ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN BUBUT PADA PT. SMART TEKNIK UTAMA MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) DAN *RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY* (RAM)

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF LATHE MACHINE IN PT SMART TEKNIK UTAMA USING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) AND RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABABITY (RAM)

Muhammad Ilham Z[1], Judi Alhilman[2], Endang Budiasih[3]
[1,2,3] Program Studi Teknik Industri, [1,2,3] Fakultas Rekayasa Industri, [123] Universitas Telkom
[1]**mhuilham2@gmail.com** [2]**judialhilman@telkomuniversity.ac.id**
[3]**endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

PT. Smart Teknik Utama merupakan perusahaan yang begerak di bidang industri yang memproduksi produk Rodhing Point sebagai permintaan tahunan dari PT Len Indonesia. Mesin bubut adalah mesin yang digunakan untuk mengulir part dari rodhing sehingga mesin bubut harus memliki performansi yang bagus dan bekerja secara optimal. Maka kebijakan *maintenance* pada mesin bubut harus tepat. Metode yang digunakan yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) *Analysis* untuk mengetahui kinerja dan tingkat efektivitas mesin. Serta faktor *six big losses* untuk mengetahui faktor apa yang menyebabkan nilai OEE rendah. Metode selanjutnya yaitu *Reliability Availability Maintainability* (RAM) *Analysis* pada sistem kritis mesin dan mengetahui nilai *performance indicator* di sistem kritis mesin. Berdasarkan OEE didapatkan nilai OEE sebesar 65,02%. Nilai OEE yang telah didapatkan belum mencapai kriteria standar yang telah ditetapkan oleh JIPM sebesar 85%. Berdasarkan six big losses, diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan efektivitas mesin bubut adalah faktor idling and minor stoppages sebanyak 25,75% dimana angka itu 69% dari kerusakan total sehingga mengakibatkan performa mesin menurun. Pada mesin bubut juga terdapat 3 sub sistem kritis yaitu headstock, leadscrew, dan toolpost. Masing-masing sub sistem memiliki R(t) = 200 jam yaitu, headstock 39%, leadscrew 99%, dan toolpost 95%, sedangkan untuk mencapai kondisi maintainability lebih dari 85% dibutuhkan M(t) = 5 jam. Nilai inherent availability system 99,81% dan operational availability system 94.08%.

Kata Kunci : ***Reliability- Maintenance-Availability, Overall-Equipment-Effectiveness, Six-Big-Losses.***

Abstract

PT. Smart Teknik Utama ***is a company engaged in the industry that manufactures Rodhing Point products where the company produces rodhing points as an annual request from*** **PT Len Indonesia.** ***Lathes are machines that are used to scroll parts of rodhing so that the lathe must have good performance and work optimally. So the maintenance policy on the lathe must be right. The method used is Overall Equipment Effectiveness (OEE) Analysis to determine the performance and level of engine effectiveness. And the six big losses factor to find out what factors cause low OEE values. The next method is Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis on the critical system of the engine and knowing the value of the performance indicator in the critical system of the engine. Based on the OEE overall equipment effectiveness method, the OEE value was 65.02%. The OEE value that has been obtained has not reached the standard criteria set by JIPM at 85%. Based on the six big losses, it is known that the factors that most influence the decrease in the effectiveness of the lathe are the idling and minor stoppages factors of 25.75% where the figure is 69% of the total damage resulting in decreased engine performance. In the lathe there are also 3 critical sub systems, namely headstock, leadscrew, and toolpost. Each sub-system has R (t) = 200 hours, namely 39% headstock, 99% leadscrew, and 95% toolpost, whereas to achieve maintainability conditions of more than 85% it takes M (t) = 5 hours. 99.81% inherent availability system value and 94.08% operational availability system.***

Keywords–***Reliability-Maintenance-Availability, Overall-Equipment-Effectiveness, Six-Big-Losses.***

1 Pendahuluan

PT Smart Teknik Utama merupakan salah satu perusahaan di bidang industri yang memproduksi Rodhing. PT Smart Teknik Utama sendiri sudah berdiri dari tahun 1989 namun baru diresmikan menjadi sebuah PT pada tahun 1996 hingga sekarang. PT Smart Teknik Utama memiliki 45 orang karyawan dan hanya memiliki 1 orang dibagian divisi *maintenance*. PT Smart Teknik Utama memproduksi Rodhing berdasarkan permintaan dari PT Len sebanyak 300 unit rodhing setiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan mesin bubut

memiliki jumlah kerusakan yang paling banyak, dan mesin bubut juga merupakan salah satu proses utama dari pembuatan rodhing, bila terjadi *downtime* maka itu akan memperlambat proses produksi dan akan mengurangi hasil produksi, dan juga memiliki total *defect* yang cukup banyak.

Untuk itu dilakukan pengukuran efektivitas mesin bubut dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan mengukur kinerja (*performance assessment*) dari mesin bubut dengan menggunakan metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM), dan mengetahui faktor apa yang menyebabkan penurunan efektifitas suatu *equipment* atau mesin dengan mengetahui dari faktor *Six Big Losses* mana yang paling dominan mempengaruhi penurunan efektifitas produksi bagi perusahaan, maka untuk memudahkan analisa menggunakan metoda OEE dan RAM.

2 Dasar Teori dan Metodelogi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Menurut (Dhillon, 2000) pada jurnal [1] Maintenance atau perawatan meupakan kumpulan tindakan yang dilakukan pada aset dengan tujuan menjaga aset tetap dalam, atau mengembalikannya ke kondisi tertentu". Fungsi pemeliharaan adalah bagian penting dari setiap aset organisasi yang intensif, dan perlu mempertahankan tujuan bisnis organisas.

2.1.2 Tujuan *Maintenance*

Menurut [2] Tujuan dari perawatan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.1.3 *Preventive Corrective* dan *Predictive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi [2].

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem ke fungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berati tergantung pada kondisi sistem tersebut [3].

Predictive maintenance merupakan strategi perawatan dimana pelaksanaanya didasarkan kondisi mesin itu sendiri [2].

2.1.4 *Risk Matrix*

Banyak cara bisa digunakan untuk mendefinisikan sistem kritis, salah satunya dengan menggunakan *risk matrik*, yang terdiri dari 2 sumbu yaitu x dan y. *risk matrik* ini sendiri menilai resiko dengan mendefinisikan kriteria *likelihood* dan *consequences/ severity*.

Likelihood adalah nilai yang mendefinisikan kemungkinan terjadinya, kriteria *likelihood* yang digunakan adalah frekuensi dimana dalam perhitungan secara kuantitatif berdasarkan data perusahaan.

Consequences/severity adalah nilai yang mendefinisikan keseriusan terjadinya, Kriteria *Consequences/Severity* yang digunakan adalah akibat yang akan diterima didefinisikan secara kuantitatif.

Dari kedua hal ini di ubah menjadi bentuk *matrix* yang dimana *matrix Likelihood* terdiri dari *rare, unlikely, possible, likely,dan almost certaint*. Sedangkan untuk *matrix* pada *consequences/ severity* terdiri dari *critical, hazardous, major, minor*, dan *not significant*. Untuk mendapatkan nilai sistem yang kritis kedua matrix digabungkan menjadi *risk matrik* dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 *Likelihood x Severity [13]*

	Severity					
	Subsistem	*Not significant1*	*Minor2*	*Major3*	*Hazardous4*	*Critical5*
Likelihood	*Almost Certaint5*	*5*	*10*	*15*	*20*	*25*
	Likely 4	*4*	*8*	*12*	*16*	*20*
	Possible3	*3*	*6*	*9*	*12*	*15*
	Unlikely2	*2*	*4*	*6*	*8*	*10*
	Rare 1	1	2	3	4	5

Keterangan *:*

Kuning : Resiko Rendah
Biru Tua : Resiko Sedang
Merah : Resiko Tinggi
Ungu Muda : Ekstrim

Untuk perhitungannya *risk matik* adalah nilai *likelihood (L)* dan nilai *consequences/severity (C)*

$$Risk\ Matrik = (L) \times (C) \qquad (1)$$

Keterangan:
(L) = Nilai *Likelihood*
(C) = Nilai *Consequences/Severity*

2.1.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE adalah pengukuran utama dalam TPM yang diperkenalkan oleh Nakajima (1988) menurut jurnal [4]. Saat ini pengukuran OEE menjadi semakin populer, bahkan di luar konsep TPM, dan digunakan sebagai alat pengukur kinerja utama mandiri untuk peningkatan produktivitas. Awalnya, metrik OEE terdiri dari enam kerugian utama, yaitu kegagalan peralatan, penyetelan dan penyesuaian, pemalasan, dan penghentian kecil, berkurangnya kecepatan, cacat dalam proses, dan berkurangnya hasil (Nakajima, 1988) menurut jurnal [4].

Para penulis mengklaim bahwa logis untuk mempertimbangkan ulang sebagai kerugian, karena tidak menambah nilai apa pun untuk produk [5]. Pemeliharaan preventif adalah hal lain dari penghentian yang direncanakan yang dapat dipertanyakan. Faktor ini, bagaimanapun, bertujuan untuk mencegah kegagalan terjadi, tetapi masih bisa menghambat produk dari yang diproduksi menurut [5].

OEE adalah bagian dari *Six big losses* untuk mengukur efektivitas mesin dengan mengalikan *Availability, Performance,* dan *quality.* Pengukuran ini didasarkan oleh pengukuran waktu, kecepatan, dan kualitas produ. OEE me,beritahukan peralatan apa saja yang dapat dibenahi menurut jurnal [6]

OEE = *Availability* (A) x *Performance efficiency* (PE) x *Rate of quality* (Qr)E

2.1.6 Six Big Losses

Menurut jurnal [7] pengukuran efektivitas mesin/peralatan dapat diidentifikasi melalui the *six big losses* di antaranya :

1. *Equipment Failures*
   *Equipment failure*s disebabkan oleh kecacatan peralatan yang membutuhkan perbaikan. Kerugian besar meliputi *product opportunity loss, sparepart loss, sporadic losses.*
2. *Set-up and Adjustments*
   Set-up and adjustments disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam kondisi operasi, seperti pergantian jenis produk yang dibuat, pergantian shift, penyesuaian kondisi operasi.
3. *Idling and Minor* Stoppages
   Idling and minor stoppages, karena kesalahan sensor atau menunggu material/part yang akan datang atau diproses. *Idling and minor stoppages* disebabkan karena kejadian mesin terhambat terhenti sejenak.
4. *Reduced Speed Losses*
   Reduced speed losses disebabkan karena menurunnya kecepatan mesin, mesin tidak bekerja pada kecepatan normalnya.
5. *Deffect Losses*
   Deffect losses disebabkan karena produk yang dihasilkan berada di luar spesifikasi atau cacat pada saat proses produksi berlangsung secara normal, serta kualitas yang dihasilkan buruk. Produk harus dikerjakan ulang atau *re-work*.
6. *Reduce Yeild*
   Reduce Yeild disebabkan lamanya waktu untuk menyesuaikan ke kondisi normal sehingga menyebabkan banyak *reject* dan *scrap*. Untuk menstabilkan mesin produksi butuh material untuk mencoba.

2.1.7 *Reliability Maintenability Availability*

Reliability Availability Maintainability (RAM) analysis merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk memprediksi kinerja keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), kemampuan perawatan (*maintainability*) dari suatu sistem atau komponen. Indikator kinerja utama dalam RAM yaitu *availability* yang merupakan bagian dari waktu saat sistem tersebut berfungsi secara penuh. RAM analysis digunakan untuk mengidentifikasi subsistem yang kritis dan sensitif dalam sistem produksi yang dapat memberikan efek besar pada kinerja sistem. RAM analysis juga dapat digunakan untuk membantu pemilihan konsep, serta mampu untuk memberikan keputusan secara mendetail terkait pada sistem *front end engineering* [8].

2.1.8 Related Paper

1. Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment [9].

Pada Penelitian yang berjudul Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment ini mengulas literatur penting tentang pengukuran OEE serta evaluasi pemeliharaan, konsep, dan praktik. Setelah itu, metodologi untuk mengumpulkan dan menganalisis serangkaian pengukuran OEE dijelaskan, diikuti oleh hasil empiris. Bagian terakhir dari penelitian ini membahas hasil dan mencapai kesimpulan tentang peran pemeliharaan saat ini dan kebutuhan masa depan untuk meningkatkan produktivitas dan memenuhi tantangan yang akan datang dalam pembuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi peningkatan pemeliharaan menggunakan penilaian efektivitas peralatan keseluruhan (OEE) dalam industri manufaktur.

Penelitian ini menganalisis 94 set data empiris dari industri manufaktur antara 2006 dan 2012 dan menemukan rata-rata OEE menjadi 51,5 persen. Ini berarti bahwa pemanfaatan sumber daya produksi saat ini rendah, yang pada gilirannya menyebabkan kurangnya produktivitas dan efisiensi sumber daya. Fakta-fakta ini menjadi masalah bagi keberlanjutan produksi ekonomi saat ini dan keberlanjutan ekologis. Selain itu, angka OEE rendah menantang untuk yang diharapkan peningkatan digitalisasi dalam produksi, di mana pabrik-pabrik akan jauh lebih mandiri daripada saat ini (bandingkan konsep seperti Industrie 4.0).

Dapat disimpulkan bahwa ngka-angka OEE tidak meningkat selama dekade terakhir, agak sedikit menurun, dan pekerja pemeliharaan sebagian besar bekerja dengan perbaikan, bukan kegiatan pencegahan. Jelas bahwa perubahan diperlukan. Para penulis berpendapat untuk pandangan sistem yang meningkat pada pemeliharaan, ruang lingkup yang luas dan tanggung jawab, dan integrasi dengan fungsi-fungsi lain seperti pembelian dan teknik produksi. Organisasi baru yang sepenuhnya terintegrasi, yang disebut PSMS, akan bertanggung jawab atas seluruh siklus hidup produk dan memberikan produksi sebagai layanan.

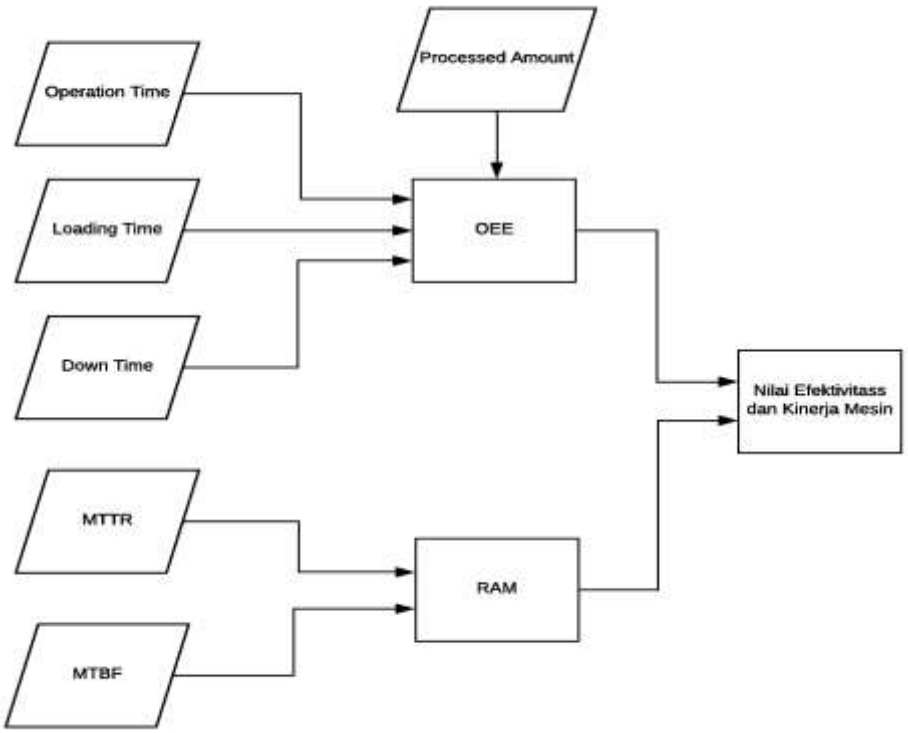
2. RAM factors in the operation and maintenance phase of wind turbines [10].

Pada penelitian yang berjudul RAM factors in the operation and maintenance phase of wind turbines pada penelitian ini berfokus pada analisis dan evaluasi faktor RAM dari teknologi turbin angin modern yang dipasang di sebuah ladang angin di Portugal. Wind farms dilengkapi dengan teknologi yang menangkap dan menyimpan (ke dalam basis data digital) sejumlah besar data termasuk data keluaran dan (secara fundamental) data terkait dengan perilaku operasional mereka (McFadden, 1990). Perawatan dan analisis data ini dapat mendukung keputusan yang lebih baik di tingkat operasional dan strategis. Banyak keputusan operasional diambil secara otomatis oleh sistem kontrol taman turbin angin. Namun, banyak keputusan lain, terutama keputusan strategis, perlu didasarkan pada analisis statistik yang lebih canggih dari data yang disediakan oleh sistem. Studi yang dilaporkan dalam penelitian ini secara eksklusif didasarkan pada analisis data operasional dan bertujuan untuk menggambarkan kinerja turbin angin dari waktu ke waktu. Secara khusus, ia bermaksud untuk mengusulkan model untuk memprediksi perilaku sistem turbin angin yang sebenarnya, dengan menggunakan teknik pengolahan dan analisis data yang tepat, untuk mendapatkan indikator kinerja yang terkait dengan faktor RAM. Dalam penelitian ini, peneliti mengevaluasi kinerja turbin angin dari penerapan teknik analisis RAM ke kumpulan data turbin angin di negara bagian yang mengacu pada dua tahun operasi (2009 dan 2010). Temuan utama adalah bahwa peralatan menunjukkan ketersediaan tinggi (lebih dari 95%), tetapi masih ada peluang untuk perbaikan dalam hal kebijakan operasi dan pemeliharaan serta dalam hal meningkatkan keandalan komponen dan suku cadang penting. Biaya downtime (biaya peluang untuk kehilangan produksi) sangat besar, sehingga keuntungan yang sangat kecil dalam ketersediaan turbin angin (dalam urutan 1%) akan memungkinkan peningkatan yang sangat signifikan dalam pergantian taman.

Untuk itu faktor RAM harus dipertimbangkan dalam semua fase siklus hidup suatu sistem teknologi untuk memastikan hasil yang optimal dalam hal biaya siklus hidup. Di antara biaya yang terkait dengan sistem angin, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan fraksi penting karena mereka terjadi dalam jangka waktu yang lama (sekitar 25 tahun) dan mereka secara langsung mempengaruhi pengembalian keuangan. Untungnya, ladang angin memiliki set data yang luas tentang perilaku (run, stop, crash, dll.) Turbinnya, dan dengan demikian fakta ini dapat mendukung penerapan alat analisis ilmiah untuk membantu manajer membuat keputusan yang lebih efisien pada desain dan tingkat operasional.

2.1.9 Model Konseptual

Model konseptual merupakan bentuk aliran yang menunjukkan hubungan konsep pemikiran yang dirangkaikan berdasarkan aspek hipotesis dan teoritis untuk menuntun penelitian mencapai tujuan yang diinginkan. Aliran atau langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini dituangkan dalam model konseptual, berdasarkan penelitian yang akan dilakukan pada mesin Bubut maka untuk itu bisa dilihat pada gambar III-1, Penelitian ini akan menghasilakn ukuran *performance* dari mesin Bubut dengan menggunkana metode *reliability maintenabilit availability* (RAM) dan *overall equipment effectiveness* (OEE). Berikut ini merupakan model konseptual berdasarkan pada permasalahan yang akan diteliti.



Gambar 2.1 *Model Konseptual*

3 Pembahasan

3.1 *Sistem Kritis*

Pada penelitian ini pemilihan sistem yang digunakan adalah sistem pada mesin Bubut. Mesin Bubut mempunyai 7 komponen yang bekerja yaitu *Table, Headstock, Tailstock, Carriage, Handle, Toolpost, Leadscrew*. Dari 7 komponen pada mesin Bubut ditentukan pemilihan sistem kritis dengan menggunakan *risk matrik* sehingga didapatkan sistem kritis yang tergolong dengan kategori kritis dalam *tools risk matrik* yaitu *Leadscrew, Headstock,* dan *Toolpost.* Dimana sistem kritis tersebut memiliki nilai *likelihood* dan *severity matrix* yang tergolong kritis dari pada sistem yang lainnya. Keempat komponen tersebut berada pada level risiko tinggi dan ekstrim, nilai ini dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena salah mengambil tindakan berakibat kepada proses produksi maka dari itu dilanjutkannya ketahap berikutnya dari komponen yang terpilih.

Tabel 3.1 Tingkat kekritisan *Sub System*

		Severity				
Likelihood	Komponen	*Not significant 1*	*Minor2*	*Major3*	*Hazardous 4*	*Critical 5*
	Almost Certain 5	5	10	15	***Toolpost***	25
	Likely 4	4	8	***Leadscrew***	16	20
	Possible 3	3	6	9	12	***Headstock***
	Unlikely 2	2	**4**	6	8	10
	Rare 1	1	2	3	4	5

3.2 Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi TTR, TTF, dan TBF

Sebelum menentukan parameter distribusi, data TTR, TTF dan TBF diuji anderson darling dengan menggunakan *software* minitab 18 untuk memperoleh distribusi masing-masing komponen. Setelah itu dilakukan penentuan parameter dari distribusi yang terpilih dengan menggunakan *software* AvSim+9.0.

Tabel 3.2 Hasil *Distribusi TBF dan TTR*

Komponen	Distribusi TTR	Distribusi TTF	Distribusi TBF
Toolpost	Weibull	Weibull	Weibull
Headstock	Weibull	Weibull	Weibull
Leadscrew	Weibull	Weibull	Weibull

3.3 *Perhitungan MTBF dan MTTR*

Perhitungan MTBF dan MTTR disesuaikan dengan distribusi yang telah terpilih sebelumnya. Apabila distribusi yang terpilih adalah normal maka μ merupakan MTBF dari komponen tersebut. Namun jika distribusi

yang terpilih adalah distribusi weibull maka perhitungan MTBF harus menggunakan rumus yang tertera di bawah. $MTBF = \eta .\Gamma (1 + 1/\beta)$. Dan untuk MTTR weibull = $\eta .\Gamma (1 + 1/\beta)$ dan MTTR normal = μ

Tabel 3.3 Distribusi MTTR dan MTBF

Sistem	Parameter		(1+(1/Beta))	Tabel Gamma	MTBF (*Hours*)
Toolpost	η	2.46269	1.56667	0.88964	2.19
	B	1.7647			
Headstock	η	1.77751	1.29431	0.89904	1.60
	B	3.39775			
Leadscrew	η	1.67162	1.18890	0.92373	1.54
	B	5.29367			
Sistem	Parameter		(1+(1/Beta))	Tabel Gamma	MTTR (*Hours*)
Toolpost	η	13963.6	1.777629164	0.92376	12899.02
	B	1.28596			
Headstock	η	1080.32	1.612163693	0.89468	966.54
	B	1.63355			
Leadscrew	η	36095.3	2.126532084	1.05682	38146.23
	B	0.88768			

3.4 *Perhitungan Overall Equipment Effectiveness*

Berdasarkan hasil perhitungan OEE pada mesin bubut yang dapat dilihat pada Tabel 3-9. Dapat diketahui apakah nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* pada mesin -mesin tersebut sudah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) atau belum. JIPM menetapkan batasan ideal dari indeks OEE berdasarkan pengalaman perusahaan - perusahaan, berupa:

Availability > 90%
Performance Rate > 95%
Quality Rate > 99%
OEE > 85%

Sehingga nilai OEE yang ideal adalah: = 96,28% x 70,95% x 95,18% = 65,02%. Berikut adalah tabel klasifikasi pemenuhan kriteria JIPM dari hasil perhitungan OEE :

a. $Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} x100\% = \frac{Loading\ Time - Down\ Time}{Loading\ Time} x100\%$

b. $Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount\ x\ Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time}\ x\ 100\%$

c. $Rate\ of\ Quality\ Product = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount}\ x\ 100\%$

Tabel 3.4 Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Nama Mesin	**Pemenuhan Nilai JIPM**		
	Availability	***Performance Rate***	***Quality Rate***
Bubut	96.28%	70.95%	95.18%
	YES	TIDAK	TIDAK

3.5 *Six Big Losses*

Pada *six big losses* ini menunjukan bahwa persentase terbesar pertama dari total *six big losses* adalah *idling and minor stoppages* sebesar 25,75%, hal tersebut menunujukan *bahwa idling and minor stoppages* terjadi karena produk tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, membuat produk mejadi *downgrade* dan ini menjadi losses yang harus diperhatikan. Persentase terbesar ke dua dari total *six big losses* terdapat pada *reduce speed losses* sebesar 4,33%, hal tersebut menunjukan bahwa mesin beroperasi tidak mencapai waktu ideal yang telah ditentukan. Persentase terbesar ketiga dari total *six big losses* adalah *equipment failure* sebesar 3,72%, hal tersebut menunjukam bahwa mesin berhenti secara berulang-ulang dan terlalu seringnya mesin tidak bekerja dikarenakan menganggur atau menunggu sehingga berpengaruh pada proses produksi, salah satunya terjadinya selisih produksi aktual dengan produksi yang talah direncanakan. Untuk mengatasi masalah kerugian karena idling and minor stoppages adalah melakukan perawatan preventive, dibuatkan standar kerja dalam penggantian material mesin. Mesin yang dipengaruhi faktor *idling and minor stoppages* juga dapat membuat waktu operasi mesin tidak mencapai waktu ideal. Oleh karena itu *idling and minor stppages* menjadi salah satu persentase *losses* terbesar.

Dimana persamaannya:

a. $Breakdown\ Loss = \frac{Total\ Breakdown\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$

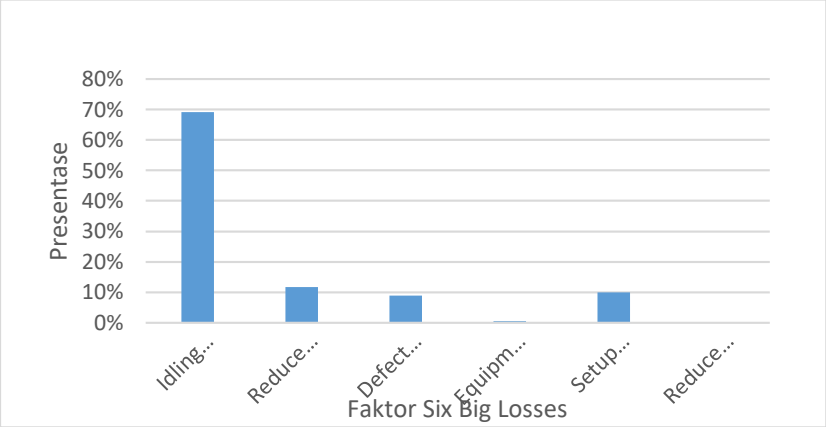
b. $Setup\ and\ Adjustment\ Losses = \frac{Total\ Setup\ and\ Adjustment}{Loading\ Time} \times 100\%$

c. $Idling\ Minor\ Soppages\ Losses = \frac{(Jumlah\ target - jumlah\ produksi) \times Teorical\ cycle\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$

d. $Reduce\ Speed\ Losses = \frac{Actual\ Operation\ time - ideal\ operation\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$

e. $Deffect\ Losses = \frac{(Total\ Reject \times Ideal\ Cycle\ Time)}{Loading\ Time} \times 100\%$

f. $Reduced\ Yield = \frac{Waktu\ Siklus\ Ideal \times Jumlah\ cacat\ pada\ awal\ produksi}{Loading\ Time} \times 100\%$



Gambar 3.1 *Nilai Six big losses*

Jadi dari hasil *six big losses* berikut urutan *losses* dari terbesar ke terkecil

Idling and Minor Stoppages	: 25.75%
Reduce Speed Losses	: 4.33%
Equipment Failure	: 3.72%
Defect Losse	: 3.29%
Setup and Ajusment	: 0.18%
Reduce Yield	: 0.00%

3.6 *Reliability Maintenabilit Availability*

3.6.1 Perhitungan *Reliability* dengan *Analytical approach*

Perhitungan *reliability* dengan *analytical approach* adalah perhitungan keandalan yang dilakukan dengan menggunakan RBD pada kondisi sistem dengan frozen state, yaitu dengan blok-blok yang diketahui hanya karakteristik kerusakan (distribusi dan parameter terpilih dari sistem) saja, waktu yang diberikan berdasarkan dengan waktu yang konstan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan ini adalah perumusan model sistem serta perhitungan reliability berdasarkan pada perumusan = yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini, waktu yang ditentukan adalah antara 8 jam sampai dengan 200 jam, dengan interval 8 jam, dengan interval 8 jam. Tabel 3-5 adalah hasil perhitungan *analytical approach reliability* dari setiap sistem kritis mesin bubut.

$$R(T) = e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

Tabel 3.5 *Analytical Approach Reliability mesin* Bubut

t(*hours*)	*Toolpost*	*Headstock*	*Leadscrew*	*Reliabilitysystem*
8	100%	96%	100%	96.03%
16	100%	93%	100%	92.21%
24	99%	89%	100%	88.55%
32	99%	86%	100%	85.03%
40	99%	83%	100%	81.65%
48	99%	80%	100%	78.41%
56	99%	77%	100%	75.29%
64	98%	74%	100%	72.30%
72	98%	71%	100%	69.43%
80	98%	68%	99%	66.67%
88	98%	66%	99%	64.02%
96	98%	63%	99%	61.48%
104	97%	61%	99%	59.04%
112	97%	59%	99%	56.69%
120	97%	57%	99%	54.44%
128	97%	55%	99%	52.27%
136	97%	52%	99%	50.20%
144	96%	51%	99%	48.20%
152	96%	49%	99%	46.29%
160	96%	47%	99%	44.45%
168	96%	45%	99%	42.68%
176	96%	43%	99%	40.99%
184	95%	42%	99%	39.36%
192	95%	40%	99%	37.80%
200	95%	39%	99%	36.29%

3.6.2 Perhitungan *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* dari sistem kritis mesin bubut, waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem berkisar antara t = 1 jam sampai t = 5 jam. Hasil ini dapat dijadikan *verifikasi* untuk menunjukkan bahwa masing-masing sistem kritis mesin memiliki peluang untuk diperbaiki (maintainability) antara 1 jam – 5 jam. Besarnya nilai MTTR juga berpengaruh pada waktu peluang sistem dapat diperbaiki juga semakin cepat. Berdasarkan hasil ini, dapat diberikan saran kepada perusahaan untuk melakuan preventive maintainability pada saat mesin memiliki nilai reliability system sudah mendekati 80% (menurut key performance indicators IVARA), yaitu saat R(t)=40 jam dengan dilakukan maintainability selama M(t) = 1 jam untuk meningkatkan availability dan memperhatikan kegiatan perawatan pada mesin-mesin yang kritis.

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right) \qquad (3)$$

Tabel 3.6 *Maintainability Mesin* Bubut

t(*hours*)	*Toolpost*	*Headstock*	*Leadscrew*
1	37%	47%	48%
2	60%	71%	73%
3	75%	85%	86%
4	84%	92%	93%
5	90%	96%	96%
6	94%	98%	98%
7	96%	99%	99%
8	97%	99%	99%
9	98%	100%	100%
10	99%	100%	100%
11	99%	100%	100%
12	100%	100%	100%
13	100%	100%	100%
14	100%	100%	100%
15	100%	100%	100%
16	100%	100%	100%
17	100%	100%	100%
18	100%	100%	100%
19	100%	100%	100%
20	100%	100%	100%
21	100%	100%	100%
22	100%	100%	100%
23	100%	100%	100%
24	100%	100%	100%

3.6.3 Perhitungan *Availability* dengan *Analytical Approach*

3.6.3.1 Perhitungan *Inherent Availability*

Inherent availability tertinggi terdapat pada komponen *leadscrew* dengan nilai sebesar 100%. Nilai *inherent availability* tidak hanya dipengaruhi oleh laju kerusakan tetapi inherent *availability* juga mempertimbangkan pada repair time. Dimana secara keseluruhan nilai inherent availability sistem adalah 100%, dengan target perusahaan untuk availability adalah 95%, dapat dikatakan bahwa inherent availability sebagai leading indicator sudah mencapai target.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \qquad (4)$$

Tabel 3.7 *Inherent Availability* Mesin Bubut

Sistem	MTBF	MTTR	*Inherent Availability*
Toolpost	12899.02	2.19	99.983%
Headstock	966.54	1.60	99.835%
Leadscrew	38146.23	1.54	99.996%

3.6.3.2 Perhitungan Operational *Availability*

Operational availability terendah terdapat pada sistem toolpost dengan nilai sebesar 96,41%. Dengan nilai *operational availability* dari sistem kritis berdasarkan rumusan relibility block diagram yang telah ditentukan sebesar 94% yang menunjukan bahwa sistem mesin bubut belum efisiensi dan efektivitas secara operasional. Ketersediaan mesin saat lingkungan operasional yang rendah disebabkan oleh tingginya downtime tiap komponen yang mengakibatkan nilai *availability* sistem tidak tercapai.

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus\ operasi} \qquad (5)$$

Tabel 3.8 *Operational Availability mesin* Bubut

Sistem	*Operational Time*	DT	*Operational Availability*
Toolpost	84	3.0042	96.41%
Headstock	84	1.2410	98.52%
Leadscrew	84	0.7958	99.05%

4 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengukuran efektivitas mesin bubut pada tahun 2018 dengan menggunakan metode OEE, maka diperoleh OEE yaitu sebesar 65,02% di dapat dari perkalian nilai *Availability Rate* 96,28%, *Performance Rate* 70,95%, dan *Rate of Quality* 95,18%. Hasil tersebut masih jauh dari standar yang telah ditetapkan oleh JIPM yaitu sebesar 85% maka dari itu efektivitas mesin bubut masih belum optimal.
2. Penyebab permasalahan dari faktor *six big losses* yang dominan adalah banyaknya defect yang terjadi ketika produksi yang mengakibatkan proses produksi terhambat hal itu di sebabkan oleh kerusakan sementara seperti macet dan tersendat atau juga ketika mesin menganggur itu di sebabkan oleh tingginya idling and minor stoppages sebanyak 25,75% dimana angka itu 69% dari kerusakan total sehingga mengakibatkan performa mesin menurunn.
3. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode RAM Analysis dengan menggunakan pemodelan reliability block diagram dengan pendekatan analytical approach, pada waktu t = 200 jam, diperoleh nilai reliability system sebesar 36,29% dan waktu operasi optimal yakni selama 40 jam. Nilai maintainability untuk unit kritis memiliki peluang untuk diperbaiki minimal 1 jam hingga 7 jam untuk dapat berfungsi kembali ke performa terbaiknya. Dan untuk nilai inherent availability yang merupakan leading indicator adalah sebesar 99.81%. dan nilai operational availability yang merupakan lagging indicator adalah sebesar 94,08%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Phogat and A. K. Gupta, “Identification of problems in maintenance operations and comparison with manufacturing operations: A review,” *Identif. Probl. Maint. Oper. Comp. with Manuf. Oper. a Rev.*, vol. 23, no. 2, pp. 226–238, 2017.

[2] A. C. Márquez, *Springer Series in Reliability Engineering*. 2007.

[3] M. Tech, “Measurement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a Manufacturing Industry: An Effective Lean Tool,” *Int. J. Recent Trends Eng. Res.*, vol. 3, no. 5, pp. 268–275, 2017.

[4] J. Bokrantz, A. Skoogh, T. Ylipää, and J. Stahre, “Handling of production disturbances in the manufacturing industry,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 27, no. 8, pp. 1054–1075, 2016.

[5] O. T. R.Almeanazel, “Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment,” *Jordan J. Mech. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 517–522, 2010.

[6] J. Alhilman and A. F. Abdillah, "Analysis of Double indian Ballbreaker Net Sorter Machine Based on Overall Equipment Effectiveness Method Cases in Tea Plantation Plants," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 528, no. 1, pp. 0–7, 2019.

[7] K. Krachangchan and N. Thawesaengskulthai, "Loss time reduction for improve Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *2018 5th Int. Conf. Ind. Eng. Appl. ICIEA 2018*, no. Mc, pp. 396–400, 2018.

[8] N. A. J.Alhilman, F.Atmaji, "Software Application for Maintenance System," *2017 Fifth Int. Conf. Inf. Commun. Technol.*, vol. 0, no. RCM II, 2017.

[9] T. Ylipää, A. Skoogh, J. Bokrantz, and M. Gopalakrishnan, "Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment," *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 66, no. 1, pp. 126–143, 2017.

[10] C. Cajazeira, E. Nunes, J. Telhada, and M. Carvalho, "RAM factors in the operation and maintenance phase of wind turbines," pp. 1–10, 2012.