

Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*: Studi kasus di PT. TE

Alloysius Vendhi Prasmoro

Program Studi Teknik Industri Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

E-mail: vendhi@yahoo.com

Abstrak. Pemeliharaan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menjaga keandalan, ketersediaan dan sifat mampu merawat komponen atau mesin. Program pemeliharaan yang efektif dan efisien akan mendukung peningkatan produktifitas sistem produksi. Namun seringkali program pemeliharaan mengabaikan kebutuhan aktual dari komponen atau mesin. Untuk mendapatkan program pemeliharaan yang efektif dan efisien dibutuhkan studi pemeliharaan berdasarkan keandalan. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah suatu analisis sistematis berdasarkan resiko untuk menciptakan metode pemeliharaan yang akurat, fokus, dan optimal dengan tujuan mencapai keandalan optimal dari aset. Studi ini dilakukan pada mesin-mesin industri, khususnya mesin las di industri karoseri. Studi dilakukan dengan mengikuti langkah RCM, yang di dalamnya adalah penentuan lingkup studi, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan penetapan strategi pemeliharaan. Analisis resiko berdasarkan matrik resiko disusun melalui konsensus semua pemangku kepentingan. Matrik resiko meliputi bidang-bidang kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), serta tingkat resiko (*severity*). Selanjutnya berdasarkan matrik resiko ini dihitung *Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan nilai RPN disusunlah strategi pemeliharaan untuk setiap jenis *failure mode*. Seluruh proses RCM dibantu dengan menggunakan *software* Minitab 18 yang dibuat khusus untuk keperluan ini. Hasil studi menunjukkan bahwa nilai RPN untuk semua peralatan berkisar antara 72 sampai 900. Studi RCM juga telah berhasil menetapkan strategi pemeliharaan yang sesuai untuk setiap *failure mode* yang dijadikan dasar penyusunan program pemeliharaan yang baru.

Kata kunci: pemeliharaan, mesin las, RCM, FMEA, strategi pemeliharaan.

Abstract. *Maintenance is a process that is done to maintain the reliability, availability and the nature of being able to take care of the components or machines. Maintenance program that will effectively and efficiently support the increase in productivity of production systems. But often ignored the needs of actual maintenance program of components or machines. To get the program effective and efficient maintenance required maintenance study based on reliability. Reliability Centered Maintenance (RCM) is a systematic risk-based analysis to create a maintenance method accurate, focused, and optimal with the aim of achieving optimal reliability of assets. RCM studies have been done on the machinery industry, one welding machine industry, carrosserie. The study was conducted by following these RCM, which is the determination of the scope of the study, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), and the determination of the maintenance strategy. Analysis of the risk based on risk matrix drawn up through consensus of all stakeholders. Risk matrix covers the areas the incidence (occurrence), detection, as well as the level of risk (severity). Subsequently based on this calculated risk matrix Risk Priority Number (RPN). Based on the RPN value, a maintenance strategy is proposed for each type of failure mode. The whole process is aided by the use of RCM software Minitab 18 made specifically for this purpose. This study results that the value of the RPN for all equipment ranges from 72 to 900. Study of the RCM have also managed to establish a maintenance strategy appropriate for each failure mode, which provided the basis for drafting the new maintenance program.*

Keywords: *maintenance, welding machine, RCM, FMEA, maintenance strategy.*

1. Pendahuluan

PT. TE adalah perusahaan nasional yang bergerak di bidang karoseri khususnya untuk jenis perusahaan karoseri *truck* dalam negeri. Kemampuan menyerap teknologi tinggi dan menerapkannya secara konsisten sehingga hasil produk unggulan PT. TE tetap diminati oleh para konsumen, seperti kendaraan *Crane* dan *Dump Truck* adalah hasil produk kendaraan andalan dari PT. TE yang sampai sekarang masih tinggi sekali peminatnya di seluruh Indonesia. Dalam kegiatan produksi PT. TE terdapat suatu produk yang berpengaruh terbesar yang berfungsi sebagai penyangga yaitu *sub frame*, produk ini diproduksi melalui beberapa tahapan dengan mengandalkan mesin seperti mesin *Cutting Plate*, *Bending Plate*, *Welding Metal Inert Gas*

(MIG). Adanya kerusakan pada salah satu mesin mampu menyebabkan penurunan laba akibat keterlambatan produksi yang dihasilkan, misalkan mesin *Welding*. Mengingat pentingnya peranan mesin *Welding* MIG untuk menjamin kelancaran produksi *sub frame*, maka pemeliharaan mesin tersebut harus menjadi perhatian bagi departemen *maintenance* agar peluang terjadinya *Downtime* akibat kerusakan mesin dapat diminimalkan.

Pemeliharaan atau *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang dilakukan secara berkala dengan tujuan mengidentifikasi serta mengganti peralatan yang rusak agar kembali pada kondisi tertentu pada periode tertentu.

Selama ini, kegiatan pemeliharaan mesin di PT. TE tidak berdasarkan pada data kerusakan sebagai acuan serta dalam pelaksanaannya masih belum terprogram dengan adanya SOP serta bidang khusus dalam perusahaan yang menangani pemeliharaan. Kegiatan pemeliharaan yang tidak teratur ini menyebabkan besarnya jumlah kerusakan, *downtime*, dan biaya perawatan. Jumlah kerusakan mesin *Welding* MIG dalam periode November 2017 - April 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah kerusakan mesin *Welding* periode Nov. 2017-Apr 2018

No	Bulan	Frekuensi Kerusakan
1.	November	7
2.	Desember	12
3.	Januari	9
4.	Februari	10
5.	Maret	9
6.	April	8
Total Frekuensi		55

Sumber: PT. TE (2018)

Tabel 2 Jumlah kerusakan komponen mesin *Welding* periode Nov. 2017-Apr 2018

No	Komponen	Nov	Des	Jan	Feb	Maret	April	Total
1.	Gun	3	4	1	3	0	0	11
2.	Wire Feeder	3	3	6	2	5	5	24
3.	Selang Regulator	1	3	0	1	1	0	6
4.	Trafo	0	1	1	1	2	2	7
5.	Stop Kontak	0	1	1	3	1	1	7
Total Frekuensi		7	12	9	10	9	8	55

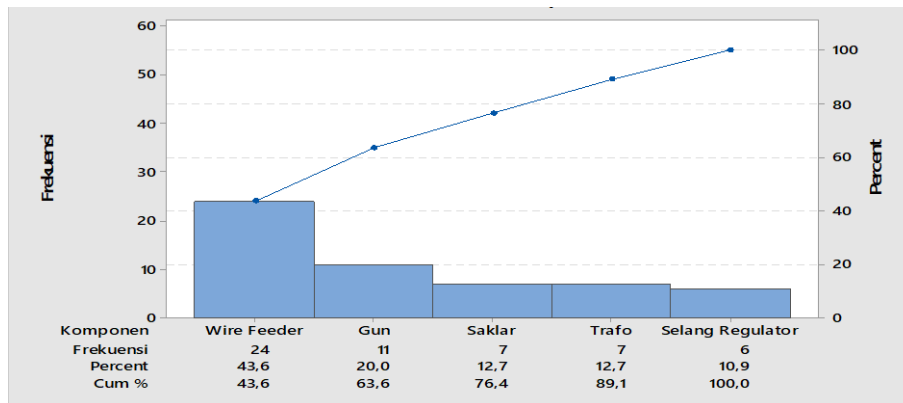
Sumber: PT. TE (2018)

Jumlah kerusakan mesin *Welding* khususnya komponen *Wire Feeder* yang masih tinggi dan nilai *downtime* yang lama menjadi permasalahan bagi perusahaan, serta pelaksanaan perawatan yang masih belum terprogram tanpa adanya SOP serta bidang khusus dalam organisasi perusahaan yang menangani perawatan. Seringkali pihak perusahaan hanya mengganti komponen tanpa memperhatikan kapasitas *Stock Spare Parts* dalam *Warehouse*. Dalam menentukan metode untuk permasalahan ini ada beberapa diantaranya *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Total Productive Maintenance* (TPM), menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap item fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan, RCM mempertahankan fungsi mesin tersebut dengan cara mengidentifikasi mode kegagalan lalu dilakukan pemilihan tindakan perawatan pencegahan yang efektif.

Tabel 3 Jumlah *down time* mesin *Welding* periode Nov. 2017-Apr 2018

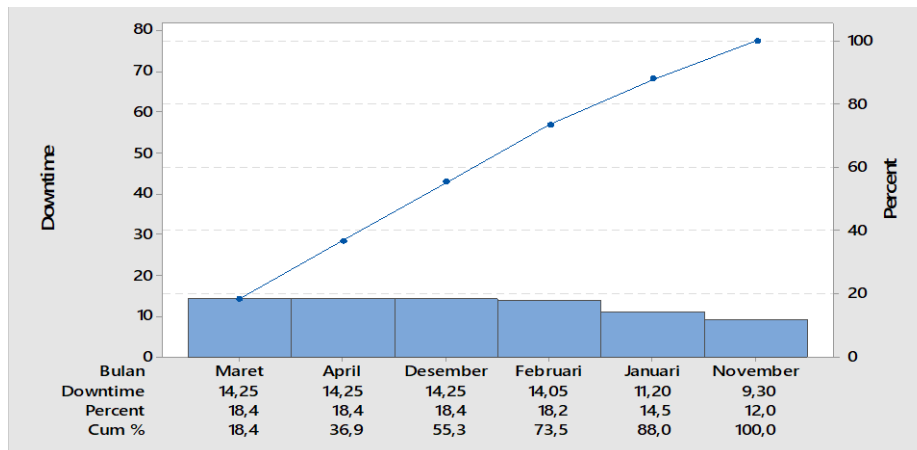
Bulan	Down Time (Jam)
November	9,30
Desember	14,25
Januari	11,20
Februari	14,05
Maret	14,25
April	14,25

Sumber: PT. TE (2018)



Gambar 1 Diagram Pareto komponen periode November 2017-April 2018
Sumber: PT. TE (2018)

Pada penelitian ini diharapkan mampu memaksimalkan waktu penggunaan mesin *Welding* di PT. TE. Pemilihan tindakan perawatan yang tepat dapat meningkatkan keandalan dan penurunan total biaya perawatan pada komponen-komponen kritis serta dapat berfungsi mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added*). Pada akhirnya, dengan menurunnya angka kerusakan mesin *Welding*, diharapkan keuntungan perusahaan dapat dimaksimalkan melalui produksi produk *sub frame* yang maksimal.



Gambar 2 Diagram Pareto downtime mesin *Welding* periode Nov. 2017-Apr 2018
Sumber: PT. TE (2018)

2. Kajian Teori

Perawatan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki (Gasperz, 2004 dalam Ahmadi & Hidayah 2017). Menurut Heizer dan Render (2015) dalam Ahmadi & Hidayah (2017), pemeliharaan adalah segala kegiatan yang dilakukan untuk menjaga sistem peralatan agar pekerjaan dapat sesuai dengan pesanan.

Perawatan juga didefinisikan sebagai suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 2004 dalam Ahmadi & Hidayah, 2017). Dapat disimpulkan bahwa kegiatan perawatan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan agar dapat melaksanakan kegiatan produksi dengan efektif dan efisien dengan hasil produk yang berkualitas. Sistem perawatan dapat dipandang

sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka perawatan akan lebih intensif (Assauri, 2004 dalam Ahmadi & Hidayah, 2017).

Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Menurut Pandi et al. (2014), *preventive maintenance* sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam golongan "*critical unit*". Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk golongan "*critical unit*", apabila:

- a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja.
- b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
- c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
- d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini adalah cukup besar atau mahal.

Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas *routine maintenance* dan *periodic maintenance*:

- a. *Routine maintenance*
Adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara routine misal, setiap hari.
- b. *Periodic maintenance*
Adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu misal satu kali setiap satu minggu sekali, lalu meningkat setiap bulan sekali, dan akhirnya setiap satu tahun sekali.

Corrective atau Breakdown Maintenance

Menurut Pandi et al. (2014), *corrective* atau *breakdown maintenance* yang dimaksudkan adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* ataupun telah dilakukan *preventive maintenance* tetapi sampai pada waktu tertentu fasilitas atau peralatan produksi yang ada. Oleh karena itu kebijaksanaan untuk melakukan *corrective maintenance* saja tanpa *preventive maintenance*, akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat kegiatan produksi apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada fasilitas produksi yang digunakan. Secara sepintas lalu kegiatan *corrective maintenance* saja adalah lebih murah biayanya dari pada mengadakan *preventive maintenance*. Hal ini adalah benar selama kerusakan belum terjadi pada fasilitas/peralatan sewaktu proses produksi berlangsung. Tetapi sekali kerusakan terjadi pada fasilitas/peralatan selama proses produksi berlangsung, maka akibat kebijaksanaan *corrective maintenance* saja akan jauh lebih parah dari pada *preventive maintenance*.

Performance Maintenance

Performance Maintenance terdiri dari 3 bagian (Kostas, 1981), yaitu:

1. **Reliability** adalah kemungkinan (probabilitas) dimana peralatan dapat beroperasi dibawah keadaan normal dengan baik. *Mean Time between Failure* (MTBF) adalah rata-rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF ini dirumuskan sebagai hasil bagi dari total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah atau frekuensi kegagalan pengoperasian mesin karena *breakdown*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operational Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \dots\dots\dots(1)$$

2. **Maintainability** adalah suatu usaha dan biaya untuk melakukan perawatan. Suatu pengukuran dari *Maintainability* adalah *Mean Time to Repair* (MTTR). Tingginya MTTR mengindikasikan rendahnya *maintainability*. Dimana MTTR merupakan indikator kemampuan (*skill*) dari operator *maintenance* mesin dalam menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan.

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana *Breakdown Time* adalah termasuk waktu menunggu untuk *repair*, waktu yang terbuang untuk melakukan *repair*, waktu yang terbuang untuk melakukan pengetesan dan mendapatkan peralatan yang siap untuk mulai beroperasi.

3. **Availability** adalah proporsi dari waktu peralatan atau mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan seharusnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan. Atau dengan definisi lain bahwa *availability* adalah *ratio* untuk melihat *line stop* ditinjau dari aspek *breakdown* saja. Suatu pengukuran dari *Availability* adalah :

$$\text{Availability} = \frac{\text{Total Operational Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Metoda *Reliability Centered Maintenance (RCM)* menurut *Moubray* (1997) dalam *Prasetyo* (2013), adalah metode pemeliharaan yang menentukan langkah-langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya. Metode *RCM* meliputi pembuatan kegagalan fungsi yang kemudian akan dicari mode kerusakannya. Dengan adanya mode kerusakan, penyebab kerusakan akan ditentukan sehingga dapat dianalisa pengaruh kerusakan terhadap unjuk kerja peralatan. Menurut *Kurniawan* (2013) mengemukakan bahwa *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengembangkan dan memilih alternatif desain pemeliharaan berdasarkan kriteria keselamatan operasional.

Beberapa tujuan penting dari penerapan *RCM* adalah:

1. Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *Preventive Maintenance*.
2. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan kehandalan.
3. Membentuk *Preventive Maintenance* dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan kehandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem.
4. Mendapatkan semua tujuan diatas dengan total biaya yang minimal dan memperlancar proses produksi sehingga dapat memaksimalkan keuntungan pendapatan yang diterima dari penjualan hasil produksi dari perusahaan.

Proses analisis umum dari *RCM* akan melibatkan langkah-langkah berikut:

1. Persiapan untuk analisis
2. Memilih peralatan yang akan dianalisis
3. Identifikasi fungsi dan kegagalan fungsi potensial
4. Identifikasi dan evaluasi efek dari kegagalan
5. Identifikasi akibat kegagalan

Akibat Kerusakan Menurut Reliability Centered Maintenance (RCM)

Menurut *Moubray* (1997) dalam *Prasetyo* (2013), kegagalan fungsi didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk memenuhi fungsi, poin pertama adalah kegagalan untuk memenuhi fungsi primer. Poin kedua adalah kegagalan untuk fungsi sekunder. Selain dari kedua kegagalan tersebut juga ada yang dinamakan kegagalan tersembunyi. Kegagalan tersembunyi adalah kegagalan yang dalam kondisi kerja normal tidak tampak. Contohnya kegagalan mesin cadangan tidak nampak karena mesin cadangan baru saja dioperasikan pada saat terjadi kegagalan mesin utama. Parameter performa peralatan juga penting untuk dicantumkan pada akibat kerusakan, parameter yang digunakan dalam performa adalah:

1. Standar performa kualitatif
2. Beberapa standar performa
3. Standar mutlak
4. Standar performa yang dapat berubah-ubah

Akibat kerusakan menurut *RCM* dapat dikelompokkan menjadi empat bagian:

1. Akibat terhadap kerusakan tersembunyi.

Jenis kerusakan ini tidak berakibat langsung pada unjuk kerja peralatan akan tetapi bila diabaikan dapat menimbulkan kerusakan bagian lainnya secara serius bahkan menimbulkan bencana besar.

2. Akibat terhadap keselamatan operator dan lingkungan kerja

Jenis kerusakan ini dapat membahayakan nyawa operator dan atau menimbulkan pencemaran lingkungan.

3. Akibat terhadap proses produksi

Jenis kerusakan ini berakibat pada operasional proses produksi sehingga mengakibatkan kerusakan produk, penurunan kualitas produk, kenaikan biaya operasional, kerugian jam kerja, dan berkurangnya kapasitas produksi.

4. Akibat terhadap non produksi

Jenis kerusakan ini berakibat pada non produksi yang berkaitan dengan biaya perbaikan.

Konsep *Reliability* (Keandalan)

Menurut *Ebeling* (1997) dalam *Prasetyo* (2013), keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas sistem akan memiliki kinerja sesuai fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu, variabel yang terpenting yang berkaitan dengan keandalan waktu. Dalam hal ini waktu yang berkaitan dengan laju kerusakan yang dapat menerangkan secara lebih jelas fenomena keandalan suatu sistem. Sedangkan fenomena kerusakannya dalam bentuk probabilitas kerusakan yang mengikuti suatu pola distribusi tertentu.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut *Kostas* (1981) dalam *Prasetyo* (2013), *Failure Mode and Effect Analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk gagasan. FMEA cukup luas diaplikasikan oleh peneliti untuk tujuan *improvement*, misalnya pada perbaikan manajemen pergudangan (*Simbolon & Hasibuan*, 2017), peningkatan nilai *overall equipment effectiveness* proses pembuatan kaca cermin (*Harun*, 2018) dan mesin printing kaca film (*Sultoni & Saroso*, 2018).

Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap kegagalan yang terjadi pada komponen, maka dilakukan analisa dengan menggunakan metode FMEA dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Identifikasi Kegagalan (*Failure*)
2. Identifikasi Fungsi Kegagalan Mesin (*Function Failure*)
3. Identifikasi Penyebab Kegagalan (*Failure Mode*)
4. Identifikasi Efek dari Kegagalan (*Failure Effect*)
5. Perhitungan *Severity*
6. Perhitungan *Occurance*
7. Perhitungan *Detection*
8. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Rumus perhitungan pada FMEA ini yaitu:

$$RPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

S = *Severity*; O = *Occurance*; D = *Detection*

Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari potensi kegagalan, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah. Tidak ada angka acuan RPN untuk melakukan perbaikan. Segera lakukan perbaikan terhadap *potencial cause*, alat control dan efek yang diakibatkan.

Mesin *Welding Metal Inert Gas* (MIG)

Definisi Las Mig menurut *Ausaid* (2001) dalam *Dian* (2014) adalah pengelasan dengan menggunakan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah disebut juga dengan *solid wire*. Sebagai pelindung oksidasi dipakai gas pelindung berupa gas kekal (*inert*), CO₂ dan *Arcal 21* dan juga *Wire Feeder* yang berfungsi memutar elektroda menjulur keluar pada saat proses pengelasan berlangsung. MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindungnya adalah menggunakan CO₂. Di dalam logam gas mulia, kawat las MIG yang digunakan berfungsi sebagai elektroda yang diumpankan terus menerus. Busur listriknya pun terjadi diantara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung tersebut adalah gas *argon*, *helium* yang bisa dicampur keduanya. Untuk menetapkan busur terkadang ditembakkan gas O₂ dari 2% sampai 5% ataupun CO₂ diantara 5% sampai 20%. Dengan banyaknya penggunaan las MIG sangat menguntungkan, karena hal-hal yang disebabkan oleh pengelasan ini sangat baik.

Las MIG biasanya banyak digunakan untuk pengelasan baja-baja yang memiliki kualitas yang baik, seperti baja yang memiliki daya tahan karat yang sangat tinggi, maupun baja-baja yang sangat kuat ataupun logam-logam yang tidak bisa dilas menggunakan teknik las manapun selain las MIG. Las MIG juga sering digunakan secara otomatis maupun secara semi-otomatis yang memiliki arus searah polaritas balik yang menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2mm sampai 2,4 mm. Karena perkembangan teknologi semakin canggih belakangan ini banyak menggunakan kawat elektroda yang memiliki diameter 3,2mm sampai 6,4mm yang digunakan untuk pengelasan aluminium yang sangat tebal, contohnya tangki penyimpanan gas alam cair. Las MIG ini juga digunakan yang memiliki kecepatan kawat elektroda yang tetap dengan cara pengumpan tarik dorong.

Komponen Utama Las Metal Inert Gas (MIG)

Komponen Utama Las MIG menurut Yogaswara (2004) dalam Andriana et al. (2014) adalah peralatan yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan tersebut, yang terdiri dari:

1. *Mesin Trafo*
Sistem pembangkit tenaga pada mesin Las MIG prinsipnya adalah Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current/AC*) dan Mesin las arus searah (*Direct Current/DC*).
2. *Wire Feeder*
Adalah alat pengontrol kawat elektroda, biasanya alat ini tidak menyatu dengan mesin las dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan.
3. *Welding Gun*
Merupakan sumbu yang menghantarkan arus yang berguna untuk mengarahkan api/percikan dari las tersebut.
4. *Regulator*
Fungsi utama dari *regulator* adalah untuk mengatur pemakaian gas, dan pelindung untuk pemakaian dalam waktu yang relatif lama.
5. *Kabel Las atau Saklar Kontrol*
Pada mesin las terdapat kabel primer dan kabel sekunder atau kabel las. Kabel primer kabel yang menghubungkan sumber tenaga dengan mesin las, Kabel sekunder adalah kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas yang terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan *gun* serta lainnya.

3. Metode Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa cara, yaitu:

1. Observasi Lapangan

Dengan melihat langsung ke lapangan, penulis mempelajari apa yang terjadi di *Department Maintenance* dan departemen lain yang berhubungan dengan proses produksi, pada proses perbaikan mesin *Welding* berikut data data yang dikumpulkan:

- 1) Data waktu pengamatan data waktu kerja masing-masing karyawan yang diambil melalui proses observasi dengan pihak perusahaan dan karyawan.
- 2) Data mengenai jumlah las di departemen produksi *sub frame*.
- 3) Data mengenai waktu dan hasil kerusakan mesin, meliputi tanggal terjadinya kerusakan, waktu mulai dan selesai perawatan.

2. Wawancara

Wawancara secara langsung dilakukan dengan perusahaan terkait proses perbaikan mesin *Welding* yang berhubungan permasalahan penelitian ini:

- 1) Waktu kerja masing-masing operator pada *departement maintenance* dan waktu kerja karyawan produksi.
- 2) Data hasil kerusakan mesin *Welding* dan data perhitungan komponen yang paling kritis.

3. Studi Pustaka

Teknik ini digunakan untuk mendapatkan informasi dari berbagai sumber seperti buku referensi, jurnal, dan data internal perusahaan.

Teknik Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan cara:

1. Data histori waktu kerja masing-masing operator dan karyawan pada *departement maintenance* dan produksi.
2. Data kerusakan komponen paling kritis dihitung dengan uji penentuan distribusi data, perhitungan *Time to Failure* (TTF) untuk mengetahui selisih waktu komponen diperbaiki dengan waktu kerusakan berikutnya dan perhitungan probabilitas dari mesin (*Availability*).
3. Menghitung *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui nilai kerusakan komponen yang kritis.
4. Menentukan sebaran distribusi, MLE, MTTF, interval perawatan, dan *availability software Minitab 18*.

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 4 Data waktu dan hasil kerusakan mesin *Welding*

No	Tanggal Mulai	Waktu Mulai	Tanggal Selesai	Waktu Selesai	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	27 Nov 2017	14.40	27 Nov 2017	15.40	1.10	-
2	05 Des 2017	08.35	05 Des 2017	09.45	1.10	55.75
3	06 Des 2017	08.30	06 Des 2017	09.50	1.20	15.35
4	12 Des 2017	10.10	12 Des 2017	11.35	1.25	53.15
5	18 Des 2017	16.15	18 Des 2017	16.55	0.40	56.65
6	28 Jan 2018	11.25	28 Jan 2018	13.35	1.10	563.50
7	01 Feb 2018	13.00	01 Feb 2018	14.10	1.10	103.25
8	10 Feb 2018	11.00	10 Feb 2018	14.10	1.10	221.50
9	09 Maret 2018	15.05	09 Maret 2018	16.40	1.35	651.55
10	20 Maret 2018	14.10	20 Maret 2018	15.25	1.15	269.10
11	03 April 2018	09.30	03 April 2018	11.00	1.30	340.05
12	19 April 2018	08.45	19 April 2018	10.20	1.35	290.30
13	28 April 2018	10.10	28 April 2018	11.50	1.40	223.50
14	15 Nov 2017	09.00	15 Nov 2017	10.45	1.45	-
15	06 Des 2017	10.10	06 Des 2017	11.15	1.05	24.5
16	22 Des 2017	14.45	22 Des 2017	16.20	1.35	60.10
17	19 Jan 2018	08.10	19 Jan 2018	09.45	1.35	54.55
18	15 Feb 2018	09.45	15 Feb 2018	10.45	1.00	656.00
19	20 Feb 2018	15.10	20 Feb 2018	16.30	1.20	131.15
20	21 Feb 2018	13.00	21 Feb 2018	14.10	1.10	4.30
21	06 Maret 2018	13.00	06 Maret 2018	14.10	1.10	318.50
22	10 April 2018	10.20	10 April 2018	13.20	2.20	845.10
23	17 Nov 2017	10.45	17 Nov 2017	11.30	0.45	-
24	20 Des 2017	10.00	20 Des 2017	10.50	0.50	40.5
25	27 Des 2017	09.00	27 Des 2017	09.30	0.30	18.85
26	03 Jan 2018	16.25	03 Jan 2018	17.35	1.15	54.55
27	08 Jan 2018	13.30	08 Jan 2018	13.55	0.25	55.25
28	09 Jan 2018	07.45	09 Jan 2018	10.00	2.15	17.50
29	15 Jan 2018	09.20	15 Jan 2018	10.50	1.30	64.55
30	03 Feb 2018	15.40	03 Feb 2018	16.45	1.05	466.30
31	01 Maret 2018	08.00	01 Maret 2018	10.20	2.20	384.15
32	01 April 2018	08.00	01 April 2018	10.45	2.45	749.40
33	16 Nov 2017	14.45	16 Nov 2017	16.05	1.20	-
34	21 Des 2017	11.35	21 Des 2017	13.45	1.10	40.50
35	10 Jan 2018	13.35	10 Jan 2018	15.00	1.25	187.85
36	02 Feb 2018	11.20	02 Feb 2018	14.10	1.50	557.20
37	14 Feb 2018	10.50	14 Feb 2018	13.20	1.30	291.40
38	25 Feb 2018	13.00	25 Feb 2018	14.20	1.20	271.40
39	10 Maret 2018	10.20	10 Maret 2018	11.50	1.30	317.00

No	Tanggal Mulai	Waktu Mulai	Tanggal Selesai	Waktu Selesai	TTR (Jam)	TTF (Jam)
40	26 Maret 2018	10.10	26 Maret 2018	11.55	1.45	342.20
41	09 April 2018	10.30	09 April 2018	11.30	1.50	342.35
42	20 Nov 2017	09.10	20 Nov 2017	10.45	1.35	-
43	27 Nov 2017	08.20	27 Nov 2017	09.50	1.30	59.50
44	29 Nov 2017	11.45	29 Nov 2017	14.00	1.25	33.30
45	04 Des 2017	14.25	04 Des 2017	15.00	0.35	44.45
46	08 Des 2017	09.50	08 Des 2017	11.00	1.10	30.85
47	18 Des 2017	14.30	18 Des 2017	16.45	2.15	91.50
48	04 Jan 2018	10.45	04 Jan 2018	11.30	0.45	147.00
49	18 Jan 2018	15.50	18 Jan 2018	16.50	1.00	128.35
50	07 Feb 2018	09.00	07 Feb 2018	11.30	2.30	481.10
51	14 Maret 2018	10.10	14 Maret 2018	10.40	0.30	846.40
52	15 Maret 2018	08.00	15 Maret 2018	11.00	3.00	5.20
53	29 Maret 2018	15.30	29 Maret 2018	16.50	1.20	347.30
54	21 April 2018	13.00	21 April 2018	14.00	1.00	556.10
55	29 April 2018	08.00	29 April 2018	09.45	1.45	195.00
				Total	78.10	12098.45

Sumber: PT. TE (2018)

Keterangan: WM= Waktu Mulai, WS= Waktu Selesai

Perhitungan TTR dan TTF adalah sebagai berikut:

1. *Time to Failure* (TTF) tanggal 27 November 2017 = 15.50 – 14.40 = 1 jam 10 menit = 1.10 jam
2. *Time to Repair* (TTR) tanggal 27 November 2017
27 November 2017 pukul 15.50 – 27 November 2017 pukul 17.00 + 28 November 2017 – 04 Desember 2017 (6 x 9 jam kerja x 60 menit) + 05 Desember 2017 08.00 – 05 Desember 2017 08.35
= 70 menit + 3240 + 35 menit = 3345 menit (55.75 jam)

Tabel 5 Data kerusakan komponen *Wire Feeder*

	Tanggal Mulai	Waktu Mulai	Waktu Selesai	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1.	15 November 2017	09.00	10.45	1.45	-
2.	27 November 2017	08.20	09.50	1.30	93.35
3.	29 November 2017	11.45	14.00	1.25	25.55
4.	06 Desember 2017	08.30	09.50	1.20	59.30
5.	06 Desember 2017	10.10	11.15	1.05	0.20
6.	12 Desember 2017	10.10	11.35	1.25	54.55
7.	03 Januari 2018	16.25	17.35	1.15	187.50
8.	04 Januari 2018	10.45	11.30	0.45	03.10
9.	10 Januari 2018	13.35	15.00	1.25	58.05
10.	18 Januari 2018	15.50	16.50	1.00	72.50
11.	19 Januari 2018	08.10	09.45	1.35	0.20
12.	28 Januari 2018	11.25	13.35	1.10	81.40
13.	02 Februari 2018	11.20	14.10	1.50	46.35
14.	20 Februari 2018	15.10	16.30	1.20	153.00
15.	09 Maret 2018	15.05	16.40	1.35	142.35
16.	10 Maret 2018	10.20	11.50	1.30	02.40
17.	20 Maret 2018	14.10	15.25	1.15	89.20
18.	26 Maret 2018	10.10	11.55	1.45	51.45
19.	29 Maret 2018	15.30	16.50	1.20	34.35
20.	03 April 2018	09.30	11.00	1.30	46.40
21.	09 April 2018	10.30	12.00	1.30	55.30
22.	19 April 2018	08.45	10.20	1.35	84.45
23.	28 April 2018	10.10	11.50	1.40	79.55
24.	29 April 2018	08.00	09.45	1.45	04.10

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Perhitungan TTF = (15 November 2018 jam 10.45 sampai 17.00) + (16-17 November 2018)
= 05.15 jam + 88.20 jam = 93.35 jam

Pengolahan Data

Data yang dibutuhkan adalah data *Mean Time between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*

Tabel 6 Data Total Operation Time pada 14 November 2017 – 14 April 2018

Bulan	Frekuensi Breakdown	Total Operation Time		Total (Jam)
		Loading (Operation)	Breakdown (TTR)	
November	7	390	9.30	380.30
Desember	12	570	14.25	555.35
Januari	9	660	11.20	648.40
Februari	10	570	14.05	555.55
Maret	9	630	14.25	615.35
April	8	270	14.25	255.35

Sumber: PT. TE (2018)

Contoh Perhitungan *Performance Maintenance* Pada Bulan November

$$MTBF = \frac{380.30}{7} = 54.33 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{9.30}{7} = 1.33 \text{ jam}$$

$$Availability = \frac{380.30}{390} \times 100\% = 97.51\%$$

Tabel 7 Rekapitulasi *Performance Maintenance*

Bulan	MTBF (Jam)	MTTR (Jam)	Availability (%)
November	54.33	1.33	97.51
Desember	46.28	1.19	97.42
Januari	72.09	1.24	98.24
Februari	55.56	1.41	97.46
Maret	68.37	1.58	97.67
April	31.92	1.78	94.67

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dalam perhitungan ini menggunakan nilai rating yang mana menggambarkan kerusakan yang terjadi pada mesin dan komponen saat proses produksi. Berikut ini nilai rating yang digunakan untuk menghitung total *Risk Priority Number* (RPN) diantaranya yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

Tabel 8 Kriteria dan nilai ranking untuk *Severity*.

Efek	Kriteria: <i>Severity</i> untuk FMEA	Rangking
Proses produksi berhenti.	Tidak tersedianya komponen pengganti.	10
Proses produksi berjalan dengan sangat lambat.	Tidak tersedianya komponen pengganti.	9
Proses produksi berjalan dengan lambat.	Komponen pengganti tersedia.	8
Proses produksi berjalan dengan sedikit terhambat.	Komponen tersedia.	7
Proses produksi berjalan cukup lancar.	Mesin rusak cukup parah.	6
Proses produksi berjalan lancar.	Rusak pada settingan mesin.	5
Proses produksi berjalan dengan bantuan operator.	Mesin rusak ringan.	4
Proses produksi sedikit terganggu.	Menunggu Komponen pengganti.	3
Proses produksi tetap berjalan.	Mesin <i>error</i> .	2
Proses produksi tidak terganggu.	Mesin kotor.	1

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Tabel 9 Kriteria dan nilai rangking untuk *Occurance*.

<i>Probability of Failure</i>	<i>Failure Rates</i>	Rangking
Sangat tinggi.	Setiap hari rusak.	10
Kerusakan hampir tidak dihindari.	Setiap 2 hari rusak.	9
Tinggi.	Setiap 3 hari rusak.	8
Kerusakan sering terjadi.	Setiap 4 hari rusak.	7
Kerusakan terulang kali terjadi.	Setiap 5 hari rusak.	6
Sedang.	Setiap 6 hari rusak.	5
Kerusakan sesekali terjadi.	Setiap seminggu sekali rusak.	4
Kerusakan jarang terjadi.	Setiap 2 minggu sekali.	3
Rendah.	Setiap 3 minggu sekali	2
Relatif sedikit kerusakannya.	Setiap sebulan sekali.	1

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Tabel 10 Kriteria dan nilai rangking untuk *Detection*

Deteksi	<i>Criteria Likelihood of Detection</i>	Rangking
Sepenuhnya tidak pasti.	Alat atau informasi tidak mendeteksi kerusakan.	10
Sangat jarang.	Alat untuk mendeteksi kerusakan rusak.	9
Jarang.	Jarang alat untuk mendeteksi penyebab kerusakan.	8
Sangat rendah.	Kemampuan alat untuk mendeteksi kerusakan sangat rendah.	7
Rendah.	Alat untuk mendeteksi kerusakan rendah.	6
Cukup.	Alat cukup untuk mendeteksi kerusakan.	5
Cukup tinggi.	Alat atau informasi cukup tinggi mendeteksi penyebab kerusakan.	4
Tinggi.	Alat atau informasi tinggi kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kerusakan.	3
Sangat tinggi.	Alat atau informasi sangat tinggi dapat mendeteksi penyebab kerusakan.	2
Hampir pasti.	Operator Produksi dalam memberikan laporan kerusakan sama dengan apa yang terjadi di lapangan.	1

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Berdasarkan analisis FMEA nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk komponen didapatkan dari penentuan nilai rating *severity*, *occurance*, dan *detection*. Berikut contoh perhitungan nilai RPN:

S = *severity*, nilai rangking 1-10; O = *occurance*, nilai rangking 1-10; D = *detection*, nilai rangking 1-10;

$$RPN = S \times O \times D$$

Tabel 11 *Failure Mode and Effect Analysis* pada komponen *Wire Feeder*

FMEA Worksheet		SISTEM : Komponen <i>Wire Feeder</i>						
<i>Function</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect Failure</i>	S	<i>Potential Effect Failure</i>	O	<i>Potential Effect Failure</i>	D	RPN
Pengontrol Kawat elektroda	Pengumpan Kawat rusak.	Daya putar stang metal tidak beraturan	9	Bagian komponen stang metal tidak bekerja	8	Mengontrol kinerja stang metal jalan	8	576
	<i>Wire Feeder</i> tidak bekerja	Kawat elektroda habis	7	<i>Fly Wheel</i> berhenti	1	Mengganti komponen	5	35
Total RPN							611	

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Berdasarkan analisa melalui FMEA didapatkan nilai RPN komponen *Wire Feeder* yaitu sebesar 611.

Penentuan Distribusi Data

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan dilakukan dengan *Software Minitab 18*. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *correlation coefficient* yang terbesar dari setiap distribusi.

Distribution	Goodness-of-Fit	
	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1,878	0,932
Lognormal	2,920	0,867
Exponential	2,035	*
Normal	1,124	0,958

Gambar 3 Hasil *Distribution ID Plot* menggunakan *software*
 Sumber: Pengolahan Data (2018)

Tabel 12 Pemilihan distribusi berdasarkan *Index of Fit* untuk data *Time to Failure*

Komponen	Distribusi	Index Of Fit
Wire Feeder	Weibull	0.932
	Lognormal	0.867
	Exponential	Ditolak
	Normal	0.958

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Setelah dilakukan perhitungan secara manual dengan bantuan *software*, dapat dilihat hasil dimana *index of fit* yang terbesar adalah 0.958 yaitu distribusi normal. Maka dapat disimpulkan bahwa data selang waktu antar kerusakan komponen *wire feeder* adalah berdistribusi normal.

Selanjutnya adalah perhitungan parameter berdasarkan pada distribusi yang terpilih menggunakan bantuan *software minitab 18* dengan metode *Maximum Likelihood Estimator (MLE)*.

Distribution Analysis: komponen wire feeder (TTF)

Variable: komponen wire feeder (TTF)

Censoring

Censoring Information	Count
-----------------------	-------

Uncensored value 23

Estimation Method: Maximum Likelihood

Distribution: Normal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	61,9391	10,1349	42,0751	81,8032
StDev	48,6053	7,16645	36,4066	64,8912

Log-Likelihood = -121,961

Goodness-of-Fit

Anderson-Darling
(Adjusted)

1,150

Gambar 4 Hasil perhitungan MLE *Analysis* menggunakan *Minitab*

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Tabel 13 Hasil Perhitungan MLE *Characteristics* Menggunakan *Minitab*

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean(MTTF)	61,9391	10,1349	42,0751	81,8032
Standard Deviation	48,6053	7,16645	36,4066	64,8912
Median	61,9391	10,1349	42,0751	81,8032
First Quartile(Q1)	29,1554	11,2286	7,14780	51,1630
Third Quartile(Q3)	94,7229	11,2286	72,7153	116,730
Interquartile Range(IQR)	65,5675	9,66740	49,1118	87,5369

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Tabel 14 Hasil perhitungan MLE Untuk Data *Time to Failure*

	Distribusi	Parameter
Wire Feeder	Normal	μ : 61.9391 α : 48.6053

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Perhitungan MTTF, Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen, dan *Availability* pada komponen *Wire Feeder*

1. MTTF Komponen *Wire Feeder*

Setelah didapat distribusi yang sesuai, maka selanjutnya adalah dilakukan perhitungan MTTF berdasarkan parameter distribusi yang terpilih.

Tabel 15 Hasil Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	MTTF (Jam)
Wire Feeder	Normal	61.9391

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Dari tabel di atas didapat nilai MTTF sebesar 61.9391 jam pada komponen *Wire Feeder* menunjukkan bahwa setelah kerusakan terjadi, maka kurang lebih 61.9391 jam kemudian akan terjadi kerusakan lagi.

2. Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen *Wire Feeder*

Untuk melakukan penggantian pencegahan ini dilakukan perhitungan yang sifatnya *trial and error* dengan bantuan *software minitab* sehingga diperoleh nilai *downtime* minimum.

Percent	Percentile	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
1	-51,1336	19,5105	-89,3735	-12,8937
2	-37,8839	17,8700	-72,9085	-2,85921
3	-29,4773	16,8638	-62,5298	3,57522
4	-23,1534	16,1283	-54,7644	8,45757
5	-18,0094	15,5457	-48,4783	12,4595
6	-13,6310	15,0620	-43,1521	15,8900
7	-9,79206	14,6483	-38,5021	18,9180
8	-6,35473	14,2867	-34,3561	21,6466
9	-3,22860	13,9656	-30,6007	24,1435
10	-0,351005	13,6772	-27,1578	26,4558
20	21,0319	11,7938	-2,08356	44,1474
30	36,4505	10,8092	15,2648	57,6362
40	49,6251	10,2962	29,4449	69,8054
50	61,9391	10,1349	42,0751	81,8032
60	74,2531	10,2962	54,0729	94,4334

70	87,4277	10,8092	66,2421	108,613
80	102,846	11,7938	79,7309	125,962
90	124,229	13,6772	97,4225	151,036
91	127,107	13,9656	99,7348	154,479
92	130,233	14,2867	102,232	158,234
93	133,670	14,6483	104,960	162,380
94	137,509	15,0620	107,988	167,030
95	141,888	15,5457	111,419	172,357
96	147,032	16,1283	115,421	178,643
97	153,356	16,8638	120,303	186,408
98	161,762	17,8700	126,737	196,787
99	175,012	19,5105	136,772	213,252

Gambar 5 Hasil Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan *software*
Sumber: Pengolahan Data (2019)

Tabel 16 Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Komponen	Interval Penggantian Pencegahan (Jam)
Wire Feeder	10.1349

Sumber: Pengolahan Data (2019)

3. Analisis Perhitungan *Availability* Komponen *Wire Feeder*

Availability merupakan probabilitas suatu komponen dapat beroperasi sesuai fungsinya, semakin tinggi kemampuan komponen maka semakin baik keadaan komponen tersebut untuk dapat beroperasi dengan baik.

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \times 100\% \\
 &= \frac{61.196}{61.196 + 1.239} \times 100\% \\
 &= 0.9801 \times 100 \\
 &= 98.01\%
 \end{aligned}$$

Tabel 17 Nilai *Availability* Komponen *Wire Feeder*

Komponen	Nilai <i>Availability</i> setelah penggantian pencegahan
Wire feeder	0.9801

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Berdasarkan hasil perhitungan *Availability* pada komponen *Wire Feeder* setelah dilakukan perawatan pencegahan, maka kita dapat mengetahui *Availability* komponen *Wire Feeder* pada mesin las MIG yaitu sebesar 98%. Ini artinya bahwa setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan terhadap komponen maka kerusakan pada komponen tersebut dapat teratasi sebesar 98% dari total kerusakan komponen *Wire Feeder* pada mesin las MIG.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Diketahui Nilai RPN untuk FMEA pada komponen kritis *wire feeder* yaitu sebesar 611. Pola distribusi waktu antar kerusakan komponen *wire feeder* adalah berdistribusi normal. Nilai parameter untuk komponen *wire feeder* pada median adalah 61.9391, dan standar deviasi yaitu 48.6053. Nilai MTTF untuk komponen *wire feeder* adalah 61.9391 jam.

Selang waktu interval penggantian pencegahan dan perawatan pada komponen *wire feeder* adalah sebesar 10.1349

2. Nilai *Availability* untuk komponen *wire feeder* adalah 98%.
3. Berdasarkan perhitungan *performance maintenance* diketahui nilai MTBF, MTTR, dan *Availability*. Pada mesin las MIG selama periode Bulan November 2017-Bulan April 2018.
 - a. Bulan November = MTBF 54.33 Jam, MTTR 1.33 Jam, *Availability* 97.51%.
 - b. Bulan Desember = MTBF 46.28 Jam, MTTR 1.19 Jam, *Availability* 97.42%.
 - c. Bulan Januari = MTBF 72.09 Jam, MTTR 1.24 Jam, *Availability* 98.24%.
 - d. Bulan Februari = MTBF 55.56 Jam, MTTR 1.41 Jam, *Availability* 97.46%.
 - e. Bulan Maret = MTBF 68.37 Jam, MTTR 1.58 Jam, *Availability* 97.67%.
 - f. Bulan April = MTBF 31.92 Jam, MTTR 1.78 Jam, *Availability* 94.67%.

Saran

1. Pihak perusahaan diharapkan mengakses secara lengkap seluruh kerusakan yang terjadi pada mesin las MIG sehingga dapat dibuatkan program tentang keandalan, jadwal perawatan, penggantian komponen, dan persediaan komponen cadangan yang tepat.
2. Dilakukan pemeriksaan secara berkala pada komponen *wire feeder*, dan agar ketersediaan komponen dapat terpenuhi dengan baik, begitu juga komponen yang lainnya.

Referensi

- Ahadi, N. & Hidayah, N.Y. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmoud Dengan Metode RCM di PT CCAI, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 16, No.2, pp. 167-176.
- Andrilia, D., Tama, I.P. dan Rahman, A. (2014). Strategi Perawatan Pada Mesin Las MIG di Industri Karoseri Kendaraan Niaga Dengan Simulasi Monte Carlo di PT. Adi Putro Wirasejati Malang. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. Vol 2. No. 1. pp. 163-174.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
- Dhillon, S. dkk (1995). *Reliability, Maintainability, and Management*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Company.
- Harun, A.R. (2018). Peningkatan Nilai Overall Equipment Effectiveness Pada Proses Pembuatan Kaca Cermin Dengan Metode FMEA. *Operations Excellence*, Vol 10, No 1, pp. 47-64.
- Kostas, D. (1981). *Operational Management*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Moubray, (1991). *Reliability Centered Maintenance*. Oxford: Butterworth Heineman.
- Pandi, S.D., dkk (2014). Perancangan *Preventive Maintenance* pada Mesin Corrugating dan Mesin Flexo di PT. Surindo Teguh Gumilang. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, Vol 13, No. 1.
- Prasetyo, R. (2013). Analisis Penerapan Metode RCM dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem *Maintenance* di PT. PG X. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol 4. No. 1, pp 43-52.
- Sultoni, A. dan Saroso, D.S. (2019). Peningkatan nilai OEE pada mesin printing kaca film menggunakan metode FMEA dan TPM. *Operations Excellence*, Vol 11, No 2, pp. 131-143.
- Supandi. (1990). *Manajemen Perawatan Industri*. Bandung: Ganeca Exact.