

Aplikasi *Digital Value Stream Mapping* untuk Meminimasi *Waste* pada Proses Produksi Panel Listrik

Muhammad Aditya Fauzi dan Moses Laksono Singgih
Departemen Teknik dan Sistem Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: moseslsinggih@ie.its.ac.id

Abstrak—Perusahaan Panel Listrik (PPL) merupakan perusahaan yang menerapkan sistem *make to order* dengan memproduksi panel listrik yang berbeda – beda dari sisi spesifikasi maupun jenisnya sesuai keinginan *customer*. Namun saat ini, masalah yang dihadapi PPL adalah waktu penyelesaian produk yang lama. Salah satu penyebabnya adalah kesalahan informasi pada ketersediaan material. Selain itu penyampaian informasi selama proses produksi masih secara verbal sehingga banyak informasi yang tidak tercatat dan harus melakukan pengulangan penyampaian informasi yang akan memakan waktu. Penggunaan media digital dalam penyampaian informasi juga belum optimal karena masih hanya berfokus untuk informasi berupa laporan. Untuk lebih memudahkan dalam mengidentifikasi *waste* atau pemborosan yang terjadi, aliran material dan aliran informasi akan dipetakan menggunakan *Digital Value Stream Mapping* (DVSM). Pada penelitian ini, total *lead time* proses produksi panel listrik adalah 460,58 jam dengan proporsi aktivitas *value added* sebesar 50,7% serta skor *digital information flow* adalah 3,02. *Waste* yang teridentifikasi akan dicari akar penyebabnya menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA), dimana *waste* yang ditemukan meliputi *waiting*, *transportation*, *motion*, *defect* dan *inventory*. Dengan mengeliminasi *waste* tersebut dan memberikan beberapa rekomendasi perbaikan, total *lead time* proses produksi panel listrik turun menjadi 457,03 jam dengan proporsi aktivitas *value added* sebesar 60% serta skor *digital information flow* adalah 2,76.

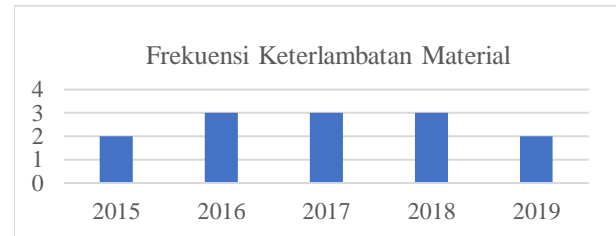
Kata Kunci—*Digital Value Stream Mapping* (DVSM), *Lean Manufacturing*, *Process Activity Mapping* (PAM), *Root Cause Analysis* (RCA), *Waste*.

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN Panel Listrik (PPL) merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai jenis panel listrik dengan menerapkan sistem *make to order* yang membuat permintaan dari *customer* berbeda – beda dari jenis dan jumlah panel listrik yang diminta. Permasalahan yang saat ini dihadapi oleh perusahaan adalah keterlambatan waktu penyelesaian produk atau *lead time* produk yang tidak sesuai dengan kesepakatan awal antara perusahaan dengan *customer*.

Penyebab utamanya adalah keterlambatan bahan baku yang datang yang menyebabkan proses pengerjaan proyek harus ditunda sampai bahan baku sampai. Hal ini disebabkan karena keterlambatan dalam pengadaan material. Keterlambatan tersebut salah satunya disebabkan karena informasi mengenai ketersediaan material yang kurang *up to date* sehingga terjadi *miss information* yang menyebabkan perusahaan secara mendadak baru akan memesan material.

Keterlambatan ini secara tidak langsung akan menunda seluruh proses produksi yang menyebabkan waktu penyelesaian produk juga bertambah. Frekuensi



Gambar 1. Frekuensi keterlambatan material.

keterlambatan material pada PPL berkisar antara 2 sampai 3 kali per tahun seperti yang tertera pada grafik di Gambar 1. Selain dikarenakan faktor kesalahan informasi pada ketersediaan material, lamanya waktu penyelesaian produk juga disebabkan oleh beberapa faktor seperti *waiting time*, *idle time* dan kesalahan saat proses produksi yang menyebabkan perusahaan harus melakukan *rework* atau revisi pengerjaan dikarenakan hasil produksi tidak sesuai spesifikasi dan kualitas yang diinginkan oleh *customer*. *Waiting time* dan *idle time* yang dimaksud tidak hanya berdasarkan faktor aliran material tetapi juga faktor aliran informasi.

Perusahaan masih sering menyampaikan informasi secara verbal melalui orang ke orang sehingga membutuhkan banyak waktu yang mempengaruhi total *lead time*. Hal ini menyebabkan masih terdapat beberapa informasi yang tidak tercatat sehingga jika suatu saat dibutuhkan memerlukan waktu pencarian yang lebih lama dikarenakan informasi harus disampaikan ulang secara verbal. Salah satu adalah saat penyampaian informasi berupa prosedur pengerjaan suatu proses yang dilakukan sebelum proses itu dimulai masih secara verbal sehingga pada setiap awal proses pihak yang berhubungan dan bertanggungjawab terhadap proses tersebut akan berdiskusi terlebih dahulu untuk membahas mengenai prosedur pelaksanaan proses tersebut.

Hal ini menyebabkan pengulangan penyampaian informasi untuk setiap proyek yang dikerjakan yang menyebabkan penyampaian informasi menjadi kurang efektif dan efisien. Selain itu, perusahaan juga masih belum menggunakan media digital yang mereka punya untuk penyampaian informasi selama proses produksi secara efektif. Informasi yang disampaikan menggunakan media digital masih berfokus untuk laporan (*report*) yang berupa laporan penyelesaian suatu proses atau laporan progress pengerjaan suatu proses.

Padahal, informasi pendukung pelaksanaan proyek dapat dimasukkan ke dalam media digital ini sehingga pencarian informasi dapat lebih mudah dan cepat. Untuk memperjelas faktor – faktor penyebab masalah tersebut, dibutuhkan identifikasi *waste* yang terjadi selama aktivitas proses produksi yang meliputi 7 *waste* yang terdiri dari *defect*, *waiting*, *inventory*, *overproduction*, *transportation*, *motion*,

Tabel 1.
Klasifikasi Aktivitas Aliran Informasi

Process	Activity	From	To	Information	Media				
					People	Paper	Email	Phone	ERP
Design	Penerimaan informasi pesanan	General Affair	Project Leader	Purchase Order		v			
			Database	Order Registration					v
	Pengecekan pesanan	Customer	Project Leader	Order Assignment	v				
			Project Leader	Order Clarification	v				
Packaging	Pemberitahuan	Production (Packaging)	Project Leader	Drawing		v			
			Project Leader	BoM Panel		v			
	Penyelesaian Proses	Project Leader	Database	Packaging Procedure	v				
			Internal	Progress Report					v
			Customer	Progress Report				v	
Customer	Customer	Report			v				
			Shipping Plan	v					

Tabel 2.
Alokasi Skor Media Informasi

Media	Alokasi Skor
People	1
Paper	2
Email	3
Phone	4
ERP	5

Tabel 3.
Klasifikasi Aktivitas Proses Produksi

Process	Activity	Flow	People	Type of Activity	Time (hours)
Design	Mengecek & mengonfirmasi <i>drawing</i> dari <i>customer</i>	O	1	VA	1
	Pengadaan material	O	2	VA	0,5
	Menunggu konfirmasi ketersediaan material	D	1	NVA	0,25
	Pengiriman material dari gudang ke workshop	T	1	NNVA	1
.....
Packaging	Material handling (finished good)	T	1	NNVA	0,5
	Storage (finished good)	S		NNVA	

dan *inappropriate processing*.

Hal ini sejalan konsep lean manufacturing yang berfokus pada peniadaan 7 *waste* dengan tujuan untuk meningkatkan kepuasan konsumen secara keseluruhan [1]. *Lean manufacturing* sendiri merupakan suatu upaya yang dilakukan secara kontinyu untuk meniadakan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) suatu produk baik barang maupun jasa untuk meningkatkan nilai kepada pelanggan (*customer value*) melalui peningkatan terus – menerus terhadap rasio antara nilai tambah dengan pemborosan [2].

Sebelum dapat mengidentifikasi *waste* yang terjadi, dibutuhkan pendeskripsian dan penjabaran dari proses produksi panel listrik beserta seluruh aktivitas di dalamnya menggunakan *digital value stream mapping* (DVSM). DVSM adalah metodologi yang menggabungkan prinsip – prinsip *value stream mapping* tradisional dengan teknologi dan alat digital yang membantu organisasi menganalisis, memvisualisasikan, dan meningkatkan proses dan alur kerja digital mereka.

Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*), meningkatkan efisiensi, dan mencapai transformasi digital yang lebih baik. Perbedaan utama DVSM dan VSM biasa adalah adanya penambahan unsur berupa key performance indicator (KPI) dan *digital information flow* dengan mengklasifikasikan dan memberikan skor terhadap media yang digunakan dalam proses aliran informasi [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah meminimasi *waste* yang

terjadi selama proses produksi panel listrik di PPL dengan memetakan proses produksi menggunakan salah satu *tools* dari *lean manufacturing* yaitu *digital value stream mapping*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Mendefinisikan Aliran Material

Aliran material berupa proses produksi panel listrik di PPL meliputi 9 tahapan yang terdiri dari proses *design* (*frame* dan *layout panel*), *assembly 1* (*frame*), *assembly 2* (*component*), *wiring*, *internal test*, *assembly 3* (*accessories*), *final acceptance test* (FAT), *quality control* (QC) dan *packaging*.

B. Mendefinisikan Aliran Informasi

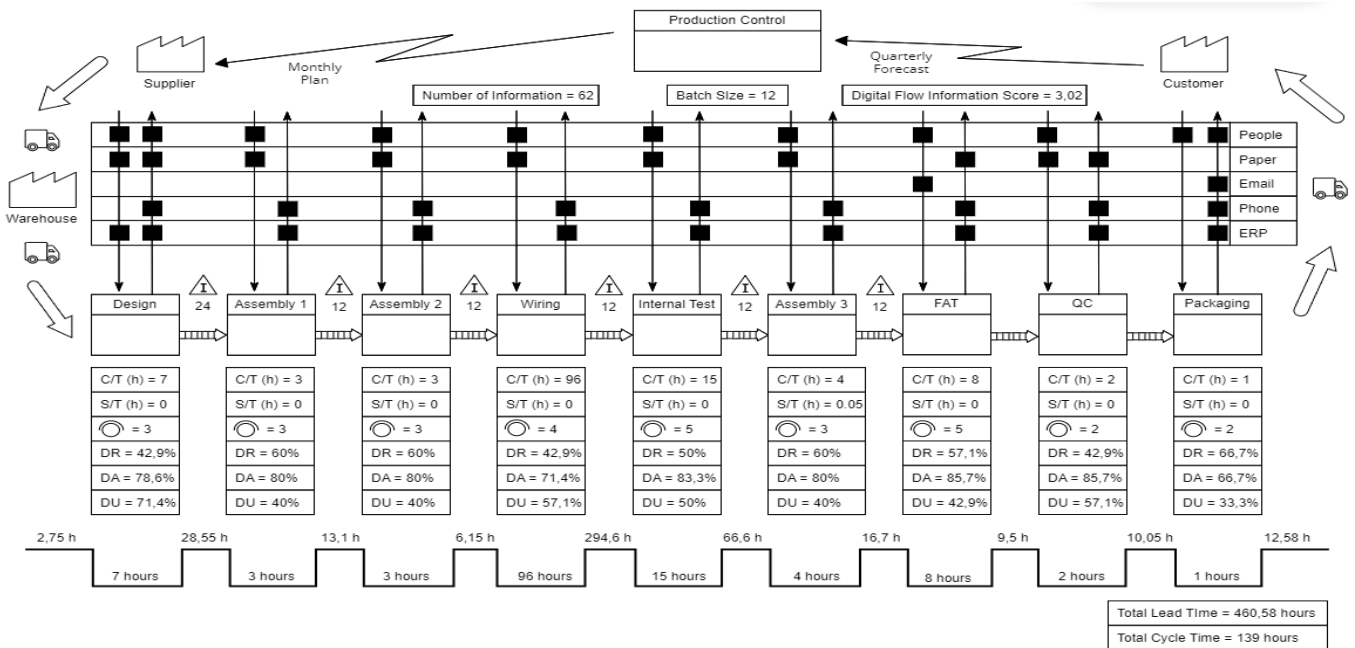
Aktivitas aliran informasi untuk setiap proses produksi dijabarkan dengan mengklasifikasikan media yang digunakan untuk penyampaian informasi yang meliputi *people* (*verbal*), *paper*, *email*, *phone* dan *enterprise resource planning* (ERP) seperti yang tertera pada Tabel 1.

C. Menghitung Key Performance Index DVSM

Pada DVSM terdapat penambahan unsur yaitu KPI yang mengukur masalah yang berkaitan dengan informasi pada aliran nilai tertentu yang terdiri dari *data availability*, *data usage*, dan *digitization rate* [4].

1) Data Availability (DA)

Nilai DA menunjukkan rasio antara informasi yang dapat diambil atau tercatat dibandingkan dengan semua informasi atau dapat dirumuskan seperti formulasi di bawah ini [4].



Gambar 2. Current state map DVSM.

Tabel 4. Identifikasi Waste dan Dampaknya

Jenis Wasre	Nilai DA	Dampak
Waiting	Menunggu konfirmasi ketersediaan material Menunggu semua stakeholder yang terlibat internal test dan FAT berkumpul	Waktu yang terbuang (t = 0,25 h) Waktu yang terbuang (t = 1 h)
Transportation	Material handling yang terlalu sering	Waktu yang digunakan (t = 1,7 h)
Motion	Pekerja terlalu sering mondar mandir di area workshop Kerangka panel tidak terakit dengan benar	Waktu istirahat karena kelelahan (t = 0,25 h)
Defect	Tag pad kabel tidak menempel dengan baik dan sesuai Kabel tidak terpasang dengan benar dan sesuai Plat nama rusak	Waktu revisi pengerjaan (t = 24 h)
Inventory	Aktivitas storage yang masih terlalu sering	Waktu pemindahan karena keterbatasan ruang (t = 0,7)
Overproduction	Tidak ditemukab	Tidak ditemukan
Inappropriate Processing	Tidak ditemukan	Tidak Ditemukan

$$DA = \frac{\sum \text{Captured Information}}{\sum \text{Total Information}} \times 100\%$$

Penulis akan mengklasifikasikan informasi pada Tabel 1 menjadi dua jenis yaitu informasi tercatat (*recorded*) dan informasi yang tidak tercatat (*not recorded*). Pada penelitian ini, informasi yang tidak tercatat adalah informasi dari media berupa *people* (*verbal*), sedangkan untuk media lainnya dianggap tercatat yaitu *paper*, *email*, *phone*, dan *ERP*.

2) Data Usage (DU)

Nilai DU menunjukkan rasio antara informasi yang telah ditangkap yang digunakan untuk perbaikan proses atau memiliki manfaat dibandingkan dengan semua informasi atau dapat dirumuskan seperti formulasi di bawah ini [4].

$$DU = \frac{\sum \text{Used Information}}{\sum \text{Total Information}} \times 100\%$$

Penulis akan mengklasifikasikan informasi pada Tabel 1 menjadi dua jenis yaitu informasi yang dipakai (*used*) dan informasi yang tidak dipakai (*not used*). Pada penelitian ini, informasi yang tidak dipakai adalah informasi yang berupa laporan (*report*), sedangkan informasi yang dipakai adalah informasi yang buka laporan (*report*).

3) Digitization Rate (DR)

Nilai DR menunjukkan rasio antara informasi yang dapat ditangkap secara digital dibandingkan dengan semua informasi atau dapat dirumuskan dengan formulasi di bawah ini [4].

$$DR = \frac{\sum \text{Digitally Captured Information}}{\sum \text{Total Information}} \times 100\%$$

Penulis akan mengklasifikasikan informasi pada Tabel 1 menjadi dua jenis yaitu informasi digital dan informasi *non-digital*. Pada penelitian ini, informasi digital adalah informasi dari media email, phone dan ERP, sedangkan informasi *non-digital* adalah informasi dari media *people* dan *paper*.

D. Menghitung Skor Digital Information Flow

Digital flow information (DIF) dihitung dengan memberikan penilaian terhadap media yang digunakan dalam aliran informasi [3]. Penulis akan memberikan skor berdasarkan alokasi skor pada Tabel 2 untuk setiap informasi pada Tabel 1 berdasarkan media informasinya. Hal ini untuk melihat seberapa besar efektifitas, efisiensi serta keandalan dari media yang digunakan untuk mengalirkan informasi digital. Skor DIF menunjukkan rasio antara total skor dari

Tabel 5.
Hasil Perhitungan KPI DVSM dan Skor DIF

Process	Nilai DA	Nilai DU	Nilai DR	Skor DIF
Design	78,6%	71,4%	42,9%	3,07
Assembly 1	80%	40%	60%	2,8
Assembly 2	80%	40%	60%	2,8
Wiring	71,4%	57,1%	42,9%	3,29
Internal Test	83,3%	50%	50%	3
Assembly 3	80%	40%	60%	2,8
FAT	85,7%	42,9%	57,1%	3
QC	85,7%	57,1%	42,9%	3,14
Packaging	66,7%	33,3%	66,7%	3
ALL	79%	51,6%	51,6%	3,02

Tabel 6.
Hasil Process Activity Mapping

Jenis Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Persentase	Total Waktu (jam)
Operation	36	50,7%	392,5
Transportation	13	18,3%	2,7
Inspection	9	12,7%	62
Storage	7	9,8%	0
Delay	6	8,4%	3,38
Total	71	100%	460,58

Tabel 7.
Hasil Klasifikasi Aktivitas

Tipe Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Persentase	Total Waktu (h)
VA	36	50,7%	392,5
NNVA	29	40,8%	64,7
NVA	6	8,5%	3,38
Total	71	100%	460,58

media pada setiap informasi dibandingkan dengan total informasi atau dapat dirumuskan dengan formulasi di awah ini [3].

$$DIF\ Score = \frac{\sum Total\ Score\ of\ All\ Information}{\sum Total\ Information} \times 100\%$$

Dimana semakin kecil nilai skor DIF, maka *digital information flow* akan dinilai semakin baik.

E. Membuat Current State Map

Current State Map digunakan untuk memetakan aktivitas proses produksi panel listrik di PPL pada kondisi eksisting dengan menunjukkan aliran material, aliran informasi dan aliran garis waktu seperti yang tertera pada Gambar 2 [5].

F. Klasifikasi Aktivitas dengan Process Activity Mapping

Process activity mapping (PAM) merupakan metode yang digunakan untuk memetakan suatu proses secara keseluruhan dengan melakukan pendeskripsian terhadap semua aktivitas pada proses produksi berdasarkan jenis aktivitas, waktu setiap aktivitas, presentasi proporsi aktivitas serta unsur - unsur yang menjadi atribut setiap aktivitas tersebut yang berdampak terhadap proses [6]. Langkah awal PAM adalah dengan pendeskripsian atau pendataan seluruh aktivitas proses produksi pada panel listrik di PPL mulai dari proses *design* hingga proses *packaging*. aktivitas proses produksi tersebut akan dikelompokkan menjadi jenis tahapan aktivitasnya yaitu *operation*, *storage*, *inspection*, *transportation* dan *delay*. Dari pengelompokkan ini, penulis akan mengklasifikasikan aktivitas proses produksi menjadi tipe aktivitasnya yaitu menjadi *value added*, *necessary but*

Tabel 8.
Rekomendasi Aktivitas yang Dieliminasi

No	Process	Information	Flow	Waktu (jam)
1	Design	Menunggu konfirmasi ketersediaan material	D	0,25
2	Assembly 1	Material handling	T	0,1
3		Storage (kerangka panel)	S	
4	Assembly 2	Material handling (WIP)	T	0,1
5		Storage (WIP)	S	
6	Wiring	Menunggu <i>drawing</i> dari customer	D	0,5
7		Storage (WIP)	S	
8	Internal Test	Material handling (WIP)	T	0,1
9		Menunggu semua stakeholder yang terlibat	D	0,5
10		Storage (WIP)	S	
11	FAT	Menunggu semua stakeholder yang terlibat	D	2
TOTAL				3,55

Tabel 9.
Hasil Perbaikan Klasifikasi Aktivitas

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perbedaan
Jumlah Aktivitas	71	60	-11
% VA	50,7%	60%	9,3%
% NNVA	40,8%	36,7%	- 4,2%
% NVA	8,5%	3,3%	-5,1%
Total Waktu (jam)	460,58	457,03	-3,55

non-value added, atau *non-value added*. Dimana aktivitas yang dikategorikan dengan *operation* akan diklasifikasikan ke dalam *value added activity* (VAA). Sedangkan untuk aktivitas yang dikategorikan dengan *transportation*, *inspection* dan *storage* akan diklasifikasikan ke dalam *necessary but non-value added activity* (NNVAA) serta untuk *delay* akan diklasifikasikan ke dalam jenis *non-value added activities* (NVAA) seperti yang tertera pada Tabel 3 [6].

G. Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* dilakukan dengan mengklasifikasikan jenis *waste* berdasarkan 7 *waste* yang meliputi *waiting*, *excessive transportation*, *unnecessary motion*, *inappropriate processing*, *defect*, *overproduction* dan *unnecessary inventory* [7]. Proses identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan aktivitas *non-value added* (NVA), melakukan wawancara dengan *project leader* dan observasi langsung. *Waste* yang sudah diidentifikasi akan dicari dampaknya terhadap proses produksi seperti yang tertera pada Tabel 4. *Waste* yang sudah teridentifikasi akan dicari penyebabnya menggunakan *root cause analysis* (RCA) dengan metode 5 *Why's* yang merupakan teknik pemecahan masalah yang digunakan untuk mendapatkan suatu akar permasalahan dengan bertanya mengapa berulang kali.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisa Digital Value Stream Mapping

Pada *current state map* DVSM yang tertera pada Gambar 2, diketahui bahwa total *lead time* proses produksi panel listrik di PPL untuk memenuhi pesanan dengan *batch size* sebesar 12 panel mencapai 460,58 jam dengan total *cycle time* selama 139 jam serta jumlah informasi yang terlibat sebanyak 62 informasi.

Berdasarkan hasil perhitungan KPI yang tertera pada Tabel 5, diketahui bahwa nilai DA terbesar berada pada proses yang

Tabel 10.
Rekomendasi Perubahan Media Informasi

Process	Information	Sebelum	Sesudah
Design	Purchase Order	Paper	ERP
	Order Assignment Report	People	Email
		People	Phone
Assembly 1	Production Procedure	People	Paper
Assembly 2	Production Procedure	People	Paper
Wiring	Wiring Procedure	People	Paper
Internal Test	Internal Test Procedure	People	Paper
Assembly 3	Production Procedure	People	Paper
FAT	FAT Procedure	People	Paper
QC	QC Procedure	People	Paper
Packaging	Packaging Procedure	People	Paper

berfokus pada pengecekan atau inspeksi dikarenakan informasi akan dicatat sebagai bahan untuk evaluasi atau bukti nyata dari performansi produk. Untuk DU, nilai terbesar berada pada proses *design* dikarenakan merupakan tahapan awal dimana produk akan dibuat sehingga banyak informasi yang akan berguna selama proses produksi nantinya. Untuk DR nilai terbesar berada pada proses *packaging* dikarenakan merupakan tahapan akhir dimana informasi yang ada mayoritas adalah laporan yang lebih cepat disampaikan secara digital. Sedangkan nilai skor DIF adalah 3,02 yang menandakan bahwa penggunaan media digital belum optimal karena berada di *range* rata – rata.

B. Analisa Process Activity Mapping

Berdasarkan hasil klasifikasi aktivitas proses produksi panel listrik di PPL seperti yang tertera pada Tabel 6 dan Tabel 7, diketahui bahwa aktivitas yang menambah nilai pada produksi sudah lebih dari setengah atau 50% dari total keseluruhan. Namun masih terdapat *delay* yang merupakan aktivitas *non-value added* yang harus dikurangi atau dieliminasi. Selain itu, nilai aktivitas tipe NNVA masih cukup besar sehingga harus dikurangi terutama pada aktivitas *transportation* dan *storage*.

C. Analisa Akar Penyebab Waste

Pada *waste* berjenis *waiting*, akar penyebabnya adalah kurangnya rasa tanggung jawab dari bagian *procurement* untuk memperbarui status ketersediaan material pada *database* yang menyebabkan informasi pada *database* tidak *up to date* sehingga belum jelas apakah sudah benar dan sesuai dengan kondisi aktual yang menyebabkan perusahaan membutuhkan pemeriksaan silang dengan bagian *warehouse* yang menciptakan adanya waktu tunggu untuk memastikan ketersediaan material yang merupakan pemborosan. Selain itu, *stakeholder* yang terlambat karena kurangnya rasa tanggung jawab dan adanya agenda yang berbarengan dikarenakan penjadwalan yang kurang baik.

Pada *waste* berjenis *transportation*, akar penyebabnya adalah keterbatasan material handling yang disebabkan perusahaan kesulitan jika menempatkan *material handling tool* yang baru dikarenakan struktur bangunan yang bertingkat. Struktur bangunan yang bertingkat juga menyebabkan *layout workshop* yang tidak melebar sehingga menyebabkan *layout produksi* juga kurang baik sehingga *material handling* sering dilakukan dengan melakukan transportasi bolak – balik antar lantai.

Pada *waste* berjenis *motion*, akar penyebabnya adalah struktur bangunan yang bertingkat yang menyebabkan *layout workshop* yang tidak melebar sehingga *layout produksi* juga

Tabel 11.
Hasil Perbaikan KPI DVSM dan Skor DIF

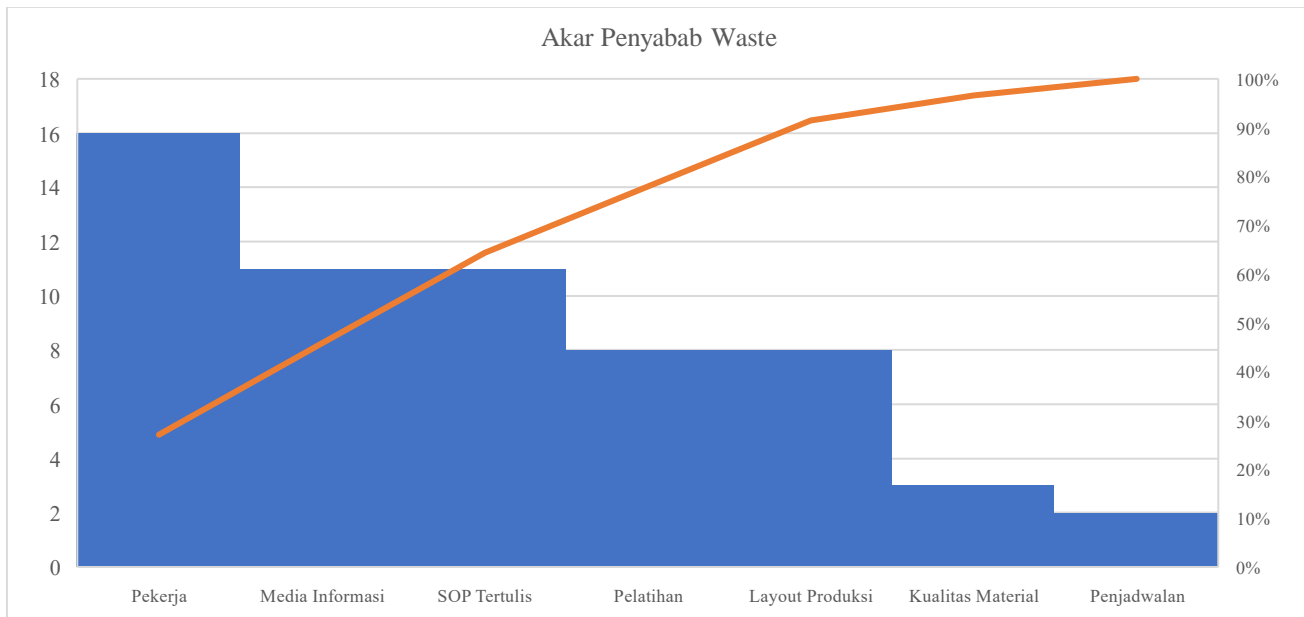
Indikator	Sebelum	Sesudah	Perbedaan		
Nilai DA	<i>Design</i>	78,6%	92,9%	14,3%	
	<i>Assembly 1</i>	80%	100%	20%	
	<i>Assembly 2</i>	80%	100%	20%	
	<i>Wiring</i>	71,4%	85,7%	14,3%	
	<i>Internal Test</i>	83,3%	100%	16,7%	
	<i>Assembly 3</i>	80%	100%	20%	
	FAT	85,7%	100%	14,3%	
	QC	85,7%	100%	14,3%	
	Packaging	66,7%	83,3%	16,7%	
	ALL	79%	95,2%	16,1%	
	Nilai DR	Design	42,9%	64,3%	21,4%
		ALL	51,6%	56,5%	4,8%
Design		3,07	2,5	-0,57	
Assembly 1		2,8	2,6	-0,2	
Assembly 2		2,8	2,6	-0,2	
Wiring		3,29	3,14	-0,14	
Internal Test		3	2,83	-0,17	
Assembly 3		2,8	2,6	-0,2	
FAT		3	2,86	-0,14	
QC		3,14	3	-0,14	
Packaging		3	2,83	-0,17	
ALL		3,02	2,76	-0,26	

kurang baik. Hal ini menyebabkan pekerja harus bergerak naik atau turun lantai jika ingin ke *workshop* yang berbeda – beda. Selain itu, kebutuhan informasi dalam proses produksi yang harus disampaikan secara langsung melalui verbal ataupun *paper* yang menyebabkan pekerja harus mondar – mandir atau bergerak ke tempat *workshop* yang berbeda – beda lokasi lantainya.

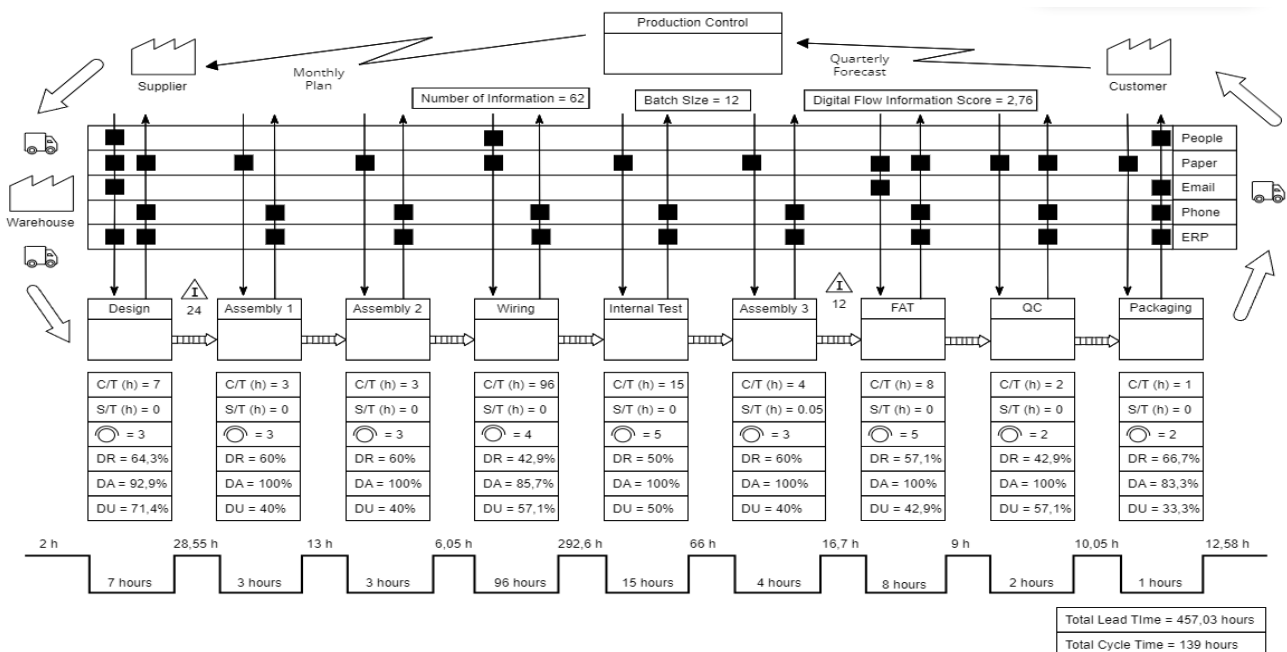
Pada *waste* berjenis *defect*, akar penyebabnya adalah kesalahan saat proses produksi yang disebabkan kesalahan pekerja yang kurang teliti atau salah membaca *drawing* dikarenakan kurangnya *skill* dan pengalaman yang dimiliki. Hal ini disebabkan perusahaan belum memiliki program training untuk melatih kemampuan para pekerjanya. Selain itu, kesalahan saat proses produksi juga disebabkan oleh tidak adanya *standard operating procedure* (SOP) secara tertulis dikarenakan pekerja akan diberikan arahan secara langsung oleh *team leader* divisinya masing – masing sebelum dilaksanakan proses produksi yang terkait. Hal ini dilakukan karena dianggap lebih cepat dan praktis daripada pekerja memahami SOP secara tertulis. Tidak adanya SOP ini juga dikarenakan produk yang dihasilkan perusahaan juga berbeda – beda sehingga dianggap belum membutuhkan standarisasi dalam suatu proses produksi.

Pada *waste* berjenis *inventory*, akar penyebabnya adalah proses produksi yang tidak bisa segera dilakukan setiap transisi antar proses dikarenakan informasi yang dibutuhkan pada proses selanjutnya belum tersedia. Penyebab hal ini adalah keterlambatan permintaan informasi dikarenakan kesalahan penggunaan media informasi serta terdapat informasi yang harus disampaikan secara langsung.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan terdapat 8 akar penyebab utama adanya pemborosan selama proses produksi yang meliputi kesalahan pekerja atau operator selama proses produksi, penggunaan media informasi yang kurang optimal, tidak adanya SOP secara tertulis, tidak adanya kegiatan pelatihan, *layout* produksi yang kurang baik, kualitas material yang kurang baik serta penjadwalan yang kurang baik. Untuk mengetahui akar penyebab yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keseluruhan adanya *waste*, penulis akan membuat *pareto chart* yang berisi jumlah



Gambar 3. Pareto chart akar penyebab waste.



Gambar 4. Future state map DVSM.

kemunculan akar penyebab *waste* yang paling banyak pada 5 *Why's* yang menandakan akar penyebab tersebut harus segera diatasi atau diprioritaskan seperti yang tertera pada Gambar 3. Dimana didapatkan akar penyebab *waste* yang harus diprioritaskan meliputi kesalahan pekerja selama proses produksi, penggunaan media informasi yang kurang optimal serta tidak adanya SOP secara tertulis. Ketiga akar permasalahan ini akan menjadi pertimbangan utama dalam perancangan rekomendasi perbaikan.

D. Rekomendasi Perbaikan

Pada klasifikasi aktivitas proses produksi, masih terdapat beberapa aktivitas yang tidak bernilai tambah sehingga harus dieliminasi. Maka dari itu, penulis menyarankan untuk mengeliminasi beberapa aktivitas seperti yang tertera pada Tabel 8. Dengan mengeliminasi aktivitas – aktivitas tersebut, terdapat beberapa perubahan seperti pada jumlah aktivitas, proporsi aktivitas VA, NNVA dan NVA serta total waktu penyelesaian produk seperti yang tertera pada Tabel 9.

Perbaikan juga dapat dilakukan dengan melihat hasil identifikasi akar penyebab *waste* yaitu tidak adanya *standard operating procedure* (SOP) tertulis. Tidak adanya SOP secara tertulis membuat pekerja tidak memiliki dasar atau landasan yang diikuti selama proses produksi.

Meskipun *team leader* pada setiap divisi akan memberikan arahan secara langsung, hal ini tetap dapat menyebabkan adanya kesalahpahaman konsep, *miss information*, serta *miss communication* yang mengakibatkan kemungkinan adanya kesalahan selama proses produksi yang mengakibatkan adanya pemborosan berupa *defect*.

Dengan adanya SOP tertulis ini diharapkan, pekerja dapat memahami secara langsung proses produksi tanpa harus menerima arahan dari *team leader* yang secara tidak langsung mempercepat proses transisi antar proses produksi.

Selain itu, adanya SOP secara tertulis akan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dari pekerja selama proses produksi yang secara tidak langsung juga menjawab masalah

mengenai akar penyebab *waste* berupa kesalahan pekerja selama proses produksi yang memiliki prioritas utama berdasarkan hasil *pareto chart* yang tertera pada Gambar 3. Hal ini sejalan dengan alasan untuk mengeliminasi aktivitas bernomor 2,3,7,8,10 yang tertera pada Tabel 8.

Dengan adanya SOP tertulis tersebut terdapat beberapa perubahan yang terjadi pada media yang digunakan dalam penyampaian informasi seperti yang tertera pada Tabel 10. Perubahan tersebut meliputi perubahan penyampaian informasi berupa prosedur proses yang awalnya melalui *people* (verbal) atau secara langsung berubah menjadi melalui *paper*.

Selain itu, penulis juga merekomendasikan beberapa perubahan pada aktivitas aliran informasi pada proses *design* dengan merubah penggunaan media manual menjadi media digital seperti yang tertera pada Tabel 10. Dengan adanya perubahan ini, nilai KPI DVSM berupa *data availability* untuk keseluruhan proses produksi dan *digitization rate* pada proses *design* juga meningkat seperti yang tertera pada Tabel 11. Selain itu, perubahan ini juga mengubah skor *digital information flow* menjadi 2,76.

Hal ini menandakan bahwa penggunaan media digital pada proses produksi panel listrik sudah cukup optimal dikarenakan nilainya berada di bawah *range* rata – rata.

E. Future State Map

Futute state map pada *digital value stream mapping* berguna untuk memetakan aktivitas proses produksi berdasarkan kondisi perusahaan dimasa mendatang [8]. *Future state map* dapat dilihat pada Gambar 4.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Proses produksi panel listrik di PPL meliputi 9 tahapan proses seperti *design*, *assembly 1*, *assembly 2*, *wiring*, *internal test*, *assembly 3*, *final acceptance test*, *quality control* dan *packaging* dengan total *lead time* selama 460,58 jam. Sedangkan pada aliran informasi, media yang digunakan untuk menyampaikan informasi meliputi *people*, *paper*, *email*, *phone* dan ERP dengan informasi yang ada berjumlah 62 sepanjang proses produksi. *Waste* atau pemborosan yang

ada selama proses produksi panel listrik di PPL meliputi *waste* yang berjenis *waiting*, *transportation*, *motion*, *defect* dan *inventory*. Selain itu masih terdapat aktivitas yang tidak bernilai tambah dengan 40,8% aktivitas *necessary but non-value added* (NNVA) dan 8,5% aktivitas *non-value added* (NVA). Selain itu, skor *digital informaton flow* juga masih berada pada range rata – rata dengan nilai 3,02 yang menandakan perusahaan belum memanfaatkan media digital mereka dengan optimal. Akar penyebab *waste* utama pada proses produksi panel listrik di PPL meliputi kesalahan dari pekerja, penggunaan media informasi yang kurang optimal, tidak adanya SOP tertulis. Rekomendasi perbaikan yang dilakukan berupa mengurangi aktivitas *non – value added* dengan mengeliminasi beberapa aktivitas yang termasuk dalam *storage*, *transportation* dan *delay* serta penambahan SOP secara tertulis berakibat positif terhadap aliran material maupun aliran informasi. Dimana hasil perbaikan tertera pada Tabel 6 dan Tabel 7.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. K. Liker, *The Toyota Way*, 12th ed. United States of America: Mc Graw Hill Company, 2004, ISSN: 0071392319.
- [2] J. K. Liker and D. Meier, *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*, 1st ed. United States of America: Mc Graw Hill Company, 2006. doi: :10.1036/0071448934, ISSN: 0071502114.
- [3] D. Arey, C. H. Le, and J. Gao, "Lean industry 4.0: a digital value stream approach to process improvement," *Procedia Manuf.*, vol. 54, no. 1, pp. 19–24, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.07.004.
- [4] L. Hartmann, T. Meudt, S. Seifermann, and J. Mettermich, "Value stream method 4.0: Holistic method to analyse and design value streams in the digital age," *Procedia CIRP*, vol. 78, pp. 249–254, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2018.08.309.
- [5] I. M. Ozulu and T. Gökgöz, "Examining the stream threshold approaches used in hydrologic analysis," *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 7, no. 6, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3390/ijgi7060201.
- [6] P. Hines and N. Rich, "The seven value stream mapping tools," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 46–64, 1997, doi: 10.1108/01443579710157989.
- [7] P. Hines and D. Taylor, "Going lean," *Cardiff, UK Lean Enterp. Res. Cent. Cardiff Bus. Sch.*, vol. 1, no. 528, pp. 43–44, 2000.
- [8] P. C. C. Rodrigues, "Analysis Between Process Mapping Using IDEF0 and Flowchart," in *XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2010, pp. 1–10.