

# Penentuan Jumlah Standby Machine dengan Pendekatan Teori

*by* Apriani Soepardi

---

**Submission date:** 10-May-2023 12:39PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2089245692

**File name:** 2008-SemNasDAT-Widya\_Mandala.pdf (85.17K)

**Word count:** 1484

**Character count:** 7823

# Penentuan Jumlah Standby Machine dengan Pendekatan Teori

Apriani Soepardi, Nugroho Nandiwardhana

Jurusan Teknik Industri

UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta

apriani.soepardi@gmail.com

## ABSTRAK

Pemeliharaan adalah setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan menjamin agar setiap mesin atau peralatan yang digunakan dapat selalu melakukan fungsinya sesuai dengan standar performansi yang telah dispesifikasikan. Oleh karena itu, prinsip pemeliharaan adalah menghindari breakdown dan menekan downtime sekecil mungkin. Pada kondisi aktual, kebijakan pemeliharaan umumnya dibatasi oleh anggaran pemeliharaan sehingga berpengaruh pada jenis dan strategi pemeliharaan yang diterapkan

Penggunaan model antrian populasi terbatas dengan cadangan ini digunakan untuk memaksimalkan ekspektasi jumlah mesin yang dapat beroperasi dengan mempertimbangkan kendala anggaran pemeliharaan sehingga dapat dicari trade-off antara jumlah mekanik pemeliharaan dan jumlah unit mesin cadangan yang harus tersedia.

## 1. PENGANTAR

Pada keseluruhan downtime sudah termasuk *maintenance delay time* dan *supply delay time*. *Maintenance delay* terjadi karena ketidakterediaan sumber daya perawatan. Sedangkan *supply delay* timbul karena ketidakterediaan suku cadang yang diperlukan untuk penggantian komponen. Penyebab kedua *delay* ini bukan merupakan karakteristik bawaan peralatan tetapi tergantung pada jumlah sumberdaya pemeliharaan dan ketersediaan suku cadang. Suku cadang dapat berupa mesin ataupun komponen (*standby redundant*). Penentuan jumlah suku cadang yang tepat dapat berdampak pada meningkatnya tingkat *availability* dan *maintainability* sistem keseluruhan.

Pada saat jumlah sumber daya perawatan terbatas maka akan timbul antrian perbaikan mesin (Ebeling, 1997). Jika distribusi kerusakan dan perbaikan adalah eksponensial maka model antrian *pure birth-death* dapat digunakan untuk menentukan *maintenance delay time* sebagai fungsi jumlah sumber daya perbaikan. Menggunakan model diatas dapat dilakukan *trade-off* antara jumlah sumber daya perbaikan dan jumlah suku cadang yang dapat memaksimalkan jumlah mesin yang dapat beroperasi. *Trade-off* ini mempertimbangkan keterbatasan anggaran pemeliharaan. Jika distribusi kerusakan dan perbaikan tidak konstan maka analisis simulasi dapat digunakan sebagai metode aproksimasi untuk menentukan ekspektasi jumlah sumber daya perbaikan dan jumlah suku cadang.

Asumsi yang digunakan pada model ini adalah laju atau rata-rata kerusakan mesin dan laju pelayanan atau perbaikan identik, jumlah mesin dalam antrian perbaikan terbatas, dan suku atau mesin selalu tersedia. Disamping itu kerusakan 1 unit mesin ditangani satu orang mekanik.

## 2. METODOLOGI

Metodologi penelitian dimulai dari identifikasi jenis mesin yang akan dilakukan analisis trade-off, penentuan laju kerusakan dan perbaikan mesin. Tahap selanjutnya adalah analisis antrian sebagai berikut:

### 2.1. Probabilitas steady-state terdapat n unit mesin dalam perbaikan

Jika diketahui jumlah unit mesin dalam operasi ( $m$ ), jumlah mekanik ( $k$ ), jumlah unit mesin cadangan ( $s$ ), laju kerusakan mesin ( $\lambda$ ) dan laju perbaikan ( $\mu$ ) maka probabilitas *steady-state* terdapat  $n$  unit mesin dalam perbaikan ( $P_n$ ) diberikan sebagai berikut:

$$P_n = C_n P_0 \quad (1)$$

dimana :

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{m+s} C_n}$$

$$\text{untuk } k > s : C_n = \begin{cases} \frac{(m\lambda)^n}{n!\mu^n} & \text{untuk } n = 1, \dots, s \\ \frac{m^s \lambda^n m!}{n!\mu^n (m+s-n)!} & \text{untuk } n = s+1, \dots, k \\ \frac{m^s \lambda^n m!}{\mu^n k! k^{n-k} (m+s-n)!} & \text{untuk } n = k+1, \dots, m+s \end{cases}$$

$$\text{untuk } k \leq s : C_n = \begin{cases} \frac{(m\lambda)^n}{n!\mu^n} & \text{untuk } n = 1, \dots, k \\ \frac{(m\lambda)^n}{k!\mu^n k^{n-k}} & \text{untuk } n = k+1, \dots, s \\ \frac{m^s \lambda^n m!}{\mu^n k! k^{n-k} (m+s-n)!} & \text{untuk } n = s+1, \dots, m+s \end{cases}$$

## 2.2. Ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi

Untuk menghitung ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi ( $L_o$ ) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_o = m \sum_{n=0}^s P_n + \sum_{n=s+1}^{m+s} (m+s-n)P_n \quad (2)$$

Parameter-parameter lain yang dapat diketahui dari analisis ini antara lain: ekspektasi jumlah unit mesin dalam perbaikan ( $L_r$ ) dan total downtime ( $W$ ) yang terdiri atas *repair time* dan *maintenance delay time*, yaitu:

$$L_r = \sum_{n=s+1}^{m+s} nP_n \quad (3)$$

$$W = \frac{L_r}{\lambda} \quad (4)$$

dimana :

$$\bar{\lambda} = m\lambda \sum_{n=0}^s P_n + \lambda \sum_{n=s+1}^{m+s} (m+s-n)P_n$$

Rata-rata prosentase terdapat  $m$  unit mesin dalam operasi diberikan oleh  $100L_o/m$ .

## 2.3. Model trade off

Jika diketahui biaya tetap perbaikan ( $C_r$ ), biaya suku cadang satu unit mesin ( $C_s$ ), total investasi dan anggaran operasional yang dialokasikan untuk kegiatan pemeliharaan dan penyediaan sumber daya pemeliharaan, dan nilai sekarang biaya variabel perbaikan ( $C_k$ ), maka model *trade-off* antara jumlah mekanik ( $k$ ) dan jumlah unit mesin cadangan ( $s$ ) diberikan sebagai berikut:

$$\max L_o \quad (5)$$

kendala

$$C_k k + C_s s \leq B - C_f$$

$$k = 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{B - C_f}{C_k} \right\rfloor$$

$$s = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{B - C_f}{C_s} \right\rfloor$$

### 3. ANALISIS DATA DAN HASIL

Pada tahapan ini digunakan pengolahan data yang berasal dari PT Solo Bag yang memiliki mesin pemintal jenis *weaving water jet loom* sebanyak 5 unit (beroperasi penuh) dan 2 unit mesin cadangan. Jumlah mekanik yang ada sebanyak 3 orang. Total anggaran yang disediakan untuk kegiatan pemeliharaan sebesar \$1,500.00 per bulan. Biaya suku cadang satu unit mesin \$384.00 per bulan dan biaya perbaikan per mekanik \$22.50 per bulan. Laju kerusakan mesin 0.006 per jam dan laju perbaikan 0.33 per jam. Rekapitulasi hasil perhitungan probabilitas *steady-state* terdapat n unit mesin dalam perbaikan diberikan pada Tabel 1. Sedangkan hasil trade-off antara jumlah mekanik dan jumlah unit mesin cadangan diberikan Tabel 2.

**Tabel 1.** Rekapitulasi perhitungan  $P_n$

n	$C_n$	$P_n$
1	0.009900	0.009463
2	0.000049	0.000047
3	0.000093	0.000089
4	0.035407	0.033847
5	0.000644	0.000615
6	0.000018	0.000017
7	0.000012	0.0000001

**Tabel 2.** Skenario *trade-off* antara s dan k

s	k	Ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi (unit)	Prosentase unit mesin dalam operasi (%)	Biaya variabel pemeliharaan (\$/bulan)
1	1	4.8892	97.7855	406.5
1	2	4.8182	96.3658	429.0
1	3	4.9660	99.3205	451.5
1	4	4.9656	99.3123	474.0
1	5	4.9655	99.3116	496.5
2	1	4.6977	93.9542	790.5
2	2	4.3604	87.2096	813.0
2	3	4.9303	98.6060	835.5
2	4	4.7322	94.6437	858.0
2	5	4.9999	99.9982	880.5
3	1	4.9648	99.2976	1174.5
3	2	4.7585	95.1707	1197.0
3	3	4.5788	91.5771	1219.5
3	4	5.0000	100.000	1242.0
3	5	4.9976	99.9539	1264.5
4	1	5.000	100.000	1558.5
4	2	4.9509	99.0198	1581.0
4	3	4.9640	99.2801	1603.5
4	4	4.7145	94.2912	1626.0
4	5	4.9799	99.5989	1648.5
5	1	4.9996	99.9935	1942.5
5	2	4.9896	99.7923	1965.0
5	3	4.9490	98.9812	1987.5
5	4	4.8860	97.7211	2010.0
5	5	4.9905	99.8117	2032.5

Dari skenario yang dibangun, maka hanya skenario  $s = 1, 2, 3$  yang terpilih karena biaya pemeliharaan masih lebih kecil dari anggaran yang tersedia. Dari ketiga skenario terpilih tersebut, sesuai dengan tujuan adalah memaksimalkan ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi, maka pada skenario 1 terpilih kombinasi  $[s,k]$  adalah  $[1,3]$ . Sedangkan untuk skenario 2 dan 3, muncul kombinasi  $[2,5]$  dan  $[3,4]$ , berturut-turut. Dari ketiga kombinasi yang menghasilkan ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi maksimal maka selanjutnya *ditrade-off* dengan biaya yang ditimbulkan. Dengan mengoptimalkan jumlah mesin cadangan yang dimiliki, yaitu 2 unit maka pengambil keputusan dapat mempertimbangkan skenario 2. Sehingga tidak perlu melakukan investasi atau pembelian mesin lagi. Jika pada skenario 1 terjadi *idle* pada mesin cadangan sebesar 1 unit. Oleh karena skenario 2 dianggap terbaik mewakili kondisi aktual perusahaan. Sedangkan untuk penambahan jumlah mekanik menurut skenario 2, dirasa tidak perlu dilakukan. Hal ini disebabkan karena peningkatan ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi tidak signifikan berbeda pada jumlah mekanik ( $k$ ) 3 dan 5 orang, yaitu sebesar 98.6060% dan 99.9982%. Tetapi kenaikan biaya yang timbul cukup besar \$45.00 per bulan.

#### 4. KESIMPULAN

Pendekatan antrian untuk menyelesaikan masalah perbaikan mesin yang digunakan dapat digunakan untuk membangkitkan skenario *trade-off* antara jumlah mekanik dan jumlah mesin cadangan. Skenario ini didapatkan dengan menggabungkan model tersebut dengan model pemrograman linier yang bertujuan memaksimalkan ekspektasi jumlah unit mesin dalam operasi. Kendala yang dipertimbangkan adalah besar anggaran yang disediakan untuk kegiatan pemeliharaan. Biaya variabel pemeliharaan yang aktual juga dapat ditunjukkan sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk merencanakan anggaran pemeliharaan sehingga dapat terjadi penurunan alokasi dana pemeliharaan.

#### 5. REFERENSI

- [1] Ebeling, E.C., *Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1997.
- [2] Kulkarni, G.V., *Modeling Analysis Design and Control of Stochastic Systems*, Springer-Verlag, New York, 1999.
- [3] Hillier, S.F. and Lieberman, J.G., *Introduction to Stochastic Models in Operations Research*, McGraw-Hill, United States of America, 1990.

# Penentuan Jumlah Standby Machine dengan Pendekatan Teori

## ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

[eprints.itn.ac.id](http://eprints.itn.ac.id)

Internet Source

2%

2

[123dok.com](http://123dok.com)

Internet Source

1%

3

[doczz.net](http://doczz.net)

Internet Source

1%

4

Daoud Aät-Kadi, Claver Diallo, Anis Chelbi.  
"Spare Parts Identification and Provisioning  
Models", Journal of Decision Systems, 2012

Publication

1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On