

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Overview mesin *Heating Unit 5*

Heating unit 5 merupakan mesin yang digunakan untuk pembentukan *cambering leaf* serta mengubah struktur *leaf* menjadi ulet dan tidak terlalu keras, sehingga fungsi pegas dapat optimal. *Heating unit 5* terdiri dari tiga mesin yaitu :

1. Mesin *Heating Furnace*

Adalah proses pemanasan *leaf* secara menyeluruh dalam oven dengan suhu 900-960°C.



Gambar 2.1 Mesin *Heating Furnace*

Sumber : PT. Indospring Tbk

2. Mesin *Press Quenching*

Adalah proses pembentukan *camber* (lengkungan) sesuai dengan nilai radius yang dibutuhkan.



Gambar 2.2 Mesin *Press Quenching*

Sumber : PT. Indospring Tbk

3. Mesin *Tempering Furnace*

Adalah proses perubahan struktur mikro *leaf* dari *martensit* menjadi *tempered martensit* sehingga *leaf* menjadi lebih ulet dengan kekerasan menurun.



Gambar 2.3 Mesin *Tempering Furnace*

Sumber : PT. Indospring Tbk

2.2 Perawatan (Pemeliharaan)

Menurut Kurniawan (2013), perawatan adalah aktivitas pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan, dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Perawatan atau pemeliharaan adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi dalam dua bagian yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*).

Secara umum klasifikasi pemeliharaan adalah sebagai berikut :

1. *Preventive maintenance*

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan dalam berproduksi.

2. *Predictive Maintenance*

Menurut Kurniawan (2013), *Maintenance* prediktif merupakan upaya pendukung *preventive maintenance*. Salah satu cara yang dilakukan adalah mengubah perawatan periodik menjadi perawatan prediktif, dengan tujuan untuk meminimasi ongkos perawatan yang mahal jika terjadi kerusakan mendadak.

3. *Corrective maintenance*

Adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik (Ansori dan Mustajib, 2013). Sedangkan menurut Mostafa, dkk (2015), Pemeliharaan korektif dikenal sebagai pemeliharaan berbasis kegagalan, perawatan darurat, pemadaman kebakaran pemeliharaan, atau pemeliharaan kerusakan.

4. *Breakdown maintenance*

Merupakan kegiatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan dan untuk memperbaikinya tentunya kita harus menyiapkan suku cadang dan perlengkapan lainnya untuk pelaksanaan kegiatan tersebut (Ansori dan Mustajib, 2013).

2.3 Konsep *Lean*

APICS *Dictionary* mendefinisikan *lean* adalah suatu filosofi bisnis yang berlandaskan pada minimasi penggunaan sumber – sumber daya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas perusahaan (Gasperz, 2017). Dalam istilah kamus *lean* berarti ramping, dikaitkan dengan *waste* berarti *lean* memiliki arti upaya terus – menerus untuk menghilangkan pemborosan dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk baik berupa barang maupun jasa untuk memberikan nilai kepuasan kepada konsumen. Definisi *waste* adalah segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*. Tujuan konsep *lean* ini adalah meningkatkan secara terus – menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*the value to waste ratio*), sehingga perusahaan dapat meningkatkan tingkat efisiensi dalam setiap aktivitasnya.

Value added adalah aktivitas yang dalam perspektif konsumen memberikan nilai tambah (*add value*) pada produk atau jasa. Termasuk didalamnya adalah pemrosesan material menjadi produk setengah jadi. *Non value added activities*

adalah kegiatan yang dalam perspektif konsumen yang tidak memberikan nilai tambahan pada produk atau jasa yang dihasilkan. *Necessary but non value added activity* adalah aktivitas ini termasuk *waste* dan harus diminimalkan atau dihilangkan. Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau jasa, tetapi perlu dilakukan karena jika tidak dilakukan akan menyebabkan proses *supply* terganggu. Kegiatan ini termasuk *waste* dan harus diminimalkan atau dihilangkan.

Terdapat lima prinsip dasar *lean* (Gasperz, 2017) :

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/atau jasa) berdasarkan perspektif pelanggan, di mana pelanggan menginginkan produk (barang dan/atau jasa) berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif pada penyerahan tepat waktu (Ingat prinsip : Q = *Quality*, C = *Cost*, dan D = *Delivery*).
2. Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk (barang dan/atau jasa). Catatan : kebanyakan manajemen perusahaan industri di Indonesia hanya melakukan pemetaan proses bisnis atau proses kerja, bukan melakukan pemetaan proses produk. Hal ini berbeda dari pendekatan *lean*.
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang proses *value stream* itu.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Mencari terus – menerus berbagai teknik dan alat – alat peningkatan (*improvement tools and techniques*) untuk mencapai keunggulan (*excellence*) dan peningkatan terus – menerus (*continuous improvement*).

2.4 Lean Maintenance

Lean maintenance didefinisikan sebagai filosofi sebuah aktivitas pemeliharaan yang menghasilkan sebuah hasil pemeliharaan yang diinginkan dengan menggunakan jumlah input yang paling sedikit yang mungkin digunakan (Levit, 2008). Dengan mengaplikasikan prinsip *lean manufacturing* pada lingkungan serta organisasi pemeliharaan akan dapat mengurangi *unscheduled downtime* dengan cara mengoptimalkan *maintenance support activities* dan *maintenance overhead*.

Menurut Mostafa, dkk (2015), *lean maintenance* mengadopsi prinsip lean ke dalam operasi *Maintenance, Repair, dan Overhaul (MRO)*. *Lean maintenance* merupakan istilah yang digunakan oleh perusahaan yang mulai mencoba menggabungkan teknik *lean manufacturing* dengan aktivitas *maintenance* atau pemeliharaan. Menurut Smith dan Hawkins (2004) dalam Andarnis (2011), Untuk menuju *lean maintenance transformation*, terdapat enam tahapan yang harus dilalui, yaitu sebagai berikut :

1. *Lean Assesment*
2. *Lean Preparation Phase*
3. *Pilot Phase*
4. *Lean Mobilization*
5. *Lean Expansion*
6. *Lean Sustainment*

2.4.1 *Lean Assesment*

Pada fase ini dibahas semua hal yang mencakup garis besar perjalanan *lean maintenance*, *Plan of Action* dan *Milestone* (POA&M) yang lebih rinci dan jadwal proses dan *milestone* dari peta perjalanan harus dibuat. POA&M umumnya harus menunjukkan hasil yang diharapkan. Serta harus menunjukkan durasi yang diharapkan dan tanggal penyelesaian setiap tahap dari transformasi *lean* dan menunjukkan prestasi besar dalam setiap tahap. Hal ini juga harus mencakup jadwal tinjauan kemajuan “formal”. Durasi dan penyelesaian kejadian atau proses dan jadwal waktu harus didasarkan pada pengetahuan *lean* PM dan tim proyek dan pemahaman tingkat saat ini organisasi pemeliharaan terhadap efektifitas, serta kemampuan dan potensi motivasi. Aktivitas – aktivitas yang perlu dilakukan antara lain adalah :

- *Lean maintenance mission statement and vision*
- *Lean maintenance objectives, goals and targets*
- *Phase I results (TPM Evaluation)*
- *Kick – off meeting agenda and checklist*
- *POA&M*

Semua elemen harus diatur dalam satu dokumen. Rencana induk tersebut sekarang harus disampaikan kepada manajemen atas untuk dilakukan pemeriksaan dan persetujuan.

2.4.1.1 Identifikasi *Seven Waste*

Konsep *lean* merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* melalui perbaikan yang berkelanjutan dari produk untuk memenuhi permintaan konsumen secara sempurna. Analogi dalam *Lean Maintenance*, dan beberapa mewakili kerugian besar. Di bawah ini merupakan penjelasan mengenai *seven waste* (Levit, 2008):

1. *Over production* (Kelebihan produksi)

Adalah salah satu limbah yang tidak biasa dalam pemeliharaan. Contohnya adalah ketika Anda memperbaiki kembali katup dan Anda mungkin memperbaiki kembali terlalu banyak untuk segera digunakan.

2. *Waiting* (Menunggu)

Waktu yang terbuang dalam menunggu adalah kerugian besar dalam pemeliharaan. Kami selalu menunggu untuk pekerjaan lain, untuk operasi, untuk gambar, untuk sesuatu. Waste ini adalah salah satu item yang dapat dikurangi dengan multi-skilling, perencanaan, dan penjadwalan.

3. *Transportation* (Transportasi)

Waktu yang terbuang untuk memindahkan orang, peralatan, atau material ke dan dari pekerjaan. Waste ini membutuhkan lebih dari seperempat hari dari orang pemeliharaan yang khas. Perencanaan yang efektif dapat mengurangi limbah ini hingga setengahnya.

4. *Unappropriate Processing* (Proses yang tidak tepat)

Waste materials merupakan masalah dalam pemeliharaan dan khususnya dalam proyek. Kadang-kadang sulit untuk mengembalikan kelebihan bahan proyek atau untuk mencari kegunaan lain.

5. *Unnecessary Inventory* (Persediaan yang tidak perlu)

Ada *waste* yang signifikan dalam inventaris pemeliharaan, yang merupakan area matang untuk *lean work*. Kami ingin memiliki material yang kami butuhkan, tidak lebih dan tidak kurang .

6. *Unnecessary Motion* (Gerakan yang tidak perlu)

Waste motions adalah area yang sulit karena setiap pekerjaan pemeliharaan agak berbeda dan tidak ada solusi universal. Organisasi besar seperti UPS (perusahaan pengiriman paket dan logistik) telah mempelajari pekerjaan pemeliharaan, dan mengajarkan cara-cara yang membuang sedikit gerak

7. *Defect* (Cacat)

Waste terakhir adalah *defect*, atau pekerjaan pemeliharaan yang harus dikerjakan ulang. *Waste* ini adalah kutukan dari departemen pemeliharaan. Alat, pelatihan, dan komponen yang tepat, mengurangi efek ini, bahkan kewaspadaan hanya akan menguranginya, dan tidak ada yang dapat sepenuhnya menghilangkannya.

Sedangkan menurut Mostafa et al (2015) ada 8 *waste* dalam *lean maintenance*, yaitu sebagai berikut :

1. *Too much maintenance* : menjalankan tugas *Preventive Maintenance* dan *Predictive Maintenance* pada interval lebih sering sehingga menghasilkan *overproduction* dalam pemeliharaan.
2. *Waiting for maintenance resources* : departemen produksi menunggu perawatan petugas *maintenance* untuk melakukan pemeliharaan. Ini melibatkan menunggu alat, komponen, dan membeli alat tambahan dan menyimpannya di dekat lokasi pekerjaan.
3. *Centralised maintenance* : sentralisasi *Maintenance, Repair, dan Overhaul* yang jauh dari pekerjaan, bagian berulang yang umum digunakan yang belum pernah diketuk, dan perintah kerja untuk mesin yang tidak tersedia semua menyebabkan kelebihan *transportation*. Karena itu, personel perawatan menghabiskan lebih banyak waktu bergerak dan transportasi yang tidak menambah nilai pada proses.
4. *Non – standard maintenance* : operasi pemeliharaan biasanya dilakukan untuk mencapai operasi sesegera mungkin tanpa pedoman standar. Hal ini beberapa kali menghilangkan kesempatan untuk melakukan perbaikan kualitas yang lebih tinggi
5. *Excessive stock* : persediaan *Maintenance, Repair, dan Overhaul* mengandung bahan dan suku cadang yang dibutuhkan. Selain itu,

persediaan *work in process* dapat digunakan untuk memastikan ketersediaan bahan yang dibutuhkan. Inventarisasi untuk operasi pemeliharaan juga termasuk *work order backlog*. Hasil inventaris pekerjaan pemeliharaan yang berlebihan dalam respon yang lambat, kerusakan tak terduga, dan presentase tenaga kerja relatif tinggi.

6. *Double handling* : gerakan yang terbuang biasanya terkonsentrasi di sekitar *Preventive maintenance*. Melakukan pemeriksaan bulanan pada pompa yang belum berubah statusnya dalam tiga tahun harus diperpanjang lagi untuk setiap kuartal, setiap tengah tahun, atau setiap tahun tergantung pada kekritisan dari peralatan itu.
7. *Poor maintenance* : perbaikan yang tidak benar adalah sumber perawatan yang buruk. Perawatan yang salah membutuhkan beberapa kali diulang untuk menyelesaikan pekerjaan perbaikan yang benar. Ini mempengaruhi biaya pemeliharaan dan kualitas produk. Menerapkan pelatihan yang tepat dan prosedur yang terperinci dapat membantu dalam mengeliminasi pemeliharaan yang buruk.
8. *Under – utilisation of maintenance crew* : teknisi pemeliharaan melakukan pekerjaan NVA atau tidak tampil sesuai kebutuhan / sesuai dengan kepentingan organisasi.

Tabel 2.1 Perbedaan *Seven waste* dalam aktivitas produksi dan perawatan

No	Waste	<i>Manufaktur</i> (Gasperz, 2017)	<i>Maintenance</i> (Levit, 2008)
1	<i>Overproduction</i>	Memproduksi lebih daripada kebutuhan pelanggan	Perawatan pencegahan yang berlebihan
2	<i>Waiting</i>	Adanya waktu tunggu antara mesin dan manusia	Adanya waktu tunggu peralatan, manusia, transportasi
3	<i>Transportation</i>	Adanya perpindahan material atau orang dalam jarak yang sangat jauh	penyimpanan peralatan yang jauh dari lokasi perawatan
4	<i>Process Waste</i>	Mencakup proses-proses tambahan atau aktivitas kerja yang tidak perlu atau tidak efisien	Perencanaan perawatan dalam proses pemeliharaan yang tidak efektif

Tabel 2.1 Perbedaan *Seven waste* dalam aktivitas produksi dan perawatan
(lanjutan)

No	Waste	Manufaktur (Gasperz, 2017)	Maintenance (Levit, 2008)
5	<i>Inventory</i>	Kelebihan produksi mengakibatkan peningkatan pada <i>inventory finished good</i>	<i>Inventory</i> komponen peralatan yang berlebihan / atau tidak tersedianya <i>spare parts</i>
6	<i>Motion</i>	Adanya gerakan yang tidak bernilai tambah dalam proses produksi	Adanya gerakan yang tidak bernilai tambah dalam proses perawatan
7	<i>Defect</i>	<i>Scrap, Rework, Customer Returns</i>	Pekerjaan pemeliharaan yang harus dikerjakan ulang

2.4.1.2 *Equipment Effectiveness (EE)*

Equipment Effectiveness (EE) adalah ukuran kinerja yang terutama memantau efektivitas peralatan individu, yang tidak bergantung pada lingkungan operasi (Thiruvengadam, 2006). Sebagai dasar untuk pengukuran, *Equipment Effectiveness* memanfaatkan waktu efektif yang tersedia bila dibandingkan dengan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang menggunakan total waktu keseluruhan. Menurut Ron dan Rooda (2006), *Equipment Effectiveness* adalah metrik perangkat nyata yang memonitoring status peralatan dengan sendirinya.

Menurut Thiruvengadam (2009), *OEE* menggabungkan *time losses* karena kondisi peralatan yang independen seperti kurangnya *input* bahan baku, kurangnya ruang *buffer*, pengaturan penjadwalan yang tidak tepat dan tidak tersedianya operator. *Equipment Effectiveness (EE)* menganggap *time losses* itu terutama terjadi karena *unplanned downtime* pada peralatan itu sendiri, *job setups* dan *job rework*. *OEE* mengukur efektivitas peralatan dan sekitarnya sedangkan *EE* mengukur efektivitas peralatan tertentu yang tidak bergantung dengan sekitarnya dalam lini produksi. Dalam lini produksi dua mesin idientik mungkin memiliki *OEE* yang sama sedangkan *EE* dapat bervariasi dari satu peralatan dengan peralatan yang lain. Hal ini tersebut dapat dituangkan dalam model seperti dibawah ini (Ron dan Rooda, 2006):

$$A = T_0 / T_e$$

$$R = N / N_{\max}$$

$$Y = N_Q / N$$

$$EE = A \times R \times Y$$

Keterangan :

N_Q = Jumlah produk yang berkualitas

N = Total jumlah produk yang diproduksi

N_{\max} = Jumlah maksimum produk yang dapat diproduksi

T_0 = Waktu produktif

T_e = Waktu efektif

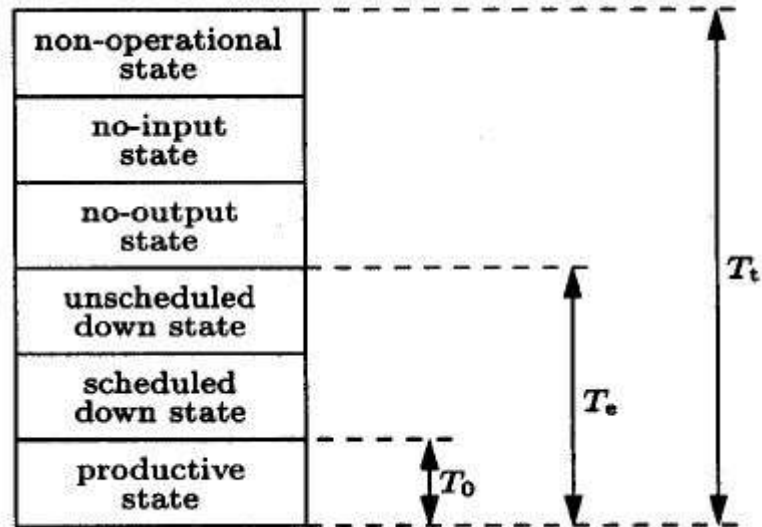
Berikut ini penjelasan mengenai perbedaan antara *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan *Equipment Effectiveness (EE)* :

Tabel 2.2 Perbedaan *OEE* dan *EE*

<i>OEE</i>	<i>EE</i>
<i>OEE</i> mengukur efektivitas peralatan dan sekitarnya	<i>EE</i> mengukur efektivitas peralatan yang berdiri sendiri
Dasar waktu untuk <i>OEE</i> adalah total waktu	Dasar waktu untuk <i>EE</i> adalah waktu efektif
<i>OEE</i> tergantung pada utilisasi	<i>EE</i> tidak tergantung pada utilisasi
Dua mesin identik mungkin memiliki <i>OEE</i> yang sama	Dua mesin identik mungkin tidak memiliki <i>EE</i> yang sama
$OEE = AE * (OE * RE) * QE$	$EE = A * R * Y$

Sumber : Ron dan Rooda, 2006

Dalam siklus hidupnya, sebuah peralatan memiliki kondisi – kondisi hidup tertentu yang digambarkan dengan grafik seperti 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.4 Kondisi suatu peralatan

Sumber : Ron dan Rooda, 2006

Menurut Ron dan Rooda (2006), Efektivitas peralatan (EE) terdiri dari tiga sub-metrik: *Yield* (Y), *Rate factor* (R), dan *Availability* (A). Hasil Y adalah didefinisikan sebagai pecahan dari total barang yang diproduksi yang memenuhi kualitas persyaratan *manufaktur*. Hasil didefinisikan sebagai rasio jumlah item yang berkualitas (N_Q), dengan jumlah total item diproduksi (N) : N_Q / N . *Rate Factor* menunjukkan perbedaan antara kecepatan aktual dan maksimum kecepatan desain peralatan. *Rate Factor* adalah rasio jumlah item menghasilkan N pada tingkat aktual ke jumlah maksimum item N_{Max} yang dapat diproduksi pada tingkat peralatan maksimum yang ditentukan: $R = N / N_{Max}$. Sub-metrik ketiga EE adalah ketersediaan A . Menurut SEMI (2001) dalam Ron dan Rooda (2006), mendefinisikan ketersediaan sebagai probabilitas bahwa peralatan berada dalam kondisi untuk melakukan fungsi yang diinginkan bila diperlukan. Fraksi waktu efektif T_e bahwa sistem mampu melakukan tugasnya, fungsi yang dimaksud adalah ketersediaan : $A = T_0 / T_e$. Waktu efektif (T_e) selalu lebih besar dari waktu produktif T_0 . Efektivitas peralatan EE dapat ditulis sebagai produk dari ketiganya sub-metrik: $EE = A * R * Y$.

2.4.1.3 Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Menurut Kannan (2006), *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan alur kegiatan perawatan yang dikembangkan dari *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi

pemborosan. Pemborosan tersebut terjadi pada setiap kegiatan perawatan yang tidak memberikan nilai tambah terhadap proses perawatan tersebut. MVSM adalah metode yang menghasilkan *output* berupa jumlah waktu pada aktivitas perawatan didalamnya memiliki aktivitas bernilai tambah (*value added*) dan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added*) serta efisiensi perawatan.

Terdapat kerangka (*framework*) yang akan dilakukan untuk menentukan gambaran pada *current state map* dan *future state map* (Kannan, 2006). Dalam hal ini kerangka tersebut ada tujuh kategori yang digunakan untuk mewakili fungsi pemeliharaan sebenarnya. MVSM berfungsi untuk menggambarkan aktivitas perawatan aktual perusahaan sehingga didapatkan gambaran aktivitas yang memiliki nilai tambah *Mean Time To Repair* (MTTR). Aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah *Mean Time To Organize* (MTTO) dan *Mean Time To Yield* (MTTY), serta keseluruhan jumlah waktu operasi atau *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT). Simbol MVSM disediakan untuk masing – masing kategori ini. Berikut ini adalah definisi masing – masing dari tujuh kategori (Kannan, 2006):

1. *Equipment Breakdown*

Kegiatan ini merupakan peristiwa aktual dari suatu peralatan yang dapat menghentikan produksi akibat pemeliharaan persyaratan.

2. *Processes*

Ini adalah kegiatan aktual yang terjadi dari waktu suatu peralatan dihentikan pada saat memproduksi *finished good*. Dalam khas operasi pemeliharaan, ada delapan proses yang berbeda diantaranya adalah mengkomunikasikan masalah, mengidentifikasi masalah, mengidentifikasi sumber daya, mencari sumber daya, mengasalkan perintah kerja, perbaikan peralatan, menjalankan peralatan sampai dengan *finish work order*.

3. *Physical Flow*

Urutan proses aliran fisik sangat penting untuk *baseline* keseluruhan proses pemeliharaan. Dalam beberapa kasus urutan proses yang dapat menggambarkan kesempatan untuk perbaikan.

4. *Information Flow*

Aliran fisik proses tergantung pada aliran informasi untuk memungkinkan aliran fisik. Hal ini menginformasikan suatu kendala yang ada dalam sistem.

5. *Data Boxes*

Terkait dengan setiap proses terdapat kotak data yang menyediakan informasi tentang setiap proses. Informasi ini kritis dalam menentukan kesempatan untuk perbaikan.

6. *Delay*

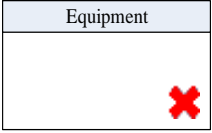
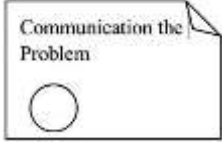
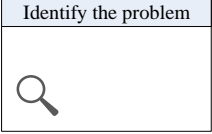
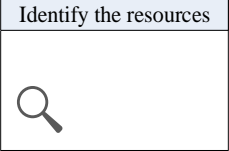
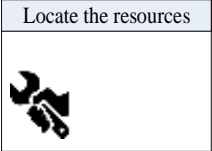
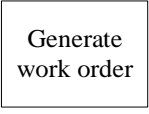
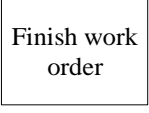
Ada kemungkinan penundaan antara setiap dua proses. Keterlambatan ini dipandang sebagai *non value added* yang meningkatkan MMLT sampai respon kepada pelanggan. Dalam fungsi pemeliharaan khas, ada tiga jenis keterlambatan. Keterlambatan tersebut terjadi karena ketidaktersediaan operator peralatan, karena tidak tersedianya peralatan dan suku cadang dan *delay* karena tidak tersedianya personil pemeliharaan yang tepat.

7. *Timeline*




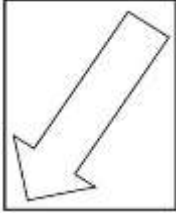

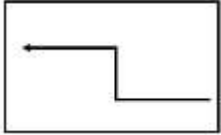
Timeline menyajikan dua kategori waktu. Kategori pertama adalah waktu yang memiliki nilai tambah dan biasanya terkait dengan proses. Kategori kedua adalah waktu yang tidak memiliki nilai tambah dan berhubungan baik dengan proses maupun penundaan dalam sistem.

Secara khusus, ketujuh kategori ini digunakan untuk MTTO, MTTR, dan MTTY yang disajikan pada tabel 2.3.

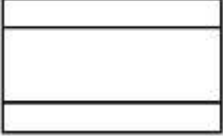
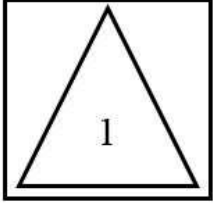
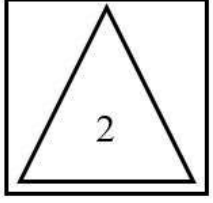
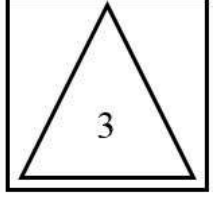
Tabel 2.3 MVSM Framework

Framework Category	Sub - Category	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Equipment breakdown			Equipment Breakdown	Simbol <i>breakdown</i> digunakan untuk menggambarkan komponen dalam keadaan rusak	MTTO, MTTR, MTTY
	Communication		Communicate The Problem	Proses yang melibatkan keterkaitan masalah pada peralatan operator untuk pemeliharaan pribadi saat kerusakan peralatan	MTTO
	Identification		Identify The Problem	Proses ini melibatkan identifikasi masalah pada peralatan rusak	MTTO
			Identify The Resources	Proses ini mengidentifikasi sumber persediaan seperti komponen, karyawan dan lain – lain yang diperlukan untuk kinerja pekerjaan perbaikan	MTTO
	Locate		Locate The Resources	Proses ini melibatkan penempatan / pemecahan sumber persediaan yang dibutuhkan untuk pekerjaan perbaikan	MTTO
	Work Order		Generate Work Order	Proses yang menghasilkan perintah pekerjaan pemeliharaan	MTTO
			Finsh Work Order	Proses ini menyelesaikan perintah pekerjaan pemeliharaan	MTTO

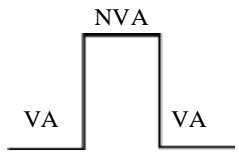
Tabel 2.3 MVSM Framework (Lanjutan)

<i>Framework Category</i>	<i>Sub - Category</i>	<i>Symbol</i>	<i>Symbol Name</i>	<i>Definition</i>	<i>MMLT Category</i>
<i>Equipment Breakdown</i>	<i>Repair</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Repair equipment</div> 	<i>Repair Equipment</i>	Proses yang melibatkan operasi perbaikan komponen dengan benar	MTTO
	<i>Yield</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Run the equipment</div> 	<i>Run The Equipment</i>	Proses yang melibatkan operasi setelah perbaikan komponen hingga memproduksi produk	MTTO
<i>Physical Flow</i>	<i>Push Arrow</i>		<i>Push Arrow</i>	<i>Push arrow</i> menggambarkan urutan aliran fisik dari proses. Dua bagian urutan proses pemeliharaan disambungkan oleh panah ini	MTTO, MTTR, MTTY
	<i>Down Arrow</i>		<i>Down Arrow</i>	<i>Down arrow</i> menggambarkan aliran fisik diantara kerusakan komponen dan aktivitas pertama dalam <i>value stream</i>	MTTO
<i>Information Flow</i>	<i>Manual</i>		<i>Straight Arrow</i>	<i>Straight arrow</i> menggambarkan aliran manual informasi dari catatan, laporan atau wawancara. Frekuensi dan catatan lainnya disediakan sepanjang garis	MTTO, MTTR, MTTY
	<i>Electronic</i>		<i>Wiggle Arrow</i>	<i>Wiggle arrow</i> mempresentasikan informasi <i>electronic flow</i> dari internet, intranet, LAN, WAN. Frekuensi dan cacatan lain disediakan sepanjang garis	MTTO, MTTR, MTTY

Tabel 2.3 MVSM Framework (Lanjutan)

Framework Category	Sub - Category	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Data Box			Data Box	Data box digunakan untuk mencatat informasi dari setiap proses pemeliharaan. Berbagai informasi ditempatkan dalam kotak ini menjadi waktu proses dari setiap proses pemeliharaan	MTTO, MTTR, MTTY
Delay	Unavailability of equipment operator		Delay 1	Simbol delay 1 digunakan untuk menggambarkan keterlambatan dalam permulaan dari proses pemeliharaan karena tidak tersedianya peralatan operator untuk menunjang pemeliharaan karyawan tentang komponen yang rusak	MTTO
	Unavailability of tools and parts		Delay 2	Simbol delay 2 digunakan untuk menggambarkan keterlambatan karena tidak tersedianya alat yang sesuai dan komponen yang dibutuhkan demi melakukan tugas pemeliharaan	MTTO
	Unavailability of appropriate maintenance personel		Delay 3	Simbol delay 3 digunakan untuk menggambarkan keterlambatan dalam proses pemeliharaan karena tidak tersedianya karyawan pemeliharaan yang sesuai	MTTO, MTTY

Tabel 2.3 MVSM Framework (Lanjutan)

Framework Category	Sub - Category	Symbol	Symbol Name	Definition	MMLT Category
Time Line			Time Line	Simbol <i>time line</i> digunakan untuk mencatat informasi tentang waktu <i>value added</i> (VA) dan <i>non value added</i> (NVA). Waktu NVA dicatat paling atas dari <i>time line</i> dan aktivitas VA dicatat di bagian bawah dari <i>time line</i>	MTTO, MTTR, MTTY

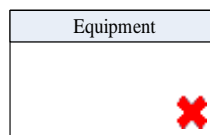
Sumber : Kannan, 2006

Proses pembuatan peta MVSM adalah sebagai berikut (Kannan, 2006) :

Fase ini menggambarkan proses pemetaan yang terlibat dalam pengembangan MVSM tersebut. Proses ini disajikan dalam tujuh langkah sebagai berikut :

Langkah 1 : Melibatkan tugas – tugas berikut yang terkait dengan peralatan yang telah rusak yang disajikan pada gambar 2.5

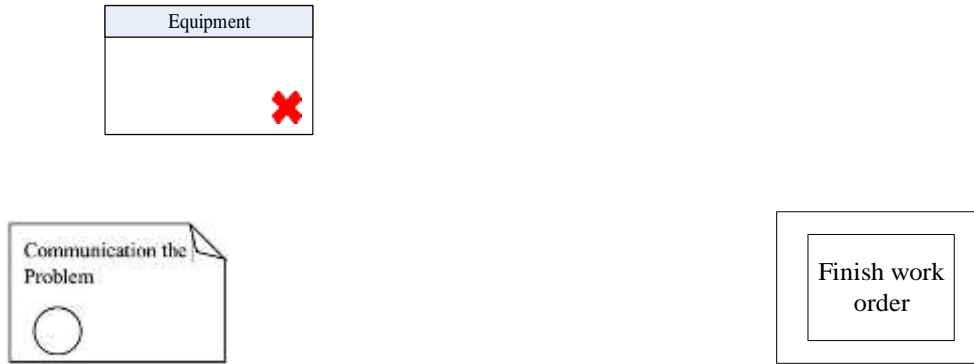
- Gambarkan simbol kerusakan peralatan untuk peralatan yang telah rusak
- Tempatkan simbol ini di sebelah kiri atas sudut halaman MVSM
- Tulis nama peralatan dibagian atas kotak persegi panjang



Gambar 2.5 Step 1 of MVSM

Langkah 2 : Melibatkan identifikasi batas dari proses. Secara khusus hal ini melibatkan identifikasi proses pertama setelah mesin rusak dan proses terakhir ketika sebuah produk bagus yang pertama dihasilkan.

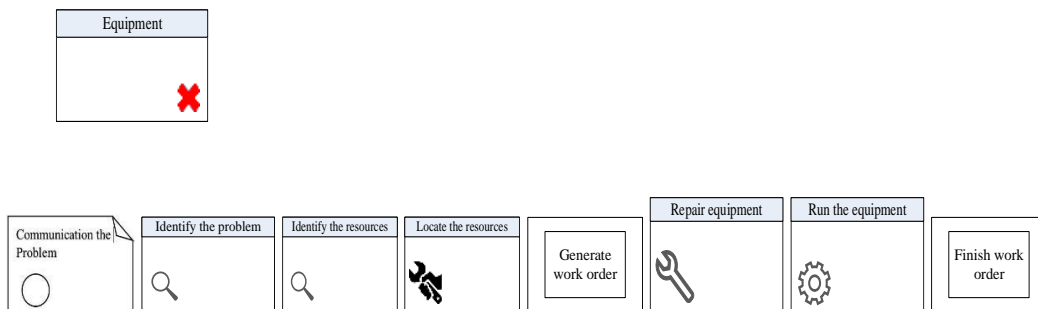
- Proses pertama adalah terkait dengan simbol “mengkomunikasikan masalah”
- Letakkan simbol ini ke sisi kiri halaman di bawah peralatan rincian simbol
- Letakkan simbol *finish work order* untuk ekstrim sisi kanan halaman tersebut seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Step 2 of MVSM

Langkah 3 : Melibatkan mengidentifikasi proses tengah antara proses pertama “mengkomunikasikan masalah” dan proses terakhir “*finish work order*”

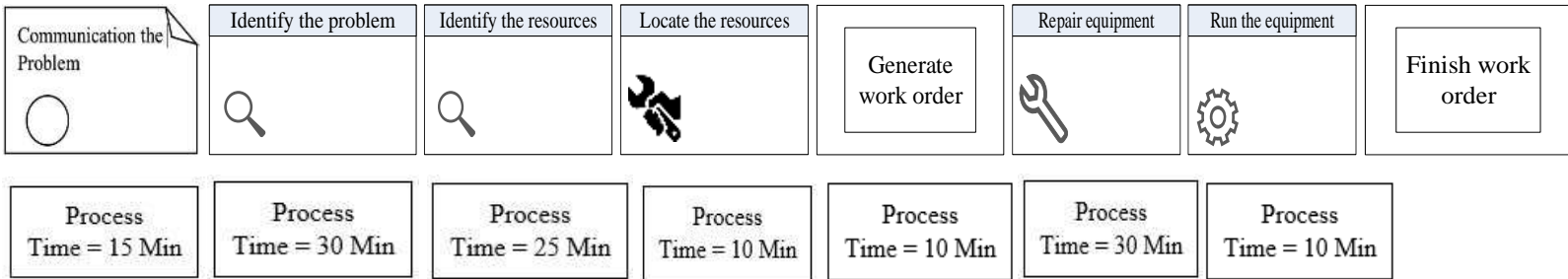
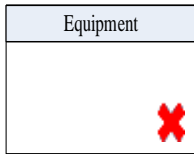
- Tempatkan semua simbol proses tengah yaitu, “identifikasi masalah”, “identifikasi sumber daya”, “cari sumber daya”, “hasilkan *work order*”, “perbaiki peralatan” dan “menjalankan peralatan” tepat disamping satu sama lain sesuai dengan urutan proses seperti ditunjukkan dalam gambar 2.7



Gambar 2.7 Step 3 of MVSM

Langkah 4 : Melibatkan pencatatan informasi terkait dengan setiap proses pemeliharaan, ditunjukkan pada gambar 2.8

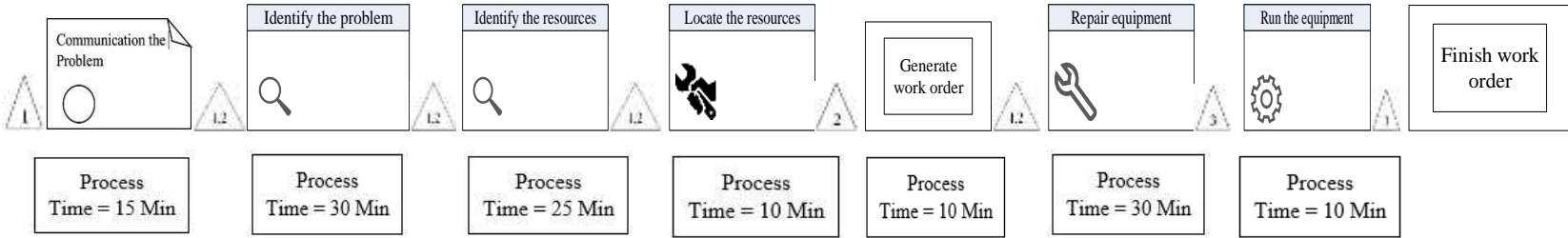
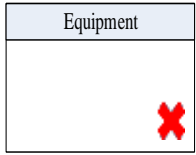
- Tempatkan data simbol kotak di bawahnya setiap proses
- Hitung waktu proses untuk masing – masing proses. Variasi yang terkait dengan waktu proses juga bisa direkam
- Masukkan nilai waktu proses dikotak data. Nilai waktu proses semata – mata ditugaskan untuk tujuan ilustrasi



Gambar 2.8 Step 4 of MVSM

Langkah 5 : Melibatkan perekaman waktu *delay* antara proses pemeliharaan.

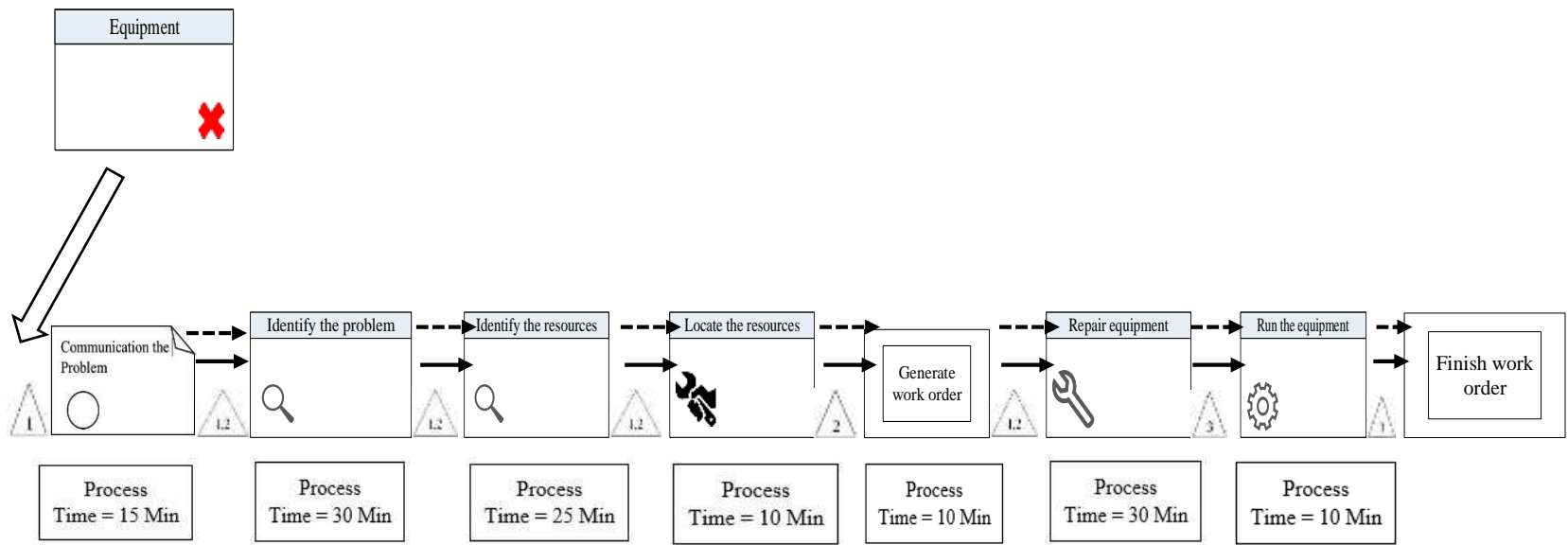
- Tempatkan simbol penundaan antara semua proses
- Tulis angka yang sesuai dalam keterlambatan simbol untuk menunjukkan jenis keterlambatan. Jika ada dua atau lebih jenis keterlambatan terkait dengan proses, tulis semua sesuai dengan jenis nomor penundaan dan dipisahkan dengan tanda koma seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9
- Hitung waktu tunda. Variasi terkait dengan waktu tunda juga dapat dicatat
- Tulis waktu tunda di bawah keterlambatan simbol. Nilai waktu tunda semata – mata hanya untuk tujuan ilustrasi.



Gambar 2.9 Step 5 of MVSM

Langkah 6 : Melibatkan aliran fisik dan arus informasi untuk proses pemeliharaan

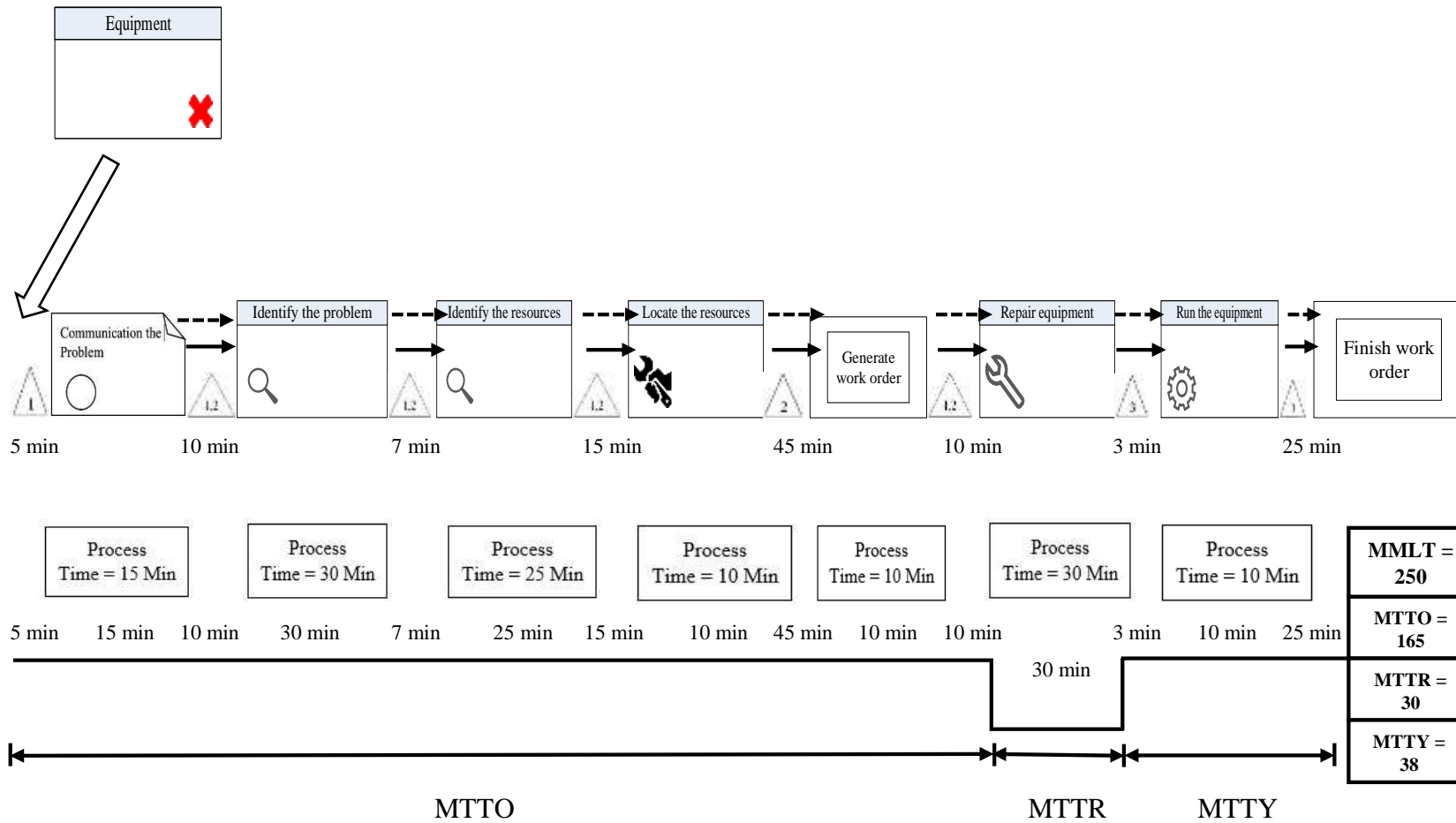
- Hubungkan peralatan dengan memecah kegiatan pertama dalam *value stream* menggunakan simbol – *down arrow*
- Menghubungkan semua proses dengan aliran fisik (garis putus – putus) dan arus informasi (*continuous line*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Step 6 of MVSM

Langkah 7 : Melibatkan tugas – tugas berikut yang terkait dengan mengembangkan garis waktu

- Menarik garis waktu di bagian bawah halaman
- Tuliskan semua waktu yang tidak memberikan nilai tambah di bagian atas garis waktu dan semua waktu yang memiliki nilai tambah pada bagian bawah garis waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Step 7 of MVSM

2.4.2 Lean Preparation Phase

Pada tahap persiapan ini, aktivitas yang paling banyak dilakukan adalah proses pembelajaran terhadap seluruh level organisasi yang ada (Andarnis, 2011). Suatu konsep meminimasi dan pengeliminasi *waste* pada *lean* ini haruslah didukung oleh budaya dan kebiasaan dari seluruh fungsi yang ada dalam organisasi sehingga proses *continuous improvement* dapat dijalankan.

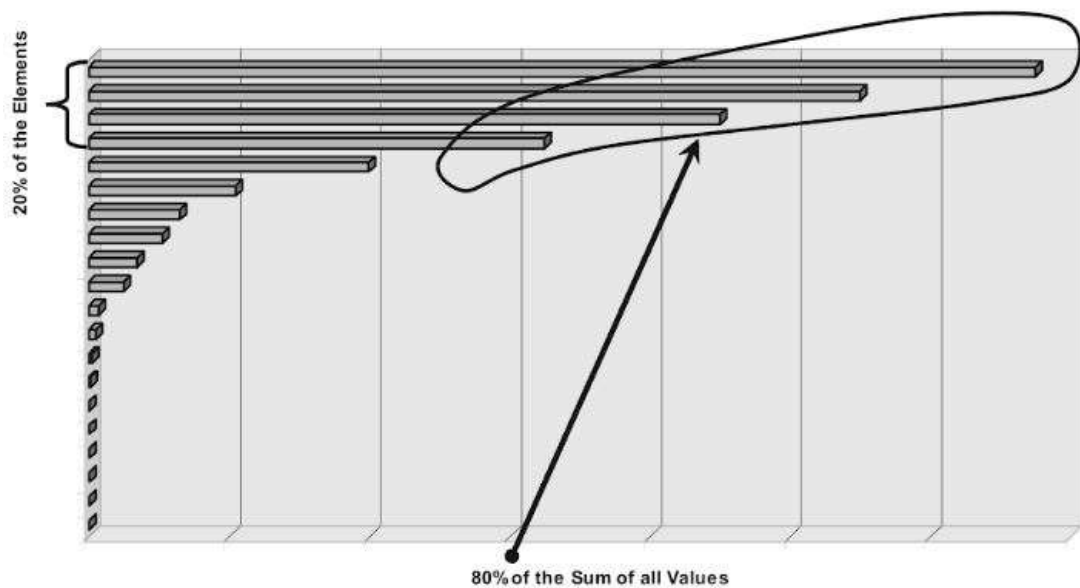
2.4.3 Pilot Phase

Menurut Smith dan Hawkins (2004), Pada tahap ini, dilakukan pemilihan terhadap suatu jenis *event project* dimana akan dicoba untuk diterapkan rencana awal dari *lean maintenance transformation* (Paradipta, 2007). Aktivitas yang dilakukan dalam tahap ini adalah :

- Pemilihan *pilot project*
- Mengkritisi dari *action team* yang telah dibentuk
- Peninjauan ulang terhadap *pilot project* dan dipresentasikan terhadap pihak
- Pihak yang secara langsung terlibat pada proyek perawatan tersebut

2.4.3.1 Pareto

Vilfredo Pareto adalah seorang ekonom Italia yang pada tahun 1906 mengamati bahwa 20% dari orang – orang Italia memiliki 80% akumulasi kekayaan dari negara mereka. Seiring waktu pengamatan itu telah diterapkan ke berbagai situasi. Menurut Smith dan Hawkins (2004) dalam Andarnis (2011), Ini menjadikan penyebutan dengan macam – macam nama, termasuk prinsip pareto, aturan 80 20 dan *Vital Few and Trivial Many Rule*. Disebut dengan nama apapun, ini campuran 80% - 20% menggambarkan bahwa hubungan antara *input* dan *output* tidak seimbang. Dalam konteks manajemen, aturan ini adalah alat yang berguna ketika ada pertanyaan tentang efektivitas dibanding semakin berkurangnya usaha, biaya atau waktu. Hal ini dapat diterapkan untuk pemilihan proses yang jumlahnya lebih signifikan menggunakan tenaga, waktu, *downtime* produksi, biaya atau parameter lainnya yang dipilih. Grafik prinsip pareto terdapat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Grafik Pareto

Sumber : Smith dan Hawkins, 2004 dalam Andarnis, 2011

Untuk membuat grafik pareto :

1. Pilih item (permasalahan, isu, tindakan, publik, dll)
2. Pilih standar untuk pengukuran
3. Kumpulkan data yang diperlukan
4. Atur item pada sumbu vertikal dalam urutan menurut pengukuran yang dipilih
5. Gambarkan grafik batang di mana panjang adalah pengukuran dipilih

2.4.3.2 Root Cause Analysis (RCA)

Adalah suatu metode penyelesaian masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar – akar penyebab masalah atau kejadian. RCA digunakan untuk mengevaluasi struktur yang diidentifikasi dari akar penyebab (*root cause*) untuk menghasilkan keadaan dimana penyebab tersebut tidak terulang kembali (Ansori dan Mustajib, 2013). RCA menyediakan klasifikasi penyebab – penyebab yang komprehensif berhubungan dengan 5M yaitu, *man, materials, machine, methods, and management system* dan membantu membangun suatu ilmu dasar untuk berhubungan dengan masalah – masalah yang berhubungan dengan realibilitas produk/proses, ketersediaan dan pemeliharaan. Dengan melakukan pengukuran korektif pada akar – akar penyebab, diharapkan bahwa kemungkinan suatu masalah terulang lagi dapat diminimasi.

Langkah – langkah RCA antara lain (Andarnis, 2011):

1. Mengidentifikasi dan memperjelas definisi *undersires outcome*
2. Mengumpulkan data
3. Menempatkan kejadian – kejadian dan kondisi – kondisi pada *event and causal factor table* (tabel kejadian dan faktor penyebab)
4. Gunakan tabel penyebab atau metode yang lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi
5. Mengidentifikasi mode kegagalan sampai pada mode kegagalan paling bawah
6. Lanjutkan pertanyaan “mengapa?” untuk mengidentifikasi *root cause* yang paling kritis

2.4.4 Lean Mobilization

Menurut Paradipta (2007), pada tahap keempat ini, *lean tools* dilepaskan karena pada tahap ini hal yang difokuskan adalah kualitas kepemimpinan dan kinerja dari *lean project team*. Departemen pemeliharaan dan *support operation* harus dibentuk ke dalam tim dengan tujuan untuk menerapkan praktek *lean* dan melaksanakan kegiatan – kegiatan dalam wilayah kesadaran dan tanggung jawab mereka. Keanggotaan didasarkan terutama pada atribut pribadi seperti tingkat pengetahuan dan keterampilan, kualitas kepemimpinan, karakteristik sendiri mulai dan antusiasme untuk perbaikan. Pembentukan tim selama tahap mobilisasi akan didasarkan pada area kerja, tanggung jawab peralatan, kerajinan dan tugas departemen. Pengubahan rantai kerja departemen pemeliharaan ke dalam sebuah tim yang mengambil tindakan mandiri secara langsung merupakan tanggung jawab utama dengan banyak kesempatan untuk terjadinya masalah. Konversi tidak dapat diselesaikan dalam semalam. Hal ini perlu direncanakan untuk dan dilaksanakan sebagai bagian dari proses pemikiran yang menyeluruh.

2.4.5 Lean Expansion

Pada tahap ekspansi ini proses *lean maintenance* akan dibawa keluar organisasi untuk menjalin *value stream* yang baik pada seluruh area departemen, baik dengan *purchasing, maintenance engineering* dan *IT departement* (Andarnis, 2011). Ada dua area dipengaruhi secara signifikan oleh *lean maintenance expansion* dan beberapa daerah lainnya yang mengalami dampak yang lebih rendah, tetapi semuanya penting untuk keberhasilan pelaksanaan *lean maintenance*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk meminimasi persediaan perawatan serta biaya perawatan

yang mendukung keandalan peralatan yang dibutuhkan. Aktivitas – aktivitas yang dilakukan pada tahapan ini adalah (Paradipta, 2007) :

- Mencari data *lead time* serta jumlah permintaan yang diperlukan terhadap pengadaan komponen, dimana terdapat kerja sama dengan *supplier* untuk *JIT delivery*
- Menstandarisasi material dan item yang diperlukan
- Menstandarisasi *supplier* dari komponen *repair* yang serupa
- Melakukan analisis *trade – off* untuk biaya dari alternative tipe perawatan yang dilakukan

Fase kelima ini dapat dilakukan secara paralel dengan fase ketiga dan keempat karena tidak berpengaruh terhadap kelangsungan fase tersebut. Oleh sebab itu fase ini tidak perlu menunggu fase ketiga dan keempat selesai dilakukan.

2.4.6 Lean Sustainment

Menurut Paradipta (2007), Pada fase terakhir ini kepemimpinan dan komitmen adalah fokus utama dalam upaya untuk *sustaining continuous improvement*. Keteladanan dan budaya yang telah diterapkan merupakan bekal utama untuk mempertahankan kondisi yang telah dicapai dan untuk perkembangan berkelanjutan. Pada tahapan ini efek dan penyebab terjadinya suatu kerusakan (*failure*) terus dikaji dan diupayakan perbaikan – perbaikan yang sesuai berdasarkan pengalaman serta perkembangan yang terjadi.

2.5 Analisis 5S

Menurut Kurniawan (2013), 5S merupakan implementasi manajerial perawatan terhadap stasiun kerja yang bersifat menyeluruh dan sistemik, penerapan 5S diperusahaan akan berdampak secara langsung terhadap keselamatan kerja, efisiensi, efektivitas kerja dan peningkatan produktivitas. Analisis 5S dirancang untuk menghilangkan pemborosan dan mengurangi resiko kecelakaan yang terjadi saat bekerja, berikut ini definisi 5S (Levit, 2008) :

1. *Seiri*/ringkas : memisahkan, mengacu pada praktik melalui semua alat, bahan, dll, di area kerja, dan hanya menyimpan barang-barang penting. semua yang lain disimpan atau dibuang. proses ini menyebabkan lebih

sedikit bahaya dan lebih sedikit kekacauan untuk berinteraksi dengan pekerjaan produktif.

2. *Seiton/rapi*: penyortiran. berfokus pada kebutuhan akan tempat kerja yang teratur. "teratur" dalam pengertian ini berarti mengatur alat dan perlengkapan dalam urutan yang mendorong alur kerja. peralatan dan perlengkapan harus disimpan di mana mereka akan digunakan, dan proses harus dilakukan dengan cara yang menghilangkan gerakan ekstra.
3. *Seiso/resik* : pembersihan. menunjukkan kebutuhan untuk menjaga kebersihan tempat kerja serta rapi. bersih-bersih di perusahaan Jepang adalah kegiatan sehari-hari. pada akhir setiap shift, area kerja dibersihkan dan semuanya dikembalikan ke tempatnya. Kuncinya adalah menjaga kebersihan seharusnya menjadi bagian dari pekerjaan sehari-hari bukan aktivitas sesekali yang dimulai ketika keadaan menjadi terlalu berantakan
4. *Seiketsu/rawat* : standarisasi. mengacu pada praktik kerja standar, tetapi lebih dari standar kebersihan (jika tidak S ini berarti pada dasarnya sama dengan "kebersihan sistematis") S ini berarti beroperasi secara konsisten dan standar, di mana setiap orang tahu persis apa tanggung jawabnya
5. *Shitsuke/rajin* : mempertahankan. mengacu pada mempertahankan standar. setelah 4S sebelumnya telah ditetapkan, mereka menjadi cara baru untuk beroperasi. pekerja harus mempertahankan fokus pada cara beroperasi yang baru ini, dan tidak memungkinkan kembalinya secara bertahap ke cara-cara lama pengoperasian

2.6 Maintenance Cost

Menurut Pujawan (2012), ongkos operasional dan perawatan adalah ongkos - ongkos yang terjadi berulang – ulang dan diperlukan untuk mengoperasikan dan merawat item yang bersangkutan selama masa pakainya. Metode analisis *cost* yang digunakan adalah analisis profitabilitas. Untuk perhitungan profit disini menggunakan perhitungan *Net Present Value* (NPV). Menurut Pujawan (2012), NPV merupakan suatu kriteria yang digunakan untuk mengukur apakah suatu investasi layak atau tidak. Biaya – biaya yang diperlukan dalam hal ini adalah biaya – biaya yang terjadi akibat adanya kerusakan. Biaya kerusakan terdiri dari biaya tenaga kerja perbaikan dan biaya kehilangan keuntungan akibat kerusakan dari

mesin. Kemudian untuk biaya *maintenance* secara langsung meliputi biaya akibat kerusakan (Cf) serta biaya pemeliharaan (Cm).

2.6.1 Biaya Akibat Kerusakan (Cf)

Menurut Andarnis (2011), Biaya kerusakan adalah biaya yang terjadi akibat kerusakan mesin sehingga mengakibatkan berhentinya suatu aktivitas mesin. Kerusakan ini menimbulkan biaya tenaga perbaikan dan hilangnya pendapatan akibat kerusakan.

$C_f = \{(\text{Biaya tenaga kerja} + \text{Kehilangan keuntungan akibat kerusakan}) \times \text{rata-rata waktu perbaikan (MTTR)}\} + \{\text{Biaya pengadaan suku cadang} \times \text{Banyaknya suku cadang}\}$

2.6.2 Biaya Perawatan (Cm)

Biaya perawatan adalah biaya yang terjadi karena adanya perawatan mesin yang sudah terjadwal, maka biaya keuntungan yang hilang tidak terjadi (Andarnis, 2011). Dengan adanya perawatan, maka akan menimbulkan biaya tenaga kerja perawatan, dan biaya suku cadang.

$C_M = (\text{Biaya tenaga kerja perawatan} \times \text{rata-rata waktu perawatan terencana}) + \text{Biaya pembelian suku cadang.}$

2.7 Fishbone Diagram

Pada tahapan ini *fishbone diagram* digunakan untuk menentukan aktivitas – aktivitas apa saja yang dapat menyebabkan perawatan kurang efektif. Dalam mencari penyebab – penyebab suatu masalah dilakukan dengan wawancara kepada *expert* departemen maintenance. Selanjutnya, hasil dari wawancara tersebut didapatkan bentuk pemborosan yang terjadi pada aktivitas pemeliharaan.

Menurut Gasperz dan Fontana (2017), sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasarkan prinsip 7 M, yaitu :

1. *Manpower* (tenaga kerja) : berkaitan dengan kekurangan pengetahuan (tidak terlatih, tidak berpengalaman), kekurangan dalam keterampilan dasar yang berkaitan dengan mental dan fisik kelelahan, stres, ketidakpedulian, dll.
2. *Machines* (mesin dan peralatan) : berkaitan dengan tidak adanya sistem perawatan preventif terhadap mesin – mesin produksi termasuk fasilitas dan

peralatan lain, ketidaksesuaian mesin dengan spesifikasi tugas, mesin tidak dikalibrasi, terlalu *complicated*, terlalu panas, dll.

3. *Methods* (metode kerja) : berkaitan dengan prosedur dan metode kerja yang tidak benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dll.
4. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong) : berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas bahan baku dan bahan penolong yang digunakan, ketidaksesuaian dengan spesifikasi kualitas bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong, dll.
5. *Media* : berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek – aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang kondusif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk, kebisingan yang berlebihan, dll.
6. *Motivation* (motivasi) : berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan profesional (tidak kreatif, bersikap reaktif, tidak mampu bekerjasama dalam tim, dll). Yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.
7. *Money* (keuangan) : berkaitan dengan ketiadaan dukungan finansial (keuangan) yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas yang akan diterapkan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Didalam melaksanakan penelitian ini, terdapat beberapa tinjauan pustaka yang mengacu dari penelitian terdahulu. Berikut ini penelitian – penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini akan dijelaskan secara singkat mengenai metode serta ruang lingkup penelitian.

Andarnis (2015), melakukan sebuah penelitian yang berjudul “Pengukuran dan peningkatan sistem pemeliharaan pada PT. Maspion dengan menggunakan konsep *lean maintenance*”. Dalam penelitian ini masalah yang diangkat peneliti adalah bagaimana menerapkan *lean maintenance* pada proses perawatan di PT. Maspion. Dengan metode *Root Cause Analysis (RCA)* untuk memudahkan dalam pencarian akar permasalahan dari *waste* paling berpengaruh, maka selanjutnya dilakukan perancangan pemeliharaan dengan penerapan *lean maintenance*. Dari penelitian

yang telah dilakukan tersebut dapat diperoleh pengurangan *lead time* proses pemeliharaan dengan harapan pencapaian rekomendasi perbaikan sebesar 50%, peningkatan efektivitas mesin atau peralatan akibat minimasi *waste* adalah sebesar 0,14% dan *waste* yang ada pada aktivitas perbaikan mesin dengan type E19 adalah *waste motion*, *waste process*, *waste defect* serta *waste waiting*, serta perbaikan atas penyebab – penyebab terjadinya *waste*.

Muzaki (2017), melakukan penelitian tentang “Analisis perawatan mesin dengan pendekatan RCM dan MVSM (Studi kasus pada UMKM ED Aluminium Yogyakarta)”. Dalam penelitian ini masalah yang diangkat adalah merencanakan perawatan yang sesuai dengan penerapan *Standard Operational Procedure (SOP)* pada bagian maintenance untuk mengatasi kerusakan mesin *milling* kondia. Mesin *milling* kondia merupakan salah satu mesin untuk memproduksi kaki infus dan mengalami *downtime* paling lama yakni selama 17,75 jam dalam kurun waktu Januari 2016 hingga Oktober 2016. Dengan bantuan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengidentifikasi fungsi – fungsi dan kegagalan, pendekatan FMEA untuk memperbaiki kebijakan paling diprioritaskan menurut urutan dari nilai terbesar *Risk Priority Number (RPN)*, hasil dari RPN sebagai dasar tahapan selanjutnya untuk pemilihan aktivitas perawatan yang lebih utama dilakukan menggunakan *Decision Worksheet*. Setelah itu menggunakan metode *Maintenance Value Stream Map (MVSM)* untuk menggambarkan alur kegiatan perawatan *curent state map* dan *future state map*.

Dari penelitian tersebut diperoleh komponen kritis pada masing – masing komponen, tindakan pemeliharaan yang tepat pada operasi sistem *milling* kondia, SOP perawatan, peningkatan presentase efisiensi perawatan yang dihasilkan menggunakan MVSM pada komponen kritis, serta saran perbaikan untuk meningkatkan kinerja perawatan dan mengurangi nilai *downtime* dan efisiensi perawatan pada magnetik kotaktor dari 19,01 % menjadi 29,73%, relay dari 21,77% menjadi 25,78%, fuse/sekering dari 16,53% menjadi 19,34%, pisau frais dari 20% menjadi 26,89%, dinamo dari 17,93% menjadi 30,77%, dan laker/bearing dari 19,78% menjadi 35,62%.

Huda (2015), melakukan penelitian dengan judul “Analisis aktivitas perawatan mesin HDS di stasiun gilingan menggunakan *Maintenance Value Stream Map*

(MVSM)” dengan studi kasus di PG. Kebon Agung Malang. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan aktivitas perawatan pada mesin HDS, menganalisis aktivitas *value added* dan *non value added* pada proses perawatan yang dilakukan. Dari penelitian tersebut diperoleh peta aktivitas yang dilakukan pada mesin HDS sebagai gambaran aktivitas perawatan aktual yang dilaksanakan ketika terjadi kerusakan pada komponen utama yaitu *hammer up* dan *hammer HDS*, dari hasil pengolahan data menunjukkan bahwa aktivitas *value added* yang ada pada aktivitas perawatan mesin HDS tersebut tidak melebihi 35%, sisanya sekitar 65% merupakan aktivitas *non value added*, sistem perawatan yang memiliki aktivitas *non value added* minimum dibuat dalam bentuk *future state map* serta usulan prosedur perawatan untuk meningkatkan efisiensi perawatan pada mesin HDS di stasiun gilingan ketika terjadi kerusakan.

Auli (2017), melakukan penelitian dengan judul “Usulan perawatan pada komponen kritis mesin SPM 1800 dengan pendekatan *lean maintenance* di PT KHI Pipe Industries”. Dalam penelitian ini peneliti ingin menerapkan *preventif maintenance*, sebelum hal tersebut dilakukan diperlukan penelitian menggunakan metode *lean maintenance* dengan mencari nilai MTTF bagi setiap komponen dan menganalisis kegiatan perawatan dengan menggunakan MVSM. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen kritis pada mesin SPM 1800, menentukan pola distribusi yang sesuai untuk masing – masing komponen kritis dan melakukan identifikasi untuk meminimasi *waste* saat dilakukan kegiatan perawatan untuk meningkatkan efisiensi perawatan. Tindakan yang dilakukan untuk meminimasi *waste* pada MVSM adalah dengan usulan pembuatan (SOP) bagi operator ketika terjadi kerusakan pada komponen kritis. Setelah dilakukan implementasi nilai %*Maintenance Efficiency* untuk komponen *Outside Welding* 72,2%, komponen *Inside Welding* 62,7%, komponen *Welding Joint* 69,4%, komponen *Power Pack* 72,9%, komponen *Flattening* 69,4%, dan komponen *Milling* 79,1%.

Yudarana (2017), melakukan penelitian dengan judul “Analisis aktivitas perawatan mesin Circural Loom” dengan studi kasus di Pabrik Karung Rosella (PTPN XI). Dalam penelitian ini masalah yang diangkat adalah penyelesaian untuk mempercepat aktivitas perawatan mesin menggunakan MVSM sehingga dapat diidentifikasi aktivitas yang termasuk *value added* dan *non value added*. Penelitian

ini menggunakan *tools* pareto untuk mengetahui komponen kritis serta *fishbone diagram* untuk menganalisis penyebab dan faktor kurangnya efektifitas saat melakukan perawatan mesin *circural loom*. Sehingga didapatkan usulan perawatan mesin yang dapat diberikan berdasarkan *kaizen/continuous improvement*. Dari perhitungan efisiensi perawatan komponen *Whell Roller* berdasarkan *Curent State Mapping* didapatkan nilai efisiensi sebesar 26,54 %, sedangkan pada *Future State Mapping* perhitungan Efisiensi perawatan komponen *Wheel Roller* didapatkan nilai efisiensi sebesar 37,97%.

Adapun *Gap* antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.5, yaitu sebagai berikut :

Keterangan :

W = Wawancara

B = *Brainstorming*

P = *Pareto*

FD = *Fishbone Diagram*

PM = Perusahaan Manufaktur

2.9 Orisinalitas Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian – penelitian terdahulu. Andarnis (2015), melakukan penelitian Pengukuran dan peningkatan sistem pemeliharaan pada PT. Maspion dengan menggunakan konsep *lean maintenance* akan tetapi tidak melakukan analisis *fishbone diagram* dan penyebaran kuesioner untuk menganalisis sebab akibat perawatan kurang efektif. Persamaan dalam penelitian ini adalah dari segi metode penelitian yaitu menggunakan *EE dan MVSM*.

Penelitian yang dilakukan oleh Muzaki (2017), menggunakan metode *MVSM dan RCM (Reliability Centered Maintenance)* untuk membuat *Standart Operational Procedure* pada bagian maintenance untuk mengatasi kerusakan mesin milling kondia di UMKM ED Alumunium dan menyebabkan meningkatkan nilai *downtime*. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan wawancara tanpa penyebaran kuesioner. Sedangkan *tools* identifikasi permasalahan menggunakan *pareto* dan *fishbone diagram* tanpa melakukan analisis *RCA*.

Penelitian yang dilakukan oleh Huda (2015), hanya menggunakan analisis *MVSM* sebagai metode untuk menganalisis kegiatan yang termasuk *value added* dan *non value added* pada mesin *Heavy Duty Hammer Shredder* yang merupakan salah satu mesin di stasiun gilingan PG. Kebon Agung. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, sedangkan *tools* identifikasi permasalahan menggunakan diagram *pareto* untuk memilih komponen kritis dan *fishbone diagram*, tanpa melakukan analisis *RCA*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rifki (2017), menggunakan metode *FMEA dan MVSM* untuk melakukan usulan perawatan pada komponen kritis mesin *SPM 1800* pada PT *KHI Pipe Industries*, pengumpulan data dimulai dengan wawancara dan

selanjutnya melakukan studi lapangan, serta untuk *tools* identifikasi permasalahan menggunakan diagram pareto yang berfungsi menentukan komponen kritis.

Penelitian yang dilakukan oleh Yudarana (2017), mengumpulkan data dengan melakukan wawancara kepada pihak terkait, selanjutnya data tersebut ditentukan nilai kritisnya menggunakan diagram pareto, kemudian dilakukan *mapping* menggunakan MVSM untuk selanjutnya dilakukan perbaikan sehingga nilai *non value added* dapat berkurang, tanpa melakukan analisis *equipment effectiveness*.

Penelitian ini dilakukan bukan hanya dengan menganalisis metode perawatan mesin menggunakan *Maintenance Value Stream Mapping*, namun juga menganalisis sebab akibat dari sumber daya manusia yang berhubungan dengan kegiatan perawatan tersebut menggunakan *fishbone diagram*, serta melakukan analisis *equipment effectiveness*. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dengan melakukan wawancara serta *brainstorming* terhadap responden yang dianggap sudah *expert* dalam bagian departemen *maintenance*. Setelah itu menggunakan *tools* identifikasi permasalahan menggunakan diagram *pareto* untuk menentukan waktu kritis dalam perbaikan serta *Root Cause Analysis* yang digunakan untuk menganalisis *waste* yang ada pada aktivitas *maintenance*. Selanjutnya dilakukan rekomendasi perbaikan untuk mengeliminasi *waste* menggunakan analisis 5S, dan usulan berdasarkan *future state mapping*.