

MODEL OPTIMASI PENGGANTIAN MESIN PEMECAH KULIT BERAS MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN DINAMIS (PABRIK BERAS DO'A SEPUH)

Abdul Gopar^{1) †}

Program Studi Teknik Industri Universitas Suryakencana

Jl. Pasir Gede Raya, Cianjur 43216

E-mail: abdulgopar26@gmail.com

Anita Ilmaniati²⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas Suryakencana

Jl. Pasir Gede Raya, Cianjur 43216

E-mail: anita.ilmaniati@gmail.com

ABSTRAK

Proses penggilingan padi berupa proses pemecahan dan pelepasan kulit padi akan menentukan kualitas beras pecah kulit (BPK) yang dihasilkan. BPK yang dihasilkan kualitasnya akan semakin menurun, jika efisiensi mesin pemecah kulit padi sudah menurun akibat waktu. Ini berarti bahwa semakin lama mesin dipertahankan, maka biaya operasi yang dikeluarkan akan semakin tinggi. Penggantian mesin pada waktu yang tepat akan mengurangi jumlah cacat dan ongkos perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebijakan yang tepat dalam melakukan penggantian mesin dan mengetahui pendapatan bersih maksimal yang dapat diperoleh terkait dengan kebijakan tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan pemrograman dinamis. Berdasarkan hasil penelitian, keputusan optimal penggantian mesin adalah untuk tahun pertama keputusan (dengan umur mesin sudah 3 tahun) mesin tetap dipertahankan kemudian untuk tahun ke dua keputusan mesin diganti dan untuk tahun ke tiga keputusan mesin dipertahankan sampai awal tahun ke lima, sehingga umur efektif mesin menjadi 3 tahun. Hasil pendapatan bersih maksimal yang dapat diperoleh PB. Do'a Sepuh dengan kebijakan penggantian mesin adalah Rp.41.029.395 untuk periode 5 tahun keputusan.

Kata Kunci: Pemrograman Dinamis, Penggantian Peralatan, dan Optimalisasi Pendapatan Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penggilingan padi merupakan salah satu rangkaian utama kegiatan penanganan paskapanen. Teknologi penggilingan padi sangat berpengaruh besar dalam menentukan mutu beras yang dihasilkan. Selain faktor mekanis, ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan mutu beras hasil penggilingan bermutu baik atau tidak, di antaranya varietas padi, pemupukan, suhu, cara pengeringan, kadar air gabah giling dan kondisi mesin. Kondisi operasi mesin harus terjaga agar menghasilkan produk yang berkualitas penggilingan (Budijanto dan Sitanggang, 2011; Suparyono dan Setyono, 1993).

Perencanaan penggantian mesin merupakan keputusan yang tepat di karenakan biaya perawatan mesin lama semakin meningkat setiap tahunnya. Penggantian mesin akan mengurangi jumlah cacat dan ongkos perawatan, namun menimbulkan konsekuensi biaya pembelian mesin baru yang perlu dipertimbangkan. Nilai sisa dari mesin yang lama harus diperhitungkan untuk meminimalkan biaya penggantian mesin.

Berdasarkan pengamatan pada pabrik beras Do'a Sepuh yang akan di jadikan obyek penelitian, kerusakan mesin yang sering terjadi pada pabrik

beras Do'a Sepuh yaitu pada mesin pemecah kulit. Hal ini berkenaan dengan keadaan dimana efisiensi mesin cenderung menurun akibat waktu. Ini berarti bahwa semakin lama mesin dipertahankan, semakin tinggi biaya operasi yang dikeluarkan. Oleh karena itu, tindakan perencanaan yang harus dilakukan berupa penggantian dengan mesin baru yang lebih ekonomis.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka diperlukan kebijakan yang tepat dalam melakukan penggantian mesin dengan waktu (tahun) yang tepat dalam penggantian mesin, sehingga dapat memberikan keseimbangan antara ongkos penggantian mesin yang diteliti. Salah satu metode untuk perencanaan penggantian mesin yaitu dengan metode Pemrograman Dinamis.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui waktu yang tepat untuk penggantian mesin.
2. Mengetahui pendapatan bersih maksimal yang dapat diperoleh PB. Do'a Sepuh terkait dengan keputusan penggantian mesin.

[†] Corresponding Author

1.3 Batasan Penelitian

Agar ruang lingkup penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang ada, maka perlu adanya batasan dan asumsi masalah yaitu :

1. Harga mesin setiap tahunnya adalah tetap
2. Bahwa panen setiap tahunnya adalah tetap, yaitu 3 kali panen dalam 1 tahun
3. Mesin yang di observasi pada pabrik Do'a Sepuh adalah hanya mesin pemecah kulit, yang sudah berumur 3 tahun pada saat penelitian dilakukan
4. Periode pengambilan keputusan yang akan dimasukan dalam model adalah selama 5 tahun kedepan
5. Umur ekonomis mesin pemecah kulit adalah 7 tahun

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemograman Dinamis

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode pemograman dinamis. Pemrograman dinamis merupakan suatu teknik matematis yang biasanya digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pemograman dinamis (*dynamic programming*) menentukan solusi optimum dari suatu permasalahan dengan beberapa variabel dengan cara mengurai permasalahan tersebut ke dalam beberapa tahap/*stages* (Taha, 2007; Hillier & Lieberman, 2001). Keuntungan dari metode pemograman dinamis adalah proses optimasi pada setiap tahap dapat disederhanakan karena melibatkan satu variabel saja.

Tujuan utama model ini ialah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Program dinamis memberikan prosedur yang sistematis untuk menentukan kombinasi pengambilan keputusan yang memaksimumkan keseluruhan efektivitas.

Istilah-istilah yang digunakan dalam program dinamis antara lain:

- *Stage* (tahap) adalah bagian persoalan yang mengandung *decision variable*.
- *Alternative*, pada setiap *stage* terdapat *decision variable* dan fungsi tujuan yang menentukan besarnya nilai setiap *alternative*.
- *State* (status), menunjukkan kaitan satu stage dengan stage lainnya, sedemikian serupa sehingga setiap *stage* dapat dioptimisasikan secara terpisah sehingga hasil optimasi layak untuk seluruh persoalan.

2.2 Model Penggantian Peralatan

Prinsip yang digunakan pada model penggantian peralatan adalah bahwa semakin lama peralatan beroperasi maka akan semakin tinggi biaya pemeliharannya, dan semakin rendah tingkat

produktifitasnya (Taha, 2007). Setelah mesin mencapai umur tertentu akan lebih ekonomis untuk menggantinya.

Model penggantian peralatan pada penelitian ini memiliki fungsi tujuan untuk maksimasi pendapatan, sehingga pengukuran performansi untuk mendapatkan solusi optimal dilakukan dengan melihat pendapatan $r(t)$ paling maksimal. Beberapa notasi yang digunakan dalam model penggantian peralatan pada penelitian ini adalah:

- $r(t)$ = pendapatan peralatan yang berumur t tahun pada awal tahun tersebut
- $c(t)$ = biaya operasi dari peralatan yang berumur t tahun
- $s(t)$ = nilai sisa dari mesin yang telah beroperasi selama t tahun.
- I = harga mesin baru
- $f_i(t)$ = pendapatan bersih untuk tahun ke- i pada saat mesin berumur t tahun pada awal tahun ke- i

Komponen dari Model Program Dinamis di sini adalah :

1. Tahap i mewakili tahun ke- i , untuk $i = 1, 2, \dots, n$
2. Alternatif untuk tahap (tahun) ke i adalah mempertahankan (*keep/K*) atau mengganti (*replace/R*) peralatan pada awal tahun ke- i .
3. Status pada tahap i adalah umur peralatan pada awal tahun ke- i .

Persamaan rekursif yang digunakan dalam penelitian adalah persamaan rekursif mundur, dimana solusi optimum dicari dari tahap paling akhir dari periode pengambilan keputusan yang ditetapkan (5 tahun). Persamaan rekursif basis (yang dihitung pertama kali) dan persamaan rekursif selanjutnya yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

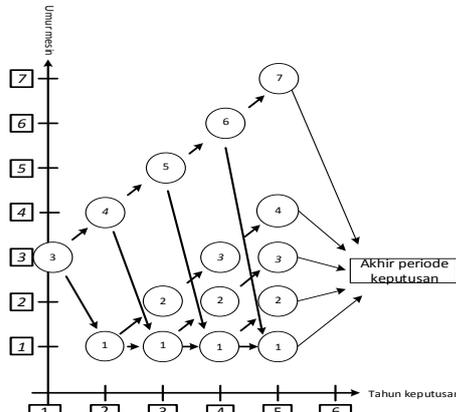
$$f_i(t) = \max \begin{cases} \text{basis: } r(t) + s(t+1) = c(t) & \text{jika dipertahankan (1)} \\ \text{basis: } r(0) + s(t) + s(1) - I - c(0) & \text{jika diganti (2)} \end{cases}$$

$$f_i(t) = \max \begin{cases} r(t) - c(t) + f_{i+1}(t+1) & \text{jika dipertahankan (3)} \\ r(0) + s(t) - I - c(0) + f_{i+1}(t+1) & \text{jika diganti (4)} \end{cases}$$

Periode pengambilan keputusan yang dihitung selama 5 tahun kedepan disebabkan karena periode laporan keuangan yang dilakukan setiap lima tahun. Gambar 1. merupakan diagram yang menggambarkan alternatif-alternatif keputusan penggantian mesin dalam penelitian ini.

Jaringan memperlihatkan pada awal tahun keputusan ke-2, umur yang mungkin dari mesin adalah 1 tahun (jika diganti) dan 4 tahun (jika dipertahankan). Umur mesin yang mungkin pada awal tahun keputusan ke-3 adalah 1, 2, dan 5 tahun, sedangkan untuk awal tahun keputusan ke-4 adalah

1, 2, 3, dan 6 tahun, serta untuk awal tahun keputusan ke-5 adalah 1, 2, 3, 4, dan 7 tahun.



Gambar 1. Diagram Alternatif Keputusan Penggantian Mesin Pemecah Kulit Beras

2.3 Pengumpulan Data

Setelah dilakukan penelitian berupa wawancara terhadap pemilik perusahaan dan pegawai dan dilakukan perhitungan didapatkan data yang tercantum dalam Tabel.1 berikut.

Tabel 1. Data Input Model Penggantian Mesin Pemecah Kulit Beras

Umur t (tahun)	Pendapatan r(t)	Biaya Operasi c(t)	Nilai Sisa s(t)
0	Rp 9.030.961	Rp 3.300.000	-
1	Rp 8.127.865	Rp 3.795.000	Rp 7.750.000
2	Rp 7.315.078	Rp 4.364.250	Rp 5.821.429
3	Rp 6.583.570	Rp 5.237.100	Rp 4.214.286
4	Rp 5.925.213	Rp 6.284.520	Rp 2.928.571
5	Rp 5.332.692	Rp 7.855.650	Rp 1.964.286
6	Rp 4.799.423	Rp 9.662.450	Rp 1.321.429
7	Rp 4.319.481	Rp 12.561.184	Rp 1.000.000

Data pada tabel 1 menunjukkan data yang diperoleh mesin dari awal tahun mesin dibeli sampai mesin berumur 7 tahun, data yang diperoleh yaitu pendapatan mesin, biaya operasi mesin, dan nilai sisa mesin.

Biaya operasi mesin diestimasi berdasarkan asumsi bahwa biaya mengalami kenaikan sebesar 15-30% dari nilai saat ini. Total pendapatan bersih PB. Do'a Sepuh per tahun adalah sekitar Rp. 61.500.000, pendapatan bersih dari mesin pemecah kulit saja dihitung dengan cara mengalikan total pendapatan bersih tersebut dengan persentase proporsi biaya operasi mesin pemecah kulit terhadap total biaya, sehingga didapatkan pendapatan bersih dari mesin pemecah kulit adalah sebesar Rp. 9.030.961 dan meningkat dengan asumsi kenaikan 10% per tahun. Nilai sisa diperoleh dengan menghitung penyusutan mesin tiap tahunnya selama 7 tahun dengan harga mesin baru adalah Rp.

10.000.000 dan nilai sisa mesin pada tahun ke-7 adalah 10% dari harga mesin baru.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Dalam perhitungan pemrograman dinamis (penggantian alat) pada PB. Do'a Sepuh dilakukan dalam 5 tahapan, perhitungan pemrograman dinamis ini menggunakan rekursif mundur, yaitu perhitungan awal dilakukan pada tahap 5 dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), yang hasilnya tercantum pada Tabel. 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rekursif Mundur Basis Tahap ke-5 (i = 5)

t	K	R	Solusi Optimal	
	$r(t)+s(t+1)-C(t)$	$r(0)+s(t)+s(1)-C(0)-I$	$f_5(t)$	keputusan
1	10.154.293	11.230.961	11.230.961	R
2	7.165.114	9.302.389	9.302.389	R
3	4.275.042	7.695.247	7.695.247	R
4	1.604.979	6.409.532	6.409.532	R
7	harus diganti	4.480.961	4.480.961	R

Dari hasil perhitungan pada tahap 5 menunjukkan bahwa nilai optimal pada tahun 1,2,3,dan 4 adalah $K < R$, sehingga keputusan yang harus diambil yaitu mesin harus diganti dan untuk umur mesin 7 tahun ($t = 7$) mesin harus diganti karena umur ekonomis mesin sudah habis.

Perhitungan rekursif pada tahap 4 dan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) dan (4). Berdasarkan hasil dari perhitungan tahap 4 ($i = 4$), nilai optimal pada umur mesin 1, 2 dan 3 tahun adalah $K > R$, sehingga keputusan yang harus diambil yaitu mesin harus dipertahankan. Nilai optimal pada tahun ke 6 adalah $K < R$, jadi keputusan yang harus diambil yaitu mesin harus diganti. Hasil perhitungan rekursif pada tahap ke-4 tercantum pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rekursif Mundur Tahap ke-4 (i = 4)

t	K	R	Penyelesaian Optimal	
	$r(t)-C(t)+f_5(t+1)$	$r(0)+s(t)-C(0)-I+f_5(t+1)$	$f_4(t)$	Keputusan
1	13.635.254	12.783.350	13.635.254	K
2	10.646.075	9.247.636	10.646.075	K
3	7.756.003	6.354.779	7.756.003	K
6	-382.066	1.533.350	1.533.350	R

Perhitungan pada tahap 3 ($i = 3$) persamaan yang digunakan pada K dan R sama dengan persamaan yang digunakan pada tahap 4 yaitu persamaan (3) dan (4). Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap 3,

diperoleh nilai optimal pada umur 1 dan 2 tahun ($t = 1$ dan $t = 2$) adalah $K > R$, sehingga keputusan yang diambil yaitu mesin harus dipertahankan, sedangkan nilai optimal pada umur 5 tahun ($t = 5$) adalah $K < R$ berarti keputusan yang diambil yaitu mesin harus diganti. Hasil perhitungan pada tahap 3 tercantum pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rekrusif Mundur Tahap ke-3 ($i = 3$)

t	K	R	Penyelesaian Optimal	
	$r(t)-C(t)+f_3(t+1)$	$r(0)+s(t)-C(0)-I+f_3(t+1)$	$f_3(t)$	keputusan
1	14.978.940	14.127.036	14.978.940	K
2	10.706.831	9.308.392	10.706.831	K
5	1.628.942	1.478.597	1.628.942	R

Hasil dari perhitungan pada tahap 2 ($i = 2$) menunjukkan bahwa nilai optimal pada umur 1 tahun ($t = 1$) adalah $K > R$, sehingga keputusan yang diambil yaitu mesin harus dipertahankan. Nilai optimal pada umur 4 tahun ($t = 4$) pada tahap 2 adalah $K < R$ keputusan yang diambil yaitu mesin harus diganti. Hasil perhitungan rekrusif pada tahap ke-2 tercantum pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rekrusif Mundur Tahap ke-2 ($i = 2$)

t	K	R	Penyelesaian Optimal	
	$r(t)-C(t)+f_2(t+1)$	$r(0)+s(t)-C(0)-I+f_2(t+1)$	$f_2(t)$	keputusan
1	15.039.696	14.187.792	15.039.696	K
4	1.269.636	3.181.332	3.181.332	R

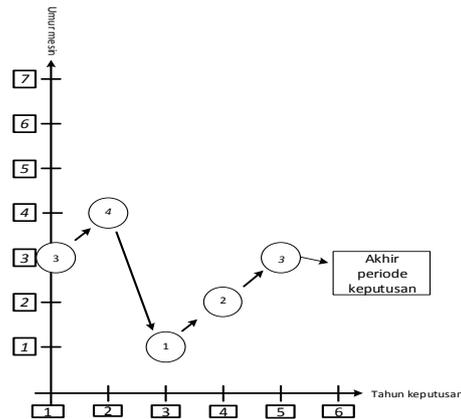
Hasil dari perhitungan nilai optimal pada umur 3 tahun ($t = 3$) pada tahap 1 adalah $K > R$ berarti keputusan yang harus diambil yaitu mesin harus dipertahankan. Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan pada tahap 1.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rekrusif Mundur Tahap ke-1 ($i = 1$)

t	K	R	Penyelesaian Optimal	
	$r(t)-C(t)+f_1(t+1)$	$r(0)+s(t)-C(0)-I+f_1(t+1)$	$f_1(t)$	keputusan
3	4.527.802	3.126.578	4.527.802	K

3.2 Pembahasan

Perhitungan pemrograman dinamis dalam penelitian ini menghasilkan suatu kebijakan penggantian mesin yang optimal dalam 5 tahun kedepan pada PB Do'a Sepuh. Secara garis besar, kebijakan penggantian mesin tersebut digambarkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Skema Kebijakan Penggantian Mesin Pemecah Kulit Beras

Berdasarkan hasil penelitian, keputusan yang dapat diambil terkait penggantian mesin pemecah kulit beras adalah sebagai berikut:

1. Pada periode tahun keputusan ke-1 mesin dipertahankan, sehingga umur mesin pada awal periode tahun keputusan ke-2 adalah 4 tahun
2. Pada periode tahun keputusan ke-2, mesin diganti, sehingga umur mesin pada awal periode tahun keputusan ke-3 adalah 1 tahun
3. Pada periode tahun keputusan ke-3, mesin dipertahankan, sehingga umur mesin pada awal periode tahun keputusan ke-4 adalah 2 tahun
4. Pada periode tahun keputusan ke-5, mesin dipertahankan, sehingga umur mesin pada awal periode tahun keputusan ke-6 adalah 3 tahun
5. Periode tahun keputusan ke-6 tidak termasuk masuk kedalam perhitungan (pengambilan keputusan hanya mempertimbangkan 5 periode keputusan), sehingga keputusan dianggap berakhir di awal periode tahun ke-6

Tabel 7 dibawah ini menunjukkan estimasi pendapatan bersih maksimal yang dapat di peroleh PB. Do'a Sepuh dengan menerapkan kebijakan penggantian mesin yang dihasilkan.

Tabel 7. Pendapatan Bersih

Umur Mesin (t)	Pendapatan Bersih Maksimal
3	Rp 4.527.802
4	Rp 3.181.332
1	Rp 14.978.940
2	Rp 10.646.075
3	Rp 7.695.247
total	Rp 41.029.395

4. KESIMPULAN & SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis perhitungan dengan menggunakan pemrograman dinamis (penggantian alat) didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Bahwa keputusan optimal penggantian mesin adalah untuk tahun pertama keputusan mesin dipertahankan, kemudian untuk tahun kedua mesin diganti, dan untuk tahun ke tiga mesin dipertahankan sampai awal tahun ke lima sehingga umur mesin menjadi 3 tahun. Penggantian tersebut dijadwalkan dengan melihat keputusan optimal dari setiap tahap sesuai dengan perhitungan pemrograman dinamis.
2. Hasil pendapatan bersih maksimal yang dapat diperoleh PB. Do'a Sepuh dengan keputusan penggantian mesin adalah Rp. 41.029.395 untuk pemakaian mesin selama 5 tahun.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya dalam topik ini dapat mempertimbangkan hal-hal berikut ini untuk pengembangan penelitian:

1. Penelitian pada topik ini memerlukan data pembukuan keuangan yang sudah cukup baik sehingga beberapa asumsi untuk mendapatkan data input awal dapat dikurangi
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan beberapa tipe/merek mesin sejenis yang dapat dimasukkan sebagai alternatif keputusan pada model penelitian
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan pemodelan penggantian mesin untuk keseluruhan mesin yang ada pada objek penelitian agar kebijakan yang dihasilkan dapat lebih komprehensif

PUSTAKA

Budijanto, S., Dahrul Syah, Sitanggang, A.B., Subarna, Suwanto dan Faleh, S. (2011). Pengembangan Rantai Nilai Serealia Lokal (*indigenous cereal*) untuk Memperkokoh Ketahanan Pangan Nasional. Laporan Program Riset Strategis. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor

Hillier, F. S. & G. J. Lieberman. (2001). *Introduction to Operational Research 7th Edition*. McGraw-Hill, New York

Ibrahim, Bachtiar. (2009). *Rencana dan Estimate Real of Cost*. Bumi Aksara, Jakarta

Suparyono dan A. Setyono. (1993). *Padi*. Penebar Swadaya, Jakarta

Taha, H.A. (2007). *Operations Research An Introduction 8th Edition*. Pearson Prentice Hall, New Jersey