



# Pemilihan Jadwal Pemeliharaan Mesin Berdasarkan Perbandingan Interval Waktu Menggunakan Pembobotan pada *Fitness Function*

Yeny Krista Franty\*, Budhi Handoko, Sri Winarni

\*Departemen Statistika Universitas Padjadjaran Bandung

\*E-mail: yeny.krista@unpad.ac.id

## Abstrak

Perusahaan manufaktur perlu melakukan pemeliharaan atau penggantian terhadap mesin yang dimiliki supaya kinerja mesin baik dan menjaga agar proses produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Dalam melakukan kegiatan pemeliharaan preventif, perusahaan ingin memaksimalkan reliabilitas mesin tetapi sebagai sebuah perusahaan manufaktur yang berorientasi pada keuntungan, perusahaan mempunyai batasan dalam hal biaya. Salah satu metode yang diusulkan untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan preventif menggunakan metode optimasi Algoritma Genetika Umum dengan menggunakan *fitness function* berdasarkan pembobotan pada fungsi reliabilitas dan biaya. Berdasarkan penentuan bobot pada fungsi biaya dan reliabilitas akan diperoleh penjadwalan pemeliharaan baik sifatnya pemeliharaan saja atau penggantian komponen atau mesin. Permasalahan yang sering ditemui adalah berapa lama interval waktu yang diperlukan untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan karena akan mempengaruhi biaya yang diperlukan oleh perusahaan, sehingga akan dilakukan perbandingan penjadwalan pemeliharaan untuk beberapa periode waktu yaitu 6 bulan, 12 bulan, 18 bulan, 24 bulan, 30 bulan dan 36 bulan.

Kata Kunci : Reliabilitas, Fitness Function, Total Biaya, Algoritma Genetika Umum.

## 1. Pendahuluan

Perusahaan manufaktur membuat produk dengan ditunjang oleh kemampuan mesin dalam menghasilkan barang tanpa terkendala permasalahan yang terkait dengan kerusakan mesin. Sehingga pemeliharaan mesin merupakan suatu kegiatan yang wajib dilakukan untuk menjaga menurunnya performa mesin sejalan dengan berjalannya waktu. Pemeliharaan yang biasanya dilakukan oleh perusahaan berpedoman pada petunjuk manual yang diberikan oleh pabrik yang memproduksi mesin tersebut. Meskipun pemeliharaan sudah dilakukan berdasarkan petunjuk manual tetapi mesin masih sering mengalami kerusakan sehingga diperlukan suatu metode untuk menjaga reliabilitas mesin supaya tetap tinggi dan dapat memproduksi barang tanpa gangguan teknis.

Reliabilitas adalah peluang suatu mesin akan beroperasi secara terus-menerus tanpa adanya kerusakan (Ebeling, 1997). Kegiatan pemeliharaan mesin ini pun biasanya dilakukan perusahaan sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik kerusakan dari mesin. Penjadwalan untuk pemeliharaan mesin harus dilakukan dengan optimal karena berkaitan dengan biaya yang harus dikeluarkan. Beberapa metode telah diperkenalkan untuk melakukan penjadwalan terhadap pemeliharaan mesin, diantaranya adalah Shirmohamadi, dkk. (2007) membangun model optimasi nonlinier berbasis-usia sistem untuk menentukan jadwal pemeliharaan preventif optimum pada sistem dengan komponen tunggal. Budai, dkk (2006) meneliti tentang model

pemrograman integer-campuran untuk permasalahan pemeliharaan preventif. Penelitian tersebut mengasumsikan biaya total dan biaya penalty dari aktivitas pemeliharaan sebelumnya sebagai fungsi tujuan. Tam, dkk (2006) membangun tiga buah model optimasi nonlinier, yaitu model pertama meminimumkan biaya total berdasarkan reliabilitas yang diinginkan, model kedua memaksimalkan reliabilitas dengan anggaran yang diberikan, dan model ketiga meminimumkan ekspektasi biaya total, biaya kerusakan, dan biaya pemeliharaan.

Duarte, dkk (2006) menyajikan algoritma heuristik untuk penjadwalan pemeliharaan dari sebuah sistem yang memiliki sekumpulan komponen. Dalam penelitian ini, semua komponen diasumsikan memiliki laju kerusakan yang meningkat dengan nilai faktor peningkatan yang konstan. Limborg dan Kochs (2006) mengusulkan beberapa teknik untuk merepresentasikan variable-variabel dalam model penjadwalan pemeliharaan preventif yang menggunakan algoritma optimasi heuristik dan metaheuristik. Pendekatan ini secara empirik lebih efektif dibandingkan pendekatan yang lain karena dapat meningkatkan akurasi dan mengurangi waktu komputasi. Metode optimasi Metaheuristik yang diusulkan oleh Moghaddam (2010) adalah menggunakan Mixed Integer Non-Linear Programming (MINLP). Tetapi pada metode MINLP fungsi tujuannya adalah untuk meminimumkan biaya saja atau memaksimalkan reliabilitas sehingga untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan yang meminimumkan fungsi biaya sekaligus memaksimalkan reliabilitas,



Moghaddam memperkenalkan model optimasi multiobjektif dengan menggunakan algoritma genetika umum.

Moghaddam (2010) memperkenalkan model optimasi multiobjektif dengan menggunakan algoritma genetika umum yang memiliki 3 fungsi kecocokan/*fitness function*, dengan *fitness function* 1 merupakan pembobotan pada fungsi biaya total dan fungsi reliabilitas. Menurut Franty (2015) pembobotan yang menghasilkan reliabilitas dari mesin sebesar 90% adalah 0.2 untuk bobot fungsi biaya dan 0.8 pada bobot fungsi reliabilitas. Interval waktu penjadwalan juga mempengaruhi biaya dan reliabilitas mesin sehingga pada makalah ini akan dibahas mengenai pemilihan interval waktu pada penjadwalan pemeliharaan mesin berdasarkan pembobotan pada *fitness function* 1.

## 2. Metode

Penjadwalan pemeliharaan diperoleh dengan model optimasi multiobjektif yang memiliki dua fungsi tujuan yang harus dilakukan optimasi secara bersamaan yaitu meminimumkan fungsi total biaya dan memaksimumkan fungsi reliabilitas. Bentuk dari kedua fungsi objektif adalah sebagai berikut:

$$\text{Min Total Cost} = \sum_{j=1}^T \left[ \sum_{i=1}^N \left[ F_i \lambda_i \left( (X'_{i,j})^{\beta_i} - (X_{i,j})^{\beta_i} \right) (1 + \text{inffailure})^j \right. \right. \\ \left. \left. + M_i (1 + \text{infn})^j m_{i,j} + R_i (1 + \text{infr}) r_{i,j} \right] \right] (1 + \text{int})^{-j} \quad (1)$$

$$\text{Max Reliability} = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^T \exp \left[ - \left( \lambda_i (X'_{i,j})^{\beta_i} - (X_{i,j})^{\beta_i} \right) \right] \quad (2)$$

dengan:

$$X_{i,1} = 0; \quad i = 1$$

$$X'_{i,j} = (1 - m_{i,j-1})(1 - r_{i,j-1})X'_{i,j-1} + m_{i,j-1}(\alpha_i X'_{i,j-1}) \\ ; \quad i = 1 \quad j = 2, \dots, T$$

$$X'_{i,j} = X_{i,j} + \frac{T}{j}; \quad i = 1 \quad j = 2, \dots, T$$

$$m_{i,j} + r_{i,j} \leq 1; \quad i = 1 \quad j = 2, \dots, T$$

$$m_{i,j}, r_{i,j} = 0 \text{ atau } 1; \quad i = 1 \quad j = 2, \dots, T$$

$$X_{i,j}, X'_{i,j} \geq 0; \quad i = 1 \quad j = 2, \dots, T$$

Untuk memperoleh penjadwalan *preventive maintenance* dan *replacement* diperlukan parameter ekonomi yang dipengaruhi oleh nilai inflasi sehingga biaya kerusakan mesin ke-i pada periode ke-j adalah sebagai berikut:

$$F_{i,j} = F_i \lambda_i \left( (X'_{i,j})^{\beta_i} - (X_{i,j})^{\beta_i} \right) (1 + \text{inffailure})^j \quad (3)$$

dengan  $i = 1; j = 1, 2, \dots, T$ .

Tingkat inflasi untuk pemeliharaan (*infm*), tingkat inflasi untuk penggantian (*infr*), dan tingkat inflasi untuk biaya tetap (*infz*). Sehingga diperoleh biaya dari tindakan pemeliharaan komponen ke-i pada period ke-j, sebagai berikut:

$$M_{i,j} = M (1 + \text{infm})^j \quad (4)$$

$$R_{i,j} = R_i (1 + \text{infr})^j \quad (5)$$

$$Z_j = Z (1 + \text{infz})^j \left( 1 - \prod_{i=1}^N \left( 1 - (m_{i,j} + r_{i,j}) \right) \right) \quad (6)$$

Dengan  $i = 1; j = 1, 2, \dots, T$ ;  $m_{i,j}$  dan  $r_{i,j}$  adalah variable biner dari tindakan pemeliharaan dan penggantian komponen ke-i pada periode ke-j. Untuk penambahan komponen model adalah tingkat suku bunga pada saat ini disimbolkan sebagai *int*.

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder Franty (2015). Data penelitian merupakan data waktu antar kerusakan subsistem mesin yang diperoleh dari tahun 2010 sampai 2015. Dengan distribusi data adalah distribusi Weibull 2 parameter.

### 2.2 Metode Analisis Data

Untuk melakukan pemilihan penjadwalan pemeliharaan dengan menyelesaikan model optimasi multiobjektif menggunakan algoritma genetika umum dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membentuk encoding dari solusi
2. *Preferentive Maintenance* dan *Replacement* berperan Sebagai kromosom".
3. Kromosom berupa array berukuran 1 x T, dengan T = periode waktu penjadwalan.
4. Array akan berisi nilai 0 (tanpa tindakan), 1 (tindakan perawatan/*maintenance*), atau 2 (tindakan penggantian/*replacement*) bergantung kepada tiga macam tindakan tersebut.
5. Melibatkan fungsi kecocokan (*Fitness function*)  
 $\text{Fitness1} = w_1(\text{Total Cost}_{\max}) + w_2(-\text{Reliability})$ , dengan  $w_1 = 0.2$  dan  $w_2 = 0.8$
6. Melakukan prosedur mutasi
7. Mendapatkan solusi untuk penjadwalan selama periode waktu 6 bulan, 12 bulan, 18 bulan, 24 bulan, 30 bulan, dan 36 bulan.
8. Memilih interval waktu penjadwalan dengan reliabilitas mesin mencapai 90%.

Generalisasi dari Algoritma Genetika adalah Algoritma Genetik Umum (AGU) yang mengganti keseluruhan populasi pada setiap generasi. AGU menggunakan dua populasi pada tahap "reproduksi".



### 3. Hasil dan Pembahasan

Pemilihan jadwal pemeliharaan mesin dengan menggunakan model optimasi fungsi multiobjektif diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika umum. Input data yang diperlukan terdiri dari parameter distribusi, parameter biaya, parameter Generalisasi Genetika Umum dan parameter ekonomi dalam Franty (2015). Setelah tahapan analisis data dilakukan akan diperoleh estimasi biaya dan reliabilitas mesin berdasarkan interval waktu penjadwalan. Hasil lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Total Biaya dan Reliabilitas Mesin

Periode (bulan)	Total Biaya (dlm ribu rupiah)	Reliabilitas
6	7660,00	0,9342
12	35681,00	0,9069
18	67751,00	0,8978
24	66682,00	0,8640
30	88874,00	0,8646
36	99419,00	0,8516

Pada periode waktu penjadwalan 6 bulan estimasi biaya yang diperlukan untuk melakukan pemeliharaan mesin adalah Rp 7.660.000,00 dengan reliabilitas mesin sebesar 93,42%. Penjadwalan pemeliharaan mesin selama periode waktu 12 bulan memerlukan biaya Rp 35.681.000,00 dengan peluang mesin akan bekerja dengan baik pada waktu 12 bulan adalah sebesar 0,9096, dan seterusnya sampai periode waktu penjadwalan selama 36 periode.

Jika dilihat dari hasil analisis data terlihat bahwa biaya yang diperlukan semakin lama periode waktu penjadwalan akan semakin besar, dan berbanding terbalik dengan reliabilitas mesin yang semakin menurun sejalan dengan semakin panjangnya periode penjadwalan. Sehingga dari hasil analisis ini akan dipilih periode penjadwalan selama 6 bulan karena selama 6 bulan mesin sudah mencapai reliabilitas lebih dari 90% dengan biaya yang paling minimal. Penjadwalan pemeliharaan mesin untuk 6 bulan adalah melakukan penggantian mesin pada bulan ke-3 dengan tanpa melakukan tindakan pemeliharaan pada bulan yang lainnya seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Pemeliharaan selama 6 bulan

Jadwal Pemeliharaan (bulan)					
1	2	3	4	5	6
-	-	R	-	-	-

### 4. Kesimpulan

Interval waktu periode penjadwalan pemeliharaan akan berpengaruh terhadap estimasi biaya yang diperlukan oleh perusahaan dan juga terhadap reliabilitas mesin, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dari periode waktu penjadwalan 6 bulan sampai 36 bulan sebaiknya perusahaan melakukan penjadwalan dalam periode waktu 6 bulan yaitu melakukan penggantian mesin pada bulan ketiga karena menghasilkan biaya terendah dan reliabilitas mesin tertinggi dibandingkan interval waktu penjadwalan periode yang lain.

### Daftar Pustaka

- Budai, G., Huisman, D., Dekker, R., (2006) Scheduling preventive railway maintenance activities, *Journal of the Operational Research Society*, 57(9), p 1035-44.
- Duarte, J.A.C., Craveiro, J.C.T.A., Trigo, T.P., (2006) Optimization of the preventive maintenance plan of a series components system, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 83(4), p 244-248.
- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The Mc-Graw Hill Companies, Inc.
- Franty, Y.K. (2015). Penentuan *Fitness Function* Berdasarkan Pembobotan Pada Fungsi Reliabilitas dan Biaya. *Prosiding Seminar Nasional Statistika V*. Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Limborg, P., Kochs, H.D., (2006) Preventive maintenance scheduling by variable dimension evolutionary algorithms, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 83(4), p 262-269.
- Moghaddam (2010), Preventive maintenance and replacement scheduling : models and algorithms. *Electronic Theses and Dissertations*, University of Louisville
- Shirmohammadi, A.H., Zhang, Z.G., Love, E., (2007) A computational model for determining the optimal preventive maintenance policy with random breakdowns and imperfect repairs, *IEEE Transactions on Reliability*, 56(2), p 332-339.
- Tam, AS.B., Chan, W.M., Price, J.W.H., (2006) Optimal maintenance intervals for multi-component system, *Production Planning and Control*, 17(8), p 769-779