

**EVALUASI EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DALAM PEMBUATAN
KAPAL ANGKUT TANK
DI PT. DAYA RADAR UTAMA
(Studi kasus: Steel Fabrication dan Block Assembly)**

**EVALUATION OF THE USE OF ELECTRICAL ENERGY EFFICIENCY IN LST
SHIPBUILDING
AT PT. DAYA RADAR UTAMA
(Case Study: Steel Fabrication and Block Assembly)**

Amel Zen¹, Suyono Thamrin,² I Nengah Putra Apriyanto.³

Fakultas Teknologi Pertahanan Program Studi Industri Pertahanan
Universitas Pertahanan
(amelzen505@gmail.com)

Abstrak – Industri Pertahanan mempunyai peran penting dalam membangun Alpalhankam, salah satunya adalah Industri Galangan Kapal PT Daya Radar Utama. Mengingat begitu pentingnya PT Daya Radar Utama dalam pengembangan Alpalhankam khususnya TNI AL, maka efisiensi terkait dengan penggunaan energi sangat penting untuk dikendalikan. Penelitian ini meneliti tentang efisiensi penggunaan energi listrik di Steel Fabrication dan Block assembly, menemukan pemborosan karena cara kerja dan penggunaan mesin yang tidak standar, sehingga terjadi pemborosan/waste. Metode analisis yang digunakan adalah menghitung secara numerik penggunaan energi di mesin peralatan dan utilitas menggunakan Finite State Machine (FSM), sehingga diketahui jumlah pemborosan. Hasil perhitungan FSM kemudian dipetakan melalui metode Energy Value Stream Mapping (EVSM). Root Cause Analysis (metode 5 Ways) digunakan untuk mencari akar masalah. Konsep 7 (tujuh) Waste dijadikan indikator penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa stasiun kerja yang berada di Steel Fabrication dan Block Assembly terjadi pemborosan pemakaian energi listrik, Pemborosan ditemukan pada proses produksi di mesin Cutting 44%, mesin Bending 28%, dan Assembly dan Erection masing-masing 9% dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin Cutting, Bending, Block Assembly dan Erection. Hasil ini dapat dijadikan peluang usulan perbaikan agar pemborosan energi listrik bisa dieliminasi dan meningkatkan daya saing.

Kata Kunci: Lean, Waste, Energi Listrik, EVSM, FSM, RCA

Abstract – The Defense Industry has an important role in the development of Defense and security equipment, one industry Shipyard PT Daya Radar Utama. Taking into consideration the importance of the PT Daya Radar Utama, in particular, Defense and security equipment development of the Navy, then the efficiency associated with the use of energy is crucial for the transmission. This study discusses the use of electrical energy in Steel Fabrication and assembly block, find a waste because of the workings and use machines are not standardized, resulting in waste/waste. The analysis method used is done by calculating the numerical energy use in machine tools and utilities using the Finite State Machine (FSM), so as to know the amount of waste. FSM calculation results are then mapped by the method of Energy Value Stream Mapping (EVSM). Root Cause Analysis (method 5 Ways) is used to find the root of the problem. The concept of seven (7) Waste Created indicators research. The results

1 Fakultas Teknologi Pertahanan Program studi Industri Pertahanan

2 Fakultas Teknologi Pertahanan Program studi Industri Pertahanan

3 Fakultas Teknologi Pertahanan Program studi Industri Pertahanan

showed that there is a work station in Steel Fabrication and Assembly Block wasteful energy use, Wastage was found in the production process in the machine Cutting 44%, Bending machines 28%, and the Assembly and Erection each 9% of the total consumption of electrical energy used in machinery Cutting, Bending, Block Assembly and Erection. These results can be used as an opportunity proposed improvements to the electrical energy waste could be eliminated and improve competitiveness.

Keywords: Lean, Waste, Electrical Energy, EVSM, FS

Pendahuluan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 141 Tahun 2015: “Industri pertahanan bertanggung jawab untuk membangun kemampuan dalam menghasilkan Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan.”⁴

Tambahan Lembaran Negara RI yang di jelaskan dalam Penjelasan Atas Undang Undang RI nomor 16 tahun 2012 tentang Industri Pertahanan menjelaskan:

...Kemampuan industri pertahanan harus didukung oleh pengelolaan manajemen yang visioner serta mengandalkan sumber daya manusia yang memiliki kapasitas dan kemampuan tinggi, sehingga mampu mendukung tercapainya kemajuan teknologi Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan sesuai dengan perkembangan zaman.⁵

Ira Fitriana (2017), berdasarkan kajian BPPT, kebutuhan energi final sektor industri meningkat dari 29% pada tahun 2015 menjadi 43% (skenario dasar) 44% (skenario tinggi) pada tahun 2050.⁶ Proyeksi kebutuhan listrik di sektor industri mengalami laju pertumbuhan yang cukup tinggi. Kebutuhan listrik sektor industri pada skenario tinggi lebih tinggi 37%, (256 TWh) dibanding skenario dasar.⁷

Ch. Rajeswar Harish dan Soumya K. Sunil (2015), Penggunaan energi menjadi masalah yang paling membebani keuangan di industri galangan kapal di dunia, diperkirakan sebesar 13 % dari total penggunaan energi di industri galangan kapal adalah energi listrik.

Alpalhankam dibangun di berbagai industri pertahanan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), dan Badan

⁴ Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 141 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Industri Pertahanan, Pasal 5, ayat (1), hlm 3.

⁵ Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia, (Penjelasan Atas Undang Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2012 Tentang Industri Pertahanan), hlm 2.

⁶ Ira Fitriana, *Inisiatif Pengembangan Teknologi Energi Bersih* (Jakarta: “*Outlook Energi Indonesia 2017*” Pusat Teknologi Sumber daya Energi dan Industri Kimia BPPT, 2017), hlm 42.

⁷ Ira Fitriana, *ibid*

Usaha Milik Swasta Nasional. PT Daya Radar Utama yang dipercaya membangun beberapa kapal pesanan TNI AL jenis Angkut Tank. Mengingat begitu pentingnya PT Daya Radar Utama dalam pengembangan Alpalhankam khususnya TNI AL, maka penulis memilih judul penelitian ini berkaitan dengan manajemen energi, khususnya energi listrik.⁸

Berdasarkan latar belakang di atas tujuan penelitian adalah mengevaluasi penggunaan energi listrik (Current Map) di Steel Fabrication dan Block Assembly, dan mendesain model (Future Map) Energy Value Stream Mapping (EVSM) pada proses produksi di Steel Fabrication dan Block Assembly PT. Daya Radar Utama.

Metode Penelitian

Tahun 1980-an, Pemerintah Republik Indonesia membentuk tim percepatan pembangunan di bidang Industri Pertahanan. Pembentukan tim tersebut dilakukan dengan berkelanjutan sebagai berikut:⁹

- 1) Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 40 Tahun 1980 tentang Tim Pembina Industri Hankam.
- 2) Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 06 Tahun 1984 tentang Dewan Pembina Industri Strategis.
- 3) Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 44 Tahun 1989 tentang Badan Pembina Industri Strategis.
- 4) Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 56 Tahun 1989 tentang Dewan Pembina Industri Strategis.
- 5) Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 64 Tahun 1998 tentang Badan Pengelola BUMN dan penetapan PT BPIS.

Perkembangan Industri Pertahanan Indonesia mengalami pasang surut. PT BPIS dibubarkan pada tahun 2001 setelah 3 tahun terjadinya krisis ekonomi yang melanda Indonesia pada tahun 1998. Pada tahun 2010 sampai dengan 2014, Pemerintah dalam Kabinet Indonesia bersatu jilid II membangkitkan kembali Industri Pertahanan. Konsep Renstra dalam tahapan lima tahun mulai dibuat. Renstra I; 2010-2014, Renstra II; 2015-2019, Renstra III; 202-2024. Industri

⁸ Ch. Rajeswar Harish dan Soumya K. Sunil, *Energy Consumption and Conservation in Shipbuilding (Visakhapatnam, India: Indian Maritime University, Visakhapatnam campus,*

International Journal of Innovative Research & Development, 2015), hlm 28

⁹ Yusgiantoro, Purnomo, 2014, *Ekonomi Pertahanan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, hlm. 252

Pertahanan mulai bangkit diawali dengan dibentuknya Komite Kebijakan Industri Pertahanan (KKIP) melalui Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 42 Tahun 2010.

Beberapa teori yang dipakai dalam penelitian ini adalah Teori Evaluasi, Teori Lean Manufacturing, Teori Finiet State Machine, Teori Energy Value Stream Mapping, dan Teori Root Cause Analysis.

Shadish, Cook, & Leviton (1919), Evaluasi adalah menentukan praktik yang digunakan oleh evaluator untuk membangun pengetahuan tentang nilai program.¹⁰

Michael Quinn Patton (2013), mengembangkan Utilization-Focused Evaluation (UFE) dan mengatakan bahwa "Evaluasi dinilai dengan kegunaannya dan penggunaan aktualnya".¹¹

Jennifer Greene (2011), mengembangkan Values Engaged Evaluation (VEE) sebagai pendekatan demokratis yang sangat responsif terhadap konteks dan menekankan nilai nilai yang dimiliki oleh Stakeholder.¹²

Huey Chen (2015), mengategorikan program dalam sistem terbuka, terdiri dari input, output, hasil, dan dampak. Chen menyarankan agar evaluator memulai bekerja dengan para stakeholder untuk memahami asumsi dan logika di balik sebuah program.¹³

Keempat pendekatan teori evaluasi yang dijelaskan di atas dapat disimpulkan bahwa: Evaluasi adalah kerangka teori yang digunakan untuk memandu evaluator untuk mengumpulkan dan menganalisis data sebelum mempertimbangkan metodologi, apakah Kuantitatif, Kualitatif atau Mixed Method.

Liker (2004), Lean Manufacturing adalah strategi operasional yang berorientasi untuk mencapai waktu siklus yang sesingkat mungkin dengan menghilangkan waste.¹⁴

Tinoco (2004), Lean Manufacturing dibuat untuk mewakili sedikit usaha manusia dalam perusahaan untuk mengurangi pemborosan, ruang manufaktur, investasi alat, persediaan,

¹⁰ Shadish, W. R. Jr., Cook, T. D., & Leviton, L. C. (1991). Chapter 2: Good theory for social program evaluation. *Foundations of Program Evaluation: Theories of Practice*. Newbury Park, CA: Sage, hlm 36-37.

¹¹ Patton, M.Q. (2013). *Utilization-Focused Evaluation (U-FE) Checklist*. Western Michigan University Checklists.

¹² Greene, J.C., Boyce, A.S, & Ahn, J. (2011). *Value-Engaged, Educative Evaluation Guidebook*. University of Illinois, Urbana-Champaign.

¹³ Chen, H.T. (2015). *Practical program evaluation: Theory-Driven Evaluation and the Integrated Evaluation Perspective*. Thousand Oaks, CA: Sage.

¹⁴ Jeffrey K Liker, *The Toyota Way*, (New York: McGraw-Hill), 2004, hlm 23.

jam kerja, dan mengembangkan produk baru.¹⁵

Seryak, Epstein, dan D' Antonio (2006), percaya bahwa semua peralatan Lean tidak menghemat energi listrik.¹⁶

Kuriger dan Chen (2010), enam alat yang sering digunakan untuk mengimplementasikan Lean untuk mengurangi konsumsi energi listrik adalah: Standar Kerja, Visual Workplace, Kesalahan Proofing, TPM, Changeover Cepat.¹⁷

Tapping (2002), target Lean utamanya adalah penghapusan total pemborosan. Pemborosan atau waste, adalah segala sesuatu yang menambah biaya produk tanpa menambah nilai.¹⁸

Pang, Khiang Chee (2011), Finite State Machine (FSM) adalah model numerik yang umum digunakan untuk even diskret dan sistem logic. Ini akan

memperlihatkan grafik menggunakan diagram dengan tahapan, transition, dan action (or triggers).¹⁹

Rother dan Shook (2003), Sebuah Value Stream adalah semua tindakan (baik nilai tambah dan non-nilai tambah) yang diperlukan untuk membawa produk melalui arus produksi penting untuk setiap produk.²⁰

Rother dan Shook (2003), melakukan pemetaan Value Stream pada tahun 1999, untuk pertama kalinya metode ini muncul di peruntukan bagi praktisi untuk melihat waktu siklus secara terpisah dari waktu non nilai tambah.

Geoff Vorley MSc. MCQI (2008), Root Cause Analysis (RCA) adalah metode yang digunakan untuk mengatasi masalah sampai ke "akar penyebab" masalah.²¹

¹⁵ Juan C. Tinoco, *Implementation of Lean Manufacturing* (Wisconsin: University of Wisconsin-Stout), 2004, hlm 6.

¹⁶ Seryak, J., Epstein, G., & D'Antonio, M., *Lost opportunities in industrial energy efficiency: New production, Lean Manufacturing and lean energy.* (diunduh dari: <http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/5653/ESLIE-06-05-36.pdf> ? Sequence = 4), 2006, hlm 9

¹⁷ Kuriger, G., and Chen, F, *Lean and green: A current state view. (Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference.* Diunduh dari: <http://b-dig.iie.org.mx/BibDig/P10-0659/IIE2010/pdf/ierc/892.pdf>), 2010, hlm 4

¹⁸ Don Tapping dan Tom Shuker, *Value stream management: Eight steps to planning, mapping,*

and sustaining lean improvements. (New York, NY: Productivity Press), 2002, hlm 41.

¹⁹ Pang, Khiang Chee, 2011. *Intelligent Energy Audit and Machine Management for Energy-Efficient Manufacturing,* 2011 IEEE 5th International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS), hlm.3

²⁰ Rother Mike. and Shook John (2003). *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda.* Cambridge, Massachusetts, USA: The Lean Enterprise Institute. Hlm 17

²¹ Geoff Vorley MSc. MCQI, 2008, *Mini Guide to Root Cause Analysis, Published by Quality Management & Training* (Publications) Ltd PO Box 172 Guildford Surrey United Kingdom GU2 7FN.hlm. 3

Vorley & Tickle, (2002), “Metodologi obyektif, menyeluruh dan disiplin yang digunakan untuk menentukan penyebab masalah, keluhan, dan kejadian yang tidak diinginkan yang paling mungkin terjadi dalam suatu organisasi, dengan tujuan merumuskan dan menyetujui tindakan korektif untuk menghasilkan peningkatan kinerja jangka panjang yang signifikan.”²²

Metode 5 Ways Technique. Metode 5 (lima) Ways adalah sebuah metode dari konsep Toyota Ways yang digunakan untuk mencari akar masalah dengan mengajukan pertanyaan berulang sebanyak 5 (lima) kali, sehingga didapatkan akar masalah yang sebenarnya.

Klaus Schwab, (2016) pendiri dan merangkap ketua eksekutif World Economic Forum.²³ Inti dari Revolusi Industri 4.0 ini menurut Schwab adalah perkembangan teknologi yang berorientasi pada pola-pola sebagai berikut; Digital Economic, Internet of things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data and Analytics, Advanced Robotics, Additive Manufacturing, Augmented

Reality, Simulation, Horizontal Vertical Integration, Cloud, Cyber Security.

Prinsip dasarnya adalah mengintegrasikan skenario Industri 4.0 (mesin, sensor, perangkat dan manusia) ke dalam kegiatan perusahaan modern.

Kerangka Pemikiran yang dipakai dalam penelitian ini adalah Pemahaman konsep Rumah Toyota, yang dibuat oleh mantan ketua Toyota, Fujio Cho. Murid Taiichi Ohno. Mike Nagami mengatakan; ... “Rumah digunakan sebagai simbol adalah karena setiap bagian rumah seperti atap, pilar, fondasi, tidak ada yang secara independen (berdiri sendiri) satu sama lain, tetapi terkait erat untuk tujuan bersama,”²⁴

Di tengah-tengah rumah Toyota ada Perbaikan Berkesinambungan (Continuous Improvement). Segala sesuatu di dunia berubah dengan sangat cepat. Tujuan tidak dapat dicapai kecuali terus memperbaiki diri. Metode mendasar untuk melakukan perbaikan berkesinambungan di Toyota adalah Penghapusan Pemborosan yang Menyeluruh. Toyota mendefinisikan identitas pemborosan sebagai Tujuh Waste/pemborosan. Tujuh pemborosan

²² Geoff Vorley MSc. MCQI, ibid

²³ Klaus Schwab, 2016 “The Fourth Industrial Revolution”, Switzerland

²⁴ Mike Nagami, <https://econoshift.com/en/about-the-author/>

tersebut adalah: 1) Transport, 2) Inventory, 3) Motion, 4) Waiting, 5) Over Processing, 6) Over Production, 7) Defecth

7 (tujuh) pemborosan di atas dievaluasi menggunakan Lean Tools Analysis. Lean Tools yang digunakan adalah Finite State Machine, Energy Value Stream Mapping dan Root Cause Analysis (RCA) dengan metode (5 Ways). Finite State Machine (FSM) dipilih agar dapat menumerikkan tingkat pemborosan, dan Energy Value Stream Mapping (EVSM) untuk memetakan pemborosan. Kemudian untuk mencari akar masalah setelah di mapping, dilakukan Root Cause Analysis (RCA). Hasil analisis dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan berkesinambungan.

Jenis metode penelitian ini adalah Mixed Method atau metode campuran Kuantitatif dan Kualitatif. Metode Kuantitatif digunakan untuk menumerikkan hasil analisis menggunakan Finite State Machine (FSM) dan memetakan nilai efisiensi menggunakan Energi Value Stream Mapping (EVSM). Metode Kualitatif digunakan untuk menemukan pemborosan yang paling dominan pada waste dan mencari akar masalah

menggunakan Root Cause Analysis (RCA).

Pendekatan penelitian ini menurut teknik dan polanya adalah pendekatan Studi Kasus dan menurut variabelnya adalah pendekatan eksperimen.

Penelitian dilakukan terhadap waktu proses pada suatu alat atau mesin yang digunakan pada proses produksi. instrumen yang digunakan adalah check-list observasi, check-list hasil menghitung waktu proses produksi per menit. Penelitian ini dirancang untuk mengetahui apakah suatu alat atau mesin yang digunakan dalam proses produksi sudah efisien dalam penggunaan energi listrik.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan Studi Kepustakaan, Mendatangi ahli dan Wawancara, Peninjauan Lapangan (Field Research)/ Observasi.

Metode pengujian instrumen dilakukan sebagai berikut; 1) Pengukuran Waktu proses, 2) Membagi Data ke dalam beberapa grup, 3) Menguji Kecukupan Data.

Hasil pengujian instrumen digunakan sebagai dasar pengolahan dan analisis data menggunakan Finite State Machine (FSM).

Pengolahan dan analisis data menggunakan Mixed Method atau metode campuran. Data Kualitatif yang diolah pada penelitian ini adalah 7 (tujuh) waste data 5 (lima) Way's. Pengolahan data 7 waste digunakan untuk mencari waste yang dominan sebagai penyebab pemborosan. Data 7 waste ini menjadi dasar pengolahan dan analisis data untuk Finite State Machine (FSM). Data 5 ways digunakan untuk mencari akar masalah setelah dilakukan pengolahan dan analisis data dengan menggunakan Energy Value Stream Mapping (EVSM). Data Kuantitatif yang diolah dan dianalisis adalah data hasil observasi langsung dan sudah dilakukan pengujian instrument. Data diolah menggunakan Finite State Machine (FSM) dan Energy Value Stream Machine (EVSM).

Pengolahan data Waste menggunakan Likert-Type Scale Response Anchors. Skala yang digunakan adalah Frequency – 5 point: 1) Never, 2) Rarely, 3) Sometimes, 4) Often, 5) Always.

Jumlah maksimum hasil skala Likert pada penelitian ini adalah 50 dengan 5 (lima) indikator). Hasil evaluasi menggambarkan tingkat dominansi antara satu waste dengan waste lainnya,

sehingga ditemukan waste yang paling dominan.

Metode 5 ways dilakukan dengan cara mengajukan pertanyaan “Mengapa” sebanyak 5 (lima) kali. Hasil jawaban pertanyaan pertama menjadi pertanyaan kedua, Hasil jawaban pertanyaan kedua menjadi pertanyaan ketiga, dan begitu seterusnya, sehingga didapatkan akar permasalahan. Hasil Pengolahan data Root Cause Analysis di pindahkan ke Radar Chart untuk menggambarkan secara visual waste mana yang paling dominan.

Tools Finite State machine (FSM) digunakan untuk mengolah data Jumlah tenaga kerja, jam kerja, Waktu Proses, Kapasitas produksi, Daya aktif mesin dan utilitas, dan Tarif dasar listrik. Hasil analisis berupa numerik. Hasil pengolahan dan Analisis Data FSM ini adalah gambaran Konsumsi penggunaan energi listrik.

Tools Energy Value Stream Mapping digunakan untuk memvisualisasikan hasil olah data dalam bentuk Mapping Energy Value Stream Mapping (EVSM). Dasar perhitungan EVSM adalah hasil pengolahan data FSM. Operation State pada FSM dijadikan sumber data Value Added (VA), Non-Value Added (NVA) dan Non-Value Added

Necessary (NVAN). Evaluasi konsumsi energi listrik menjadi seperti contoh tabel berikut:

Hasil Energy Value Steam Mapping (EVSM) dibuat Mapping menggunakan Excel.

Pembahasan

Proses pembangunan 3-unit kapal angkut tank (AT 5,6,7) dapat digambarkan sebagai berikut; Data terpakai adalah mulai dari data Steel Fabrication sampai dengan data Erection pada proses Steel Fabrication dan proses Block Assembly. Proses Steel Fabrication dilakukan dengan menggunakan utilitas dan peralatan mesin yang menggunakan Computerized Numerical Control (CNC). Utilitas peralatan yang digunakan terdiri dari Mesin Cutting Plasma, Mesin Plasma Laser, Mesin Bending Roll, Mesin Bending Press, dan Mesin Bending siku. Proses assembling Block ini dibagi menjadi 3 (tiga) tahap yaitu: 1) Tahap sub assembly, Komponen blok yang sudah dilakukan pemotongan/Cutting dibentuk menjadi komponen kecil paralel Block maupun non paralel Block. 2) Tahap Assembly, Komponen paralel Block maupun non paralel Block dari hasil sub assembly dibentuk menjadi Block frame. 3) Tahap Erection, yaitu proses proses perakitan

antar Block frame. Alur prosesnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Evaluasi terhadap Waste dengan menggunakan skal Likert, ditemukan 2 (dua) waste mempunyai score yang lebih tinggi dari waste lainnya, yaitu Waiting dan Overprocessing. Ini mengindikasikan telah terjadi pemborosan di 2 (dua) waste tersebut.

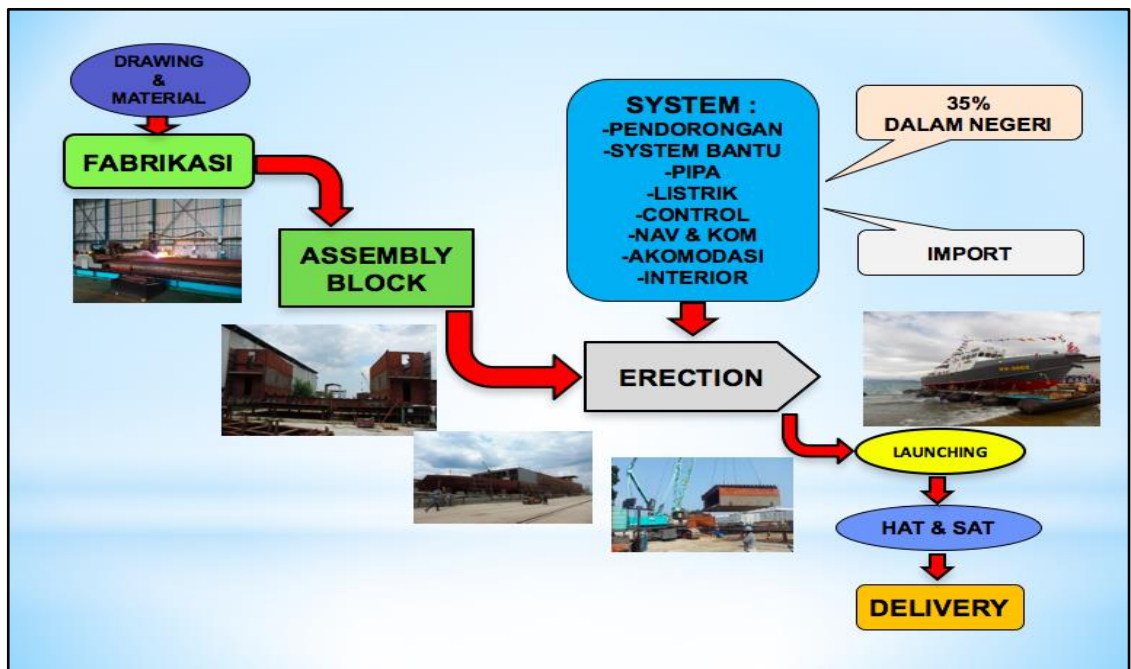
Finite State Machine (FSM) digunakan untuk memastikan telah terjadi pemborosan kedua waste tersebut. Berdasarkan atas standard operation procedure (SOP) dan model Finite State Machine (FSM) untuk proses di mesin Cutting dan utilitas yang digunakan perhitungan Konsumsi Energi Listrik di Mesin Cutting yaitu: Pada kondisi idle lampu dipanel mesin dalam keadaan nyala, motor untuk menggerakkan nozel digunakan hanya pada saat loading, dan pada saat kondisi running proses semua mesin dan utilitas dalam keadaan on (nyala).

Model FSM untuk mengukur konsumsi daya yang digunakan pada operasional mesin Cutting adalah: Switch off lampu di panel mesin posisi on (menyala), dan Switch off motor penggerak nozel posisi off (mati). Modelnya dapat dilihat pada Gambar 2. Proses Cutting pada Block 1 (DB 2), dapat

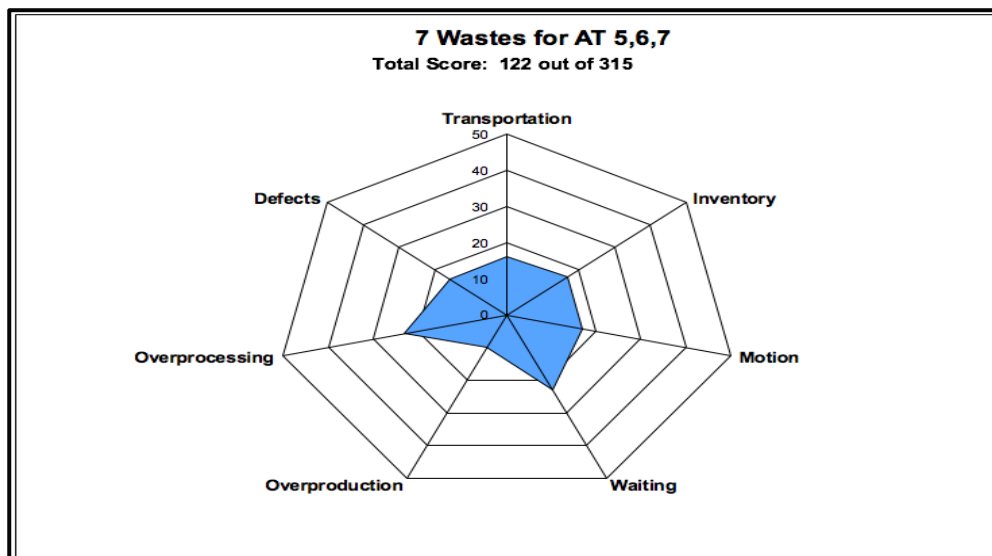
dilihat pada Tabel 1, untuk konsumsi daya listrik hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Evaluasi *Energy Value Stream Mapping* (EVSM) memerlukan data yang

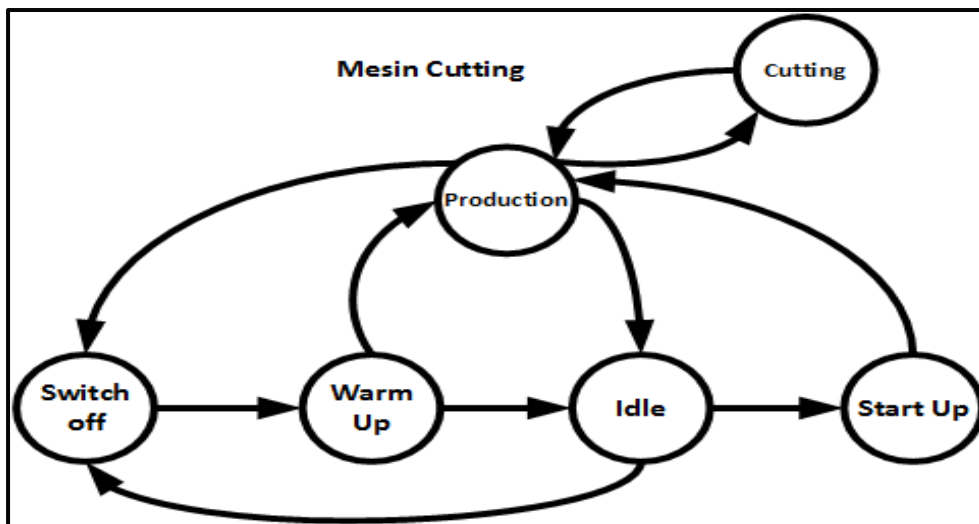
sudah diolah dengan *Finite State Machine* (FSM). Data tersebut sebagai *input* untuk Evaluasi dan visualisasi *Energi Value Stream Mapping* (EVSM).



Gambar 1. Alur Proses Pembangunan AT 5,6,7.
 Sumber: Materi Paparan Tamu PT.DRU



Gambar 2. Radar Chart 7 Waste's Evaluation - Production (Steel Pabrication & Block Assembly)
 Sumber: Diolah sendiri oleh penulis



Gambar 3. Model FSM dari Mesin Cutting
 Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 1. Waktu Proses Cutting

Ke	Waktu (Menit)	
	X	X ²
1	45.00	2025.00
2	46.00	2116.00
3	43.00	1849.00
4	44.00	1936.00
5	45.00	2025.00
6	44.00	1936.00
7	46.00	2116.00
8	47.00	2209.00
9	44.00	1936.00
10	45.00	2025.00
11	45.00	2025.00
12	46.00	2116.00
13	47.00	2209.00
14	43.00	1849.00
15	44.00	1936.00
16	45.00	2025.00
17	45.00	2025.00
18	46.00	2116.00
19	43.00	1849.00
20	44.00	1936.00
21	45.00	2025.00
22	44.00	1936.00
23	45.00	2025.00
24	45.00	2025.00
25	46.00	2116.00
26	45.00	2025.00
27	44.00	1936.00
28	43.00	1849.00
29	44.00	1936.00
30	46.00	2116.00
Mean	44.80	2008.27
Σ	1344.00	60248.00
$(\Sigma)^2$	1806336.00	

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 2. Konsumsi Energi Mesin Cutting

Operation State	Open Active (kW)	Time (Hour)	Usage Power (kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)	(4)	(5)=(3)x(4)
Switch Off	4,16	-	-	-	-
Warm up	4,16	135,00	280,80	2,000,00	1,123,200,00
Idle	4,16	2,000,98	8,324,08	2,000,00	16,648,153,60
Start up	4,16	-	-	-	-
Production	4,16	2,402,02	9,992,40	2,000,00	19,984,806,40
				Total Cost	37,756,160,00

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 3. Konsumsi Energi Mesin Bending

Operation State	Open Active (kW)	Time (Hour)	Usage Power (kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)	(4)	(5)=(3)x(4)
Switch Off	37,00	-	-	-	-
Warm up	37,00	135,00	2,497,50	2,000,00	9,990,000,00
Idle	37,00	380,98	14,096,08	2,000,00	28,192,150,00
Start up	37,00	-	-	-	-
Production	37,00	814,62	20,140,76	2,000,00	60,281,510,00
				Total Cost	98,463,660,00

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 4. Konsumsi Energi Assembly

Operation State	Open Active (kW)	Time (Hour)	Usage Power (kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)	(4)	(5)=(3)x(4)
Switch Off	1	-	-	-	-
Warm up	1	1,800	1,800	2,000,00	3,600,000,00
Idle	1	13,014	13,014	2,000,00	28,192,150,00
Start up	1	-	-	-	-
Production	1	123,104	123,104	2,000,00	246,208,000,00
				Total Cost	275,836,000,00

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 5. Konsumsi Energi Erection

Operation State	Open Active (kW)	Time (Hour)	Usage Power (kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)	(4)	(5)=(3)x(4)
Switch Off	1	-	-	-	-
Warm up	1	1,800	1,800	2,000,00	3,600,000,00
Idle	1	13,014	13,014	2,000,00	28,192,150,00

Start up	1	-	-	-	-	-
Production	1	123,104	123,104	2,000,00	246,208,000,00	
				Total Cost	275,836,000,00	

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 6. EVSM di Mesin Cutting

Condition	Power Active (kW)	Time (Hour)	Usage(kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)	Rasio
-1	-2	-3	(4)=(2)x(3)	-5	(6)=(4)x(5)	(5)=(4)/SUB Total (4)
Mesin Cutting						
Warm up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	4.16	67.5	280.80	2000	561,600,00	0.015
Idle						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	4.16	2000.98	8324.08	2000	16,648,153,60	0.448
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Start up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Production						
VA	4.16	2402.02	9992.40	2000	19,984,806,40	0.537
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Sub Total	12.48	4470.5	18597.28		37,194,560,00	1.000

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 7. EVSM di Mesin Bending

Condition	Power Active (kW)	Time (Hour)	Usage(kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)	Rasio
-1	-2	-3	(4)=(2)x(3)	-5	(6)=(4)x(5)	(5)=(4)/SUB Total (4)
Mesin Bending						
Warm up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	37	67.50	2497.80	2000	4,995,000,00	0.053
Idle						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	37	380.98	14096.08	2000	28,192,150,00	0.302
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Start up						

VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Production						
VA	37	814.62	30140.755	2000	60,281,510,00	0.645
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Sub Total	111	1263.09	46734.33		93,468,660,00	1.000

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 8. EVSM di Assembly

Condition	Power Active (kW)	Time (Hour)	Usage(kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)	Rasio
-1	-2	-3	(4)=(2(x(3)	-5	(6)=(4)x(5)	(5)=(4)/SUB Total (4)
Welding Assembling						
Warm up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	1	1.800.00	1.800.00	2000	3,600,000,00	0.013
Idle						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	1	13.014.00	13.014.00	2000	26,028,000,00	0.094
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Start up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Production						
VA	1	123.104.00	123.104.00	2000	246,208,000,00	0.893
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Sub Total	3	137.918.00	137.918.00		275,836,000,00	1.000

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 9. EVSM di Erection

Condition	Power Active (kW)	Time (Hour)	Usage(kWh)	Cost/kWh (Rp)	Cost (Rp)	Rasio
-1	-2	-3	(4)=(2(x(3)	-5	(6)=(4)x(5)	(5)=(4)/SUB Total (4)

Welding Erection

Warm up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	1	1.800.00	1.800.00	2000	3,600,000,00	0.013
Idle						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	1	13.014.00	13.014.00	2000	26,028,000,00	0.094
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Start up						
VA	-	-	-	-	-	-
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Production						
VA	1	123.104.00	123.104.00	2000	246,208,000,00	0.893
NVA	-	-	-	-	-	-
NVA/N	-	-	-	-	-	-
Sub Total	3	137.918.00	137.918.00		275,836,000,00	1.000

Sumber: Diolah sendiri oleh peneliti

Tabel 10. Analisis Konsumsi Energi Listrik 1 Kapal

Conditio n	Power Active (kW) EI	Rat io EI	Time (Hour) t	Rati o t	Usage Power (kWh) (E)	Rati o E	Cost (Rp) (C)	Rati o C
Steel Fabrication dan Assembling Block								
VA	43.16	0.33	249.424.64	0.89	286.341.16	0.84	572.682.316.40	0.84
NVA	43.16	0.33	28.409.96	0.10	48.448.16	0.14	96.896.303.60	0.014
NVA/N	43.16	0.33	3.735.00	0.01	6.378.30	0.02	12.756.600.00	0.02
Total	129.48	1.00	281.569.59	1.00	341.167.61	1.00	682.335.220.00	1.00

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Tabel 11. Analisis Konsumsi Energi Listrik 3 Kapal

Conditio n	Power Active (kW) EI	Ra tio EI	Time (Hour) t	Rati o t	Usage Power (kWh) (E)	Rati o E	Cost (Rp) (C)	Rati o C
Steel Fabrication dan Assembling Block								
VA	129.48	0.33	748.273.91	0.89	859.023.47	0.84	1.718.046.949.20	0.84

NVA	129.48	0.33	85.229.87	0.10	145.344.47	0.14	290.688.910.80	0.014
NVA/N	129.48	0.33	11.205.00	0.01	19.134.90	0.02	38.269.800.00	0.02
Total	129.48	1.00	281.569.509	1.00	341.167.61	1.00	2.047.005.660.00	1.00

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Kesimpulan Evaluasi Pemakaian Energi Listrik berdasarkan EVSM pada proses *Steel Fabrication dan Block Assembly* sebagai berikut:

VA, Pekerjaan yang memberikan nilai tambah *value added* (VA) sebesar Rp. 1.718.046.949,-

NVA, Pekerjaan yang tidak menghasilkan nilai tambah atau *non value added* (NVA) sebesar Rp. 290.688.910,-

NVAN, Pekerjaan yang tidak menghasilkan nilai tambah tapi sangat penting atau *non value added necessary* (NVA/N) sebesar Rp. 54.939.600,-

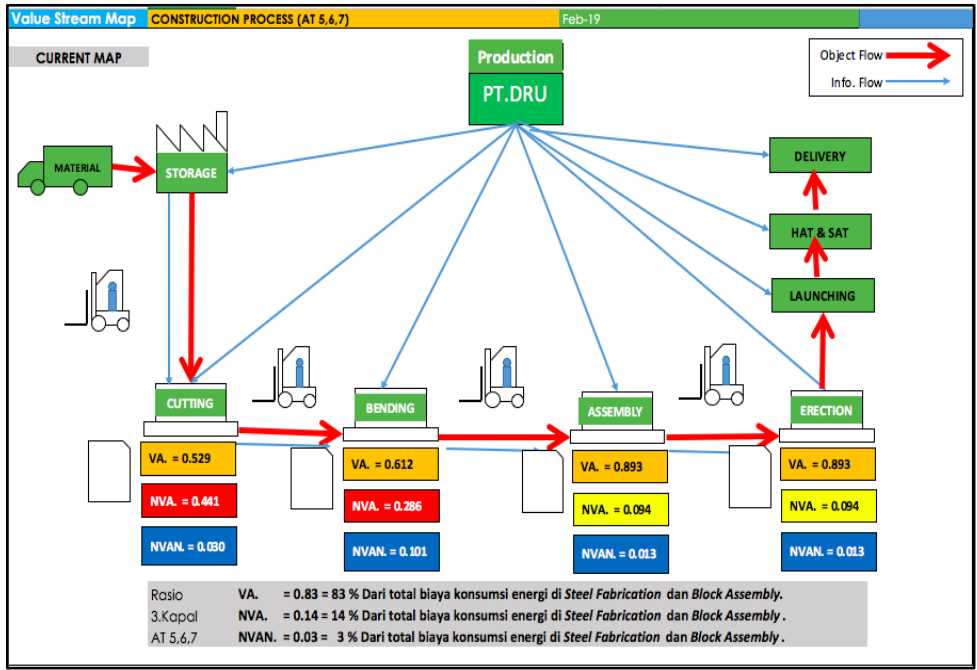
Penjelasan rinci Visualisasi *Energy Value Stream Mapping* (EVSM) pada *Current Mapping* sebagai berikut:

Pada mesin *Cutting* VA= 52%, NVA= 44%, NVAN= 3%, dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin *Cutting*.

Pada mesin *Bending* VA= 61%, NVA= 28%, NVAN= 10%, dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin *Bending*

Penggunaan energi keseluruhan yang terjadi adalah VA= 83%, NVA= 14%, NVAN= 3%, dari total biaya konsumsi energi proses produksi di *Steel Fabrication dan Block Assembly*. *Future Map* yang diharapkan adalah:

Pada mesin *Cutting* VA= 94%, NVA= 0%, NVAN= 5%, dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin *Cutting*.



Gambar 4. Current Map EVSM
 Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Pada mesin *Bending* VA= 85%, NVA= 0%, NVAN= 14%, dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin *Bending*

Penggunaan energi keseluruhan yang diharapkan adalah VA= 95%, NVA= 0%, NVAN= 5%, dari total biaya konsumsi energi proses produksi di *Steel Fabrication* dan *Block Assembly*.

Akar masalah dari pemborosan dianalisis menggunakan *Root Cause Analysis* dengan metode 5 way's.

Kesimpulan *Root Cause Analysis* (metode 5 Ways) Adalah:

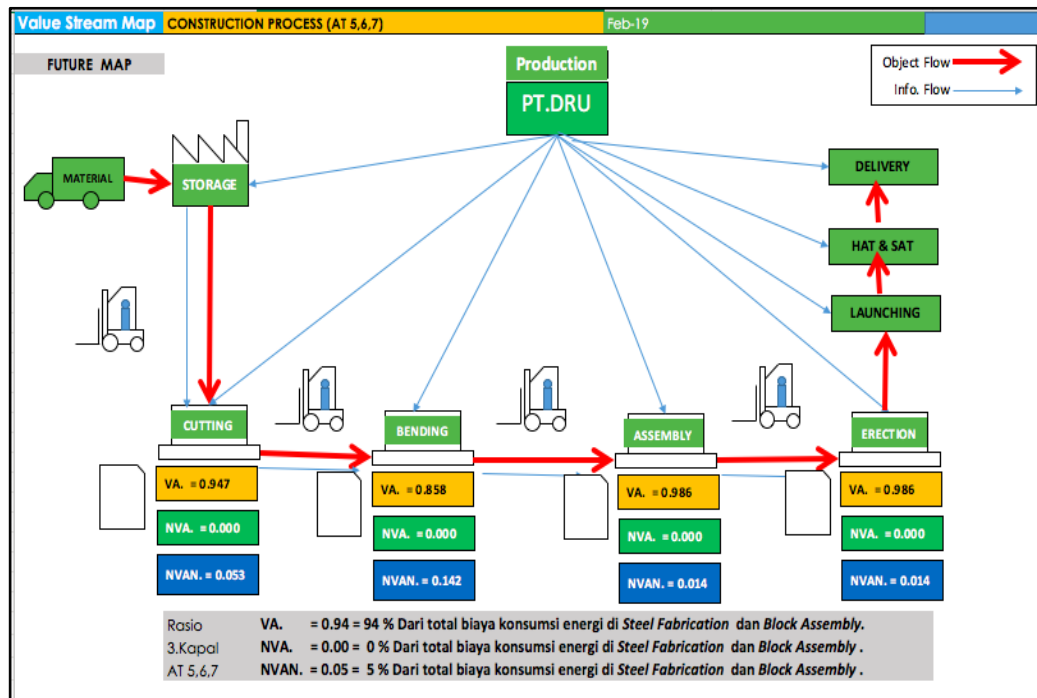
Tenaga kerja sebagai operator mesin *Cutting* dan *Bending* jumlahnya kurang. Manajemen perlu mempertimbangkan

menambah tenaga kerja profesional sebagai operator atau menambah tenaga kerja khusus untuk menaikkan dan menurunkan (*loading*) pelat

Pekerjaan pembongkaran dilakukan secara manual di alur produksi. Manajemen perlu mempertimbangkan pembelian mesin baru (*separator magnetic*) untuk mempercepat pekerjaan.

Mesin sudah tua. Manajemen perlu mempertimbangkan pembelian mesin *cutting* baru.

Drafter dan *Approval* gambar di Jakarta. Manajemen perlu mempertimbangkan untuk menempatkan *drafter* di *site*.



Gambar 5. Future Map EVSM
Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan Finite State Machine (FSM), Energi Value Stream Mapping (EVSM) dan Root Cause Analysis (RCA), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Penggunaan energi listrik saat ini di Steel Fabrication dan Block assembly PT Daya Radar Utama, ditinjau dari aspek Lean (7 Waste) sesuai hasil mapping pada Current Map EVSM, telah terjadi pemborosan. Hasil evaluasi menggunakan EVSM dapat dijelaskan sebagai berikut:

Ditemukan pemborosan pada proses produksi di mesin Cutting 44% dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin Cutting.

Ditemukan pemborosan pada proses produksi di mesin Bending 28% dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin Bending.

Ditemukan pemborosan pada proses produksi di Assembly dan Erection masing-masing 9% dari total konsumsi energi listrik yang digunakan pada proses Assembly dan Erection.

Presentasi pemborosan keseluruhan adalah sebesar 14% dari total biaya konsumsi energi proses produksi di Steel Fabrication dan Block Assembly. Akar masalah pemborosan pada Steel Fabrication adalah proses pembongkaran plat setelah di Cutting dan mesin Cutting/Bending yang sudah tua.

Akar permasalahan pada *Block Assembly* adalah beberapa alat welding yang masih hidup pada jam istirahat siang maupun malam.

Desain model Energi *Value Stream Mapping* (EVSM) pada proses produksi di *Steel Fabrication* dan *Block Assembly* dibuat dalam bentuk sebuah Future State Map dengan menggunakan Energi *Value Stream Mapping* yang memperlihatkan penggunaan energi listrik hasil evaluasi *Current State Map* menjadi 0%.

Daftar Pustaka

Jurnal Internasional

- Kuriger, G., and Chen, F., 2010. Lean and green: A current state view. *Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference*. <http://b-dig.iie.org.mx/BibDig/P10-0659/IIE2010/pdf/ierc/892.pdf>, hlm.4.
- Pang, Khiang Chee, 2011. *Intelligent Energy Audit and Machine Management for Energy-Efficient Manufacturing*, 2011 IEEE 5th International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS), hlm.3
- Patton, M.Q. (2013). Utilization-Focused Evaluation (U-FE) Checklist. Western Michigan University Checklists.
- Rother Mike. and Shook John, 2003. *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge, Massachusetts, USA: The Lean Enterprise Institute, hlm.6.
- Seryak, J., Epstein, G., & D'Antonio, M., 2006. *Lost opportunities in industrial energy efficiency: New production, lean manufacturing and lean energy*. <http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/5653/ESLIE-06-05-36.pdf?sequence=4>, p.9.
- Shadish, W. R. Jr., Cook, T. D., & Leviton, L. C. (1991). Chapter 2: Good theory for social program evaluation. *Foundations of Program Evaluation: Theories of Practice*. Newbury Park, CA: Sage, hlm 36-37.
- Tapping, D., Luyster, T., & Shuker, T., 2002. *Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements*. New York, NY: Productivity Press, hlm.41
- Tinoco, J., 2004 *Implementation of Lean Manufacturing*. Wisconsin: University of Wisconsin-Stout. a research paper, p.6.
- Chen, H.T. (2015). *Practical program evaluation: Theory-Driven Evaluation and the Integrated Evaluation Perspective*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Greene, J.C., Boyce, A.S, & Ahn, J. (2011). *Value-Engaged, Educative Evaluation Guidebook*. University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Liker, J.. 2004. *The Toyota Way*,. New York: McGraw-Hill. hlm. 23

Buku

- Ira Fitriana, 2017. *Inisiatif Pengembangan Teknologi Energi Bersih* (Jakarta: Outlook Energi Indonesia 2017 Pusat Teknologi Sumber daya Energi dan Industri Kimia BPPT), hlm 42.
- Purnomo Yusgiantoro, 2014, *Ekonomi Pertahanan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, hlm. 252

Undang Undang

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 141 Tahun 2105 tentang *Pengelolaan Industri Pertahanan*, Pasal 5, ayat (1), hlm 3.

Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia, (Penjelasan Atas Undang Undang republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2012 Tentang Industri Pertahanan), hlm 2.

