Menerangkan isi-isi penting yang ada dalam kajian. Kaedah kajian dikenal pasti, temu bual dan pemerhatian. Temu bual ini dijalankan di Syarikat XYZ di mana responden terdiri daripada pekerja dari bahagian pembuatan termasuklah pengurus syarikat. Pemerhatian dilakukan dengan melawat kawasan operasi syarikat terbabit dan mengambil kira proses kerja syarikat itu.

Data primer dan data sekunder merupakan sumber-sumber data informasi yang dikumpulkan untuk menjadi dasar kesimpulan dari sebuah penelitian (Muhammad, 2012). Data primer akan digunakan dalam membuat analisis, rumusan dan cadangan bagi kajian kerana lebih sesuai.

Bagi data sekunder yang diperoleh menerusi kaedah pemerhatian dan temu bual, seperti masa proses pembuatan meja dan masa-masa penambahbaikan yang dicadangkan untuk pengurangan kitaran masa dalam proses pengeluaran di Syarikat XYZ akan dimasukkan ke dalam formula untuk analisis data. Data dianalisis seperti berikut untuk dipaparkan dalam bentuk jadual atau graf.

3.3 Peringkat Ketiga

Data yang telah diperoleh akan dianalisis menggunakan 3 cara iaitu:

- Pengumpulan data: Data yang diperoleh daripada responden akan dikumpul mengikut objektif kajian.
- Paparan data: Data yang dipaparkan samaada dalam bentuk jadual, graf, carta dan lain-lain.
- Membuat kesimpulan: Kesimpulan akan dibuat berdasarkan data yang telah dianalisis.

4. Keputusan dan Perbincangan

4.1 Keputusan

Masa untuk setiap proses pembuatan kayu diambil dengan kaedah pemerhatian. Pemerhatian ini dijalankan di bahagian operasi syarikat. Masa data diambil menggunakan jam randik dari telefon pintar.

(a) Penilaian Penggunaan Masa Operasi

Masa bekerja untuk Syarikat XYZ adalah 8 Jam dalam satu hari dan mempunyai sebanyak 1jam masa rehat. Berikut merupakan pengiraan masa operasi di Syarikat XYZ. Rajah 3 menunjukkan jumlah masa operasi bagi Syarikat XYZ manakala pengiraan stesen kerja turut dijelaskan dengan menunjukkan maklumat penyusunan stesen kerja.

Masa operasi = 1 hari x 8 jam x 60 min - (1 jam rehat x 60 min) = 420 min per hari
--

Rajah 3: Jumlah masa operasi

(b) Stesen Kerja yang Ditetapkan

Stesen kerja akan dianalisis untuk menentukan jumlah stesen kerja yang digunakan dan membantu pengkaji menyusun proses pengeluaran dalam syarikat. Bagi syarikat ini, 6 stesen kerja telah digunakan untuk proses pengeluaran.

$$\begin{aligned} \text{Stesen kerja} &= \frac{420}{(24 \text{ unit} \times 3 \text{ hari})} \\ &= 5.8 \text{ stesen} \end{aligned}$$

= 6 stesen

(c) *Jadual Waktu Proses Pembuatan di Kilang*

Di kilang XYZ, stesen kerja terbahagi kepada 6 bahagian seperti ditunjukkan dalam Jadual 2. Setiap proses pembuatan perabot melibatkan beberapa orang pekerja dan setiap pekerja membuat proses pembuatan seperti yang telah ditetapkan.

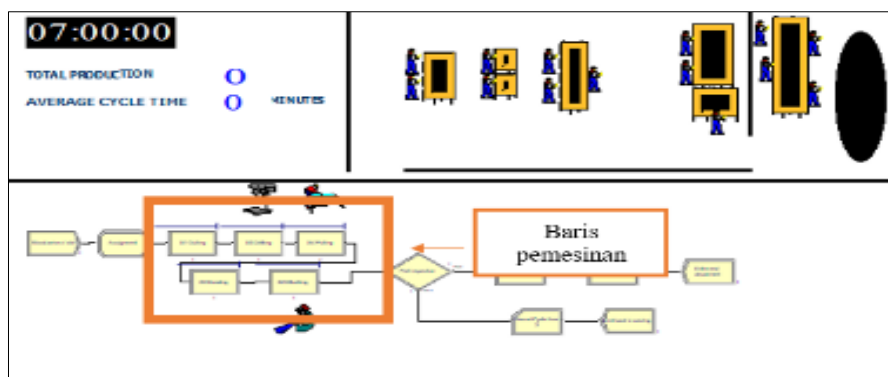
Stesen kerja	Proses	Aktiviti	Masa purata (min)	Bilangan pekerja
1	A	Memotong Kayu	3	1
	B	Potong Lebihan Rangka Rusuk	2	1
2	C	Mengetam kayu	2	2
3	D	Tebuk Rangka Kaki	4	1
4	E	Mengempelas Rangka Rusuk	6	3
	F	Mengempelas Rangka Kaki	4	2
5	G	<i>Sanding</i> Rangka Rusuk	4	2
	H	<i>Sanding</i> Rangka Kaki	3	1
6	I	<i>Brushing</i> Rusuk	10	2
	J	<i>Brushing</i> Rangka Kaki	5	1
		Pemeriksaan Kualiti	5	1
		Bilangan	48	17

Jadual 2: Proses Pengeluaran yang telah dilaksanakan di Syarikat XYZ

Jadual 2 menunjukkan seramai 17 orang pekerja telah ditempatkan dalam proses pembuatan perabot di kilang XYZ. Stesen kerja terbahagi kepada 6 dan jumlah masa keseluruhan proses pengeluaran perabot ialah 48 minit.

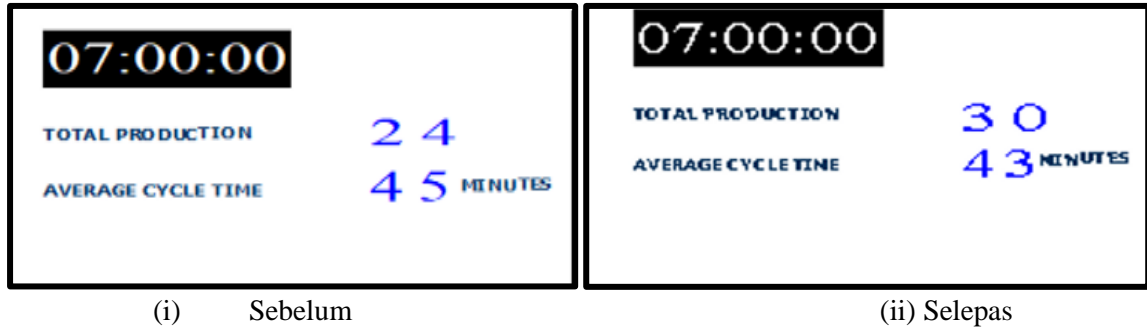
4.2 Perbincangan

Rajah 4 menunjukkan simulasi selepas melakukan penambahbaikan dengan perubahan pada bilangan mesin. Dalam penambahbaikan ini, proses brushing telah menggunakan peralatan baru iaitu oven industri untuk mempercepatkan pengeringan cat. Pencantuman dua proses menjadi satu juga telah dilakukan sebagai penambahbaikan satu proses menggunakan alatan yang sama. Selepas penambahbaikan dilakukan, jumlah mesin dalam baris pemesinan telah berkurang daripada 6 proses kepada 5 proses.



Rajah 4: Aliran proses selepas penambahbaikan

Rajah 5 (i) menunjukkan keseluruhan kitaran masa semasa dengan jumlah pengeluaran sebanyak 24 dengan kitaran masa selama 45 minit dalam sehari waktu bekerja sebelum penambahbaikan dilakukan dalam proses pembuatan. Rajah 5 (ii) pula menunjukkan masa yang diambil untuk proses pembuatan sebanyak 30 dalam masa 43 minit. Ini dapat disimpulkan bahawa proses pengeluaran produk bertambah baik dengan pengurangan masa dalam proses pembuatan.



Rajah 5: Perbandingan masa pengeluaran sebelum dan selepas penambahbaikan proses pengeluaran

Hasil daripada pemerhatian dua simulasi yang telah ditunjukkan di atas, keputusan masa kitaran di antara mereka telah menunjukkan perubahan yang positif. Jadual 3 menunjukkan perbandingan simulasi semasa dan selepas penambahbaikan.

Jadual 3: Perbandingan simulasi semasa dan selepas penambahbaikan

Simulasi	Nilai masa purata (min)	Pengeluaran produk (unit)	Masa pengeluaran per produk (min)
Sebelum penambahbaikan	45	24	17.30
Selepas penambahbaikan	43	30	14.00

Jadual 2 menunjukkan nilai masa dalam proses mengurang daripada 45 kepada 43 ianya membuatkan 4.5% penurunan daripada nilai sebelum penambahbaikan. Daripada jadual yang ditunjukkan juga perbandingan jumlah pengeluaran menunjukkan peningkatan yang positif iaitu daripada 24 produk kepada 30 produk dalam sehari waktu bekerja. Peratusan dalam jumlah pengeluaran menunjukkan peningkatan sebanyak 20% selepas melakukan penambahbaikan dalam proses pengeluaran. Ini menunjukkan penambahbaikan yang dilakukan berhasil mengikut mencapai matlamat pengurangan masa pengeluaran. Ini dapat disimpulkan bahawa perbandingan masa pengeluaran satu produk iaitu sebelum melakukan penambahbaikan memerlukan 17.30 minit per unit dan selepas melakukan penambahbaikan menunjukkan penurunan sebanyak 19% kepada 14 minit per unit.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahawa kajian yang telah dijalankan berhasil dalam penggunaan teknik lean dalam mengurangkan masa pengeluaran di Syarikat XYZ. Kajian ini boleh dijadikan rujukan oleh pihak industri perabot dan pengkaji lain untuk memahami teknik lean yang digunakan dengan lebih mendalam. Selain itu, penggunaan aplikasi simulasi ARENA dapat membantu dalam menghasilkan model mengikut kesesuaian. Hal ini akan membantu perusahaan perabot untuk memperbaiki dan penambahbaikan sistem operasi mereka di masa akan datang.

Penghargaan

Terima kasih kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan dalam menyiapkan kajian ini.

Rujukan

- Anand, G. and Kodali, R. (2009). Selection of lean manufacturing systems using the analytic network process – a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 20 (2), pp 258-89.
- Bon, Abdul talib, and Siti N.A. (2018). “Assembly Line Optimization Using Arena Simulation.” *Assembly Line Optimization Using Arena Simulation*, 8 Mar. 2016, pp. 1–8.
- Dale, G. (2003) *Managing Quality* Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Embong, Siti hartini (2013). “Simulation Modeling and Analysis of Productivity Enhancement in Manufacturing Company Using Arena Software.” *Simulation Modeling and Analysis of Productivity Enhancement in Manufacturing Company Using Arena Software*, pp.124.
- Kumar S., Kumar M. (2014). Cycle Time Reduction of a Truck Body Assembly in an Automobile Industry by Lean Principles. Vol 5, 1853-1862
- Koh, C.W. (2012). *Line Balancing Technique Implementation in a Small and Medium Industry*. University Malaysia Pahang: Laporan Projek Sarjana.
- Malaysia, Jabatan perangkaan. “Laporan Tahunan (2015).” Annual Report, pp. 1–94, *Implementing Lean Manufacturing Techniques* Gardner Publications, Ohio, USA
- Md. Abu Sayid Mial, Md. Nur-E-Alam, Md. Lutfor Rahman, and M. Kamal Uddin (2017). “Footwear Industry in Bangladesh: Reduction of Lead time by using Lean Tools”. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology: An International Peer Review E-3 Journal of Sciences and Technology*. Sec. C; Vol.6. No.3, 251-259
- Mihir R. Prajapati & Vivek A. Deshpande (2015). *Cycle Time Reduction using Lean Principles and Techniques: A Review*. Vol 3, No 4.
- Modi, Denish B, Thakkar, Hemant (2014). “Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique.” *International Journal of Emerging Technologies and Advanced Engineering*, vol 4, 2014, pp.339-344.
- Mourtzis, D., Doukas, M., Bernidaki, D. (2014). *Simulation in manufacturing: Review and challenges*. Vol 25
- Muhammad. E., Ito, T., Salleh, M.R., & Nordin, N.A., (2012) *simulation Study Toward Productiivity Improvement for Assembly Line*. Vol 2, 2012, pp 135-146.
- Ohno, T., (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale, Production*, Productivity Press, Portland, Operational Research.
- Rahul Pulkurte, Ravindran Masilamani, Sarvesh Sonpatki & Rajesh Dhake (2014). *Cycle time reduction in assembly line through layout improvement, ergonomics analysis and lean principles*. *Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, Vol. 3, No. 2, 2014
- Rakesh Kumar, Vikas Kumar (2012), “Lean Manufacturing: Elements and its Benefits for Manufacturing Industry”. NCTAME, Oct 19-20, 2012.
- Rathod, B., Shinde, P. Darshan Raut, D., & Waghmare, G., (2016) *Optimization of Cycle Time by Lean Manufacturing Techniques-Line Balancing. Approach*, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, Vol4 Issue V, ISSN: 2321-9653
- Savona Steinmueller M, W. Edward (2012). *Simulation methods for changeable manufacturing*. Vol 3, 179-184
- Soroor K. H. Al-Khafaji & Header M. R. Al-Rufaifi (2012). *A Case Study of Production Improvement by Using Lean with Simulation Modeling*. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey*. Vol 1, 183-16