

## Pengelolaan Risiko untuk Mengurangi *Waste* Produksi pada *Forward Rib Member A321* di PT X dengan Pendekatan *House Of Risk*

Retno Widyaningrum, Mohammad Zehan Irfanda, Rayhan Sultan Gani

Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Raya ITS Keputih, Surabaya, 60117, Indonesia  
retno.widyaningrum09@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa serta mengurangi waste yang terjadi pada industri dirgantara untuk memaksimalkan koordinasi secara efisien terkait dengan permintaan kualitas, pengiriman biaya, serta fleksibilitas pesawat untuk mencapai kepuasan pelanggan serta mengurangi biaya operasional untuk meningkatkan daya saing perusahaan. Pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *House of Quality (HOQ)* digunakan untuk mengetahui waste kritis serta memilih alternative rekomendasi perbaikan yang tepat. Hasil dari FMEA menghasilkan 4 waste yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu antrian ke suatu station yang lama, keterlambatan pada suatu station, perencanaan jadwal proses produksi yang kurang baik, serta lamanya proses inspeksi. Rekomendasi perbaikan yang memiliki prioritas tertinggi dari hasil HOR adalah melakukan evaluasi kinerja workstation.

**Kata kunci:** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *House of Risk (HOR)*, *lean Manufacturing*, *waste*

### 1. Pendahuluan

Industri dirgantara adalah industri yang memiliki nilai tambah dan teknologi terintegrasi. Pemasok manufaktur kedirgantaraan harus mengoordinasikan permintaan kualitas, pengiriman, biaya dan fleksibilitas pesawat untuk mencapai kepuasan pelanggan. Pemasok manufaktur kedirgantaraan harus mengurangi biaya mereka untuk meningkatkan daya saing mereka. (Chang, dkk., 2013). Salah satu upaya untuk mencapai hal tersebut adalah dengan menggunakan konsep *Lean Manufacturing*. *Lean Manufacturing* merupakan metode yang sangat responsif terhadap permintaan pelanggan dengan mengurangi waste. *Lean Manufacturing* bertujuan menghasilkan produk dan layanan dengan biaya terendah dan secepat yang diminta oleh pelanggan (Bhamu dan Singh Sangwan, 2014). Choomlucksana, dkk. (2015) berhasil meningkatkan produktivitas area *subassembly stamping* lembaran logam menggunakan penerapan prinsip *Lean Manufacturing*. Setelah perbaikan, total waktu pemrosesan dalam *subassembly*, proses *deburring* dan *polishing*, adalah 2.468 detik yang menghasilkan pengurangan 62,5% dari sebelum perbaikan. Jumlah *waste motion* telah berkurang secara signifikan dari 1.086 menjadi 261 aktivitas gerakan dalam proses *deburring* dan pemolesan, atau pengurangan 66,53% limbah gerak. Pengurangan signifikan dalam biaya lembur adalah keuntungan lain dari implementasi *lean manufacturing*. Hasil paling penting dari penelitian Choomlucksana, dkk. (2015) menunjukkan bahwa alat dan teknik *lean manufacturing* tidak memerlukan teknologi dan investasi berbiaya tinggi.

Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam *Lean Manufacturing* adalah *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Vinoth dan Raghuraman (2013) menggunakan FMEA dalam penelitiannya dan berhasil mengurangi kelelahan operator dan meningkatkan efisiensi, mengurangi waktu tunggu keseluruhan sebesar 40%, pemanfaatan ruang lantai produksi yang lebih tinggi, peningkatan leveling produksi dan kinerja proses. Jevgeni, dkk. (2015) menggunakan metodologi *Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)*, FMEA, *Theory of Constraints (TOC)*, *Failure Classifier (FC)* dan *Swimline Diagram* untuk mengidentifikasi kegagalan paling kritis didepartemen yang terkendala,

kemudian memperbaiki atau menghilangkannya (setidaknya kegagalan yang mempengaruhi *process delay*, *idle time* dan *scrap rework*). Langkah untuk mengurangi nilai RPN atau jumlah kegagalan dalam *constraints* memfasilitasi pengurangan *lead time* produksi, disisi lain meningkatkan *throughput* produk. Sebagai hasilnya, peningkatan *throughput* produk mempengaruhi KPI (*Key Performance Indicator*) pengiriman produk yang memuaskan pelanggan dan meningkatkan kesejahteraan dan pendapatan perusahaan.

*House of Risk* (HOR) merupakan sebuah model *supply chain risk management* dengan cara memodifikasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan model *House of Quality* (HOQ). Widodo dan Fathimahhayati (2019) menggunakan HOR untuk penerapan *Lean Manufacturing*. Hasil penerapan HOR dalam *Lean Manufacturing* menghasilkan rekomendasi yang apabila diterapkan, maka akan mengurangi pemborosan sejumlah 45,5 % dengan VA (*Value Added*) bertambah 10% dan NVA (*Non Value Added*) berkurang 10%.

Penelitian ini bertujuan untuk memberi usulan perbaikan pada proses produksi komponen sayap pesawat terbang. Usulan perbaikan dirancang menggunakan konsep *Lean Manufacturing*. Proses produksi akan dipetakan menggunakan *Value Stream Mapping* untuk mempermudah memvisualisasikan proses produksi. Setelah itu dilakukan *brainstorming* untuk mengetahui penyebab *waste*. Penyebab *waste* akan dimasukkan ke metode FMEA untuk mengetahui penyebab *waste* yang kritis. Setelah itu akan dirancang usulan perbaikan berdasarkan penyebab *waste*. Usulan perbaikan akan dipilih berdasarkan metode HOR.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan dari penelitian ini diawali dengan indentifikasi permasalahan berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pihak perusahaan dan data awal yang tersedia pada perusahaan, seperti kebutuhan pelanggan, alur informasi, aliran material, alur proses produksi, waktu siklus tiap proses, waktu setup proses produksi, pengecekan kualitas dan tingkat cacat tiap proses, jam kerja dan jumlah *shift* kerja, waktu tunggu antar proses, keluaran produk tiap proses per hari atau per periode, dan data lain yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan peninjauan studi literatur yang bersumber dari buku, jurnal, artikel, dan sumber-sumber lainnya sebagai pendukung dari perumusan masalah yang telah dilakukan.

Setelah itu dilakukan tahap pemetaan proses produksi. Pemetaan proses produksi bertujuan untuk membantu memvisualisasikan aliran proses produksi, membantu melihat dan mengidentifikasi *waste*. Setelah pemetaan proses produksi, dilakukan tahap identifikasi *waste* pada proses produksi. Pada tahap ini akan terlihat aktivitas yang paling berkontribusi pada pemborosan di proses produksi. Penentuan aktivitas yang memberikan *waste* pada proses produksi dapat dilihat dari beberapa aspek antara lain waktu proses produksi serta nilai tambah yang diberikan pada produk. *Brainstorming* digunakan untuk mengidentifikasi *waste* yang ada di perusahaan.

Setelah seluruh *waste* sudah diidentifikasi maka tahap selanjutnya dilakukan aplikasi metode FMEA. Metode FMEA bertujuan untuk mengetahui *waste* mana yang paling kritis dan mempengaruhi proses produksi. *Waste* yang paling kritis ditunjukkan dari nilai RPN yang paling tinggi. Nilai RPN didapatkan dari perkalian nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. Nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* ditentukan melalui kuesioner yang disebarakan kepada pihak perusahaan. Setelah *waste* kritis didapatkan, dilakukan perancangan alternatif rekomendasi perbaikan proses produksi. Alternatif rekomendasi perbaikan akan dipilih menggunakan metode *House of Risk*. Metode *House of Risk* akan menghasilkan alternatif rekomendasi perbaikan proses produksi yang paling efektif dan efisien serta relatif mudah direalisasikan untuk mengurangi *waste* pada proses produksi. Tahapan dalam metode *House of Risk* yang digunakan hanya *House of Risk* fase 2, yang bertujuan untuk memilih alternatif rekomendasi perbaikan proses produksi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan *value stream mapping* bertujuan untuk mempermudah visualisasi dari kondisi proses produksi yang selanjutnya dapat diidentifikasi *waste* kritis dari proses produksi. *Waste* diidentifikasi melalui *brainstorming*. *Waste* yang sudah teridentifikasi lalu dilakukan penentuan *waste* kritis menggunakan FMEA. Setelah itu dilakukan pemilihan alternatif rekomendasi perbaikan proses produksi dengan menggunakan *House of Risk*.

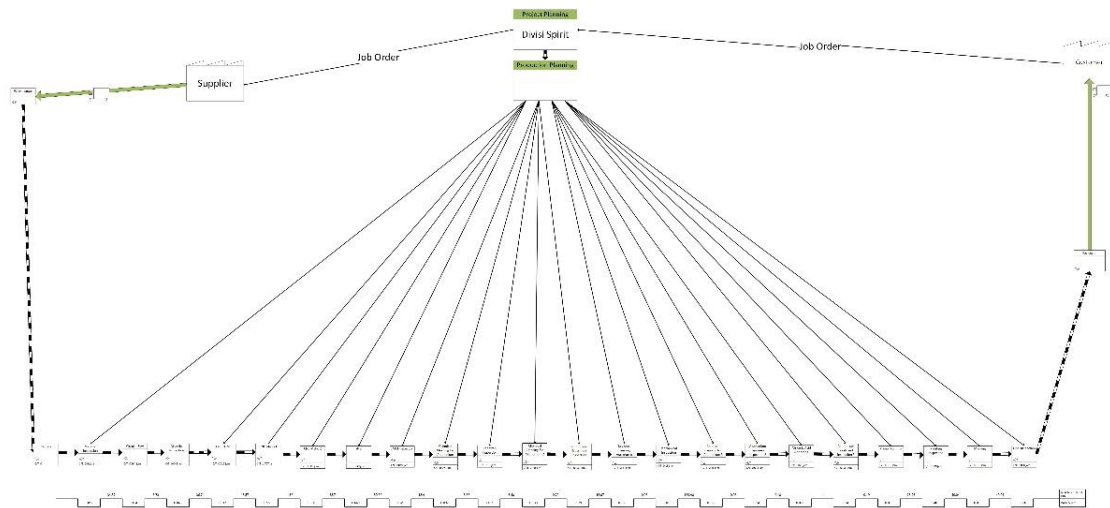
#### 3.1. Value Stream Mapping

Proses produksi komponen sayap pesawat melalui 21 proses. Waktu siklus tiap proses didapatkan dari data historis perusahaan. Proses produksi serta waktu siklus ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu siklus setiap proses diperlukan untuk membuat *value stream mapping*. Perbandingan antara total waktu siklus seluruh proses produksi dengan *lead time* (waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu produk) menunjukkan seberapa besar *value added time*.

Berdasarkan *Value Stream Mapping* proses produksi komponen sayap pesawat terbang pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa *value added time* pada proses produksi sebesar 6.5 jam, sedangkan untuk *lead time* yang dibutuhkan sebesar 508.61 jam. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa hanya 1% waktu dari *lead time* yang merupakan kegiatan operasi pada *work center*, sisa waktunya dihabiskan dengan menunggu operasi di *workstation*, perpindahan antar *workstation* dan menunggu antrian dengan proses produksi lain karena *workstation sharing* dengan proses produksi lain.

**Tabel 1.** Data Proses Produksi dan Waktu Siklus

Proses Produksi	Waktu Siklus (jam)
<i>Remark</i>	0
<i>Material Inspection</i>	0.012
<i>Circular Saw</i>	0.104
<i>Material Inspection</i>	0.043
<i>CNC PROFILING MACHINE SGMP CNC</i>	0.617
<i>CNC PROFILING MACH DECKEL MAHO DMC210U</i>	1.727
<i>CNC PROFILING MACH DECKEL MAHO DMC210U</i>	1.388
<i>Fitter Machining</i>	0.649
<i>CMM Inspection</i>	0.849
<i>Chemical Cleaning For Aluminium</i>	0.092
<i>Penetran Inspection</i>	0.107
<i>Chemical Cleaning For Aluminium</i>	0.130
<i>Aluminium Treatment Inspection</i>	0.039
<i>Dry Shot Peening Automated</i>	0.169
<i>Mechanical Cleaning Inspection</i>	0.181
<i>Chemical Cleaning For Aluminium</i>	0.156
<i>Aluminium Treatment Inspection</i>	0.011
<i>Chromic Acid Anodizing</i>	0.071
<i>Aluminium Treatment Inspection</i>	0.034
<i>Primer Painting</i>	0.013
<i>Painting Inspection</i>	0.040
<i>Marking</i>	0.015
<i>Final Inspection</i>	0.060



Gambar 1. Value Stream Mapping Proses Produksi Komponen Sayap Pesawat Terbang

### 3.2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pengambilan data dengan penyebaran kuisioner dilakukan untuk menentukan *waste* kritis. Kuisioner dibagikan kepada beberapa operator dan karyawan yang terlibat dalam proses produksi. Berdasarkan hasil kuisioner tersebut, didapatkan nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection*. *Occurrence* merupakan nilai frekuensi dari *waste* yang terjadi. *Severity* merupakan dampak dari adanya *waste* yang terjadi. *Detection* adalah tingkat kesulitan mendeteksi potensi dari *waste* yang terjadi. Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Kriteria *waste* tersebut didapatkan melalui studi literatur dan disesuaikan dengan kondisi perusahaan.

Tabel 2. Kriteria Severity  
Severity (Konsekuensi dari waste)

Ranking	Contoh
10	Peralatan proses kritis rusak dan tidak dapat digunakan atau hancur
9	Kehilangan pelanggan karena keterlambatan pengiriman.
8	Seluruh produk <i>scrapped</i> (di luar scrap seharusnya)
7	Lini operasi <i>down</i> (atau <i>bottleneck</i> ) selama lebih dari 1 minggu
6	<i>Rework</i> pada seluruh proses
5	<i>Scrap</i> pada beberapa proses (diluar <i>scrap</i> seharusnya)
4	Sumber daya teknis (bagian <i>engineering</i> ) diperlukan untuk mengoperasikan lini
3	<i>Rework</i> pada beberapa proses
2	Peralatan <i>down</i> lebih dari 1 hari
1	Disposisi <i>teknis</i> (perlu setting ulang dari operator)

Sumber: FMEA Handbook Version 4.2, 2011

Tabel 3. Kriteria Occurance  
Occurance (seberapa sering waste terjadi)

Ranking	Contoh
10	$\geq 1$ terjadi per <i>shift</i>
9	$\geq 1$ terjadi per hari
8	$\geq 1$ terjadi per 2-3 hari
7	$\geq 1$ terjadi per minggu
6	$\geq 1$ terjadi per 2 minggu
5	$\geq 1$ terjadi per bulan
4	$\geq 1$ terjadi per 3 bulan
3	$\geq 1$ terjadi per 6 bulan
2	$\geq 1$ terjadi per tahun
1	$< 1$ per 1 (sangat jarang terjadi)

Sumber: FMEA Handbook Version 4.2, 2011

**Tabel 4.** Kriteria Detection

<i>Detection (seberapa mudah waste diketahui)</i>	
Ranking	Contoh
10	<i>Waste</i> tidak dapat dideteksi; belum ada kontrol terhadap proses; tidak dapat terdeteksi atau tidak dianalisis
9	<i>Waste</i> dan atau dampaknya tidak dapat dideteksi dengan mudah (misalnya dengan random audit)
8	Deteksi <i>waste</i> pasca pemrosesan oleh operator melalui sarana visual / tactile / audible.
7	Deteksi <i>waste</i> distasiun oleh operator melalui sarana visual / tactile / audible atau pasca-pemrosesan melalui penggunaan pengukuran atribut (pengukuran manual dll). Deteksi Mode Kegagalan pasca-pemrosesan oleh operator melalui penggunaan pengukuran variabel atau in-station oleh operator melalui penggunaan atribut pengukuran (go / no-go, cek torsi manual / kunci pas klik, dll).
6	<i>Waste</i> atau error dideteksi di stasiun oleh operator melalui penggunaan pengukuran variabel atau dengan kontrol otomatis di-stasiun yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan memberi tahu operator (cahaya, bel, dll.). Mengukur dilakukan pada pengaturan dan pemeriksaan bagian pertama (hanya untuk penyebab pengaturan).
5	<i>Waste</i> pasca pemrosesan dengan kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan mengunci bagian untuk mencegah pemrosesan lebih lanjut.
4	<i>Waste</i> di stasiun dengan kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan secara otomatis mengunci bagian di stasiun untuk mencegah pemrosesan lebih lanjut.
3	Deteksi <i>waste</i> di stasiun oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi kesalahan dan mencegah bagian yang tidak sesuai dibuat.
2	Pencegahan <i>waste</i> (penyebab) sebagai akibat dari desain fixture, desain mesin atau desain bagian.
1	<i>Waste</i> tidak dapat terjadi karena sudah dijamin oleh proses/desain dari produk.

Sumber: FMEA Handbook Version 4.2, 2011

Tabel 5 merupakan hasil pengolahan data dari kuisisioner dan *brainstorming* dengan menggunakan metode FMEA. Data dari kuisisioner didapatkan operator dan supervisor dari proses produksi. Sebelumnya, diidentifikasi bahwa terdapat 25 penyebab *waste* berdasarkan hasil klasifikasi 7 *waste*. Berdasarkan data 25 penyebab *waste* yang diidentifikasi, diambil 4 *waste* dengan nilai RPN tertinggi untuk dilanjutkan ke metode *House of Risk*. Empat *waste* dengan nilai RPN tertinggi adalah yaitu antrian ke suatu *station* terlalu lama, keterlambatan pada suatu *station*, perencanaan jadwal proses produksi yang kurang baik, dan lamanya proses inspeksi.

**Tabel 5.** Hasil Kuisisioner FMEA

No	Kategori Waste	Penyebab waste	Occurance	Severity	Detection	RPN
1	<b>Overproduction</b>	Defect yang tidak bisa di <i>rework</i>	2.4	5.4	7.2	93.312
2		Kesalahan dalam membuat desain produk	2.2	4.8	5.6	59.136
3		Kesalahan dalam merancang proses operasi mesin	2.6	5.2	5.8	78.416
4		Kualitas material buruk	1.8	3.4	4.4	26.928
5	<b>Defect</b>	Keandalan mesin dan fasilitas produksi buruk	2.8	5.4	4.8	72.576
6		Pekerja kurang teliti	2.8	3.6	3.8	38.304
7		Kemampuan pekerja untuk memproduksi produk yang diinginkan <i>customer</i> buruk	3.6	4.4	4.4	69.696

Tabel 6. Hasil Kuisisioner FMEA (lanjutan)

No	Kategori Waste	Penyebab waste	Occurance	Severity	Detection	RPN
8		Perlu menambah produksi karena terdapat produk yang <i>defect</i>	3.6	5.2	5.2	97.344
9	<b>Unnecessary Inventory</b>	Kesalahan dalam mencatat kebutuhan material	3.2	4.8	4.8	73.728
10		Antrian ke suatu <i>station</i> terlalu lama	6.6	6	5	198
11		Keterlambatan pada suatu <i>station</i>	6.2	7	4.4	190.96
12		Kualitas <i>raw material</i> buruk	3	4.8	5.2	74.88
13		Terdapat <i>defect</i> setelah proses	4	5.2	6	124.8
14	<b>Inappropriate processing</b>	<i>Resource</i> (pekerja dan mesin) kurang efisien	3.8	2.6	4.6	45.448
15		Perencanaan <i>maintenance</i> kurang baik	3	3.2	4.2	40.32
16	<b>Excessive</b>	Letak workstation berjauhan	5.4	5.6	3.4	102.816
17	<b>Transportation</b>	Adanya <i>scrap</i>	3.6	5.6	5.2	104.832
18		Lamanya proses inspeksi	6.2	3.6	7	156.24
19	<b>Waiting</b>	Perencanaan jadwal proses yang kurang baik	3.8	7.4	6	168.72
20		Karyawan kurang sigap dan tanggap	2	1.2	6	14.4
21		Kurangnya <i>control</i> dari <i>supervisor</i>	1.6	2.6	7.2	29.952
22		Tidak adanya aturan yang ketat	2.6	3	5.8	45.24
23		Operator kurang teliti melihat arahan kerja	1.2	3.2	6.6	25.344
24	<b>Excess Motion</b>	Tidak memiliki tempat khusus untuk meletakkan dokumen atau barang tertentu	1.6	1.6	5.2	13.312
25		SOP yang kurang menyeluruh	1	3.6	3.8	13.68

### 3.3. House of Risk

Berdasarkan hasil kuisisioner FMEA didapatkan 4 *waste* dengan nilai RPN tertinggi maka selanjutnya dilakukan perancangan rekomendasi perbaikan proses produksi. Rancangan rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada Tabel 6 *House of Risk* fase 2 yang digunakan sebagai pemilihan rekomendasi perbaikan dengan cara memetakan rekomendasi perbaikan dengan tujuan untuk melihat pengaruh rekomendasi perbaikan terhadap penyebab *waste*. Sebelum memetakan rekomendasi perbaikan, dilakukan penghitungan terlebih dahulu untuk menentukan elemen dari pemetaan *house of risk*, yaitu *total effectiveness of action* (TE), *degree of difficulty performing action* (D), dan *effectiveness of difficulty ratio* (ETD). Perhitungan  $TE_k$  dilakukan dengan cara mengalikan nilai korelasi antara penyebab *waste* ( $j$ ) dengan rekomendasi perbaikan ( $k$ ) yang bertujuan untuk memberikan nilai keefektifan dari rekomendasi perbaikan. Berikut merupakan contoh perhitungan TE rekomendasi perbaikan PA1.

$$TE1 = (9 \times 198 + 9 \times 191 + 0 \times 169 + 9 \times 156) = 4906,8$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan  $ETD_k$  yang bertujuan untuk menentukan peringkat prioritas dari semua rekomendasi perbaikan dengan cara membagi  $TE_k$  dengan  $D_k$ . Contoh perhitungan ETD untuk rekomendasi perbaikan PA1 adalah sebagai berikut.

$$ETD1 = \frac{4906,8}{5} = 981,36$$

Setelah itu, pemetaan rekomendasi perbaikan dari penyebab *waste* terpilih dipetakan pada Tabel 7. Pengisian nilai dilakukan oleh *supervisor* proses produksi.

**Tabel 7.** Perancangan Rekomendasi Perbaikan

Penyebab <i>Waste</i>	Rekomendasi Perbaikan
Antrian ke suatu <i>station</i> terlalu lama	Penambahan mesin khusus untuk proses produksi masing masing komponen Mengevaluasi kinerja <i>workstation</i> Melakukan pengukuran kerja ( <i>work measurement</i> ) Mengevaluasi perencanaan jadwal produksi
Keterlambatan pada suatu <i>station</i>	Meninjau ulang rancangan proses produksi Penambahan mesin khusus untuk proses produksi masing masing komponen Mengevaluasi kinerja <i>workstation</i> Melakukan pengukuran kerja ( <i>work measurement</i> )
Perencanaan jadwal produksi yang kurang baik	Mengevaluasi perencanaan jadwal produksi Miskomunikasi antar departemen spirit dengan production planning
Lamanya proses inspeksi	Mengevaluasi kinerja <i>workstation</i> Melakukan pengukuran kerja ( <i>work measurement</i> )

Tabel 7 menunjukkan rekomendasi perbaikan dengan peringkat prioritas tertinggi adalah PA1 yaitu mengevaluasi kinerja *workstation* dengan nilai *Effective to difficulty ratio* (ETD) sebesar 1239,6 dengan nilai derajat kesulitan sebesar 3 yaitu mudah untuk direalisasikan atau diterapkan. Rekomendasi perbaikan PA2 (mengevaluasi kinerja *workstation*), dilakukan untuk meminimalisir masalah yang ditimbulkan oleh keterlambatan pada suatu *station*, dimana penyebab *waste* tersebut menimbulkan *waste* yang cukup besar.

**Tabel 8.** *House of Risk*

Penyebab <i>Waste</i> (Aj)	Rekomendasi Perbaikan (P Ak)						Priority Number
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	
Antrian ke suatu <i>station</i> terlalu lama	9	3	1	9	0	9	198
Keterlambatan pada suatu <i>station</i>	9	9	9	3	1	9	191
Perencanaan jadwal produksi yang kurang baik	0	0	0	9	9	9	169
Lamanya proses inspeksi	9	9	9	1	9	3	156
<i>Total effectiveness of action</i>	4906.8	3718.8	3322.8	4029.6	3115.6	5487.84	
<i>Degree of difficulty performing action -k</i>	5	3	3	5	4	5	
<i>Effectiveness to difficulty ratio</i>	981.36	1239.6	1107.6	805.92	778.9	1097.568	
<i>Rank of priority</i>	4	1	2	5	6	3	

PA1 = Penambahan mesin khusus untuk proses produksi masing masing komponen

PA2 = Mengevaluasi kinerja *workstation*

PA3 = Melakukan pengukuran kerja (*work measurement*)

PA4 = Mengevaluasi perencanaan jadwal produksi

PA5 = Meninjau ulang rancangan proses produksi

PA6 = Miskomunikasi antar departemen spirit dengan production planning

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil *Value Stream Mapping* dapat diketahui bahwa *value added time* pada proses produksi sebesar 6.5 jam, sedangkan untuk *lead time* yang dibutuhkan sebesar 508.61 jam. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa hanya 1% waktu dari *lead time* yang merupakan kegiatan operasi pada *work center*, sisa waktunya dihabiskan dengan menunggu operasi di *workstation*, perpindahan antar *workstation* dan menunggu antrian dengan proses produksi lain karena *workstation sharing* dengan proses produksi lain. Pada penelitian ini didapatkan 25 penyebab *waste* berdasarkan hasil klasifikasi 7 *waste*. Metode FMEA menghasilkan 4 *waste* dengan nilai RPN tertinggi. Empat *waste* dengan nilai RPN tertinggi adalah yaitu antrian ke suatu *station* terlalu lama, keterlambatan pada suatu *station*, perencanaan jadwal proses produksi yang kurang baik, dan lamanya proses inspeksi. Hasil dari HOR menunjukkan bahwa rekomendasi perbaikan dengan peringkat prioritas tertinggi adalah mengevaluasi kinerja *workstation* dengan nilai rekomendasi perbaikan terpilih yaitu mengevaluasi kinerja *workstation* sebaiknya dilakukan untuk meminimalisir masalah yang ditimbulkan oleh keterlambatan pada suatu *station*, dimana penyebab *waste* tersebut menimbulkan *waste* yang cukup besar.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, sehingga terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan penelitian lebih lanjut. Keterbatasan data menyebabkan *Value Stream Mapping* tidak dapat dibuat lebih detail untuk menentukan *waste* secara lebih komprehensif. *Value Stream Mapping* untuk kondisi perbaikan tidak dapat dilakukan karena rekomendasi perbaikan tidak dapat dilakukan dalam rentang waktu penelitian. Rekomendasi perbaikan (mengevaluasi kinerja *workstation*) dapat dijadikan bahan penelitian lebih lanjut untuk melihat seberapa besar dampak rekomendasi perbaikan terhadap proses produksi.

#### Daftar Pustaka

- Bhamu, J. dan Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol 34, No. 7, hal. 876-940.
- Chang, H. M., Huang, C., dan Torng, C. C. (2013). Lean production implement model for aerospace manufacturing suppliers. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol 4, No.2, hal. 248-252.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., dan Suksabai, P. (2015). Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. *Procedia Manufacturing*, Vol 2, hal. 102-107.
- Jevgeni, S., Eduard, S., dan Roman, Z. (2015). Framework for continuous improvement of production processes and product throughput. *Procedia Engineering*, Vol 100, hal. 511-519.
- Vinoth, G. dan Raghuraman, S. (2013). Lean engineering principles: An effective way to improve performance and process on production floor. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 2, No. 3, hal. 129-136.
- Widodo, O. S. dan Fathimahhayati, L. D. (2019), "Evaluasi Kegiatan Overhaul Engine Air compressor Unit BAC-33 dengan Pendekatan Lean manufacturing (Studi Kasus PT. Badak NGL)," Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis, Vol. 2, No. 1, pp. 221-230.