

PENERAPAN *LEAN MAINTENANCE* PADA AKTIVITAS PERAWATAN MESIN UNTUK MINIMASI *WASTE*

Mitha Sufriyani Tanuwijaya¹⁾, Ahmad²⁾, M. Agung Saryatmo³⁾

Program Studi Teknik Industri, Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾mitha.545180091@stu.untar.ac.id, ²⁾ahmad@ft.untar.ac.id, ³⁾mohammads@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang trading dan memproduksi baja melalui dua proses utama yaitu cutting dan milling. Mesin produksi utama pada PT. XYZ sering mengalami breakdown yang menyebabkan terhentinya proses produksi dan tidak tercapainya target produksi sesuai permintaan konsumen. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sistem maintenance yang diterapkan pada perusahaan dan meminimasi waste aktivitas perawatan dengan pendekatan lean maintenance, terutama pada mesin cutting yang paling banyak mengalami breakdown selama 1 tahun. Total efektivitas mesin cutting yang didapat berdasarkan perhitungan OEE (Overall Equipment Effectiveness) senilai 77,3%, maka masih diperlukan peningkatan efektivitas mesin. Diagram pareto menunjukkan bahwa terdapat 3 komponen dan aktivitas kritis pada mesin cutting, yaitu bearing, pulley dan dioda dengan 4 jenis waste yang terdapat pada aliran perawatan melalui pemetaan VSM (Value Stream Mapping) antara lain, waste process, waiting, motion dan defects. Setelah dilakukan analisis akar penyebab terjadinya waste dengan metode 5H, maka didapat beberapa usulan perbaikan seperti pembuatan manual book, pelatihan yang diberikan untuk pekerja guna meningkatkan kemampuan pekerja terutama dalam perawatan mesin, membuat sistem informasi maintenance yang terintegrasi untuk mengatasi waste motion serta membuat pemetaan future state map untuk mengatasi waste waiting. Implementasi usulan perbaikan dilakukan untuk meningkatkan efektivitas mesin dan meminimasi waste terutama pada aktivitas perawatan di PT. XYZ.

Kata kunci: perawatan, lean maintenance, value stream mapping, pemborosan, OEE, RCA.

ABSTRACT

PT. XYZ is a manufacturing company engaged in trading and producing steel through two main process which are cutting and milling. There are few problems occurred in main machines that often cause a breakdown and stop the production. Therefore, the output did not meet the customers demand. The purpose of this research is to analyze the maintenance system that applied in PT. XYZ and minimize the waste activities with lean maintenance, especially for cutting machine that occurred most breakdown in 2020. From OEE (Overall Equipment Effectiveness) calculation, the effectiveness rate of cutting machine is 77,3%, thus it still needs some improvements to increase the rate. The pareto chart shows there are 3 critical components and activities in total which are bearing, pulley and dioda with 4 kind of wastes from VSM (Value Stream Mapping) such as waste process, waiting, motion and defects. After the root cause analysis was done with 5H method, several suggestions for improvement were obtained, such as a manual book for maintenance, training for the workers to improve their skills, especially in maintenance, create an integrated maintenance information system to minimize waste motion and make future state map to minimize waste waiting. The implementation of the improvement suggestions was done to increase the effectiveness of the machine and minimize waste, especially maintenance activities at PT. XYZ.

Keywords: maintenance, lean maintenance, value stream mapping, waste, OEE, RCA.

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya mesin dan teknologi, hal ini memungkinkan dunia industri untuk semakin mengembangkan produk dan meningkatkan kualitasnya. Kualitas produk sendiri dapat diartikan sebagai kondisi fisik, sifat, maupun fungsi produk yang dilihat berdasarkan mutunya. Salah satu faktor produksi yang harus dioptimalkan penggunaannya yaitu mesin produksi, hal ini guna mendapatkan hasil yang optimal pula. Selain dari itu, operasi mesin dan teknologi juga merupakan salah satu kunci utama agar perusahaan dapat berkembang. Oleh karena itu, sistem perawatan mesin yang optimal dan kebersihan mesin

harus selalu dijaga oleh suatu perusahaan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produksi serta meningkatkan produktifitas produk dari suatu perusahaan. Sistem perawatan mesin yang baik adalah sistem perawatan yang dapat memberikan jadwal perawatan dengan total biaya yang minimum juga [1].

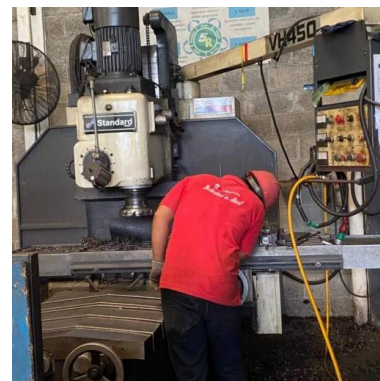
Penting bagi suatu perusahaan untuk memiliki divisi perawatan fasilitas atau *maintenance* yang bertugas dalam menangani masalah perawatan. Suatu perusahaan juga sebaiknya memiliki penjadwalan peralatan/mesin yang optimal guna meningkatkan produktivitas dan meminimasi biaya yang dikeluarkan akibat mesin yang sering mengalami *breakdown* pada saat kegiatan produksi berlangsung.

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang *trading* baja yang telah berdiri sejak tahun 2011 dan bertempat di wilayah Cikarang. PT. XYZ ini merupakan perusahaan yang berfokus juga pada kualitas produk yang diproduksi dari segi manusia, metode, material, mesin, dan lingkungan kerja yang dimiliki perusahaan. Adapun produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ, yaitu *cold/hot work steel*, *plastic mould steel*, *high speed steel*, dan *machinery steel*. Dengan beragamnya hasil produksi yang dihasilkan oleh PT. XYZ, maka terdapat berbagai jenis sistem perawatan *breakdown* yang diterapkan. Perawatan yang dilakukan dan diterapkan pada setiap mesin akan disesuaikan dengan jenis operasi dan mesin produksi.

Proses produksi baja yang dilakukan di PT. XYZ melalui 2 mesin produksi utama, yaitu mesin *cutting* dan mesin *milling*. Gambar mesin *cutting* dan *milling* dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Mesin Cutting



Gambar 2. Mesin Milling

Data kerusakan mesin produksi utama yang menyebabkan *downtime* atau berhentinya proses produksi pada tahun 2020 di PT. XYZ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kerusakan Mesin Produksi Utama pada Tahun 2020

Bulan	Jumlah Kerusakan Mesin Milling (kali)	Jumlah Kerusakan Mesin Cutting (kali)
Januari	1	0
Februari	2	2
Maret	3	1
April	1	1
Mei	3	1
Juni	4	2
Juli	1	1
Agustus	3	1
September	2	2
Oktober	2	0
November	5	1
Desember	3	1
Total Kerusakan	30	13

Berdasarkan data kerusakan mesin produksi utama selama 2020, maka dapat diketahui bahwa dari kedua proses *cutting* dan *milling* yang dilakukan oleh mesin produksi utama, kerusakan yang paling banyak terjadi adalah pada mesin *cutting* dimana mesin sering mengalami *breakdown* sebanyak 30 kali selama 2020 sehingga mengganggu jalannya proses produksi.

Dalam upaya mendapatkan hasil produksi yang optimal, mesin produksi utama yang digunakan oleh PT. XYZ harus selalu berada dalam kondisi yang optimal. Maka dari itu, PT. XYZ menerapkan sistem *preventive* dan *corrective maintenance* pada mesin produksi utama dan sistem *corrective maintenance* pada mesin produksi lainnya, namun kenyataannya mesin produksi yang digunakan masih sering mengalami *breakdown* dan mengurangi efektivitas produksi dengan terhentinya kegiatan produksi akibat sistem perawatan yang dilakukan. Tujuan *preventive maintenance* adalah untuk memaksimalkan *availability*, dan meminimalkan ongkos melalui peningkatan *reliability* [2], sedangkan *corrective maintenance* dilakukan untuk meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima [3] Berdasarkan Tabel 1, maka dapat diketahui bahwa mesin *cutting* pada PT. XYZ mengalami *downtime* paling banyak sehingga dilakukan penerapan sistem *lean maintenance* untuk analisis sistem *maintenance*. Proses produksi yang terhambat dapat menyebabkan penurunan jumlah *output* produksi yang tidak sesuai dengan permintaan pelanggan, serta menimbulkan kerugian finansial maupun kehilangan kepercayaan pelanggan karena waktu produksi tidak sesuai yang dijanjikan. Oleh karena itu, penerapan sistem *lean maintenance* diharapkan dapat mengurangi kesiaian tersebut [4]. Penerapan *lean maintenance* dilakukan guna menghasilkan serangkaian manfaat terutama dalam menurunkan *lead time* aktivitas perawatan serta meningkatkan efektivitas mesin yang didapat dari perhitungan OEE dengan rumus yang dapat dilihat sebagai berikut [5]:

$$OEE = Availability \times Performance Rate \times Quality Rate \quad (1)$$

$$A = \frac{Productive Time}{Working Hour} \quad (2)$$

$$R = \frac{N}{N_{max}} \quad (3)$$

$$Y = \frac{N_Q}{N} \quad (4)$$

$$N = \frac{Actual Time}{Cycle Time} \quad (5)$$

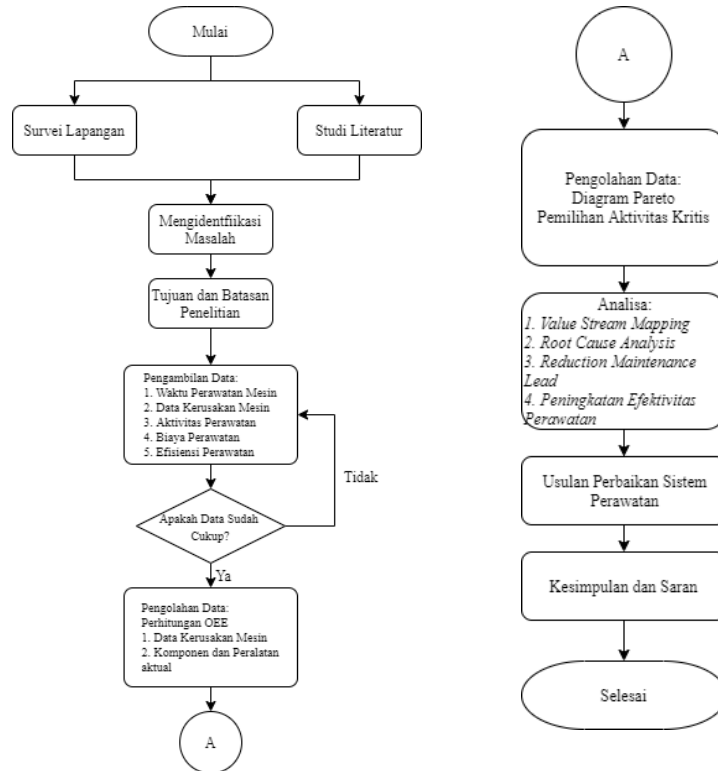
$$N_{max} = \frac{Working Hour}{Cycle Time} \quad (6)$$

$$N_Q = N - Product Defect \quad (7)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. XYZ yang terletak di Cikarang dari Agustus 2021 sampai Desember 2021, dimana yang diamati dalam penelitian ini adalah perawatan mesin produksi utama yang terdapat pada perusahaan. Adapun langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan studi lapangan dengan pengamatan dan wawancara dengan kepala produksi dan *staff maintenance* untuk mengetahui permasalahan darurat yang sedang dihadapi oleh perusahaan. Dalam studi lapangan juga akan diperoleh informasi mengenai perusahaan untuk memenuhi proses penelitian, yaitu mesin *cutting* dan *milling*. Setelah itu akan dilakukan studi literatur dengan menggunakan buku dan jurnal sebelum dilakukan identifikasi masalah untuk mengetahui metode yang tepat untuk mengatasi masalah yang terjadi di perusahaan untuk menentukan tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah yang telah dibuat serta batasan penelitian agar penelitian hanya terfokus pada masalah yang ditargetkan guna mencapai tujuan yang diharapkan. Pengumpulan informasi dan data yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian yang diperoleh dari hasil pengamatan,

wawancara, maupun dokumen yang diberikan oleh pihak perusahaan. Data yang diperoleh kemudian akan diolah sesuai dengan metode dan langkah yang diperoleh dari hasil studi literatur. Selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan melakukan perhitungan data kerusakan mesin dan komponen mesin menggunakan OEE dan penentuan aktivitas kritis pada mesin dengan diagram pareto. Setelah itu akan dilakukan analisa kesiaan serta identifikasi *waste* dengan menggunakan VSM (*Value Stream Mapping*), dilanjutkan dengan analisa penyebab kesiaan (*waste*) dengan menggunakan RCA (*Root Cause Analysis*). Dari hasil analisa yang didapat, kemudian akan dibuat rekomendasi perbaikan sebelum dilakukan analisa *reduction maintenance lead time* dan kemudian akan dibuat kesimpulan dan saran. Gambar diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data komponen kritis mesin *cutting* dikumpulkan selama periode 2020 melalui data historis perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kerusakan Komponen Mesin *Cutting* PT. XYZ

Part Mesin	Frekuensi Kerusakan Tahun 2020 (kali)	Presentase Kerusakan (%)	Waktu Kerusakan (jam)	Total Waktu Kerusakan (jam)
Hidrolik	5	17	5	25
Sensor	1	3,5	3	3
Bearing	7	23	6	42
Pulley	7	23	5	35
Feeder	3	10	5	15
Dioda	4	13	7	28
PLC	1	3,5	5	5
Supply O ₂	1	3,5	3	3
Trafo	1	3,5	4	4
Total	30	100	43	160

Dari Tabel 2, dapat diketahui bahwa komponen mesin yang memiliki jumlah waktu kerusakan paling besar adalah komponen *bearing* dengan jumlah kerusakan 42 jam periode 2020.

Lean Assessment

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegiatan yang merupakan *waste* sebelum kemudian dilakukan pencarian terhadap akar penyebab munculnya *waste* tersebut dalam perusahaan. Aktivitas perawatan seperti pembersihan, pengecekan, dan pergantian komponen juga tidak jarang dilakukan pada mesin *cutting* sehingga perlu dilakukan pengukuran kinerja mesin untuk mengetahui efektivitas mesin. Perhitungan efektivitas mesin ini dilakukan dengan menggunakan metode OEE [7]. Parameter yang digunakan dalam perhitungan OEE adalah sebagai berikut:

1. Total *shift*/hari = 8 jam/*shift*, 1 jam istirahat
2. Total *output* per hari = 112 *steel*
3. Ideal *cycle time* = $112 / (7 \times 60 \text{ menit})$
= 0,267 *steel*/menit
= 3,75 menit/*steel*
4. *Working Hour* = 115200 menit/tahun
5. *Break Time* = 14400 menit/tahun
6. *Breakdown Time* = 9600 menit/tahun
7. *Productive Time* = 115200 - 9600
= 105600 menit/tahun
8. *Actual Time* = 115200 - 14400
= 100800 menit/tahun

Perhitungan efektivitas mesin *cutting* dapat dilihat sebagai berikut:

1. $N = 100800 / 3,75$
= 2880 *steel*/tahun
2. $N_{\max} = 115200 / 3,75$
= 30720 *steel*/tahun

Jumlah produk cacat selama periode 2020 adalah 1081.

1. $N_Q = 26880 - 1081$
= 25799
2. $A = 105600 / 115200$
= 0,92
3. $R = 26880 / 30720$
= 0,875
4. $Y = 25799 / 26880$
= 0,96
5. $E = (0,92 \times 0,875 \times 0,96) \times 100\%$
= 0,773 x 100%
= 77,3%

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka didapat nilai efektivitas mesin/peralatan sebesar 77,3%.

Pemilihan Aktivitas Kritis

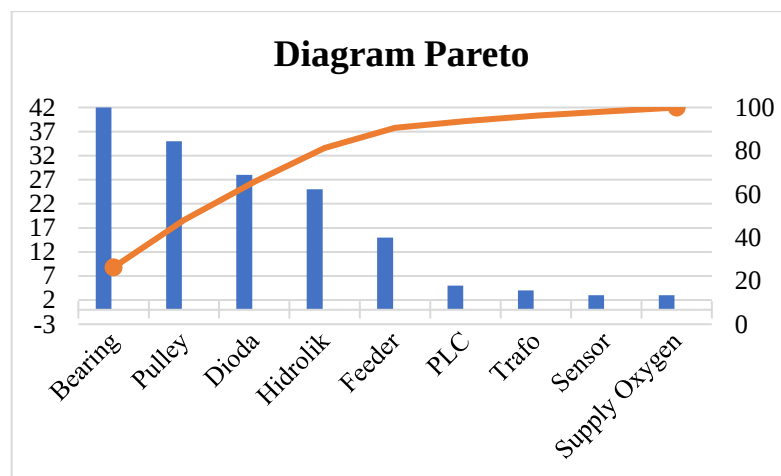
Pemilihan aktivitas kritis dengan diagram pareto akan menggunakan prinsip 80/20 dimana 80% kerusakan atau waktu aktivitas perawatan berasal dari 20% komponen, sehingga komponen yang akan masuk ke dalam daftar aktivitas perawatan merupakan

komponen dengan nilai persentase frekuensi akumulatif sampai 80% [7],[8]. Data pemilihan aktivitas kritis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pemilihan Aktivitas Kritis Mesin *Cutting*

Part Mesin	Frekuensi (jam)	Total Persen (%)	Akumulasi Frekuensi (jam)	Akumulasi Persen (%)
Bearing	42	26,25	42	26,25
Pulley	35	21,88	77	48,13
Dioda	28	17,5	105	65,63
Hidrolik	25	15,63	130	81,26
Feeder	15	9,38	145	90,64
PLC	5	3,13	150	93,77
Trafo	4	2,5	154	96,27
Sensor	3	1,88	157	98,15
Supply O ₂	3	1,88	160	100

Diagram pareto aktivitas kritis mesin *cutting* dapat dilihat pada Gambar 4.

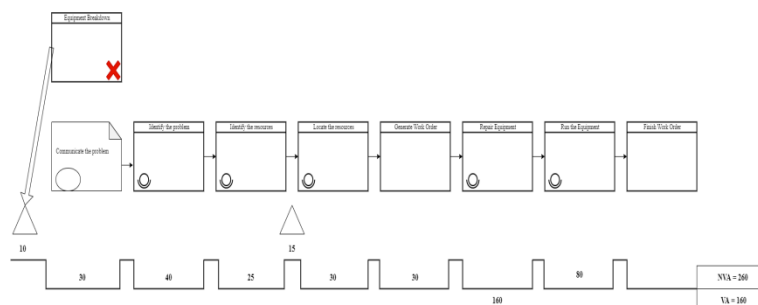


Gambar 4. Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin *Cutting*

Dari Gambar 4, dapat diketahui bahwa komponen kritis yang akan masuk dalam aktivitas perawatan kritis adalah komponen *bearing*, *pulley* dan *dioda*.

Identifikasi Waste Aktivitas Perawatan Kritis

Selanjutnya, akan dilakukan identifikasi *waste* dengan aktivitas perawatan yang dilakukan pada ketiga komponen tersebut menggunakan VSM dengan pemetaan *current state map* untuk menentukan aktivitas apa saja yang termasuk golongan *value* dan *non-value added* yang terdapat dalam aktivitas perawatan perusahaan [9]. Pengumpulan data seperti waktu MTTO, MTTR dan MTTY didapatkan dari hasil wawancara dengan bagian *staff maintenance* di PT. XYZ terhadap kegiatan perbaikan yang dilakukan. *Current state map* untuk aktivitas perawatan *bearing* mesin *cutting* dapat dilihat pada Gambar 5.



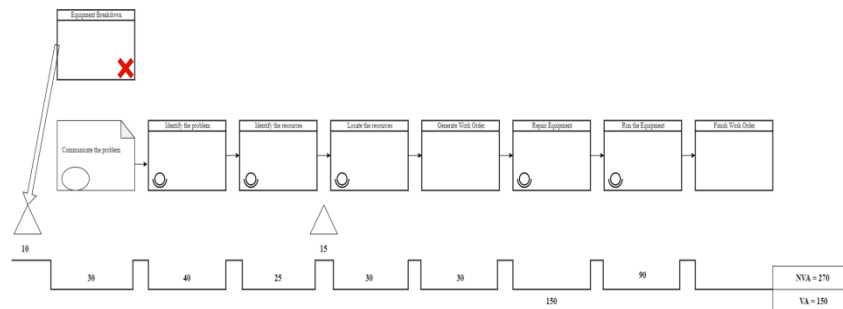
Gambar 5. *Current State Map* Aktivitas Perawatan *Bearing*

Berdasarkan *current state map* komponen *bearing* yang telah dibuat, diketahui bahwa hanya terdapat 1 aktivitas yang memberikan nilai tambah (VA), yaitu aktivitas perbaikan dengan total waktu 160 menit, dan 8 aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (NVA) dengan total waktu 260 menit. Setelah itu dilakukan analisis terhadap waktu yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah, antara lain:

1. $\% \text{ value added activity} = (160/420) \times 100\%$
 $= 38,1\%$
2. $\% \text{ non-value added activity} = (260/420) \times 100\%$
 $= 61,9\%$

Sehingga dapat diketahui bahwa *maintenance efficiency* dari aktivitas perbaikan komponen *bearing* senilai 38,1%.

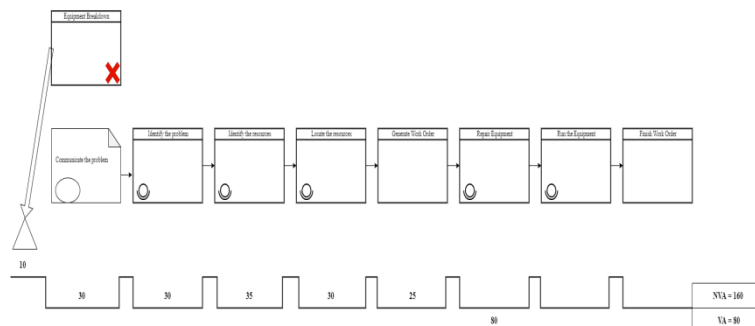
Current state map untuk aktivitas perawatan *pulley* mesin *cutting* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Current State Map* Aktivitas Perawatan *Pulley*

Berdasarkan *current state map* komponen *pulley* yang telah dibuat, diketahui bahwa hanya terdapat 1 VA, yaitu aktivitas perbaikan dengan total waktu 150 menit, dan 8 NVA dengan total waktu 270 menit. Setelah itu dilakukan analisis terhadap waktu yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah, dapat diketahui bahwa *maintenance efficiency* dari aktivitas perbaikan komponen *bearing* senilai 35,7%.

Current state map untuk aktivitas perawatan dioda mesin *cutting* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Current State Map* Aktivitas Perawatan Dioda

Berdasarkan *current state map* komponen dioda yang telah dibuat, diketahui bahwa hanya terdapat 1 VA, yaitu aktivitas perbaikan dengan total waktu 80 menit, dan 7 NVA dengan total waktu 160 menit. Setelah itu dilakukan analisis terhadap waktu yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah, dapat diketahui bahwa *maintenance efficiency* dari aktivitas perbaikan komponen *bearing* senilai 33,3%.

Berdasarkan analisis waktu yang dilakukan pada 3 aktivitas kritis mesin *cutting*, maka masing-masing komponen memerlukan peningkatan efektivitas perbaikan.

Selanjutnya akan dilakukan identifikasi *waste* aktivitas *maintenance* berdasarkan klasifikasi *wastes* [9] dari komponen kritis mesin *cutting* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi *Wastes* Aktivitas *Maintenance* Komponen Kritis

Komponen Mesin	Permasalahan	Aktivitas	Wastes
Bearing	Clynder tidak berputar	Menuju kembali ke gudang untuk mengambil peralatan perbaikan	Motion
		Staff maintenance menuju r. produksi untuk pengecekan kerusakan mesin	Motion
		Delay operator tidak ada di tempat produksi	Waiting
		Delay menunggu peralatan perbaikan	Waiting
		Identifikasi permasalahan oleh operator	Process
		Menyalakan kembali mesin setelah dilakukan perbaikan	Defect
Pulley	Perputaran mesin tidak teratur	Menuju kembali ke gudang untuk mengambil peralatan perbaikan	Motion
		Staff maintenance menuju r. produksi untuk pengecekan kerusakan mesin	Motion
		Delay operator tidak ada di tempat produksi	Waiting
		Delay menunggu peralatan perbaikan	Waiting
		Identifikasi permasalahan oleh operator	Process
		Menyalakan kembali mesin setelah dilakukan perbaikan	Defect
Dioda	Dioda macet/ rusak	Menuju kembali ke gudang untuk mengambil peralatan perbaikan	Motion
		Staff maintenance menuju r. produksi untuk pengecekan kerusakan mesin	Motion
		Delay operator tidak ada di tempat produksi	Waiting
		Identifikasi permasalahan oleh operator	Process

Berdasarkan identifikasi *wastes* aktivitas *maintenance* komponen kritis, maka didapat 4 kategori *wastes* yang terjadi dalam aliran aktivitas perawatan untuk masing-masing komponen *bearing*, *pulley* dan *dioda* yaitu *waste process*, *waiting*, *motion* dan *defects*.

Pemilihan Aktivitas Kritis Analisis Penyebab Waste

Analisa penyebab *waste* dilakukan untuk mencari akar penyebab permasalahan terjadinya *waste* dengan menggunakan metoda *root cause analysis* (RCA) [10]. Penentuan akar penyebab *waste* dilakukan dengan proses *brainstorming* dan hasil diskusi yang dilakukan dengan *staff maintenance* dan kepala produksi di PT. XYZ. Analisa terhadap faktor penyebab terjadinya *waste* dibuat untuk masing-masing kategori *waste* yaitu *waste process*, *motion*, *waiting* dan *defects*.

Untuk kategori *waste process*, diketahui bahwa jenis *waste* adalah proses identifikasi kerusakan yang memakan waktu relatif lama. Setelah dilakukan analisis akar penyebab, maka dapat diketahui bahwa akar penyebab terjadinya *waste process* adalah kurangnya kemampuan atau *skill* yang dimiliki para pekerja, baik operator maupun *staff maintenance* yang terkait sehingga proses identifikasi kerusakan memakan waktu relatif lama. Selain itu, kurangnya informasi mengenai kerusakan mesin yang mungkin terjadi juga menjadi salah satu akar penyebab lain yang dapat menimbulkan *waste process*.

Jenis *waste* pada kategori *waste motion* adalah sering terjadinya gerakan yang berlebihan atau tidak diperlukan seperti perpindahan atau gerak bolak-balik. Setelah dilakukan analisis akar penyebab *waste*, maka dapat diketahui bahwa akar penyebab terjadinya *waste motion* adalah tata letak yang masih kurang baik, tidak terletak dalam satu lini produksi serta belum adanya sistem informasi *maintenance* yang terintegrasi di

perusahaan sehingga pergerakan yang terjadi relatif lambat dan menyebabkan *waste motion*.

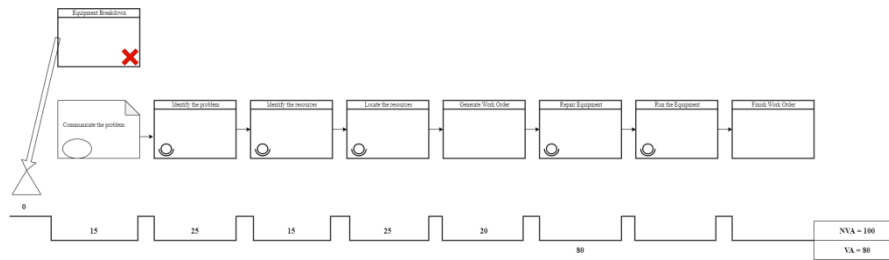
Pada kategori *waste motion*, diketahui bahwa jenis *waste* yang sering terjadi adalah *delay* atau waktu menunggu yang menyebabkan tertundanya aktivitas perbaikan karena berbagai alasan. Setelah dilakukan analisis akar penyebab, maka dapat diketahui bahwa akar penyebab terjadinya *waste waiting* adalah tata letak yang masih kurang baik serta tidak terdapatnya alat yang dapat digunakan untuk mengawasi kondisi atau mendeteksi permasalahan dan kerusakan sehingga aktivitas perbaikan tertunda.

Pada kategori *waste defects*, diketahui bahwa *jenis waste* adalah kegiatan mematikan atau menyalakan kembali mesin membutuhkan waktu yang cukup lama. Setelah dilakukan analisis akar penyebab, maka dapat diketahui bahwa akar penyebab terjadinya *waste defects* adalah tidak adanya pelatihan yang diberikan kepada para pekerja sehingga dalam mematikan maupun menyalakan mesin memakan waktu yang lama karena kurangnya kemampuan dan pengetahuan mengenai perawatan mesin dan menyebabkan *waste defects*.

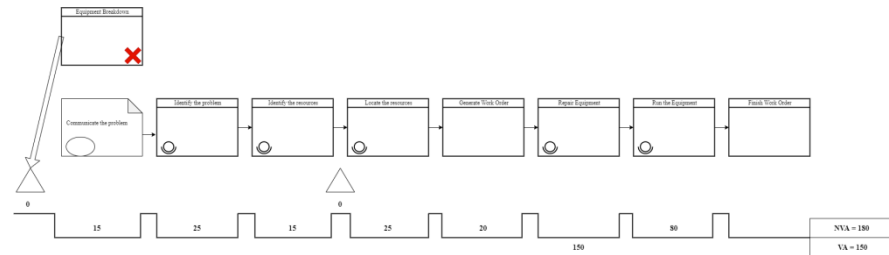
Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan pada sistem *maintenance* yang terdapat di PT. XYZ untuk meminimasi *waste* dan meningkatkan efektivitas mesin. Usulan perbaikan dapat dilihat sebagai berikut:

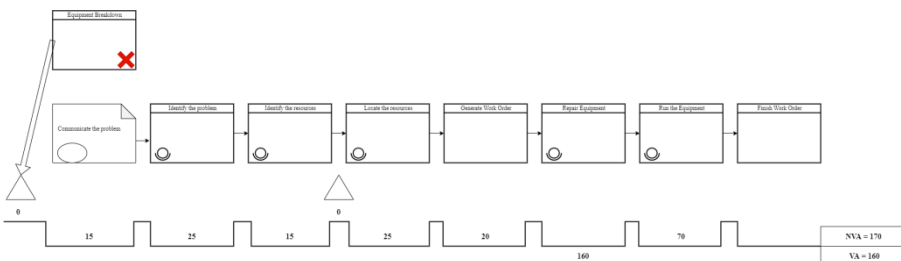
1. Memberikan pelatihan baik kepada para pekerja lama maupun baru mengenai perawatan mesin oleh *expert maintenance*, hal ini dimaksudkan untuk menambah wawasan serta kemampuan dari masing-masing pekerja. Untuk waktu dan tempat dilakukannya pelatihan adalah hari Minggu atau libur di perusahaan sehingga tidak mengganggu aktivitas produksi dan meminimalkan biaya. Dengan diberikannya pelatihan *sharing* pengetahuan yang dilakukan, maka waktu yang dibutuhkan untuk para pekerja dalam identifikasi permasalahan tidak memakan waktu yang lama.
2. Membuat *manual book* yang dapat digunakan oleh operator sebagai panduan dalam mengidentifikasi masalah, sehingga proses identifikasi dapat dilakukan dengan lebih mudah oleh operator. Pembuatan *manual book* dilakukan oleh *staff maintenance* yang terdapat di PT. XYZ untuk mesin-mesin terutama yang sering mengalami kerusakan. *Manual book* ini dibuat oleh *staff maintenance* perusahaan untuk meminimalkan biaya dan pengalaman *staff maintenance* dalam memperbaiki kerusakan mesin yang terjadi pada perusahaan.
3. Dengan membuat sistem informasi *maintenance* yang terintegrasi, maka waktu pergerakan yang dilakukan akan menjadi lebih singkat. Hal ini dimaksudkan agar waktu aktivitas perbaikan menjadi lebih singkat dengan proses pembuatan *work order* yang dilakukan dengan sistem tidak secara tatap muka (*face to face*). Selain dari itu, operator tidak perlu bolak-balik dalam mengkomunikasikan kerusakan mesin kepada *staff maintenance* karena sudah terdapat sistem informasi yang terintegrasi. Perusahaan harus menyediakan komputer dan *software* untuk berkomunikasi maupun untuk proses pembuatan *work order*.
4. Pembuatan *future state map* yang merupakan langkah terakhir dalam pembuatan VSM sebagai salah satu upaya peningkatan efektivitas mesin. Pemetaan ini dibuat berdasarkan eliminasi *delay* yang terdapat pada *current state map* dan pertimbangan kesiapan setiap elemen dalam perusahaan dalam melakukan aktivitas perawatan. Setelah *future state map* dibuat, selanjutnya juga akan dilakukan perhitungan MTTO, MTTR, MTTY serta *maintenance efficiency* yang kemudian akan dibandingkan dengan *current state map* komponen. *Future state map* untuk komponen *bearing*, *pulley* dan dioda dapat dilihat pada Gambar 8-10.



Gambar 8. *Future State Map* Aktivitas Perawatan Bearing



Gambar 9. *Future State Map* Aktivitas Perawatan Pulley



Gambar 10. *Future State Map* Aktivitas Perawatan Dioda

Terdapat 1 aktivitas yang menambah nilai guna (*value added*) yaitu aktivitas perbaikan, dan rangkaian aktivitas perbaikan yang terdapat pada aliran *future map* tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*). Perbandingan *maintenance efficiency current state map* dan *future state map* aktivitas perbaikan komponen dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan *Maintenance Efficiency*

Komponen	<i>Current State Map</i>	<i>Future State Map</i>
Bearing	38,1%	48,4%
Pulley	35,7%	45,4%
Dioda	33,3%	44,4%

Setelah eliminasi waktu dari aktivitas perawatan yang terdapat pada aliran VSM, maka dapat diketahui bahwa efisiensi aktivitas perbaikan dari komponen kritis mesin *cutting* yaitu *bearing*, *pulley*, dan dioda mengalami peningkatan rata-rata 30%.

5. Penerapan *lean maintenance* dilakukan secara konsisten dan melakukan perbaikan dengan konsep perbaikan secara berkelanjutan (*continuous improvement*) untuk peningkatan efektivitas mesin. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk meminimalkan terjadinya *waste* ketika aktivitas perawatan sedang dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapat kesimpulan:

1. Mesin *cutting* merupakan mesin yang paling banyak mengalami *breakdown* selama tahun 2020 dengan nilai efektivitas mesin yang didapat dari perhitungan OEE sebesar 77,3% dan di bawah standar tetapan OEE.

2. Berdasarkan diagram pareto yang dibuat dengan prinsip 80/20, maka didapat 3 aktivitas kritis yaitu pada komponen *bearing* dengan persentase frekuensi kerusakan 26,25%, *pulley* 21,88% dan dioda 17,5%.
3. Pembuatan *value stream mapping* menunjukkan nilai efektivitas perawatan pada komponen *bearing* sebesar 38,1% dengan total 8 aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan 1 aktivitas perbaikan yang memberikan nilai tambah, *pulley* sebesar 35,7% dengan total 8 aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan 1 aktivitas perbaikan yang memberikan nilai tambah dan dioda 33,3% dengan total 7 aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan 1 aktivitas perbaikan yang memberikan nilai tambah
4. Berdasarkan identifikasi waste aktivitas perawatan kritis, maka didapat 4 kategori wastes yang terdapat pada PT. XYZ yaitu *waste process*, *motion*, *waiting* dan *defects*
5. Analisis akar penyebab menunjukkan bahwa akar penyebab *waste process* dan *defects* adalah kurangnya kemampuan dan pengetahuan pekerja mengenai perawatan mesin, *waste motion* adalah tata letak yang tidak baik dan sistem informasi *maintenance* yang belum terintegrasi an *waste waiting* karena kurangnya alat yang dapat digunakan untuk mengawasi kondisi selama produksi.
6. Usulan perbaikan yang dapat diimplementasikan perusahaan untuk minimasi waste adalah memberikan pelatihan kepada pekerja untuk menambah pengetahuan dan kemampuan pekerja, membuat *manual book* mengenai *maintenance*, membuat sistem informasi *maintenance* yang terintegrasi, dan pemetaan *future state map*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Arsyad dan Sultan A, *Manajemen Perawatan*, Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [2] Sudrajat. A, *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Bandung: PT Refika Aditama, 2011.
- [3] Muh. Zarkasyi, “Analisis Sistem Pemeliharaan dengan Konsep Lean Maintenance pada Industri Otomotif Studi Kasus PT. TVS”, *Jurnal Teknik Industri*, President University, pp. 21-23, 2014.
- [4] Cherrafi dan Anass, “The Integration of Lean Manufacturing, Six Sigma and Sustainability: A Literature Review and Future Research Directions for Developing a Specific Model”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 139, pp. 828-846, 2016.
- [5] C. Kister Timothy dan Bruce Hawkins, *Maintenance Planning and Scheduling: Streamline Your Organization for a Lean Environment*, 2006.
- [6] Nakajima. Siichi, *TPM Development Program Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Cambridge, 1989.
- [7] Rother. M dan Shook, J, *Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, Lean Enterprise Institute Brookline, 2003.
- [8] Heizer dan Render, *Manajemen Operasi*, Jakarta: Salemba Empat, 2018.
- [9] Clarke. Gerard, Gerry Mulryan, and Padraig Liggan, “Lean Maintenance – A Risk-Based Approach“, *Pharmaceutical Engineering The Official Magazine of ISPE*, vol. 30, no. 5, 2010.
- [10] Daya. Mohamed Ben, Duffuaa, Salih dan Raouf, Salih, *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, Springer, 2009.