

# Maintaining and Improving Equipment

WEEK 10



# Outline

- 1. Equipment Maintenance**
- 2. Equipment Effectiveness**
- 3. Preventive Maintenance**
- 4. Total Productive Maintenance (TPM)**

# 1. Equipment Maintenance

## Breakdown Repair

- Kegiatan *maintenance* terbesar umumnya adalah **Breakdown Repair**
- *Breakdown Repair*: perawatan peralatan hanya ketika peralatan rusak (jika tidak rusak, maka belum akan diperbaiki).



- *Breakdown repair* fokus pada permasalahan setelah permasalahan (kerusakan) terjadi, **bukan** mendiagnosis gejala-gejala permasalahan sebelumnya untuk mencegah kerusakan tersebut terjadi.
- **Waste** yang mungkin muncul akibat *breakdown repair*: **waiting, inventory, dan products defects**

# 1. Equipment Maintenance

## Equipment Problems and Competitiveness

- Permasalahan pada peralatan memiliki dampak langsung terhadap: *production cost, quality dan schedule* (Figure 7.1)

<i>Machine problems</i>	<i>Possible immediate effects</i>	<i>Ultimate cost/ consequences</i>
Malfunction	Machine deterioration	Shortened machine life
	Machine inefficiency	High repair cost
	Output variability	Scrap and rework
Breakdown	Safety hazards	Injuries
	Idled workers	Inventories
	Idled facilities	High production cost Schedule delays

Figure 7.1 Consequences of equipment problems.

# 2. Equipment Effectiveness

## Equipment Losses

### Six Big Losses (by Nakajima)

1. Setup dan adjustment Losses
2. Kerusakan mesin karena *breakdown* sporadik dan kronik
  - a. Sporadik: mendadak, dramatis, dan tidak terduga, namun mudah ditangani
  - b. Kronik: kerusakan minor tapi sering terjadi, meskipun diperbaiki akan terulang kembali atau malah tidak bisa diperbaiki sama sekali dan terus seperti itu.
3. Idling and minor stoppages,

Kegagalan pemakaian minor (peralatan beroperasi, namun salah satu/ beberapa part terganggu) seperti: salah satu sensor tidak berfungsi karena kotoran (debu)
4. Reduced speed of operation,
5. Quality defect and rework: *Defect caused by variability in equipment performance*
6. Start-up losses

*Losses yang terjadi selama tahap awal saat mesin start-up sampai dapat bekerja dengan stabil. Start/ re-start ini bisa disebabkan oleh setup, breakdowns, atau minor interruptions.*

# 2. Equipment Effectiveness

## Equipment Losses

### Six Big Losses (by Nakajima) – cont.

#### \* **Start-up losses**

Contoh: \*Minor disruption/interruption

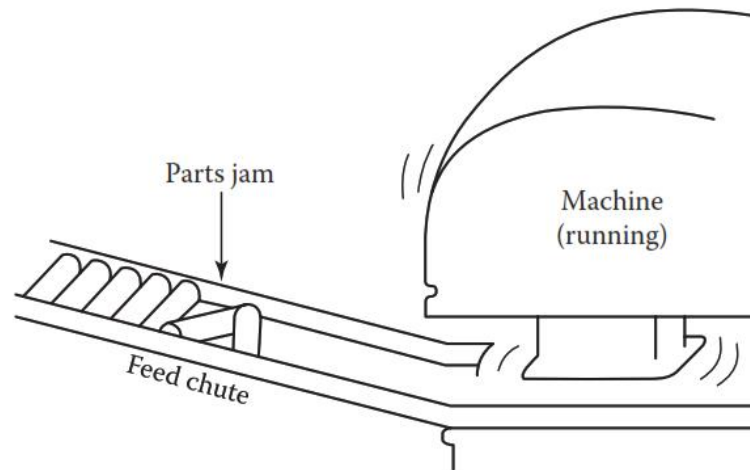


Figure 7.5 Minor disruption from parts jamming.

# 2. Equipment Effectiveness

## Maintainability

- **Maintainability:** *the effort and cost of performing maintenance*
- Salah satu pengukurannya → **Mean Time to Repair (MTTR)**
- **MTTR:** rata – rata waktu mesin rusak (*down*)

$$MTTR = \frac{\sum(\text{Downtime for repair})}{\text{Number of repairs}}$$

\*high MTTR → low maintainability

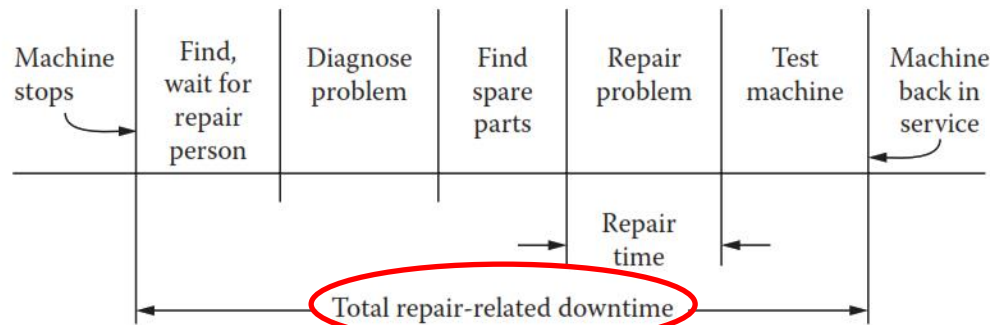


Figure 7.2 Total downtime for repair versus repair time. (Adapted from Moubray, J., *Reliability-Centered Maintenance*, 64. New York, NY, Industrial Press, 1992.)

# 2. Equipment Effectiveness

## Reliability

- **Kehandalan/Reliability:** probabilitas peralatan akan berkinerja baik dalam kondisi operasi normal
- Salah satu pengukurannya → **Probability of Successful Performance (R):**

$$R = \text{Number of successes} / \text{Number of repetitions}$$

### Contoh:

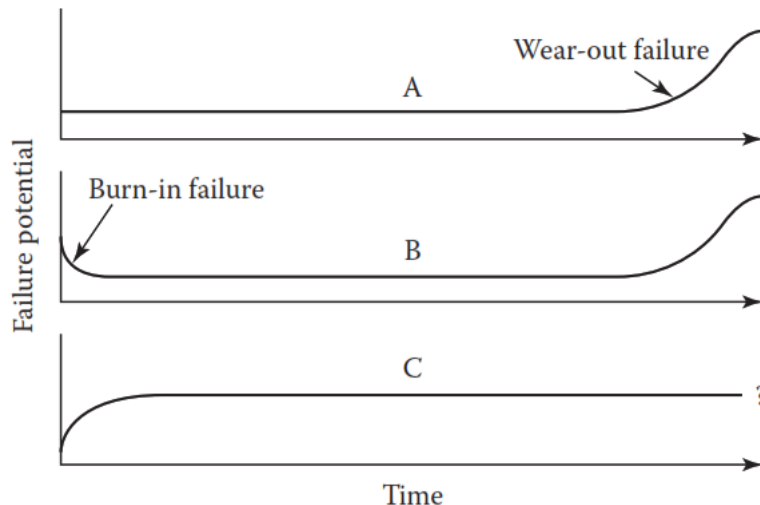
1. Mesin memproduksi 1000 part, dan yang berhasil dengan baik adalah 960 part, maka mesin tersebut **96% reliable**
2. Mesin pemeriksa defect *Circuit Boards* bekerja 99% (1% terlewat), artinya mesin tersebut **99% reliable**



# 2. Equipment Effectiveness

## Reliability

- **More Reliable → Less Failed !**
- Tiga pola umum kegagalan (*failure*) : \*Figure 7.3



A: The older the item, the more likely it will fail

B: Bath-up shape

Potensi kegagalan diawal dan akhir relatif tinggi  
Contoh: perangkat elektronik

C: Uniform failure potential; the point of increasing failure potential is **UNKNOWN**

Biasanya prediksi dibantu dengan Statistik menggunakan data empiris.

Figure 7.3 Three common failure patterns.

# 2. Equipment Effectiveness

## Reliability

- Pengukuran *Reliability* lainnya → *Mean Time Between Failure (MTBF)*
- Definisi **MTBF**:
  - ✓ Utk peralatan yg dapat diperbaiki: rata – rata waktu diantara kegagalan
  - ✓ Utk peralatan tdk dapat diperbaiki: rata – rata waktu sampai kegagalan pertama

$$\text{MTBF} = \text{Total running time} / \text{Number of failures}$$

\*higher MTBF → greater its Reliability

# 2. Equipment Effectiveness

## Availability

- **Availability:** ketersediaan suatu peralatan untuk bekerja secara normal sesuai jam operasional.
- Salah satu pengukurannya: **Availability (A)**

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \quad , \text{ atau: } \quad A = \text{Actual running time} / \text{Planned running time}$$

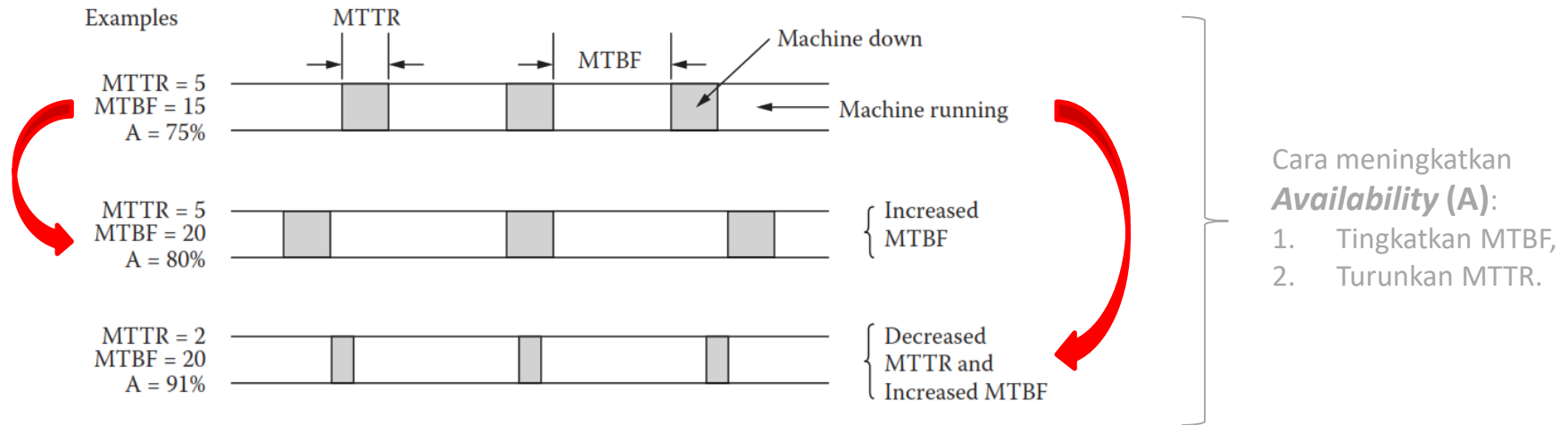


Figure 7.4 Impact of increasing MTBF and of decreasing MTTR on availability.

# 2. Equipment Effectiveness

## Availability

- **Contoh:**

Sebuah Perusahaan menetapkan jam kerja 2-shift (16-jam) per hari, dan masing-masing shift mengestimasi 2 jam untuk *planned downtime*. Jika kenyataannya mesin berhenti beroperasi per hari rata – rata selama 110 menit untuk setup dan 75 menit untuk *breakdown and repairs*, berapakah *Availability*-nya ?

$$\text{Planned running time} = 16 - 2(2) = 12 \text{ jam/hari} \approx 600 \text{ menit/hari}$$

$$\text{Actual running time} = (12 \times 60) - (110 + 75) = 535 \text{ menit/hari}$$

$$\text{Availability (A)} = \frac{535}{600} = 0,7431 = \mathbf{74,31\%}$$

# 2. Equipment Effectiveness

## Efficiency

- **Efficiency:** seberapa baik kinerja mesin ketika beroperasi
- Dua pertanyaan utama terkait Efisiensi:
  1. Mesin beroperasi, tetapi apakah menghasilkan output (*rate efficiency/ RE*) ?

$$RE = (\text{Actual production volume} \times \text{Actual cycle time}) / \text{Actual running time}$$

2. Mesin menghasilkan output, tetapi apakah dengan kecepatan yang tepat (*speed efficiency/ SE*) ?

$$SE = \text{Design cycle time} / \text{Actual cycle time}$$

\*Performance Efficiency (PE):

$$PE = RE \times SE, \text{ atau:}$$

$$PE = (\text{Actual running time} - \text{Time machine running but not producing}) / \text{Actual running time}$$

# 2. Equipment Effectiveness

## Efficiency

### Contoh:

- Sebuah mesin XY bekerja 535 menit/hari, dengan rata – rata aktual output perhari adalah 830 unit dan aktual waktu siklus hasil pengamatan menunjukkan hasil 0,6 menit/part, maka RE mesin XY tersebut:

$$\begin{aligned} RE &= (\text{Actual production volume} \times \text{Actual cycle time}) / \text{Actual running time} \\ &= \frac{830 \times 0,6}{535} = 0,9308 = \mathbf{93,08\%} \end{aligned}$$

- Mesin XY tersebut didesain untuk memproduksi 2 part/menit, yang artinya waktu siklusnya ekuivalen dengan 0,5 menit/part. Maka SE mesin XY tersebut:

$$SE = \text{Design cycle time} / \text{Actual cycle time} = \frac{0,5}{0,6} = 0,8333 = \mathbf{83,33\%}$$

- *Performance Efficiency* (PE) mesin XY tersebut:

$$PE = RE \times SE = 0,9308 \times 0,8333 = 0,7756 = \mathbf{77,56\%}$$

# 2. Equipment Effectiveness

## Quality Rate

- **Quality Rate:** kemampuan sebuah peralatan untuk menghasilkan output yang tidak cacat (*defect*) atau sesuai dengan persyaratan.
- Pengukurannya → **Quality Rate (Q):**

$$Q = (\text{Actual production volume} - \text{Defective output}) / \text{Actual production volume}$$

- Contoh:

Mesin XY menghasilkan 30 unit cacat setiap memproduksi 830 unit/hari, maka Q mesin XY adalah:

$$Q = \frac{800}{830} = 0,9639 = \mathbf{96,39\%}$$

# 2. Equipment Effectiveness

## Overall Equipment Effectiveness (OEE)

- **OEE:** Tingkat efektivitas keseluruhan peralatan, yang tergantung dari *availability*, *performance efficiency*, dan *quality rate*.

$$OEE = A \times PE \times Q$$

- **Contoh:** \*lanjutan contoh – Mesin XY

$$OEE = 0,7431 \times 0,7756 \times 0,9639 = 0,5555 = 55,55\%$$



# 3. Preventive Maintenance

## Definisi dan Tujuan

- ***Preventive Maintenance (PM)***:  
Praktik merawat (*maintenance*) peralatan untuk mencegah kerusakan agar peralatan dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan (*requirements*).  
Tujuan: meningkatkan kinerja peralatan
- Peralatan yang berfungsi dengan baik merupakan prasyarat untuk ***Lean Production*** dan ***Customer – Focused Quality***
- **PM** seringkali disebut sebagai sebuah batu loncatan untuk menuju *maintenance* dengan level yang lebih tinggi, yaitu: *Total Productive Maintenance*

# 3. Preventive Maintenance

## Penyebab Permasalahan Peralatan

### 5 penyebab kerusakan peralatan (by Kiyoshi Suzaki):

1. Deterioration – part mengalami keausan karena faktor penggunaan terus-menerus
2. Equipment ill-suited for the purpose – alat digunakan tidak sesuai fungsi desain aslinya
3. Failure to maintain equipment requirements – alat kotor, tidak rutin diberi pelumas, dll.
4. Failure to maintain correct operating conditions – Peralatan dioperasikan pada kecepatan, suhu, tekanan, dan sebagainya, melebihi standar yang disarankan
5. Operators, maintenance crew, and setup people lack appropriate skills – pekerja kurang memahami SOP, penggunaan peralatan *maintenance* yang salah karena kurangnya pemahaman, dll.

# 3. Preventive Maintenance

## Ways to Schedule PM

Penjadwalan *Preventive Maintenance* dapat didasarkan atas:

1. Clock or calendar time interval

Ex.: Melakukan 30 menit PM diawal dan akhir shift, menjalankan PM setiap bulan, 3 bulan, dsb.

2. Cycle of usage

Ex.: Melakukan PM setiap mesin beroperasi 1000 jam, setiap mesin memproduksi 5000 unit, dll.

3. Periodic inspection

Ex.: Jadwalkan PM setiap kali inspeksi berkala menunjukkan kemungkinan tidak berfungsinya atau gagal fungsi dari peralatan.

# 3. Preventive Maintenance

## Ways to Schedule PM

Perawatan preventif sering kali melibatkan penggantian komponen yang masih berfungsi dengan baik, karena komponen tersebut diyakini mendekati akhir perkiraan *useful life*-nya, titik di mana kemungkinan kegagalan komponen meningkat sangat besar. Perkiraan *useful life* ditunjukkan pada Fig.7.8 untuk tiga pola kegagalan yang dibahas pada Slide 9.

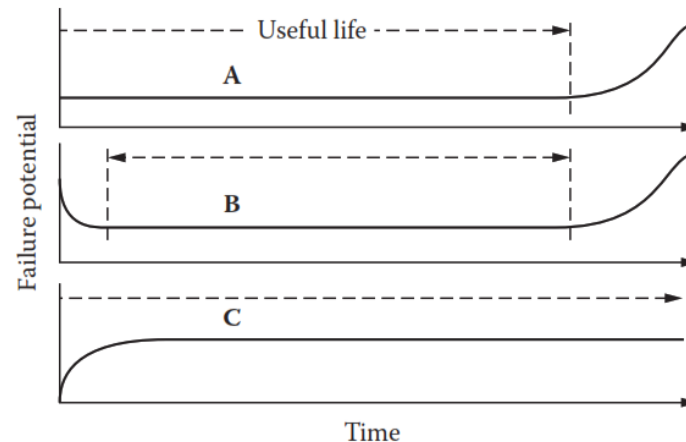


Figure 7.8 Useful lives in common failure patterns.

# 4. Total Productive Maintenance (TPM)

- **Tujuan:** membuat perusahaan lebih berdaya saing dengan meningkatkan *equipment effectiveness*
- **TPM** dilakukan oleh semua pihak/departemen, seperti *production, engineering, maintenance*, dan keseluruhan operator termasuk operator peralatan dan *shop-floor associates*, dengan pembagian tugas:
  - ✓ **Operator:** melakukan *basic equipment repairs and preventive maintenance*
  - ✓ **Team of maintenance, engineers, and machinist:** re-desain dan melakukan konfigurasi ulang peralatan agar lebih handal, mudah *dimaintain*, dan berkinerja lebih baik.
- **TPM** → another never – ending face of Continuous Improvement in manufacturing

# 4. Total Productive Maintenance (TPM)

## New Role of Operators and Maintenance Staff

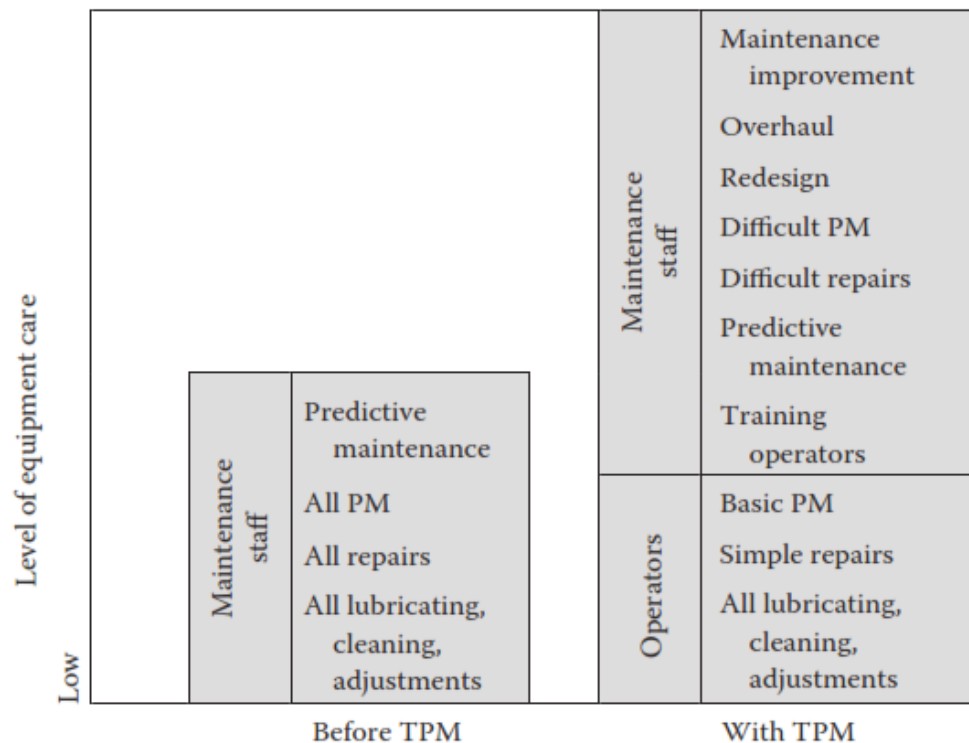


Figure 7.10 New roles of operators and maintenance staff.

# 4. Total Productive Maintenance (TPM)

## Keuntungan TPM (by Seeiich Nakajima):

- **Productivity:** Breakdown turun 98% (dari 1000 menjadi 20 kali/bulan)
- **Quality:** Defect rate berkurang 65% (dari 0,23% menjadi 0,08%)
- **Cost:** Labor cost berkurang 30%, maintenance cost berkurang 15% – 30%, dan energy consumption berkurang hingga 30%
- **Delivery:** Inventory turnover meningkat hingga 200% (dari 3x menjadi 6x/bulan)
- **Morale:** improvement idea meningkat hingga 127%
- **Safety:** tidak ada kecelakaan kerja yang terjadi
- **Environment:** tidak ada/minim polusi

TPM dimulai dengan menilai *Equipment Effectiveness* dan dampaknya terhadap produksi.

# Referensi

Nicholas, J., *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methods and Management Practices*, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2018

Nakajima, S, *Continuous Improvement in Operations*, ed. Alan Robinson, Cambridge : Productivity Press, 1991.