

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan ide-ide mengenai penyusunan dan sebagai data pelengkap dalam melakukan pengolahan data. Sumber data yang dilakukan pengolahan, berasal dari data perusahaan dan data dari hasil pustaka internal kampus, eksternal seperti internet, perpustakaan, dan laporan penelitian terdahulu dengan topik yang sama.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) telah banyak dilakukan sebagai acuan dalam menganalisis efektivitas dan kinerja peralatan pada berbagai sektor industri. Menurut (Alrasyid dkk, 2018) OEE adalah metode untuk mengukur kinerja mesin atau peralatan yang digunakan di industri dengan mempertimbangkan berbagai kerugian produksi.

Berdasarkan hasil analisis produktivitas alat gali muat dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Excavator CAT 395 (1215) diperoleh produktivitas aktual 569,61 BCM/jam dan weekly overburden removal 47.847,4 BCM/minggu, kemudian untuk nilai faktor ketersediaan

(*availability factor*) 0,9, faktor penggunaan (*utilization factor*) 0,82, faktor kecepatan (*speed factor*) 0,99, faktor pengisian (*bucket factor*) 0,89, dan nilai OEE 66 % yang mana belum memenuhi standar nilai OEE yaitu $\geq 85\%$. Kemudian untuk persentase *six big losses*, *breakdown losses* 4,45 %, *setup and adjustment losses* 8,33 %, *idling and minor stoppages* 3,2 %, *reduce speed losses* 12,9 %, *rework losses* 0 %, dan *yield losses* 5 %. Adapun upaya perbaikan untuk meningkatkan produktivitas Excavator CAT 395 (1215) yaitu dengan analisa diagram pareto didapatkan lima faktor prioritas perbaikan yaitu *reduce speed*, *setup and adjustment*, *yield*, *breakdown*, and *idling and minor stoppages* yang memiliki nilai *loss time* tertinggi sampai terendah dan juga perbaikan pada faktor penggunaan (*utilization factor*), dan faktor kecepatan (*speed factor*) didapatkan nilai OEE setelah perbaikan yaitu 72 % Nilai ini belum memenuhi nilai OEE kelas dunia yaitu $\geq 85\%$ namun untuk nilai produktivitas setelah perbaikan yaitu 620,31 BCM/jam nilai tersebut sesuai target produktivitas rencana yaitu 620 BCM/jam. Sedangkan pada Excavator CAT 395 (1216) diperoleh produktivitas aktual 391,81 BCM/jam dan *weekly overburden removal* 32.912,31 BCM/minggu, kemudian untuk nilai faktor ketersediaan (*availability factor*) 0,9, faktor penggunaan (*utilization factor*) 0,56, faktor kecepatan (*speed factor*) 1,01, faktor pengisian (*bucket factor*)

0,89, dan nilai OEE 45 % yang mana belum memenuhi standar nilai OEE yaitu $\geq 85\%$. Kemudian untuk persentase *six big losses, breakdown losses* 30,81 %, *set up and adjustment losses* 5,98 %, *idling and minor stoppages* 3,2 %, *reduce speed losses* 10 %, *rework losses* 0 %, dan *yield losses* 5 %.

Adapun upaya perbaikan untuk meningkatkan produktivitas Excavator CAT 395 (1215) yaitu dengan analisa diagram pareto didapatkan lima faktor prioritas perbaikan yaitu *breakdown losses, reduce speed, setup and adjustment, yield, dan idling and minor stoppages* yang memiliki nilai *loss time* tertinggi sampai terendah dan juga perbaikan pada faktor penggunaan (*utilization factor*), dan faktor pengisian (*bucket factor*) didapatkan nilai OEE setelah perbaikan yaitu 73 % Nilai ini belum memenuhi nilai OEE kelas dunia yaitu $\geq 85\%$ namun untuk nilai produktivitas setelah perbaikan yaitu 629,31 BCM/jam nilai tersebut melebihi target produktivitas rencana yaitu 620 BCM/jam. Dengan nilai OEE aktual Excavator CAT 395 (1215) sebesar 66 % yang berarti masih tergolong rendah dari nilai OEE standar kelas dunia yaitu $\geq 85\%$ sehingga masih ada faktor yang dapat dilakukan *improvement* agar produktivitas dapat tercapai dengan memperbaiki faktor kecepatan dan faktor penggunaan. Sedangkan untuk nilai OEE aktual Excavator CAT 395 (1216) sebesar 45 % dapat

dilakukan *improvement* pada faktor penggunaan dan faktor pengisian.

Selanjutnya (Nadia, 2020) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa OEE adalah sebuah metode yang telah diterima oleh universal untuk mengukur level sebuah perusahaan dan potensi *improvement* dari sebuah proses produksi. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui area mana yang perlu ditingkatkan untuk mencapai target produksi. Produktivitas aktual alat gali muat Komatsu PC 400-18 bulan Oktober 2019 sebesar 165,06 bcm/jam dari produktivitas yang direncanakan adalah 200 bcm/jam. Nilai OEE alat gali muat Komatsu PC 400-18 sebesar 0,44 dan produksi *excavator* Komatsu PC 400-18 sebesar 67.360,99 bcm dari target produksi 80.600 bcm. *Six Big Losses Excavator* Komatsu PC 400-18 periode bulan Januari-Oktober 2019 kerugian yang paling dominan adalah *Reduced Speed Losses* dengan persentase 64,44%. Produksi dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* setelah dilakukan perbaikan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi *performance efficiency* alat maka diperoleh produksi *excavator* Komatsu PC 400-18 sebesar 84.791,27 bcm dari target produksi 66.495 bcm. Nilai OEE alat gali muat Komatsu PC 400-18 setelah perbaikan masih sangat rendah yaitu 55%. Ini artinya nilai

OEE alat belum mencapai nilai OEE standar kelas dunia yaitu >85% dan masih ada ruang untuk *improvement*.

Pengoptimalan produksi perbandingan beberapa unit jenis CAT 395 karena produksi pengupasan overburden tidak tercapai menggunakan metode *overall equipment effectiveness*, dimana hasil perhitungan produksi *excavator* meningkat rata-rata sebesar 73% setelah dilakukannya perbaikan waktu kerja dengan mengurangi *reduce speed* sebesar 12,9% dan *breakdown losses* sebesar 30,81% masing-masing alat muat dan meningkatkan jam operasi (Alrasyid dkk, 2018). Kemudian (Nadia 2020) mengoptimalkan produksi alat muat Komatsu PC400-18 dengan metode *OEE* karena rencana produksi pengupasan overburden tidak tercapai disebabkan oleh waktu *standby* dan *breakdown* yang terjadi. Berdasarkan hasil penelitian dari perhitungan *six big losses*, penyumbang *losses* terbesar terletak pada *reduced speed losses* dengan persentase 64,44%.

2.2 Alat Gali Muat Excavator

Alat berat merupakan aplikasi dari hidrolik. Hidrolik merupakan aplikasi dari mekanika fluida, dimana mekanika fluida merupakan aplikasi ilmu fisika (Siswanto, 2008). Alat berat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek

konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar.



Gambar 2.1 Komatsu PC1250SP-8R

Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaanya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat (Oemiaty dkk., 2020). Tabel 2.1 merupakan spesifikasi *excavator* berdasarkan *handbook* Komatsu PC1250SP-8R.

Tabel 2.1 Spesifikasi Komatsu PC1250SP-8R

PC1250	Nilai	Satuan
Kapasitas Mangkuk	6,7	m^3
Radius Ayunan	6,415	mm
Menggali Radius Maksimal (m)	15,35	m
<i>Radius Dumping Maksimal (m)</i>	14,79	m
<i>Ketinggian Dumping (m)</i>	4,12	m
<i>Tinggi Maksimum Pemotongan (m)</i>	12,495	m

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Alat Muat Produksi alat muat dapat dilihat dari kemampuan alat tersebut dalam penggunaanya (Diwanda dkk., 2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas suatu alat sebagai berikut:

2.3.1 Posisi Pemuatan Material

Posisi pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut apakah kedudukan alat muat tersebut berada lebih tinggi atau kedudukan kedua-duanya sama tinggi (Indonesianto, 2014). Posisi pemuatan dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. *Top loading*, yaitu alat muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau lebih tinggi dari alat angkut.
- b. *Bottom loading*, alat muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di jenjang yang sama atau sama tinggi dengan posisi alat angkut.

2.3.2 Faktor Material

Produktivitas alat muat tambang sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor material yang ada di lokasi tambang. Kekerasan material adalah faktor penting yang mempengaruhi efisiensi alat muat tambang. Material yang lebih keras memerlukan tenaga lebih besar untuk digali dan dimuat.

Sebaliknya, material yang lebih lunak dapat diproses dengan lebih cepat. Perbedaan kekerasan dari material yang akan digali sangat bervariasi (Prodjosumarto, 1996). Oleh karena itu, dilakukan pengelompokan kekerasan material pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor Material

Pemuatan	Material	Faktor Pengisian
Mudah tanah	Clay agak lunak	1,20 - 1,10
Rata-rata/sedang	Pasir, tanah, lempung	1,10 - 1,00
Agak sulit	Batu halus, clay keras	1,00 - 0,80
Sulit	Batu hasil peledakan	0,80 - 0,70

2.4 Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

2.4.1 *Total Productive Maintenance* (TPM)

TPM merupakan suatu pendekatan manajemen pemeliharaan yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas mesin dan peralatan melalui keterlibatan seluruh level organisasi secara komprehensif, mulai dari operator, teknisi, hingga manajemen puncak (Nakajima, 1988). TPM diperkenalkan pertama kali di Jepang pada tahun 1971 oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) sebagai respons terhadap meningkatnya persaingan global dan kebutuhan

untuk mencapai produktivitas optimal dalam industri manufaktur dan produksi.

Secara prinsip, TPM berfokus pada pencapaian *zero breakdown, zero defect, zero accident, dan zero waste*, melalui pemeliharaan yang terencana, berkelanjutan, dan berbasis pemberdayaan sumber daya manusia. Konsep ini bukan hanya sebatas aktivitas pemeliharaan teknis, tetapi merupakan filosofi budaya kerja yang menekankan *continuous improvement* (kaizen), disiplin alat kerja, serta keterlibatan moral seluruh karyawan untuk menjaga keandalan peralatan produksi (Ahuja & Khamba, 2008).

Implementasi TPM menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kinerja operasional perusahaan, di antaranya:

1. Peningkatan *reliability* dan *availability* peralatan
2. Penurunan biaya *maintenance* dan *downtime*
3. Peningkatan produktivitas alat, kualitas produk, dan keselamatan kerja
4. Peningkatan kompetensi dan partisipasi karyawan

Dalam konteks industri pertambangan, TPM sangat relevan mengingat ketergantungan tinggi pada alat berat seperti *excavator, dump truck, loader, crusher, dan conveyor*. Pemeliharaan yang tidak optimal dapat menyebabkan *downtime* tinggi, tingginya biaya *maintenance*, penurunan

kapasitas produksi, serta menimbulkan risiko kecelakaan kerja.

2.4.2 *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

OEE adalah metode pengukuran alat dengan penerapan *total productive maintenance* yang menekankan pada peningkatan kehandalan, penghilangan pemborosan dan peningkatan performa alat (Marotta dkk., 2017). OEE merupakan alat pengukur performa keseluruhan alat dan mengevaluasi sehingga peralatan dapat bekerja seperti seharusnya. OEE berguna untuk menjaga mesin atau peralatan tetap dalam kondisi ideal dengan menghapuskan enam macam kerugian pada mesin atau peralatan (Nakajima, 1988). Selain itu, OEE dapat pula didefinisikan sebagai suatu metrik yang memfokuskan pada efektivitas suatu operasi produksi yang sedang berjalan (Isnaini, 2015).

OEE mencerminkan hubungan antara waktu yang tersedia, tingkat kecepatan operasi aktual, dan kualitas *output* yang dihasilkan. Nilai OEE menjadi acuan penting dalam menilai keberhasilan strategi pemeliharaan dan produktivitas organisasi, terutama dalam lingkungan produksi berbasis mesin atau alat berat. Penggunaan OEE telah menjadi praktik standar global dalam sistem *World Class Manufacturing* (WCM) dan program *Lean Production*, karena mampu mengidentifikasi area inefisiensi secara objektif dan menjadi

dasar formulasi strategi peningkatan kinerja alat (Muchiri & Pintelon, 2008). Berikut adalah faktor yang akan dihitung pada komponen OEE pada alat muat:

a. Pengukuran nilai *Availability Ratio*

Availability Ratio merupakan perbandingan yang menunjukkan penggunaan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi suatu peralatan atau mesin. Data-data yang digunakan dalam pengukuran *Availability Ratio* meliputi: *machine working time*, *planned downtime*, *downtime (Failure and repair)* dan *Setup and Adjustment*. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari *Availability Ratio* menggunakan persamaan (2.1) adalah :

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Down Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

(Sumber: Nakajima, 1988)

Loading Time

= *Machine Working Time*

– *Planned Downtime*

Down Time

= *Failure and Repair*

– *Setup and Adjustment*

Keterangan :

Loading time adalah waktu yang tersedia untuk kegiatan produksi

Operating time adalah waktu mesin beroperasi selama produksi

Downtime adalah waktu mesin berhenti beroperasi selama loading time

b. Pengukuran nilai *Performance Ratio*

Performance Ratio merupakan perbandingan yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan suatu produk. Data-data yang digunakan dalam pengukuran *Performance Ratio* meliputi: *OutPut*, *Cycle Time Actual*, *Operating Time (Loading time, Failure and Repair dan Setup Adjustment)*. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari *Performance Ratio* menggunakan persamaan (2.4) adalah :

$$\text{Actual Production Rate} = \frac{\text{Actual Production}}{\text{Operating Time}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Ideal Production Rate} = \frac{3600}{CT \text{ ideal}} \times Cb \times FF \times n \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$CT \text{ ideal}$ = *Cycle Time Ideal*

$Cb (m^3)$ = *Bucket capacity*

FF = *Fill Factor*

n = *Job Efficiency*

$$Performance = \frac{Actual\ Production\ Rate}{Ideal\ Production\ Rate} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sumber: Ahuja & Khamba, 2008).

c. Pengukuran nilai *Rate of Quality*

Rate of Quality merupakan perbandingan yang menunjukkan kemampuan peralatan menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Data – data yang digunakan dalam pengukuran *Rate of Quality* meliputi: Output, *Reduced Yield* dan *Rework and Reject*. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari *Rate of Quality* menggunakan persamaan (2.5).

$$Quality = \frac{Output - Reduced\ Yield - Reject}{Output} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sumber: Nakajima, 1988)

d. Pengukuran nilai *OEE*

Setelah nilai ketersediaan peralatan (*Availability ratio*), nilai kemampuan peralatan (*Performance ratio*) dan nilai kualitas produk (*Rate of Quality*) sudah didapatkan. Maka selanjutnya adalah menghitung nilai *OEE*. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* menggunakan persamaan (2.6) adalah :

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \dots\dots\dots(2.6)$$

(Sumber: Nakajima, 1988)

2.4.3 *Six Big Losses*

Six Big Losses merupakan kerangka pengelompokan enam kategori utama kerugian operasional yang menyebabkan penurunan efektivitas mesin dan produktivitas proses produksi (Nakajima, 1988). Konsep ini diperkenalkan oleh Seiichi Nakajima dalam rangkaian pendekatan *Total Productive Maintenance (TPM)* sebagai strategi untuk mencapai peningkatan kinerja peralatan melalui eliminasi sumber-sumber inefisiensi (JIPM).

Six Big Losses digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi, mengukur, dan mengevaluasi penyebab hilangnya efektivitas peralatan sehingga dapat dilakukan upaya perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) (Ahuja & Khamba, 2008). Dalam industri modern seperti manufaktur dan pertambangan, metode ini sangat penting untuk memastikan keandalan mesin, optimalisasi waktu operasi, dan pencapaian target produksi. Adapun enam kerugian besar (*Six Big Losses*) di jelaskan sebagai berikut :

- *Downtime losses*

Downtime adalah kurangnya waktu produksi yang terjadi akibat gangguan dari internal maupun eksternal

- 1) *Equipment Failure Losses*
- 2) Merupakan kegagalan mesin secara tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan akan menyebabkan

kerugian. Kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi menghasilkan output. Rumus *Equipment Failure Losses* menggunakan persamaan (2.7).

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \text{(2.7)}$$

Sumber: (Oktaria, 2011) dalam (Mukasafah, 2018)

3) *Setup and Adjustment*

Merupakan kerugian yang terjadi akibat waktu pembebangan mesin yang digunakan untuk mempersiapkan peralatan tapi belum memberikan output. Kerugian ini merupakan persentase langsung waktu persiapan dan penyesuaian terhadap waktu pembebangan mesin. Dapat menggunakan persamaan (2.8).

Setup and Adjustment Losses

$$= \frac{\text{Lamanya Waktu Persiapan dan Penyesuaian}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \text{(2.8)}$$

Sumber: (Oktaria, 2011) dalam (Mukasafah, 2018)

- *Speed Losses*

Terjadi jika suatu mesin beroperasi tidak sesuai dengan kecepatan spesifikasi maksimumnya.

4) *Idling and minor stoppage losses*

Merupakan kerugian yang disebabkan karena pemberhentian alat sejenak. Dapat menggunakan persamaan (2.9).

Idling & Minor Stoppages

Sumber: (Oktaria, 2011) dalam (Mukasafah, 2018)

5) *Reduced speed*

Merupakan kerugian terhadap pembebanan mesin sebagai akibat karena penurunan kecepatan *cycle time* maupun *standart time* sebagai dampak berbagai hal. Dapat menggunakan persamaan (2.10).

$$\text{Reduced Speed} = \left(1 - \frac{\text{Actual Cycle Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}\right) \times 100\% \quad (2.10)$$

(Sumber: Ahuja & Khamba, 2008).

6) *Defect Losses*

Merupakan produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat dan peningkatan biaya untuk penggerjaan ulang. *Defect Losses* dapat menggunakan persamaan (2.11).

Defect Losses

$$= \frac{\text{Total process defect} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots(2.11)$$

Sumber: (Oktaria, 2011) dalam (Mukasafah, 2018)

7) Start-up Losses (Reduced equipment yield)

Merupakan besarnya kerugian yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk

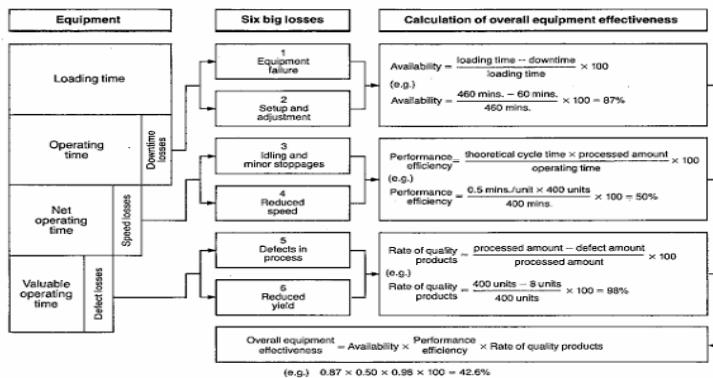
menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang diharapkan. Kerugian yang timbul bergantung pada faktor seperti kondisi operasi yang tidak stabil, penanganan yang tidak tepat dan pemasangan peralatan ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan produksi yang dilakukan. Dapat menggunakan persamaan (2.12).

Reduced Yield

$$= \frac{\text{Total Reduced Yield} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots \dots (2.12)$$

Sumber: (Oktaria, 2011) dalam (Mukasafah, 2018)

Dalam operasi pertambangan, penerapan *Six Big Losses* sangat penting untuk mengoptimalkan *fleet* alat gali-muat dan alat angkut. Analisis kerugian seperti *delay loading*, *breakdown*, *idle* unit, serta kualitas material sangat menentukan tingkat keberhasilan produksi harian maupun bulanan.



Gambar 2.1 Six Big Losses

Sumber: Nakajima Concept (1988)

2.5 Diagram *Fishbone*

Diagram ini dapat disebut diagram Ishikawa adalah alat yang digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah dalam suatu proses atau hasil produksi. Diagram ini dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa. Diagram *fishbone* memiliki bentuk menyerupai tulang ikan, dimana setiap cabang menggambarkan kategori penyebab masalah yang berpotensi (Juran, 1999). Diagram *fishbone* merupakan suatu alat yang dapat membantu mengidentifikasi penyebab dari suatu masalah, sehingga disebut sebagai diagram sebab – akibat (*cause and effect*) (Gasperz, 2007). Penyebab – penyebab utama diidentifikasi menggunakan konsep 4M + 1 E yaitu *Machine* (mesin/peralatan), *Material*, *Method* (metode), *Man* (operator) dan *Environment* (lingkungan) sebagai berikut:

a. *Machine* (mesin/peralatan)

Faktor ini mencakup semua peralatan atau mesin yang digunakan dalam proses produksi. Masalah yang berkaitan dengan mesin, yaitu pemeliharaan yang tidak tepat waktu, kerusakan mesin, dan kualitas mesin yang buruk.

b. *Material*

Faktor ini mempengaruhi efisiensi alat muat tambang. Material yang lebih keras memerlukan tenaga lebih besar untuk digali dan dimuat. Sebaliknya, material yang lebih lunak dapat diproses dengan lebih cepat.

c. *Method* (metode)

Faktor ini berhubungan dengan cara atau prosedur yang digunakan dalam menjalankan suatu proses produksi. Penyebab masalah dalam kategori ini dapat berupa metode kerja yang kurang efisien, prosedur yang tidak standar, serta ketidaksesuaian antara prosedur dan kenyataan di lapangan.

d. *Man* (operator)

Kategori ini mencakup faktor-faktor yang berkaitan dengan orang-orang yang terlibat dalam proses, baik itu operator, pekerja, supervisor, atau pihak terkait lainnya. Penyebab masalah dapat berasal dari kesalahan

manusia, kurangnya keterampilan, pelatihan, dan kurangnya komunikasi.

- e. *Environment* (lingkungan) Faktor yang berkaitan dengan kondisi yang mempengaruhi proses produksi seperti hujan dan faktor eksternal lainnya

