



Studi Kasus

Usulan Penerapan *Total Productive Maintenance* pada Mesin Turbin Gas

Irnanda Pratiwi

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Tridinant Palembang, Jl. Kapt. Marzuki No. 2446 Kamboja Palembang 30129, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: February 20, 19
 Revised: April 8, 19
 Available online: May 15, 19

KEYWORDS

Engine, Maintenance, OEE, TPM, Turbine

CORRESPONDENCE

Phone: +628153805846
 E-mail: irnanda_pratiwi@univ-tridinant.ac.id

A B S T R A C T

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is one of the tools to enhance the effectiveness of the utilization rate of machinery and equipment in Total Productive Maintenance (TPM). TPM is a principle of management to improve productivity and efficiency of the production company to use the machine effectively. This study measures the value of OEE on gas turbine engine Centaur 50 C3344 which held on operation and maintenance section in PT Perta Samtan Gas Kilang Ekstraksi NGL Prabumulih in the period, followed by analyzing the value of using Pareto analysis of the results obtained by the root causes of the OEE. The conclusion that the value of the analysis results obtained on average exceeded the standard value of OEE 85.63% from 85%, even though in one period the value of OEE less than standard (22.63%). Factors that may experience rapid drop predicted loss is breakdown losses 382 hours (46.53%) and idling minor stoppages 373 hours (45.43), reduce speed 48 hours or 5.85%, rework losses 13 hours or 1.58%, and set up and adjustment losses 5 hours or 0.61%. As a result of which may not have an impact in a short time, but will immediately attack the machine if there is no treatment of maintenance as continuously and directly.

PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas adalah industri yang mengolah sumber daya alam berupa minyak atau gas menjadi bahan baku atau bahan setengah jadi untuk berbagai jenis produk jadi untuk berbagai kebutuhan. Sumber daya alam Indonesia berupa minyak bumi dan gas alam saat ini mayoritas dikuasai oleh pihak asing. Hal ini dikarenakan besarnya modal yang dibutuhkan dan minimnya sumber daya manusia (SDM) yang menguasai teknologi terkait proses eksploitasi migas [1]. Indonesia adalah salah satu dari sedikit Negara dengan keanekaragaman sumber daya alam yang melimpah sebagai bahan baku utama industri petrokimia berupa minyak bumi, gas alam, batu bara dan biomassa [2]. Pemanfaatan energi gas alam di Indonesia relatif stabil karena produksi gas alam berorientasi ekspor, ditambah konsentrasi, tradisi, dan kebiasaan serta peralatan yang digunakan masyarakat masih cenderung peralatan yang menggunakan sumber energi BBM [3].

Salah satu sumber daya alam yang diolah adalah komponen *Propane* (C_3H_8) dan *Butane* (C_4H_{10}) gas alam dari gugus hidrokarbon yang diharapkan mempunyai nilai tambah dan manfaat yang lebih tinggi bagi masyarakat yang berupa *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). Bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya, maka secara tidak langsung kebutuhan akan LPG juga meningkat. Peningkatan konsumsi LPG disebabkan oleh adanya

program pemerintah yang mengganti penggunaan minyak tanah untuk memasak di rumah tangga dan usaha kecil dengan LPG.

Gas alam menjadi salah satu sumber energi yang menjadi salah satu sumber energi utama. Dalam sistem pendistribusiannya, gas alam bisa di distribusikan dalam dua bentuk yaitu liquid dan gas [4]. Dalam proses produksinya PT Perta-Samtan Gas Kilang Ekstraksi NGL menggunakan berbagai macam mesin-mesin yang mendukung pemrosesan gas alam dari wujud gas menjadi cairan yang disebut *natural gas liquids* (NGL) dengan cara mengekstraksi atau mengambil komponen C3++ dalam gugus hidrokarbon gas alam. Salah satu mesin yang dipakai adalah mesin turbin gas yang digunakan untuk menaikkan tekanan gas alam ke tekanan yang disyaratkan dalam proses *cryogenic* atau pendinginan untuk diubah menjadi cairan.

Suatu prosedur yang memberikan manfaat dalam meningkatkan efisiensi mesin produksi sangat dibutuhkan dalam upaya peningkatan efektifitas produksi. Salah satunya adalah suatu sistem yang dapat menjamin dan mendukung kemampuan mesin atau peralatan dapat beroperasi dengan baik [5]. Sistem perawatan memegang peranan penting dalam perusahaan. Tanpa adanya sistem perawatan yang sesuai, pihak perusahaan akan mengalami kerugian besar seperti mesin rusak dan tidak dapat berfungsi kembali, jumlah produk cacat meningkat, hingga kerugian material akibat seringnya mengganti komponen pada

mesin. Oleh karena itu, penerapan perawatan pada proses produksi suatu perusahaan harus diperhatikan dengan seksama oleh bagian *maintenance* [6]. Dalam upaya peningkatan produksi, dibutuhkan suatu mekanisme yang memiliki manfaat dalam peningkatan efisiensi mesin dalam produksi. Salah satunya yang bias diterapkan adalah *Total Productive Maintenance* (TPM) [7].

Laporan produksi PT Perta Samtan Gas Kilang Ekstraksi Prabumulih dari tahun 2014 sampai 2017 menunjukkan bahwa produksi yang dihasilkan yang berupa NGL belum memenuhi target produksi yang ditetapkan sebagai akibat adanya permasalahan pada mesin turbin gas dengan tingkat *downtime* yang masih tinggi.

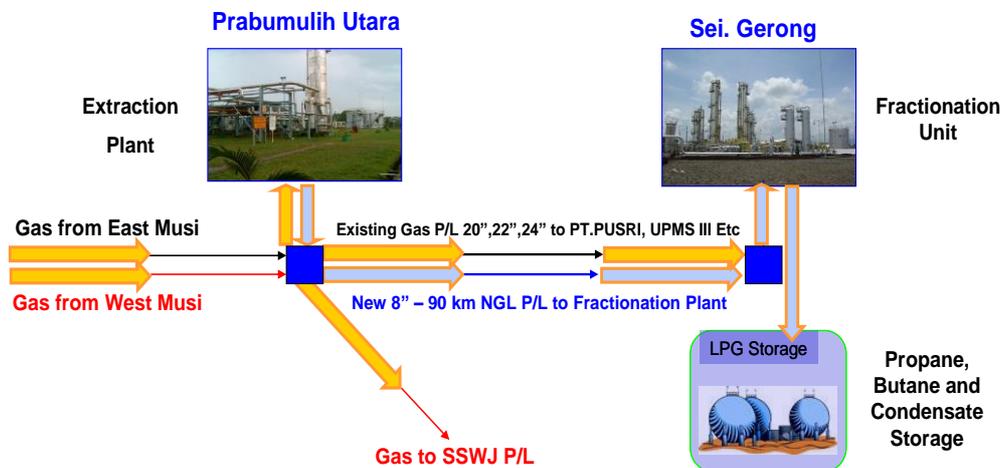
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan mengukur nilai keseluruhan efektifitas mesin turbin gas yang berkaitan produksi NGL yakni, bagaimana menentukan ukuran efektifitas pengoperasian mesin turbin gas yang berkaitan dengan rendahnya tingkat produksi NGL dan mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan dan menentukan faktor utama kerusakan pada mesin turbin gas tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi nilai keseluruhan penggunaan mesin turbin gas yang dikenal dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di PT Perta-Samtan Gas Kilang Ekstraksi NGL sebagai langkah awal usulan penerapan TPM dan menentukan solusi yang terbaik untuk memperbaiki produktivitas mesin turbin gas. Mesin produksi yang diukur kinerjanya adalah mesin turbin gas merek Solar Turbine Model Centaur 50 - C3344 untuk *Feed Gas Compression System*. Penelitian dilakukan pada bagian operasi dan pemeliharaan.

Natural Gas Liquids (NGL)

Cairan gas alam (NGL) adalah hidrokarbon dalam kelompok molekul yang sama dengan gas alam dan minyak mentah, yang tersusun khusus dari karbon dan hidrogen. Etana, propana, butana, isobutana, dan pentana semuanya adalah NGL. Ada banyak kegunaan untuk NGL, yang mencakup hampir semua sektor ekonomi. NGL digunakan sebagai input untuk pabrik petrokimia, dibakar untuk ruang panas dan memasak, dan dicampur menjadi bahan bakar kendaraan. Harga minyak mentah yang lebih tinggi telah berkontribusi pada kenaikan harga NGL dan, pada gilirannya, memberikan insentif untuk mengeksplor sumber daya kaya cairan dengan konten NGL yang signifikan.

Cadangan gas bumi dalam jumlah yang besar sering ditemukan di lokasi terpencil yang jauh dari lokasi pemakai/konsumen. Apabila secara ekonomis layak dan memungkinkan, gas bumi dapat ditransportasikan melalui pipa. Tetapi apabila sumber gas bumi dan konsumen dipisahkan oleh laut dan kepulauan bahkan benua atau dipisahkan jarak dan kondisi alam yang tidak memungkinkan ditransportasikan melalui pipa, maka alternatif yang mungkin secara teknis dan layak secara ekonomis adalah dengan mencairkan gas bumi tersebut [8].

Kilang NGL PT Perta Samtan Gas yang telah dibangun mengekstraksi sejumlah komponen gas bumi dari Stasiun Kompresor Gas SKG-10 yang sudah ada (*existing*) yang terletak di Kota Prabumulih Utara. Diagram operasi kilang NGL dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Operasi Kilang NGL dan Pipa NGL

Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja. Didalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan daya. Karena mesin turbin gas memegang peranan penting dalam sistem proses produksi NGL, maka mesin tersebut harus selalu dalam keadaan baik (*available*) atau handal (*reliable*). Keandalan diartikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu [9].

Secara umum, proses yang terjadi pada suatu sistem turbin gas adalah: (1) Pemampatan (*compression*) udara di hisap dan dimampatkan; (2) Pembakaran (*combustion*) bahan bakar dicampurkan ke dalam ruang bakar dengan udara kemudian di bakar; (3) Pemuaihan (*expansion*) gas hasil pembakaran memuai dan mengalir ke luar melalui nozel (*nozzle*); (4) Pembuangan gas (*exhaust*) gas hasil pembakaran dikeluarkan lewat saluran pembuangan. Mesin turbin gas yang digunakan pada produksi NGL PT Perta Samtan Gas dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah mesin Turbin Gas [10]

Equip-ment No.	Equip-ment Name	Brand/ Model/ Capacity	Unit	Comments
01-K-2101 A/B/C	Feed Gas Compressors	SOLAR TURBINE/ CENTAUR 50 - C3344/610 0 HP	3	Two operating units for feed gas compression One common spare unit shared with lean gas
01-K-2301 A/B	Lean Gas Compressors	SOLAR TURBINE / TAURUS 60-C3355 /6500 HP	2	Two operating units One-common spare unit-refer feed gas compressors

Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) adalah salah satu ciri khas filosofi Negara Jepang yang dikembangkan berdasarkan pada konsep dan metodologi *productive maintenance*. Konsep ini diperkenalkan pertama kali oleh Nippon Denso Co. Ltd Japan yang merupakan *supplier* dari Toyota Motor Company pada tahun 1971 [11]. TPM adalah konsep pemeliharaan produktif yang dirancang untuk mencapai sistem produksi komprehensif yang efektif dengan melibatkan setiap orang di dalam organisasi. Penjelasan rinci TPM dibagi dalam 3 (tiga) konsep penting, yaitu [12]: (1) Total, yang berarti keterlibatan semua personil atau pegawai dari perusahaan; (2) Produktif, yang berarti aktivitas TPM dijalankan sebanyak mungkin dengan tidak mengganggu produktivitas perusahaan; (3) Perawatan, yang berarti pemilihan metode perawatan yang paling efektif atau sesuai.

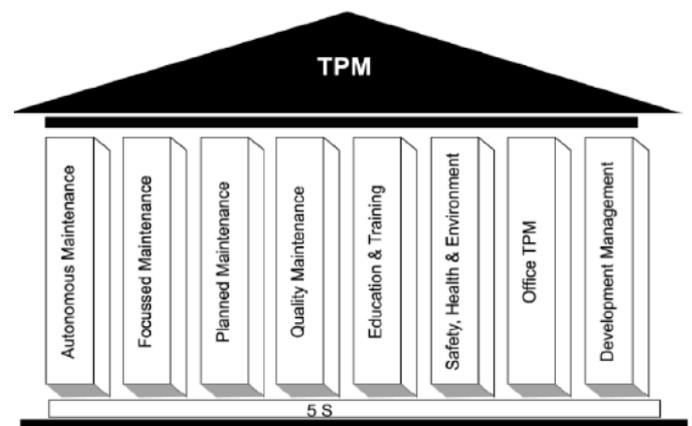
Inisiatif TPM yang diusulkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) mengandung 8 pilar rencana implementasi yang menghasilkan peningkatan yang tinggi pada produktivitas tenaga kerja melalui program perawatan yang terkendali, penurunan biaya pemeliharaan, serta menurunnya waktu *set up* dan *downtime*. TPM memberi jalan agar perencanaan menjadi bermutu tinggi, mengorganisasi, pengawasan, dan pengendalian prakteknya melalui metodologi 8 pilar antara lain *autonomous maintenance*, *focused improvement*, *planned maintenance*, *quality maintenance*, *education and training*, *safety*, *health and environment*, *office TPM* serta *development management* dimana pondasi awal dalam menerapkan 8 pilar ini yaitu dengan menerapkan program 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Sheiketsu, dan Shitsuke), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [13]. 5S bertanggung jawab langsung terhadap personil yang tergabung, yang memerlukan standarisasi dan disiplin sebagai dasar praktik *autonomous maintenance* [14].

Pilar-pilar ini merupakan dasar untuk mencapai tujuan TPM dan berfungsi sebagai ruang untuk performa dan implementasi TPM [15]. Delapan pilar TPM adalah sebuah sistem untuk memaksimalkan efektivitas produksi semua industri [12]. Rangkuman 8 pilar TPM dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan kemajuan teknologi, semua perusahaan manufaktur bergerak menuju otomatisasi, memusatkan pabrik mereka untuk tetap bertahan dengan memaksimalkan tingkat produktivitas dengan memperbaiki semua aplikasi lama. Konsep dari TPM membantu perusahaan untuk memaksimalkan efektivitas peralatan hingga umur pakai berakhir. TPM dapat mengakomodasi tujuan dari suatu perusahaan sebab TPM merupakan pendekatan yang berpotensi dalam menyediakan integrasi antara proses produksi

dengan pemeliharaan mutu melalui pengembangan kerja sama yang kuat pada seluruh level perusahaan [12].

Tabel 2 Ringkasan 8 pilar TPM

Pilar TPM	Deskripsi	Keuntungan
<i>Autonomous Maintenance</i>	Memberikan operator peralatan untuk bertanggung jawab pada perawatan dasar peralatan	Operator merasa bertanggung jawab atas peralatan mesin, sehingga peralatan menjadi lebih andal
<i>Planned Maintenance (Keikaku-Hozen)</i>	Pemeliharaan dijadwalkan menggunakan tingkat kegagalan historis peralatan	Pemeliharaan dapat dijadwalkan ketika aktivitas produksi sedikit
<i>Quality Maintenance</i>	Kualitas yang ditanamkan pada peralatan untuk mengurangi cacat	Pengurangan cacat dan peningkatan laba
<i>Continuous Improvement (Kaizen)</i>	Menggunakan kelompok lintas fungsi untuk kegiatan peningkatan	Meningkatkan kemampuan memecahkan masalah pada pekerja
<i>Early Equipment Management</i>	Merancang peralatan baru dengan mempelajari kegiatan TPM sebelumnya	Peralatan baru mencapai potensi penuh dalam waktu singkat
<i>Education and Training</i>	Menjembatani kesenjangan keterampilan dan pengetahuan dengan melatih semua pekerja	Karyawan mendapatkan keterampilan yang diperlukan untuk memungkinkan mereka menyelesaikan masalah dalam organisasi
<i>Health, Safety, and Environment</i>	Memberikan lingkungan kerja yang ideal tanpa kecelakaan dan cedera	Menghilangkan kondisi berbahaya menciptakan iklim kerja yang sehat
<i>TPM in the office</i>	Menyebarkan prinsip-prinsip ke fungsi administratif dalam suatu organisasi	Fungsi penunjang memahami manfaat dari peningkatan ini



Gambar 2. Pendekatan 8 Pilar Implementasi TPM [13]

Merawat peralatan selama masa pakainya membutuhkan upaya yang lebih besar. TPM membantu perusahaan dalam memelihara

peralatan untuk melindungi dari kehilangan kualitas cacat, kehilangan kecepatan, dan juga mencegah kerusakan yang tidak terduga karena kerugian yang tidak disengaja dan tidak disengaja. Melalui penerapan TPM, tujuan utama perusahaan manufaktur bertransformasi menuju *zero defects*, *zero breakdown* dan *zero accidental* sepanjang masa [12].

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapus *six big losses* peralatan [9]. Sehingga tujuan dari OEE adalah sebagai alat ukur performa dari suatu sistem perawatan, dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui ketersediaan mesin/peralatan, efisiensi produksi, dan kualitas output mesin/peralatan [16].

Pengukuran OEE ini didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama [9], yaitu: (1) *Availability Ratio*. *Availability ratio* merupakan suatu perbandingan yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Loading time* adalah waktu yang tersedia per hari atau per bulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan. *Operation time* merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin. Dengan kata lain, *operation time* adalah waktu operasi yang tersedia setelah waktu-waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari total *available time* yang direncanakan:

$$Availability = \frac{Loading\ Time}{Operation\ Time} \times 100 \quad (1)$$

(2) *Performance Ratio*. *Performance ratio* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan produk. Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi performansi adalah: *Target amount* (jumlah target produksi yang diharapkan), *processed amount* (jumlah produk yang diproses), dan *loading time* (waktu aktual mesin beroperasi);

$$Performance = \frac{Processed\ Amount}{Target\ Amount} \times 100 \quad (2)$$

(3) *Quality Ratio* atau *Rate of Quality Product*. *Quality ratio* atau *rate of quality product* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar;

$$RQP = \frac{processed\ amount - scrap\ amount}{processed\ amount} \times 100 \quad (3)$$

(4) *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Pengukuran OEE kelas dunia merupakan standar yang digunakan untuk membandingkan OEE perusahaan yang diukur.

$$OEE = AV \times PE \times RQP \quad (4)$$

Untuk mencapai OEE sebesar 85%, maka efisiensi performansi harus mencapai 95%, *availability* harus mencapai 95%, dan kualitas harus mencapai 99%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa strategi TPM dan Pemeliharaan terencana akan berkaitan dengan biaya [17].

Six Big Losses

Fokus dari TPM adalah menghilangkan pemborosan yang dikategorikan kedalam enam kerugian produktifitas [6] yakni: (1) *Breakdown Losses/Equipment Failures* yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan tentu saja akan menyebabkan kerugian, karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi menghasilkan output. Hal ini akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia dan kerugian material serta produk cacat yang dihasilkan semakin banyak;

$$Breakdown\ Losses = \frac{Breakdown\ Time}{Operation\ Time} \times 100 \quad (5)$$

(2) *Setup and Adjustment Losses*/kerugian karena pemasangan dan penyetelan adalah semua waktu *set up* termasuk waktu penyesuaian dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya;

$$Setup\ Adjustment\ Losses = \frac{Total\ Setup\ Time}{Operation\ Time} \times 100 \quad (6)$$

(3) *Speed Loss (Performance Efficiency)* terdiri dari *Idling and Minor Stoppage Losses* disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan idle time dari mesin. Kenyataannya, kerugian ini tidak dapat dideteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak. Ketika operator tidak dapat memperbaiki pemberhentian yang bersifat *minor stoppage* dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dianggap sebagai suatu *breakdown*;

$$Speed\ Losses = \frac{Idling\ Minor\ Stoppages}{Loading\ Time} \times 100 \quad (7)$$

(4) *Reduced Speed Losses* yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi) terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin/peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang;

$$Reduced\ Speed\ Losses = \frac{Reduce\ speed\ time}{Loading\ time} \times 100 \quad (8)$$

(5) *Defect Loss (Scrap of Product)* yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang. Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, biaya tambahan untuk pengerjaan ulang dan kemungkinan adanya limbah produksi meningkat. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun untuk memperbaiki produk yang cacat. Walaupun waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki produk cacat hanya sedikit, kondisi ini dapat menimbulkan masalah yang lebih besar;

$$Scrap\ Losses = \frac{Scrap\ product}{Processed\ amount\ product} \times 100 \quad (9)$$

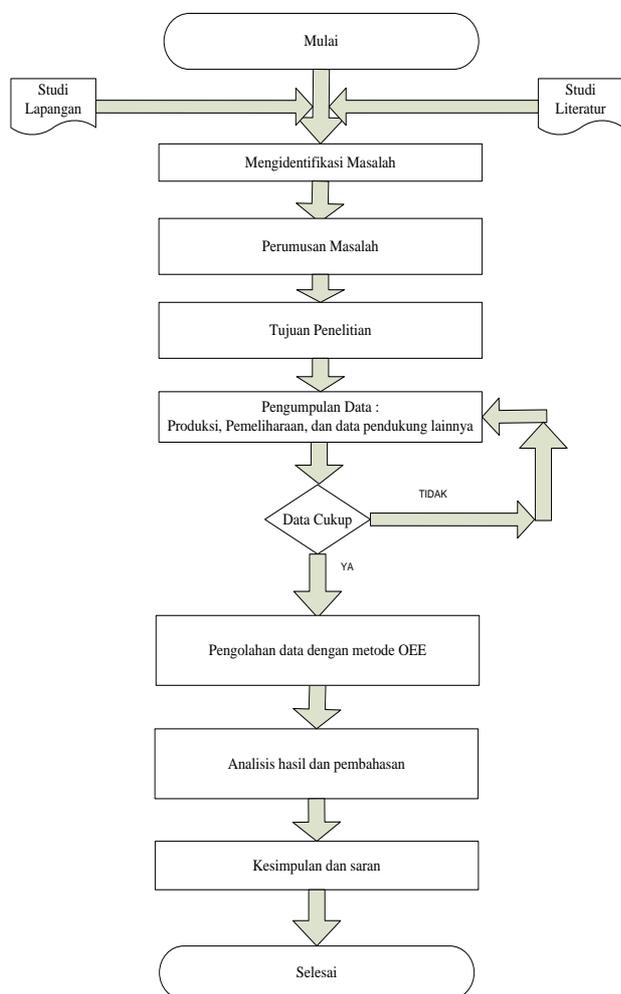
(6) *Rework Losses* disebabkan produk diproses lagi agar tidak menjadi produk sampah.

$$Rework\ Losses = \frac{Rework\ time}{Loading\ time} \times 100 \quad (10)$$

METODE

Secara garis besar langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 3. Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lebih detail tentang informasi-informasi yang diperlukan dalam penelitian. Berdasarkan informasi tersebut maka didapat tahap penyelesaian masalah yang ada sehingga pembahasan dalam penelitian ini menjadi terarah. Pada penelitian pendahuluan, peneliti melihat kondisi mesin diam, saat beroperasi dan saat sesudah beroperasi, serta informasi lain yang dapat mendukung kelancaran penelitian selanjutnya. Selain itu, peneliti melakukan wawancara kepada pihak operator dan teknisi.

Penelitian ini dilakukan di PT Perta-Santan Gas Kilang Ekstraksi NGL Prabumulih yang dilakukan selama dua (2) bulan dari tanggal 1 Juni–30 Juli 2018. Penelitian yang digunakan adalah penelitian komparatif yaitu suatu penelitian yang bersifat membandingkan. Penelitian dilakukan untuk sampel lebih dari satu, atau dalam waktu yang berbeda.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Objek penelitian yang diteliti yaitu mesin Turbin Gas Centaur 50-C3344. Data yang diambil adalah data operasi dari Turbin Gas Centaur 50-C3344 serta data perawatannya. Untuk mengukur tingkat efektifitas kerja mesin turbin gas dalam penelitian ini yaitu menggunakan: (1) Instrument utama: *logsheet* yaitu kertas yang mencatat kerja mesin setiap harinya yang dikerjakan oleh

operator lapangan; (2) Instrumen pendukung: data produksi, data perawatan dan pemeliharaan.

Untuk pengukuran efektivitas dengan menggunakan OEE pada turbin gas Centaur 50-C3344 ini, dibutuhkan data yang bersumber dari laporan produksi, antara lain: (1) Data waktu *planned downtime* turbin gas Centaur 50-C3344; (2) Data waktu *downtime* turbin gas Centaur 50-C3344; (3) Data waktu *set up* mesin turbin gas Centaur 50-C3344; dan (4) Data waktu produksi turbin gas Centaur 50-C3344.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Availability

Availability atau ketersediaan merupakan rasio atau perbandingan antara jam kerja aktual terhadap target jam kerja. Nilai *availability* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 3. Dari data perhitungan ketersediaan dapat dilihat bahwa pada bulan September, nilai *availability* paling rendah yaitu 42,2 %.

Tabel 3. *Availability* periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Loading Time (Jam)	Down -time (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability (%)
Juli	679,5	64,5	744	91,3
Agustus	734,6	9,4	744	98,7
September	195,2	267,8	463	42,2
Oktober	744,0	0,0	744	100,0
November	717,1	2,9	720	99,6
Desember	744,0	0,0	744	100,0
Januari	743,8	0,2	744	99,9
Februari	672,0	0,0	672	100,0
Maret	743,5	0,5	744	99,9
April	714,9	5,1	720	99,3
Mei	721,4	22,6	744	96,9
Juni	720,0	0,0	720	100,0
Total	8.130,0	373	8.503	

Perhitungan Performance Efficiency

Performance efficiency merupakan rasio kuantitas produk yang dihasilkan terhadap target produksi yang diinginkan dalam satu periode waktu. Nilai *performance efficiency* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Performance Efficiency* periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Jumlah Target Produksi (Ton)	Jumlah Produksi (Ton)	Loading Time (Jam)	Performance Efficiency (%)
Juli	23.250	19.283	679,5	82,9
Agustus	23.250	20.146	734,6	86,6
September	22.500	12.228	195,2	54,3
Oktober	23.250	21.199	744,0	91,2
November	22.500	20.477	717,1	91,0
Desember	23.250	21.579	744,0	92,8
Januari	22.630	21.517	743,8	95,1
Februari	20.440	19.112	672,0	93,5
Maret	22.630	21.294	743,5	94,1
April	21.900	20.436	714,9	93,3
Mei	22.630	22.377	721,4	98,9
Juni	21.900	21.428	720,0	97,9
Total	270.130	241.077	8.130,0	

Perhitungan Rate of Quality Product (RQ)

Rate of quality product adalah rasio produk yang baik yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses. Dalam perhitungan rasio *rate of quality product* ini, *process amount* adalah *total product processed* sedangkan *scrap amount* adalah *total defect product*. Nilai *rate quality product* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 5. Dari perhitungan *rate of quality* dapat dilihat bahwa nilai *rate of quality* yang paling rendah pada bulan September yaitu sebesar 99%.

Tabel 5. Rate of Quality Product Turbin Gas Mesin Turbin Gas GTC C50 C3344 Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Jumlah Produksi (T)	Scrap Product/Off Spec (MT)	Rate Of Quality Product (%)
Juli	19.283	0	100
Agustus	20.146	0	100
September	12.228	148	99
Oktober	21.199	0	100
November	20.477	0	100
Desember	21.579	0	100
Januari	21.517	0	100
Februari	19.112	0	100
Maret	21.294	0	100
April	20.436	0	100
Mei	22.377	0	100
Juni	21.428	0	100
Total	241.077	148	

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* pada mesin turbin gas diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai OEE untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin Turbin Gas pada periode Juli 2017 sampai dengan Juni 2018 di PT Perta Samtan Gas Kilang Ekstraksi NGL Prabumulih. Perhitungan OEE adalah perkalian nilai-nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* yang sudah diperoleh. Untuk menghitung OEE dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. OEE Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Rate of Quality Product (%)	OEE (%)
Juli	91,33	82,94	100	75,75
Agustus	98,74	86,65	100	85,55
September	42,15	54,35	99	22,63
Oktober	100,00	91,18	100	91,18
November	99,59	91,01	100	90,64
Desember	100,00	92,81	100	92,81
Januari	99,98	95,08	100	95,06
Februari	100,00	93,50	100	93,50
Maret	99,94	94,10	100	94,04
April	99,29	93,32	100	92,65
Mei	96,97	98,88	100	95,88
Juni	100,00	97,85	100	97,85
Rata-rata	94,00	89,31	100	85,63

Tabel 6 menunjukkan bahwa pencapaian OEE yang terjadi pada periode Juli 2017–Juni 2018 masih dalam katagori baik dengan range 85,55%-97,85% atau rata-rata satu tahun 85,63% dan sedikit telah melewati nilai standar OEE kelas dunia yakni 85%,

meskipun jika dilihat pada bulan September pencapaian sangat jauh dibawah standar yaitu sebesar 22,63%, yang berpengaruh besar pada pencapaian OEE. Walaupun demikian, hal ini tidak mempengaruhi nilai rata-rata OEE yang masih diatas standar dunia. Nilai OEE yang tertinggi yakni diatas 97,85% terjadi sampai Juni 2018. Untuk menganalisa pencapaian nilai OEE dalam satu periode, dapat dimulai dari analisa penyebab masalah yang dikenal dengan enam penyebab utama kegagalan atau *six big losses*.

Perhitungan Breakdown Losses

Hasil perhitungan *breakdown losses* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 7. Sedangkan hasil perhitungan *setup and adjustment losses* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Breakdown Loss Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Breakdown Time (Jam)	Operation Time (Jam)	Breakdown Loss (%)
Juli	64,8	744	8,71
Agustus	9,76	744	1,31
September	271	463,02	58,53
Oktober	0	744	0,00
November	3,13	720	0,43
Desember	0,33	744	0,04
Januari	0,16	744	0,02
Februari	0	672	0,00
Maret	0,48	744	0,06
April	5,65	720	0,78
Mei	22,56	744	3,03
Juni	4,116	720	0,57
Total	381,986	8503,02	73,50

Tabel 8. Setup and Adjustment Mesin Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Total Setup/adjustment Time (Jam)	Operation Time (Jam)	Setup and Adjustment (%)
Juli	0,3	679,5	0,04
Agustus	0,35	734,6	0,05
September	3,15	195,2	1,61
Oktober	0	744,0	0,00
November	0,2	717,1	0,03
Desember	0,33	744,0	0,04
Januari	0	743,8	0,00
Februari	0	672,0	0,00
Maret	0	743,5	0,00
April	0,54	714,9	0,08
Mei	0	721,4	0,00
Juni	0	720,0	0,00
Total	4,87	8.130,0	1,85

Hasil perhitungan *idling and minor stoppages* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 9. Sedangkan hasil perhitungan *reduce speed* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 10. Tabel 11 menunjukkan hasil perhitungan *reduce loss* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu. Hasil perhitungan *scrap loss* dari waktu yang ditargetkan dalam satu periode waktu dapat dilihat pada Tabel 12. Analisa perhitungan OEE dilakukan dengan tujuan melihat tingkat keefektifan penggunaan mesin turbin gas Centaur 50 C3344 dalam suatu periode kerja. Pengukuran OEE Turbin Gas ini berdasarkan pada faktor waktu,

kecepatan serta kualitas pada saat pengoperasian mesin turbin gas.

Tabel 9. *Idling and Minor Stoppages Loss* Periode Juli 2017– Juni 2018

Periode	Loading Time (Jam)	Operation Time (Jam)	Non Productive Time (Jam)	Idling and Minor Stoppages (%)
Juli	679,5	744	64,5	9,49
Agustus	734,59	744	9,41	1,28
September	195,17	463,02	267,85	137,24
Oktober	744	744	0	0,00
November	717,07	720	2,93	0,41
Desember	744	744	0	0,00
Januari	743,84	744	0,16	0,02
Februari	672	672	0	0,00
Maret	743,52	744	0,48	0,06
April	714,89	720	5,11	0,71
Mei	721,44	744	22,56	3,13
Juni	720	720	0	0,00
Total	8130	8503,02	373	152,35

Tabel 10. *Reduce Speed Loss* Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Loading Time (Jam)	Operation Hours (Jam)	Product Target (MT)	Process Product (MT)	Reduce Speed Time (Jam)	Reduce Speed Loss (%)
Juli	679,5	744	23.250	19.283	8	1,18
Agustus	734,59	744	23.250	20.146	0	0,00
Sept.	195,17	463,02	22.500	12.228	14	7,17
Oktober	744	744	23.250	21.199	0	0,00
Nov.	717,07	720	22.500	20.477	0	0,00
Des.	744	744	23.250	21.579	1	0,13
Januari	743,84	744	22.630	21.517	0	0,00
Februari	672	672	20.440	19.112	0	0,00
Maret	743,52	744	22.630	21.294	2	0,27
April	714,89	720	21.900	20.436	0	0,00
Mei	721,44	744	22.630	22.377	23	3,19
Juni	720	720	21.900	22.228	0	0,00
Total	8.130,02	8.503,02	270.130	241.877	48	11,94

Tabel 11. *Rework Loss* Periode Juli 2017–Juni 2018

Periode	Loading Time (Jam)	Proceed Product (MT)	Rework (MT)	Rework Time (Jam)	Rework Loss (%)
Juli	679,5	19.283	0	0	0,00
Agustus	734,59	20.146	0	0	0,00
September	195,17	12.228	147,7	8	4,10
Oktober	744	21.199	0	0	0,00
Nopember	717,07	20.477	0	0	0,00
Desember	744	21.579	0	0	0,00
Januari	743,84	21.517	0	0	0,00
Februari	672	19.112	34	2	0,30
Maret	743,52	21.294	0	0	0,00
April	714,89	20.436	0	0	0,00
Mei	721,44	22.377	58	3	0,42
Juni	720	22.228	0	0	0,00
Total	8.130,02	241.877	239,82	13	4,81

Analisis perhitungan Six Big Losses

Untuk melihat lebih jelas *Six Big Losses* yang mempengaruhi efektivitas turbin gas, maka akan dilakukan perhitungan *Time Losses* pada masing-masing faktor di dalam *six big losses*

tersebut. Persentase faktor *Six Big Losses* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. *Yield/Scrap Loss Mesin Turbin Gas GTC C50 C3344*

Periode	Loading Time (Jam)	Processed Amount Product (MT)	Scrap Product (MT)	Scrap lost Time (Jam)	Scrap loss (%)
Juli	679,5	19.283	0	0	0,00
Agustus	734,59	20.146	0	0	0,00
September	195,17	12.228	147,7	0	1,21
Oktober	744	21.199	0	0	0,00
November	717,07	20.477	0	0	0,00
Desember	744	21.579	0	0	0,00
Januari	743,84	21.517	0	0	0,00
Februari	672	19.112	0	0	0,00
Maret	743,52	21.294	0	0	0,00
April	714,89	20.436	0	0	0,00
Mei	721,44	22.377	0	0	0,00
Juni	720	22.228	0	0	0,00
Total	8.130,02	241.877	147,7	0	1,21

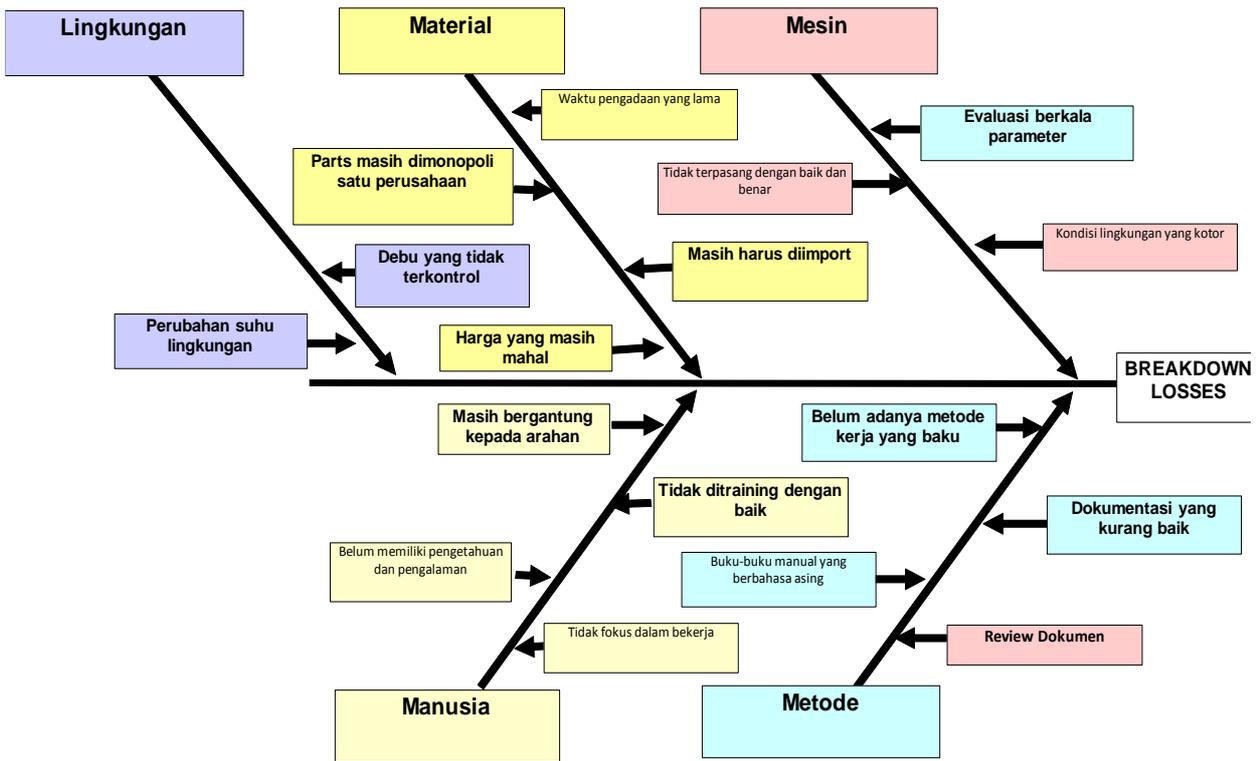
Tabel 13. Persentase Faktor *Six Big Losses* Mesin Turbin Gas GTCC50 C3344 Periode Juli 2017 – Juni 2018

No.	Six Big Losses	Total Time Losses	Persentase	Persentase Kumulatif
1	<i>Breakdown Losses</i>	382	46,53	46,53
2	<i>Idling and minor stoppages</i>	373	45,43	91,96
3	<i>Reduce speed</i>	48	5,85	97,81
4	<i>Rework losses</i>	13	1,58	99,39
5	<i>Setup and adjustment losses</i>	5	0,61	100,00
6	<i>Scrap losses</i>	0	0,00	100,00
Total		821	100	

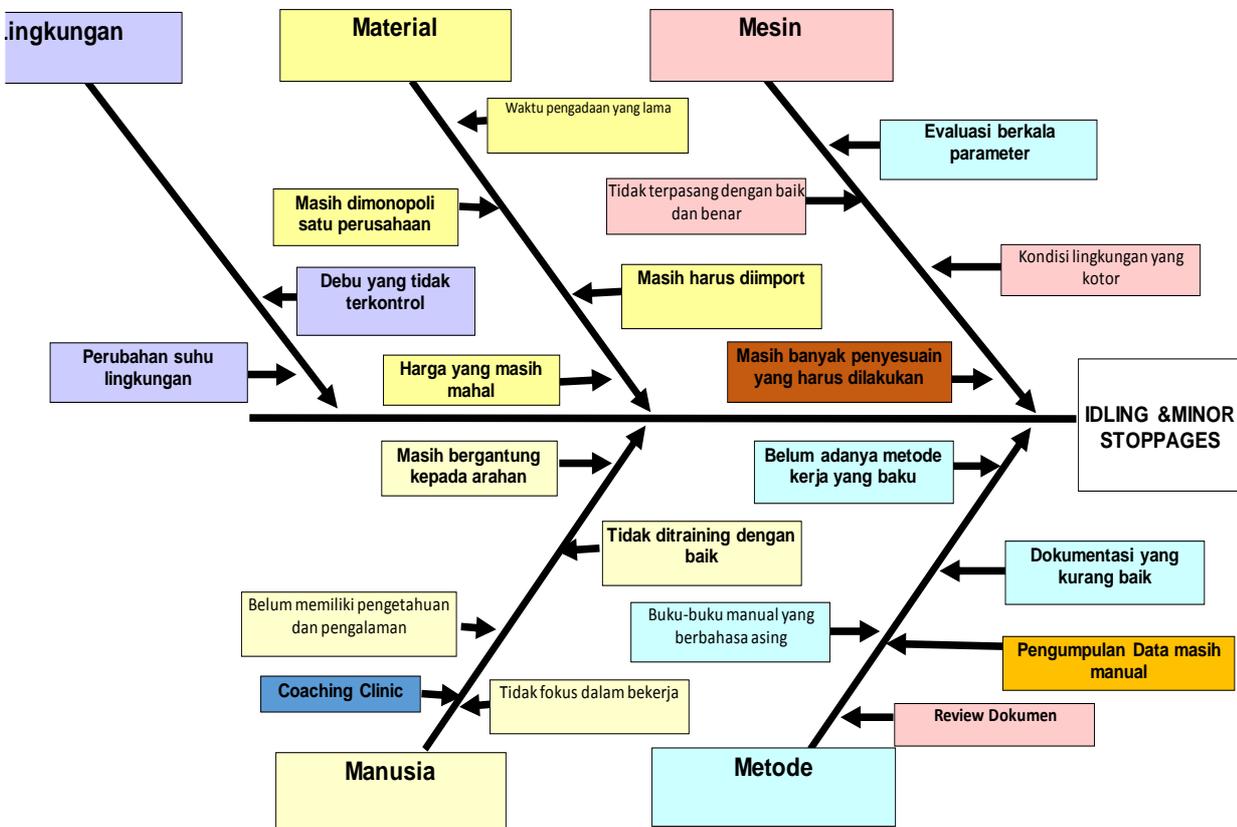
Hasil persentase faktor *Six Big Losses* ditunjukkan pada diagram Pareto pada Gambar 9. Dari data yang ditampilkan sebelumnya, dapat dilihat bahwa *breakdown losses* (382 jam atau 46,532% dari seluruh total kerugian) merupakan kerugian yang tertinggi yang dialami mesin turbin gas C50 C3344 dalam setahun, diikuti oleh kerugian-kerugian yang lain yaitu: *idling and minor stoppages* (373 jam atau 45,43%), *reduce speed* (48 jam atau 5,85%), *rework losses* (13 jam atau 1,58%), dan *setup and adjustment losses* (5 Jam atau 0,61 %).

Analisis Diagram Sebab Akibat

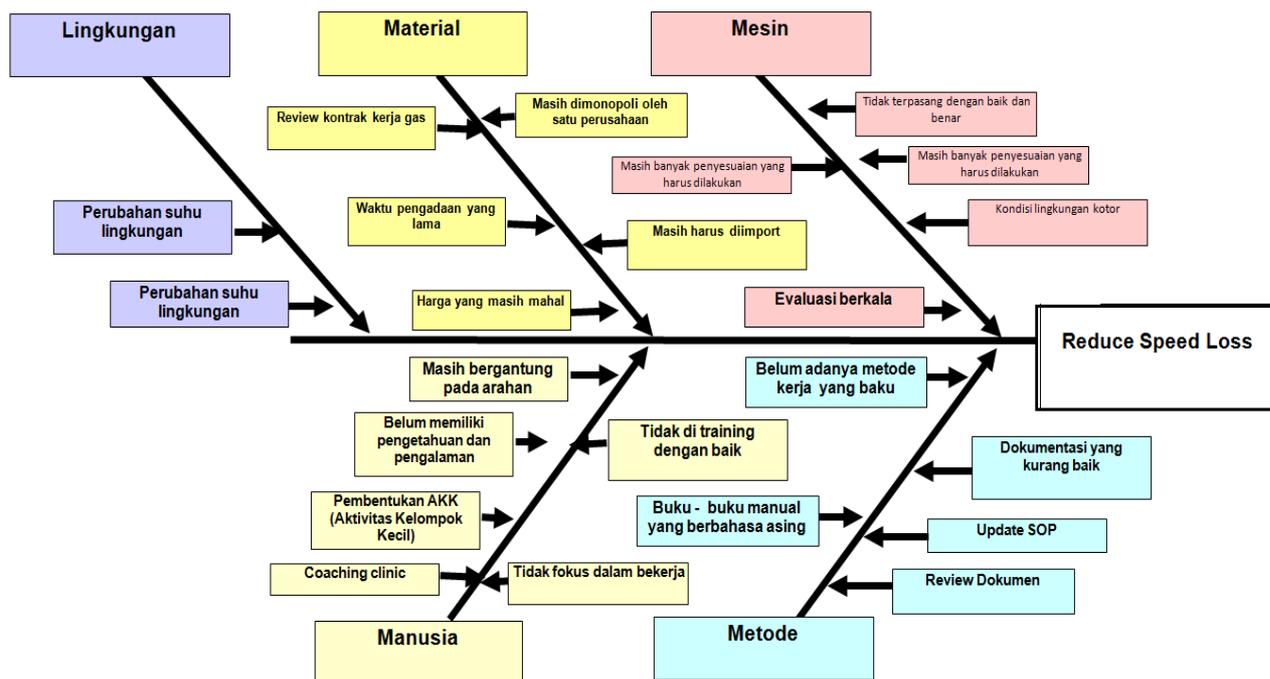
Adapun diagram sebab akibat dari *breakdown losses*, *idling and minor stoppages* dan *reduce speed losses* yang dibuat karena tolak ukur tersebut memberikan kontribusi kerugian-kerugian yang besar bagi perusahaan sehingga perlu dilakukannya penanganan yang lebih lanjut. Dan dalam wawancara yang didapat serta hasil peninjauan terhadap lapangan diambil faktor parameter yang mempengaruhi terjadinya *losses*/kerugian tersebut yaitu: mesin (turbin gas), manusia (operator dan teknisi), material (*spare part*, *stok inventory*, *integrated supply chain manajemen*), metode (prosedur kerja, buku panduan dan strategi pengoperasian dan perawatan) dan lingkungan kerja. Adapun hasil analisis dengan diagram sebab akibat dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Breakdown Losses



Gambar 5. Diagram Sebab Akibat Idling and Minor Stoppages

Gambar 6. Diagram Sebab Akibat *Reduce Speed Losses*

Ketiga diagram sebab akibat diatas menerangkan penyebab mesin mengalami kerugian, oleh karena lima faktor yaitu manusia, mesin, material, metode dan lingkungan. Mesin kemungkinan berhenti berulang-ulang dan hal itu tidak terekam sehingga tidak dapat diketahui secara pasti waktu kerugian yang dialami. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan dengan analisis diagram pareto bahwa mesin turbin gas C50 C3344 mengalami kerugian yang begitu besar dalam setahunnya. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh beberapa faktor.

Faktor pertama adalah faktor manusia. Pekerjaan dalam proses produksi sangat membutuhkan pengawasan, baik memantau seberapa besar kemampuan karyawan dan etos kerja saat bekerja dengan tujuan mengatur serta mengkoordinir berlangsungnya proses dengan baik. Dari hasil pengamatan yang dilakukan peneliti, pengawasan yang dilakukan pemimpin tidak begitu ketat, sehingga sering terjadi operator tidak berada di dalam ruang kontrol mesin untuk mengkoordinasi mesin selama proses berlangsung. Operator merasa begitu tenang, sehingga kurang begitu peduli terhadap pekerjaannya. Kedisiplinan dalam merekam kejadian operasi begitu kurang, sehingga menyebabkan responsif akan pekerjaan semakin menurun. Sering terjadi ketidaktelitian dalam merekam sehingga melupakan kejadian penting yang seharusnya menjadi dokumentasi perusahaan saat pengoperasian disebabkan operator yang sering berjaga hanya seorang, diperlukan minimal 2 orang yang berjaga-jaga di unit yang bekerja merekam proses operasi sehingga dengan tujuan menghindarkan ketidaktelitian.

Faktor berikutnya yang mempengaruhi adalah faktor mesin. Temperatur lingkungan terkadang naik turun tak terkontrol akan membuat kerugian mesin untuk menghasilkan produksinya dikarenakan berpengaruh kepada ruang bakar karena temperatur ruang bakar sudah tercapai terlebih dahulu, sehingga perlu adanya

kerja ekstra dari operator siaga melihat indikator temperatur/termocouple yang terdapat pada mesin sehingga mesin beroperasi dengan temperatur batas aman (*T5 control*). Disamping temperatur lingkungan, kinerja turbin gas juga sangat dipengaruhi oleh kebersihan udara hisap yang sangat berpengaruh kepada *pressure compressor discharge* (PCD) sebagai salah satu komponen dalam reaksi pembakaran (*Air-Fuel Ratio*).

Faktor ketiga yang mempengaruhi adalah faktor metode. Karyawan telah dididik secara akademis bagaimana melakukan pemeliharaan. Dengan jenjang pendidikan karyawannya bertingkat diploma maupun tingkat sarjana tidak begitu sulit dilatih. Namun berbeda yang terjadi saat di lapangan, khususnya pada mesin yang menjadi objek penelitian dimana mesin tidak boleh mengalami istirahat/berhenti sehingga diperlukan metode perawatan yang lebih kepada *preventive* (pencegahan) atau *predictive* (perkiraan) *maintenance* dengan maksud dilakukannya perawatan dan pemeliharaan yang terencana. Oleh karena itu usia pakai mesin berkurang seiring waktu (*life time*) kemungkinan besar akan berpengaruh terhadap kerugian utama. Oleh karenanya diperlukan suatu analisa kehandalan mesin yang lebih dalam lagi.

Faktor lingkungan adalah faktor berikutnya yang perlu diperhatikan untuk melakukan perbaikan. Temperatur udara mempengaruhi mesin turbin gas dalam melakukan pembakaran, semakin rendah temperatur atau keadaan dingin maka pembakaran semakin baik, kerja turbin semakin memadai hingga menghasilkan produk dengan kapasitas yang lebih. Jadi udara luar mempengaruhi mesin untuk beroperasi. Disamping debu-debu yang masuk ke dalam saluran udara masuk sehingga terjadi penyumbatan pada filter-filter udara.

TPM juga termasuk kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*), kunci keberhasilannya adalah pemeliharaan mandiri tersebut, karena melibatkan seluruh staf pekerja yang mulai dari operator sampai kepada pemimpin perusahaan. Dengan kata lain, adanya kegiatan pemeliharaan mandiri ini maka seluruh operator akan terlibat dalam melakukan pemeliharaan dan perawatan mesin serta peralatan yang digunakan, dan para pemimpin juga ikut ambil bagian dalam melakukan pemeliharaan dan perawatan mesin tersebut.

Adapun sistem pelaksanaan kegiatan pemeliharaan yang diterapkan oleh PT Perta Samtan Gas Kilang Ekstraksi NGL Prabumulih adalah pemeliharaan yang terencana yang memiliki jadwal pemeliharaan. Walaupun terencana mesin terkadang mengalami henti mendadak atau *trip* yang mungkin tidak terekam. Hal yang mempengaruhi nilai efektivitas mesin adalah kemampuan operator dalam mengawasi operasi serta memelihara mesin dengan baik. Untuk itu perlu adanya pendidikan yang dapat mengubah pola pikir dari operator supaya tidak hanya menggunakan mesin namun bisa juga memelihara mesin. Agar hal tersebut dapat tercapai maka diperlukan usaha dan waktu untuk dapat melatih operator memahami dan memperlakukan pemeliharaan mandiri.

Berdasarkan dari analisis diagram sebab akibat, maka perusahaan dapat memaksimalkan produksi dengan memperbaiki atau meningkatkan faktor-faktor yang berkaitan dengan pemeliharaan, yaitu dengan menambah personal atau pegawai yang berkompeten yang bekerja pada proses produksi dan pemeliharaan serta menjalankan semua prosedur pelaksanaan sesuai dengan yang telah ditetapkan, serta melaksanakan kegiatan pemeliharaan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Dengan penerapan pemeliharaan yang baik, maka perusahaan dapat meminimalisir biaya-biaya perbaikan atau biaya perawatan mesin-mesin produksi.

Pemeliharaan mandiri yang dapat dilakukan operator antara lain dengan menerapkan strategi 5-R (Ringkas-Rapi-Resik-Rajin-Rawat) seperti: (1) Membersihkan mesin turbin gas dari kotoran-kotoran yang melekat, dari pelumas yang menempel dan dari debu kotoran (Rapi); (2) Memantau kerja mesin, apakah beroperasi dengan baik dengan mencatat fenomena yang terjadi pada mesin (Rajin); (3) Memeriksa pelumasan, jika perlu lakukan pergantian dan melakukan penyetulan sendiri (Resik); (4) Melakukan pemeliharaan mandiri dengan menggunakan *check sheet* (Rawat) dan (5) Tetap melakukan pemeriksaan yang sesuai dengan instruksi standar pemeriksaan yang telah diterapkan perusahaan (Ringkas).

KESIMPULAN

Dari periode data penelitian yang dilakukan Juli 2017–Juni 2018 dapat ditarik kesimpulan rata-rata nilai OEE mesin turbin gas Centaur 50-C3344 yang diukur dalam dua belas bulan pengambilan data penelitian yakni 85,63% dan sedikit telah melewati nilai standar OEE kelas dunia yakni 85%, meskipun jika dilihat pada bulan September pencapaian sangat jauh dibawah standar yaitu sebesar 22,63%, sehingga berpengaruh besar pada pencapaian OEE. Namun, apabila dilihat perbulannya cukup baik yakni 94,50% dan pencapaian ini melampaui nilai OEE world class yaitu 85%. Range *availability* didapat rata-rata

94% yang melebihi nilai standar yakni 90% sehingga dapat disebut ideal. Untuk *performance efficiency* didapat nilai rata-rata 89,31% dan ini tidak mencapai standar seharusnya yaitu 95%. Sedangkan untuk range *rate of quality product* didapat nilai 100 %telah melewati nilai standar yakni 99%.

Kerugian yang paling banyak dialami oleh mesin adalah *breakdown losses* yang dicatat dalam setahun terjadi selama 382 jam yang telah memberikan kontribusi kehilangan jam operasional mesin turbin gas dengan persentase kerugian sebesar 46,53%. Dilanjutkan dengan *idling and minor stoppages* 373 jam atau 45,43%, *reduce speed* 48 jam atau 5,85%, *rework losses* 13 jam atau 1,58%, dan *setup and adjustment losses* 5 jam atau 0,61%. Maka, dapat disimpulkan bahwa mesin turbin gas Centaur 50 C3344 secara keseluruhan masih dapat dinyatakan bagus dan layak pakai, namun, perlu dikaji lebih lanjut mengingat perolehan angka OEE nya cukup dekat dengan standar OEE *world class* yang seharusnya harus jauh lebih diatas nilai tersebut mengingat usia pakai yang relatif masih baru yakni 4 tahun

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Gandhi, "Analisis Kualitatif Nilai Ekspor Migas Indonesia Dan Kepemilikan Blok Migas Oleh Perusahaan Asing Di Indonesia," Jurnal Ekonomi Pertanian, Sumber Daya dan Lingkungan., vol. 1, pp. 87–101, Februari 2014.
- [2] R. Ramdhani, R. Ratna, and G. Wibawa, "Desain Pabrik Ethylene dari Gas Alam di Teluk Bintuni Papua Barat," Jurnal Teknik POMITS, vol. 4, pp. 1–3, Maret 2015.
- [3] J. A. Setiawan, "Mencari Landasan Hukum Pembentukan Badan Penyangga (Aggregator) Gas," Jurnal Hukum Novelty, vol. 7, pp. 237–250, Agustus 2016.
- [4] D. A. Nugroho, R. P. Setyawan, and G. Wibawa, "Cost Effective pada Sistem Regasifikasi Liquefied Natural Gas (LNG) di Indonesia," Jurnal Teknik POMITS, vol. 3, pp. 42–46, Maret 2014.
- [5] N. Fajrah and Noviardi, "Analisis Performansi Mesin Pre-Turning dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT APGB," Jurnal Optimasi Sistem Industri, vol. 17, pp. 126–134, Oktober 2018.
- [6] D. A. Kurniawati and M. L. Muzaki, "Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan RCM dan MVSM," Jurnal Optimasi Sistem Industri, vol. 16, pp. 89–105, Oktober 2017.
- [7] M. F. Hazmi, A. I. Juniani, and E. N. Budiyo, "Analisis Perhitungan OEE dan Six Big Losses terhadap Produktivitas Mesin Tuber Bottomer Line 4 PT.IKSG Tuban," : Proc. of the 1st Conference on Safety and Its Application, Seminar K3 2017, Surabaya, Indonesia, September 2, 2017. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2017. pp. 161–166.
- [8] N. B. Santoso, "Pemanfaatan LNG Sebagai Sumber Energi di Indonesia," Jurnal Rekayasa Proses, vol. 8, pp. 33–39, Juni 2014.
- [9] N. Ansori and M. I. Mustajib, Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2016.
- [10] Project Description of NGL. Prabumulih: PT Perta Samtan Gas, 2011.
- [11] M. W. Wakjira and A. P. Singh, "Total Productive Maintenance : A Case Study in Manufacturing Industry," Global Journal Researches Engineering, vol. 12, pp. 25–32, Februari 2012.
- [12] E. Y. T. Adesta, H. A. Prabowo, and D. Agusman, "Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) Implementation and Their Contribution to Manufacturing Performance," : Proc. of the IOP

- Conference Series: Material Science and Engineering, ICAMME 2017, Kuala Lumpur, Malaysia, Agustus 8 - 9, 2017. UK : IOP Publishing, 2017. pp. 1-8.
- [13] M. N. Iftari, "Perbaikan Maintenance untuk Target Availability Penyaluran Gas dengan Pendekatan Total Productive Maintenance di PT PERTAMINA Gas Area Jawa Bagian Barat," *Jurnal MIX*, vol. 6, pp. 234-245, Juli 2016.
- [14] J. David, M. Méndez, and R. S. Rodriguez, "Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity : a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology.*, vol. 92, pp. 1013-1026, September 2017.
- [15] H. A. Prabowo, Y. B. Suprpto, and F. Farida, "The Evaluation of Eight Pillars Total Productive Maintenance (TPM) Implementation and Their Impact on Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Waste," *Jurnal Sinergi*, vol. 22, pp. 13-18, Februari 2018.
- [16] Sariyusda, Fakhriza, and J. Putra, "Analisa Efektivitas Produksi pada Unit Urea I dengan Menggunakan Metode Total Productive Maintenance (TPM) di PT Pupuk Iskandar Muda," *Jurnal Polimesin*, vol. 14, pp. 37-43, Februari 2016.
- [17] H. M. Lazim, M. N. Salleh, C. Subramaniam, and S. N.

Othman, "Total Productive Maintenance and Manufacturing Performance : Does Technical Complexity in the Production Process Matter ?," *International Journal of Trade, Economics and Finance*, vol. 4, pp. 380-383, Desember 2013.

NOMENKLATUR

OEE	Overall Equipment Effectiveness
AV	Availability
PE	Performance
RQP	Rate of Quality Product
T	Ton/Metrik Ton

BIODATA PENULIS



Irnanda Pratiwi, S.T.,M.T

Merupakan Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Industri Universitas Tridinanti Palembang yang saat ini mengampu mata kuliah Perencanaan dan Pengendalian Produksi serta Pengendalian dan Penjaminan Mutu.