

ANALISIS PERFORMANCE MESIN RESIDUAL OIL MAIN BURNER PADA UNIT PLTU 3/4 DENGAN METODE RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY (RAM) DI PT XYZ

Luky Noviansyah¹⁾, Erlina Purnamawati²⁾, Dira Ernawati³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

Email: lukynoviansyah@gmail.com¹⁾, erlinap.ti@upnjatim.ac.id²⁾, dira.ti@upnjatim.ac.id³⁾

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan anak perusahaan PLN BUMN produsen listrik yang salah satu penyuplai kebutuhan listrik di Jawa Timur. Salah satu unit pembangkit listrik Gresik yaitu PLTU unit 3 dan 4 yang mempunyai mesin kritis residual oil main burner pada sistem operasi listrik. Residual Oil Main Burner merupakan tempat pembakaran minyak yang dioperasikan ketika dibutuhkan dua pembakaran. Pada mesin residual oil main burner tidak terdapat penjadwalan pemeliharaan yang tepat. Maka dari itu perlunya kebijakan maintenance pada mesin residual oil main burner yang tepat. Metode yang digunakan Reliability Availability Maintainability (RAM) yang bertujuan untuk memprediksi kinerja keandalan, ketersediaan, kemampuan perawatan dari mesin sehingga memiliki performance mesin yang baik. Hasil penelitian menunjukkan performance mesin dengan menggunakan metode Reliability Availability Maintainability (RAM), diperoleh nilai reliability sebesar 80,36% pada $R(t) = 240$ jam dan untuk mencapai nilai maintainability 81% dibutuhkan waktu perbaikan selama lima jam dengan inherent availability sebesar 99,31% dan operational availability sebesar 95,23%.

Kata Kunci: *availability, maintainability, reliability, residual oil main burner.*

ABSTRACT

PT. XYZ is a subsidiary of state-owned electricity company PLN which is one of the suppliers of electricity needs in East Java. One of the Gresik power plant units is PLTU unit 3 dan 4 which has a critical residual oil main burner engine in the electric operating system. Residual Oil Main Burner is an oil combustion station that is operated when two combustion is needed. In the residual oil main burner engine there is no proper maintenance scheduling. Therefore the need for maintenance policies on the right main burner residual oil engine. The method used is Reliability Availability Maintainability (RAM) which aims to predict the performance of the reliability, availability, maintenance capabilities of the machine so that it has good machine performance. The results showed the machine's performance using the Reliability Availability Maintainability (RAM) method, a reliability value of 80.36% is obtained at $R(t) = 240$ hours and to achieve a value of 81% maintainability requires repair time of five hours with inherent availability of 99, 31% and operational availability 95.23%.

Keywords: *availability, maintainability, reliability, residual oil main burner.*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah sebuah anak perusahaan PLN BUMN produsen listrik yang menyuplai kebutuhan listrik. Salah satu dari unit pembangkit listrik yaitu terletak di Gresik dengan kapasitas 2.260 Mega Watt. Unit Pembangkit listrik yang terletak di Gresik terdiri dari PLTU unit 1 dan 2 dengan daya masing-masing 100 Mega Watt, PLTU unit 3 dan 4 dengan daya masing-masing 100 Mega Watt, PLTGU blok 1,2, dan 3 dengan daya masing-masing 526 Mega Watt, PLTG unit 1 dan 2 dengan daya masing-masing 20 Mega Watt.

Masalah utama dalam PT. XYZ pada unit PLTU 3 dan 4 unit pembangkit Gresik adalah tidak ada penjadwalan pemeliharaan yang tepat dan sering mengalami kerusakan pada mesin *residual oil main burner* dengan 10 kerusakan yang dialami dari histori data selama april 2018 - april 2019. Untuk itu dilakukan pengukuran kinerja dari mesin *residual oil main burner* dengan metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *reliability*, *availability*, dan *maintainability* pada mesin *residual oil main burner* yang memenuhi standart IVARA sehingga dapat menghasilkan jadwal *preventive maintenance* dan waktu perbaikan pada unit PLTU 3/4 di PT. XYZ Unit Pembangkit Gresik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Perawatan

Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awal. Perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankan pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Perawatan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional dan aman, dan apabila terjadi kerusakan maka dapat dikendalikan pada kondisi operasional yang handal dan aman (Ansori & Mustajib, 2013). Efektivitas kegiatan perawatan mesin dapat memberikan dampak positif terhadap operasi dan keuntungan organisasional (Samat, dkk. 2011). Peranan manajemen perawatan dalam dunia industri terus meningkat disebabkan semakin mahalnya biaya pembelian teknologi baru (Bartz, dkk. 2014).

Pemeliharaan atau perawatan di suatu industri merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendukung suatu proses produksi yang mempunyai daya saing di pasaran. Produk yang dibuat industri harus mempunyai kualitas baik, harga pantas dan diserahkan ke konsumen dalam waktu yang tepat. (Kurniawan,2013:1) menyatakan “Manajemen Perawatan adalah upaya pengaturan aktivitas untuk menjaga kontinuitas produksi, sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki daya saing, melalui pemeliharaan fasilitas industri”.

Perawatan dapat didefinisikan sebagai sebagai semua kegiatan yang dibutuhkan untuk menjaga sebuah sistem bekerja sebagaimana fungsinya. Kegiatan tersebut diantaranya termasuk pemeriksaan, pelumasan, pengaturan, perbaikan, penggantian dan lain sebagainya (Pandey et al, 2012).

Menurut Harsanto (2013), pemeliharaan adalah serangkaian aktivitas untuk menjaga agar fasilitas atau peralatan senantiasa dalam keadaan siap pakai.

Menurut Heizer dan Render (2011), pemeliharaan adalah mencakup semua aktivitas yang berkaitan dengan menjaga semua peralatan sistem agar dapat tetap bekerja.

Menurut Manzini (2010), perawatan adalah fungsi yang memonitor dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (uptime) dan meminimisasi selang waktu berhenti (downtime) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan maupun perbaikan.

Perawatan adalah aktivitas untuk menjaga kualitas peralatan agar berfungsi dengan baik. Mesin produksi yang sudah tua adalah salah satu penyebab utama tingginya downtime (bangun, 2014). Kebijakan perawatan yang optimal dapat mengurangi frekuensi kerusakan dan menurunkan biaya perawatan mesin (Iriani, 2011). Dalam upaya pemenuhan kebutuhan produksi perlu adanya perbaikan pada proses produksi dengan meminimasi sumber-sumber waste pemborosan (Ristyowati, 2017). Dalam proses produksi seringkali terjadi gangguan mesin atau peralatan sehingga mengganggu proses yang mengakibatkan pengurangan waktu efektif kerja (Ningrum, 2016).

B. Tujuan Perawatan

Perawatan adalah pendukung bagi kegiatan komersil dengan cara efektif, efisien dan berbiaya rendah. Adanya biaya perawatan ini, maka mesin produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai. Menurut Sudrajat (2011), Beberapa tujuan perawatan yang utama adalah:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan diluar batas serta menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan, selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Mencapai tingkat biaya perawatan secara efektif dan efisien secara keseluruhan.
5. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
6. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi dengan cara mengurangi downtime.
7. Memperpanjang umur atau masa pakai dari mesin tersebut.

C. Jenis-jenis Perawatan

Menurut Prawirosentono (2009), perawatan terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. *Planned Maintenance* (perawatan yang terencana)

Planned Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan terlebih dahulu. Pemeliharaan perencanaan ini mengacu pada rangkaian proses produksi. *Planned Maintenance* terdiri dari:

- *Preventive Maintenance* (perawatan pencegahan). *Preventive Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilaksanakan dalam periode waktu yang tetap atau dengan kriteria tertentu pada berbagai tahap proses produksi. Tujuannya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya. Aktivitas yang dilakukan dalam pemeliharaan ini berupaya mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sebuah peralatan atau system peralatan, dengan sebuah program yang terjadwal, sistematis, tindakan koreksi secara dini, dan berupaya mempertahankan fungsi kerja peralatan dalam sebuah sistem. Beberapa aspek yang

diperhatikan dalam pemeliharaan preventif adalah frekuensi inspeksi, interval pemeliharaan, panduan penggantian komponen, dan manajemen suku cadang (EBrahimi, 2010). Sebuah perencanaan yang memerlukan inspeksi rutin, pemeliharaan dan menjaga agar fasilitas dalam keadaan baik sehingga tidak terjadi kerusakan di masa yang akan datang. Pekerjaan dasar pada perawatan *preventive* adalah: inspeksi, pelumasan, perencanaan dan penjadwalan, pencatatan dan analisis, latihan bagi tenaga pemeliharaan, serta penyimpanan suku cadang. sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan dapat terpenuhi penggunaannya (Daryus, 2007).

- *Scheduled Maintenance* (perawatan terjadwal). *Scheduled Maintenance* adalah perawatan yang bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan.
- *Predictive Maintenance* (perawatan prediktif). *Predictive Maintenance* adalah strategi perawatan di mana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Perawatan prediktif disebut juga perawatan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) atau juga disebut monitoring kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin serta keselamatan kerja terjamin.

2. *Unplanned Maintenance* (perawatan tidak terencana)

Unplanned Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba-tiba memberikan hasil yang tidak layak. Dalam hal ini perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan atas mesin secara tidak berencana. *Unplanned maintenance* terdiri dari:

- *Emergency Maintenance* (perawatan darurat). *Emergency Maintenance* adalah kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah.
- *Breakdown Maintenance* (perawatan kerusakan). *Breakdown Maintenance* adalah pemeliharaan yang bersifat perbaikan yang terjadi ketika peralatan mengalami kegagalan dan menuntut perbaikan darurat atau berdasarkan prioritas.
- *Corrective Maintenance* (perawatan penangkal). *Corrective Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya. Misalnya: terjadi kekeliruan dalam mutu/bentuk barang, maka perlu diamati tahap kegiatan proses produksi yang perlu diperbaiki (koreksi). Tujuan dari perawatan adalah untuk menjaga serta mempertahankan kelangsungan operasional dan kinerja system agar produksi dapat berjalan tanpa hambatan (Mardianto, 2010). Jika suatu sistem mengalami kerusakan maka akan memerlukan perawatan perbaikan. Karakteristik tersebut menyebabkan *corrective maintenance* juga sering disebut sebagai *reactive maintenance*. Sifatnya yang reaktif menyebabkan *corrective maintenance* hanya mampu memenuhi kebutuhan bisnis secara parsial. Akan tetapi, risiko terbesar dari *corrective maintenance* adalah tingginya downtime dan penurunan level produksi yang tidak diharapkan (Bartz, dkk. 2014). *Corrective maintenance* adalah pemeliharaan dilakukan setelah kegagalan sistem terjadi dan dimaksudkan untuk mengembalikan keadaan sistem yang sesuai dengan fungsinya (Daya, dkk. 2009).

D. *Hal-hal yang Harus Diperhatikan Oleh Bagian Pemeliharaan*

Pimpinan bagian pemeliharaan harus memperhatikan 6 persyaratan agar pekerjaan bagian pemeliharaan dapat efisien. Adapun ke-6 persyarat tersebut adalah (Assauri, 2013):

1. Harus ada data mengenai peralatan yang di miliki perusahaan. Dalam hal ini data yang dimaksud adalah seluruh data mengenai peralatan seperti nomor, jenis (*type*), umur dan tahun pembuatan, keadaan dan kondisi, pembebanan dalam operasi, produk yang direncanakan perjam atau kapasitas, bagaimana operator menjalankan peralatan tersebut, berapa orang yang dibutuhkan dalam bagian pemeliharaan, kapasitas dan keahliannya, jumlah mesin dan sebagainya. Dari data ini akan ditentukan banyaknya kegiatan pemeliharaan yang dibutuhkan dan yang mungkin diperlukan.
2. Harus ada *planning* dan *schedulling*
Dalam hal ini harus disusun perencanaan kegiatan pemeliharaan untuk jangka panjang dan jangka pendek, seperti pencegahan, inspeksi, keadaan yang diawasi, peminyakan, pembersihan, reparasi kerusakan. Selain itu juga berisi rencana pendidikan dan latihan personalia pemeliharaan, pembangunan bengkel baru dan sebagainya. Disamping itu *planning* dan *scheduling* ini menentukan apa yang akan dilakukan dan kapan dikerjakan serta urutan – urutan pengerjaan atau prioritasnya dan dimana dikerjakannya. Perlu pula direncanakan banyaknya tenaga pemeliharaan yang harus ada agar pekerjaan pemeliharaan dapat efektif dan efisien.
3. Harus ada surat perintah yang tertulis
Surat perintah haruslah memberitahukan tentang:
 - Apa yang harus dilakukan atau dikerjakan
 - Siapa yang mengerjakan
 - Dimana dikerjakan, diluar atau didalam pabrik. Kalau di dalam pabrik, bagian mana yang mengerjakan
 - Ditentukan berapa tenaga dan peralatan yang dibutuhkan dan macamnya
 - Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut dan waktu selesainya.
4. Harus ada persediaan suku cadang
Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dibutuhkan adanya suku cadang dan material, maka suku cadang dan material ini harus disediakan dan diawasi. Dengan pengawasan ini maka pimpinan bagian pemeliharaan harus selalu berusaha supaya suku cadang dan material harus ada pada saat yang dibutuhkan dan investasi dari persediaan adalah minimum (dalam arti cukup, tidak kurang dan tidak lebih). Jadi perlu dijaga agar tetap tersedia suku cadang dan material yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup dengan suatu investasi yang minimum.
5. Harus ada catatan
Catatan tentang kegiatan pemeliharaan yang harus dilakukan dan apa yang perlu untuk kegiatan pemeliharaan tersebut. Jadi perlu ada catatan dan gambaran yang menunjukkan jumlah dan macam serta letak peralatan yang ada dan karakter dari masing – masing peralatan ini, serta catatan inspeksi (intervalnya berapa lama), biaya pemeliharaan, catatan mengenai gambaran produk seperti jam produksi yang berjalan, waktu produksi dan jumlah produksi.
6. Harus ada laporan, pengawasan dan analisa
Laporan tentang kemajuan yang kita adakan, pembetulan yang telah kita adakan dan pengawasan. Kalau pemeliharannya baik, maka hal ini sebenarnya berkat laporan dan kontrol yang ada, dimana kita dapat melihat efisiensi dan penyimpangannya. Disamping

itu juga perlu dilakukan penganalisaan tentang kegagalan – kegagalan yang pernah terjadi dan waktu berhenti. Analisa ini penting untuk dapat digunakan dalam pengambilan keputusan akan kebijaksanaan pemeliharaan.

E. *Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR)*

MTBF (*Mean Time between Failures*) adalah waktu rata-rata antara dua kegagalan berturut-turut dari suatu komponen. Ini adalah ukuran dasar dari keandalan dan ketersediaan sistem dan biasanya direpresentasikan sebagai satuan jam (Hoda & Azad, 2014).

Mean Time to Repair (atau *Recover*) adalah rata-rata waktu yang diambil untuk memperbaiki modul yang gagal. Ini waktu termasuk waktu yang diperlukan untuk mendeteksi cacat, waktu yang diperlukan untuk membawa petugas perbaikan di tempat, dan waktu yang diperlukan untuk secara fisik memperbaiki modul yang gagal. Sama seperti MTBF, MTTR biasanya dinyatakan dalam satuan jam (Hoda & Azad, 2014).

F. *Reliability Availability Maintainability*

Keandalan suatu mesin sangat dipengaruhi oleh cara perawatan mesin itu sendiri. Kondisi mesin dan peralatan yang terawat merupakan komponen penting dalam manajemen pemeliharaan mesin/peralatan di lantai pabrik. Setiap mesin terdiri dari berbagai jenis komponen penyusunnya, masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan dan pergeseran nilai reliabilitasnya, karena seiring bertambahnya waktu nilai reliabilitas dari sebuah mesin akan semakin berkurang (Hamid, 2013).

Reliability adalah probabilitas suatu item untuk bekerja secara normal pada saat operasional. *Availability* adalah ketersediaan suatu item untuk bekerja secara normal saat operasional. *Maintainability* adalah peluang suatu sistem atau komponen yang rusak dikembalikan ke fungsi awal komponen atau sistem dalam suatu periode waktu yang telah disepakati dan dilakukan dengan prosedur perawatan tertentu (Stapelberg, 2009).

1. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang paling banyak dipakai di dalam mengevaluasi keandalan sistem.

Fungsi *reliability*-nya adalah

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(1)$$

Mean time to failure dari distribusi weibull itu adalah

$$MTTF = \gamma + \eta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \dots\dots\dots(2)$$

2. Distribusi Normal

Distribusi normal yang sering direfrensikan sebagai distribusi Gaussian, merupakan distribusi probabilitas yang paling banyak dan sering dipakai.

Fungsi keandalan dari sebuah komponen yang memiliki distribusi normal dapat ditulis sebagai

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma t}\right)^2} dt \dots\dots\dots(3)$$

3. Distribusi Lognormal

Menurut Muhsin (2016), Distribusi lognormal berhubungan dengan distribusi normal. *Time to failure*, dari suatu komponen dikatakan memiliki distribusi lognormal

Fungsi keandalan dari komponen yang mengikuti distribusi lognormal adalah

$$R(t) = 1 - \Phi \left[\frac{t - \mu_t}{\sigma_t} \right] \dots \dots \dots (4)$$

Mean Time Between Failure (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dari distribusi lognormal itu adalah

$$MTBF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots \dots \dots (6)$$

$$t_{med} = e^{\alpha} \dots \dots \dots (7)$$

$$\alpha = \frac{\sum \ln(t_i)}{n} \dots \dots \dots (8)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\ln t_i - \alpha)^2}{(n-1)}} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan: t_{med} = Nilai tengah waktu perbaikan atau waktu antar kerusakan

s = Shape parameter/parameter bentuk

e = Kontanta matematika

α = Rata – rata $\ln(t)$

Menurut Yusra, dkk. (2018), Fungsi kemampuan perawatan dari komponen yang mengikuti distribusi lognormal adalah

$$M(t) = 1 - \exp \left(-\frac{t}{MTTR} \right) \dots \dots \dots (10)$$

Fungsi ketersediaan dari komponen yang mengikuti distribusi lognormal adalah

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots \dots \dots (11)$$

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus Operasi} \dots \dots \dots (12)$$

4. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang paling banyak dipakai di dalam mengevaluasi keandalan sistem.

Fungsi keandalannya adalah

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(u) du = e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (13)$$

G. Cost of Unreliability (COUR)

Menurut Vicente (2012), *cost of unreliability* berarti seluruh biaya yang merupakan hasil dari seluruh situasi yang berhubungan dengan masalah kegagalan realibilitas, termasuk juga semua biaya yang berhubungan dengan program keandalan yang buruk dan pekerjaan perawatan yang buruk. Untuk menemukan *cost of unreliability*, maka sebaiknya memulai dengan gambaran besar dan membantu program peningkatan biaya langsung, yaitu dengan mengidentifikasi sumber masalah biaya, level masalah, dan masalah apa saja yang muncul.

COUR mempelajari fasilitas produksi sebagai suatu jaringan untuk sistem keandalan, dan biaya yang terjadi saat sistem gagal untuk melakukan pekerjaannya. Sebagai usaha bagi *top management*, COUR menghasilkan penerimaan, dan partisipasi dari karyawan dalam semua level organisasi.

III. METODE PENELITIAN

A. Identifikasi Variabel

Variabel-variabel dalam penelitian ini yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat yang meliputi *reliability* (keandalan), *availability* (ketersediaan), *maintainability* (kemampuan perawatan). Variabel bebas yang meliputi waktu kerusakan pada mesin PLTU ¾ selama bulan april 2018 – april 2019.

B. Pengumpulan Data

Yang digunakan untuk sebagai data penelitian sebagai berikut : Data waktu antar kerusakan dan data waktu perbaikan

C. Pengolahan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data yaitu: Uji distribusi waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan, perhitungan *mean time to repair*, perhitungan *mean time between failure*, perhitungan *reliability*, perhitungan *maintainability*, perhitungan *inherent availability* dan *operational availability*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Distribusi Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan

Proses pengolahan uji distribusi antara lain dengan distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi weibull, dan distribusi eksponensial yang menggunakan *software Minitab17*.

TABEL I
HASIL DISTRIBUSI WAKTU ANTAR KERUSAKAN DAN DISTRIBUSI WAKTU PERBAIKAN

No	Jenis Distribusi	P-Value Waktu Antar Kerusakan	P-Value Waktu Perbaikan
1	Normal	0,021	0,051
2	Lognormal	0,843	0,260
3	Weibull	0,250	0,196
4	Ekspensial	0,090	0,072

Berdasarkan hasil pencarian jenis distribusi pada tabel 1 ternyata distribusi *Time Between Failure* (TBF) distribusi *Time To Repair* (TTR) adalah distribusi lognormal, dikarenakan *p-value* melebihi 0,050 dan lebih besar dari distribusi lainnya.

B. Perhitungan Mean Time Between Failure dan Mean Time To Repair

1. Perhitungan Mean Time Between Failure

Untuk menghitung MTBF dengan distribusi lognormal harus menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MTBF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$t_{med} = e^{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\sum \ln(ti)}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\ln t_i - \alpha)^2}{(n-1)}}$$

Berdasarkan data waktu antar kerusakan dapat dihitung nilai $(\ln(t_i) - \alpha)^2$ yang bertujuan untuk mencari nilai MTBF dengan *time between failure* (TBF) sebesar 168 jam adalah:

- $\alpha \rightarrow$ rata-rata dari $\ln(t_i) \rightarrow \frac{\sum \ln(t_i)}{n} = \frac{53,3309}{9} = 5,9257$
 - $(\ln(t_i) - \alpha)^2 = (\ln(168) - \alpha)^2 = (-0,8017)^2 = 0,6428$
 - Menghitung t_{med} (Nilai tengah waktu kerusakan) $\rightarrow t_{med} = e^{5,9257} = 375$ jam
 - Menghitung s (*Shape parameter*/parameter bentuk) $\rightarrow s = \sqrt{\frac{23,0113}{9}} = 0,533$
 - Menghitung MTBF $\rightarrow MTBF = 375 e^{0,1420} = 432,225$ jam
2. Perhitungan *Mean Time To Repair*

Untuk menghitung MTTR dengan distribusi lognormal harus menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$t_{med} = e^{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\sum \ln(t_i)}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\ln t_i - \alpha)^2}{(n-1)}}$$

Berdasarkan data waktu perbaikan dapat dihitung nilai $(\ln(t_i) - \alpha)^2$ yang bertujuan untuk mencari nilai MTTR dengan *time to repair* (TTR) sebesar 4 jam adalah:

- $\alpha \rightarrow$ rata-rata dari $\ln(t_i) \rightarrow \frac{\sum \ln(t_i)}{n} = \frac{12,1890}{10} = 1,2189$
- $(\ln(t_i) - \alpha)^2 \rightarrow (\ln(4) - \alpha)^2 = (0,1674)^2 = 0,0280$
- Menghitung t_{med} (Nilai tengah waktu perbaikan) $\rightarrow t_{med} = e^{1,2189} = 3$ jam
- Menghitung s (*Shape parameter*/parameter bentuk) $\rightarrow s = \sqrt{\frac{3,6462}{9}} = 0,2122$
- Menghitung MTTR $\rightarrow MTTR = 3 e^{0,0225} = 3,0684$ jam

C. *Perhitungan Reliability*

Maka perhitungan nilai *reliability* pada 24 jam kerja sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi \left[\frac{t - \mu_t}{\sigma_t} \right]$$

$$R(24) = 1 - \Phi \left[\frac{24 - 1013,333}{649,478} \right] = 0,875 = 87,50\%$$

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN REALIABILITY PADA MESIN RESIDUAL OIL MAIN BURNER

No	t (jam)	Reliability System
1	24	87,50%
2	48	86,78%
3	72	86,04%
4	96	85,28%
5	120	84,51%
6	144	83,71%
7	168	82,90%
8	192	82,07%
9	216	81,22%
10	240	80,36%
11	264	79,49%
12	288	78,61%
13	312	77,73%
14	336	76,84%
15	360	75,95%
16	384	75,05%
17	408	74,16%
18	432	73,27%
19	456	72,39%
20	480	71,52%
21	504	70,67%
22	528	69,82%
23	552	69,00%
24	576	68,20%
25	600	67,42%

Berdasarkan tabel diatas bahwa yang mendekati standar 80% menurut ivara (*work request*) yaitu pada waktu operasi 240 jam dengan *reliability* 80,36%

D. *Perhitungan Maintainability*

Maka perhitungan *maintainability* pada waktu perbaikan 1 jam sebagai berikut:

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right)$$

$$M(1) = 1 - \exp\left(-\frac{1}{3}\right) = 1 - 0,72 = 0,28 = 28\%$$

TABEL III
PERHITUNGAN MAINTAINABILITY PADA MESIN RESIDUAL OIL MAIN BURNER

No	t (jam)	Maintainability System
1	1	28%
2	2	49%
3	3	63%
4	4	74%
5	5	81%
6	6	86%
7	7	90%
8	8	93%
9	9	95%
10	10	96%
11	11	97%
12	12	98%
13	13	98%
14	14	99%

Berdasarkan tabel diatas bahwa yang mendekati standar 80% menurut ivara (*work request*) yaitu pada waktu perbaikan 5 jam dengan *maintainability* 81%.

E. *Perhitungan Availability*

1. *Perhitungan Inherent Availability*

Maka *Perhitungan Inherent Availability* adalah sebagai berikut:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{432}{432 + 3} = 0,9931 = 99,31\%$$

2. *Perhitungan Operational Availability*

Maka *perhitungan Operational Availability* adalah sebagai berikut:

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus Operasi}$$
$$Siklus Operasi = Uptime + Downtime$$
$$Downtime = MTBF + MTTR$$

Uptime (Waktu operasi selama 1 tahun) = 8640 jam

$$A_o = \frac{Uptime}{Uptime + MTBF + MTTR} = \frac{8640}{8640 + 432 + 3} = 0,9521 = 95,21\%$$

V. KESIMPULAN

1. *Reliability* yang telah dilakukan dapat menghasilkan nilai *reliability system* sebesar 80,36% dengan waktu operasi mesin $R(t) = 240$ jam. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai *reliability* memenuhi standar dengan nilai *reliability system* sebesar 80%.
2. *Maintainability* yang telah dilakukan dapat menghasilkan nilai *maintainability system* sebesar 81% dengan waktu perbaikan $M(t) = 5$ jam. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai *maintainability* memenuhi standar dengan nilai *maintainability system* sebesar 80%.
3. *Availability* yang telah dilakukan dapat menghasilkan nilai *inherent availability* sebesar 99,31% dan *operational availability* sebesar 95,21%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai *availability* memenuhi standar dengan nilai *performance indicator* 95%.
4. *Performance* mesin dengan menggunakan metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM), direkomendasikan untuk melakukan pemeliharaan selama lima jam setelah waktu operasi mesin *residual oil main burner* selama 240 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., & Mustajib, M. I. (2013). Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System).
- Assauri, Sofjan. 2013. Manajemen Produksi dan Operasi. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Bangun, I. H., Rahman, A., dan Darmawan, Z. (2014). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Blowing OM (Jurnal). Halaman 997-1008. Malang: Universitas Brawijaya.
- Bartz, T., Siluk, J.C.M. dan Bartz, A.P.B. (2014). Improvement of Industrial Performance with TPM Implementation. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 20 (1), 2-19.
- Daryus Asyari, 2007, "Manajemen Pemeliharaan Mesin", Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, Jakarta.
- Daya, M. B. Duffuaa, S. O. Raouf, A. Knezevic J. and Ait-Kadi, D. Handbook of Maintenance Management, London: Springer, 2009.

- EBrahimi Ali. 2010. Effect analysis of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Parameters in design and operation of Dynamic Positioning (DP) systems in floating offshore structures. Royal Institute of Technology. Stockholm.
- Hamid, A. 2013. Penentuan Keandalan dengan Menggunakan Reliability Block Diagram (RBD) yang Berkonfigurasi Redundant pada Mesin Boiler PT. X. Cilegon: Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FT. Untirta
- Harsanto, Budi. 2013. Dasar Ilmu Manajemen Operasi. Bandung: UNPAD.
- Heizer, Jay dan Render, Barry. 2011. Manajemen Operasi Buku Kedua. Jakarta: Salemba Empat.
- Hoda Rohani & Azad Kamali Roosta, 2014, Amsterdam: Calculating Total System Availability, KLM-Air France.
- Iriani, Y., & Rahmadi, E. S. (2011). Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis. Jurnal. Bandung: Universitas Gunadarma.
- Kurniawan, Fajar. 2013. Manajemen Perawatan Industri. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Manzini, R. 2010. Maintenance for Industrial Systems. London: Springer.
- Mardiananto, G.. 2010. Analisis *Total Productive Maintenance* (TPM) dengan Pendekatan Model *Preventive Maintenance Smith and Dekker* Pada Komponen Kritis, Skripsi, Jurusan Teknik Industri IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Muhsin, Ahmad. 2016. Analisis Performansi Departemen Machinning menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Jurnal OPSI, Vol.9, No.1, Tahun 2016, Hal. 16-23.
- Ningrum, Setya N, dan Ahmad M, 2016, Analisis efisiensi dan efektivitas performansi line machinning propeller shaft untuk produksi flange menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Jurnal OPSI, Vol 9, No.2, Desember 2016, hal 109-118.
- Pandey, Mayank. Ming J. Zuo. Ramin Moghaddass. M.K. Tiwari. selective maintenance for binary systems under imperfect repair. reliability engineering and system safety. Elsevier. 2012;113:42 – 51.
- Prawirosentono, Suyadi. 2009. Manajemen Operasi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ristyowati, Trismi dan Ahmad M., 2017, Minimasi waster pada aktivitas proses produksi dengan konsep lean manufacturing, Jurnal OPSI, Vol 10, No 1, Tahun 2017, hal 85-96.
- Samat, H. A., Kamaruddin, S. dan Azid, I. A. (2011). Maintenance Performance Measurement: A Review. *Pertanika Journal Science and Technology*, Vol. 19 (2), 199-211.
- Samat, H. A., Kamaruddin, S. dan Azid, I. A. (2011). Maintenance Performance Measurement: A Review. *Pertanika Journal Science and Technology*, Vol. 19 (2), 199-211.
- Stapelberg, R. F. Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and safety in Engineering Design, Queensland: Springer, 2009.
- Sudradjat, A. (2011). Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. Retika Aditama.
- Vicente, F. (2012). Assessing the Cost of Unreliability in Gas Plant to Have a Sustainable Operation. *Scholarly Articles*.
- Yusra, A. F., Budiasih, E. dan Pamoso, A. (2018). Analisis Performance Mesin Weaving Pada PT ABC Menggunakan Metode Reliability Availability Maintainability (RAM) Dan Overall Equipment Effectiveness (OEE), Jurnal OPSI, Vol 5, No.2, Agustus 2018, hal 2540-2541.