PENENTUAN WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN DAN BIAYA PERAWATAN MESIN PENGAIRAN AREAL

ADI JAYA
NBI : 411206026
Program Teknik Industri Univeersitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Adijaya1910@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rangka peningkatan perbaikan ekonomi warga Desa Pelangwot Laren Lamongan, maka pada tahun 1995 tani membangun mesin pengairan yang disebut mesin areal yang dimana sumber air dari bengawan solo di alirkan ke lahan petani melalui pemukiman warga guna untuk meningkatkan kualitas tanam yang bagus serta tidak mengalami kekeringan

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan penentuan model persamaan trend setelah itu penentuan biaya tiap pergantian dan biaya operasional per siklus dari nilai tersebut nantinya untuk mengetahui waktu antar pergantian tiap masing-masing komponen.

Pada penelitian ini diketahui Dari analisis hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan perhitungan biaya per siklus dapat menghemat perencanaan anggaran biaya total dan operasional. dengan menggunakan perhitungan biaya per siklus untuk biaya total dapat menghemat Rp 7,6 juta per tahun, biaya operasional dapat menghemat Rp 9,3 juta per tahun, sedangkan biaya penggantian lebih mahal Rp 1,6 juta.

Kata kunci : biaya oprasional, waktu antar pergantian, biaya oprasional

ABSTRACT

In order to improve the economic improvement of Pelangwot Laren Lamongan villagers, in 1995 farmers built irrigation machines called machine areas where the source of water from the bengawan solo is channeled to the farmers through residential areas to improve the quality of good planting and not experiencing drought.

Based on the data that has been collected then done the determination of trend equation model after that the costing of each turn and the operational cost per cycle of the value later to know the time between turn of each each component.

In this study known From the analysis of the results of the discussion, it can be concluded that by using the calculation of cost per cycle can save the budget planning total and operational costs. using cost per cycle for total cost can save Rp 7.6 million per year, operational cost can save Rp 9.3 million per year, while replacement cost is more expensive Rp 1.6 million.

Keywords: operational cost, inter-replacement time, operational cost

PENDAHULUAN

Program pembangunan pertanian terutama bidang kecukupan dan ketahanan pangan yang telah lama dilaksanakan di Indonesia sampai sekarang masih memprihatinkan. Kondisi pertanian di Indonesia secara kuantitas maupun kualitas ternyata masih belum mampu mencukupi kebutuhan pangan sendiri, bahkan cenderung semakin tergantung pada impor produk pangan dari luar negeri.

Pertanian akan menjadi kekuatan besar jika dikelola secara terpadu dalam satu kesatuan sstem agribisnis. Oleh karena itu para petani harus tercukupi segala kebutuhannya terutama untuk bercocok tanam, sebagaimana petani yang berada di Desa Pelangwot, Kecamatan Laren, Kabupaten Lamongan ini memiliki lahan sawah 525 hektar dan ±3.000 warganya mayoritas sebagai petani yang harus disejahterakan kehidupanya.

Dusun Pelangwot terletak di Desa Pelangwot, Kecamatan Laren. Kecamatan Laren terletak di Kabupaten Lamongan bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Tuban. Hampir semua desa yang ada di Kecamatan Laren terletak di bantaran sungai Bengawan Solo, begitu juga dengan Dusun Pelangwot. Dusun ini berbatasan dengan Bengawan Solo. sebagian besar daerah Pelangwot berupa lahan pertanian yaitu sawah. Untuk akses ke pusat kota kabupaten pun cukup jauh sekitar 36 km.

pada tahun 1995 warga berinisiaif membuat alat yang bisa mengalirkan air dari bengawan solo ke sawah-sawah petani yang sekarang disebut dengan mesin pengairan areal (mesin pengairan FM D14).

Mesin pengairan areal ini sejak pada tahun 1995 sampai sekarang masih belum diganti dan beroprasional setiap hari dalam satu malam dapat mengairi lahan petani seluas ±250 hektar lahan petani. Sebelum adanya mesin pengairan ini warga petani hanya dapat mengandalkan air hujan yang hanya datang dalam satu tahun sekali, dan hanya bisa panen sekali dalam setahun, dan setelah dibangun mesin tersebut warga dapat panen dua sampai tiga kali dalam satu tahun.

TINJAUAN PUSTAKA

Perawatan didefinisikan sebagai suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Corder, 1988).

beberapa alasan betapa pentingnya melakukan perawatan, yaitu :

1. Agar fasilitas selalu siap pakai pada saat yang diperlukan
2. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya semakin lama akan semakin menurun. Bila tanpa dilakukan kegiatan perawatan, maka fasilitas tersebut tidak lagi mempunyai kemampuan kerja secara teknis maupun secara ekonomis
3. Diharapkan dapat memperpanjang usia pakai dari suatu fasilitas tersebut
   Beberapa kerusakan pada suatu peralatan produksi tidak hanya berakibat berhenti sebagai alat produksi, tapi juga peralatan produksi lainnya akan ikut berhenti. Oleh karena itu untuk menghasilkan suatu keberhasilan perawatan harus dilakukan perawatan secara terencana.

Tujuan Perawatan

Tujuan utama perawatan adalah untuk :

1. Memperpanjang usia kegunaan fasilitas produksi
2. Menjamin adanya persediaan peralatan produksi yang optimal pada saat dibutuhkan
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan pada saat dibutuhkan
4. Menjamin keselamatan kerja bagi yang menggunakan fasilitas produksi tersebut

Analisis *Trend*

Trend adalah sekumpulan data historis yang membentuk deret berkala *(time series)* dan menggambarkan pergerakan pertumbuhan atau penurunan. Model pergerakan tersebut bisa berupa garis lurus atau parabolik yang menaik atau menurun seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Langkah-langkah menentukan model trend :

1. Menentukan pola data
   Penggambaran grafik data historis yang dimiliki dapat dianalisis secara kasar pola data historis yang dimiliki
2. Pemilihan model trend yang sesuai
   Setelah dilakukan pola data historis secara kasar, selanjutnya dilakukan penentuan trend yang terbaik dengan metode kuadrat terkecil. Metode ini menghitung nilai rata-rata kesalahan kuadrat terkecil. Nilai kesalahan secara matematis dirumuskan sebagai $e_t = c(t) - c(t)'$, di mana $c(t)$ adalah nilai data historis dan $c(t)'$ adalah nilai dari model trend yang dipilih. Rumus perhitungan kesalahan tersebut sebagai berikut. (Sugiarto, 2000):

$$Mean\ Square\ Error\ (MSE) = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left(c(t) - c(t)'\right)^2}{n} \quad \text{.....(1)}$$

Beberapa bentuk model trend sederhana yang dapat dipilih adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1

Beberapa model trend linier dan non linier

Model	Transformasi	Model Linear
Linier $c(t)' = a + b\,t$	-	$c(t)' = a + b\,t$
Kuadratik $c(t)' = a + bt + ct^2$	-	$c(t)' = a' + b't + c't^2$
Eksponen $c(t)' = a\,b^t$	$c(t)' = \log c(t);\ a = \log a;\ b = \log b$	$\log c(t)' = \log a + t \log b$

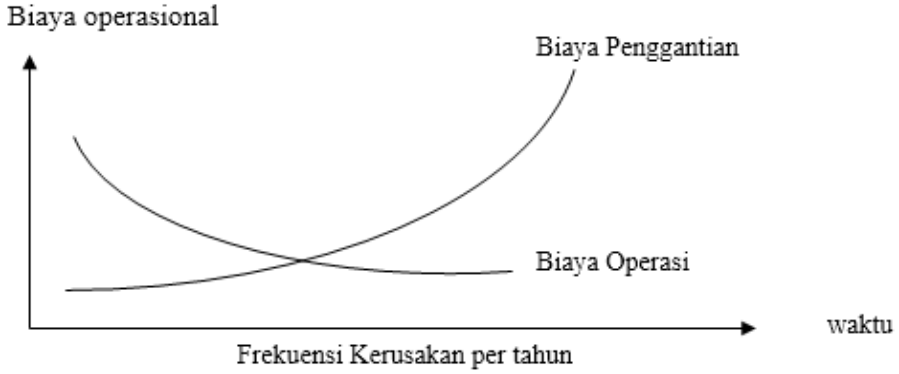
di mana nilai a,b,c dapat dihitung dari eliminasi persamaan normal berikut (Sudjana,2001):

$$\left.\begin{aligned} \sum c(t) &= na + b\sum t + c\sum t^2 \\ \sum t\,c(t) &= a\sum t + b\sum t^2 + c\sum t^3 \\ \sum t^2 c(t) &= a\sum t^2 + b\sum t^3 + c\sum t^4 \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(2)}$$

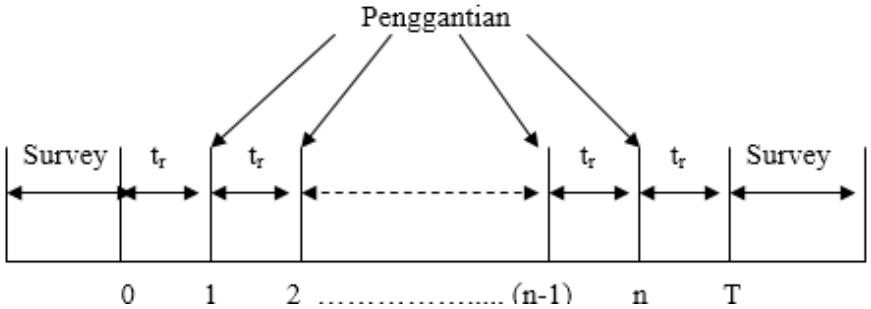
Waktu Penggantian Optimal Berdasarkan Biaya Operasi Yang Semakin Meningkat

Dari waktu ke waktu, misalnya secara tahunan, sebagian besar survei penggantian fasilitas sesuai dengan kebutuhan yang sudah. Diantara waktu survei tersebut biaya operasi

yang dibutuhkan oleh suatu fasilitas semakin meningkat, seiring dengan keadaan beberapa komponen dari fasilitas tersebut yang semakin aus (semakin memburuk). Komponen yang semakin aus tersebut harus diganti, sehingga dapat menurunkan biaya operasi. Biaya penggantian yang diperlukan meliputi biaya pembelian komponen dan ongkos penggantian. Serta ada keseimbangan antara biaya yang digunakan untuk penggantian dan keuntungan yang didapatkan melalui pengurangan biaya operasi. Sehingga dapat ditentukan waktu penggantian optimal yang pada gilirannya meminimalkan biaya operasi dan biaya penggantian dalam satu tahun yang digambarkan pada grafik berikut : (Jardine, 1973).



Gambar 2.2 Grafik hubungan antara biaya penggantian dan operasional (Jardine, 1973)



Gambar 2.3 Diagram waktu antar penggantian (Jardine, 1973)

dimana : c(t) : biaya operasi per unit waktu pada waktu t setelah penggantian

C_r : biaya penggantian

t_r : interval waktu antar penggantian yang optimal dalam interval waktu (0,T)

Tujuan waktu antar penggantian yang optimal adalah untuk meminimalkan biaya operasi dan biaya penggantian.

Biaya Total antar survey menjadi fungsi dari waktu interval antar penggantian, dan dilambangkan sebagai $C(t_r)$, sehingga :

$C(t_r)$ = Biaya penggantian antar survey + Biaya operasi antar survey

Biaya penggantian antar survey = Jumlah penggantian antar survey x Biaya per penggantian

$= nC_r$

Biaya operasi antar survey = Biaya operasi setiap interval antar penggantian x Jumlah interval antar survey

$$= \int_0^{t_r} c(t)dt \, x \, (n+1)$$

Sehingga : $C(t_r) = nC_r + (n+1)\int_0^{t_r} c(t)dt$ ……. (3)

Karena *n* adalah fungsi dari t_r, maka letakkan *n* dalam t_r

$(n+1)t_r = T$, sehingga $n = \frac{T}{t_r} - 1$

Disubstitusikan dalam persamaan (1), didapatkan :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\int_0^{t_r} c(t)dt \text{……..(4)}$$

Untuk mendapatkan biaya total yang minimal, persamaan (4) diturunkan terhadap t_r dan biaya total sama dengan 0, yaitu : $\frac{dC(t_r)}{dt_r} = 0$ ..... (5)

Jika didapatkan persamaan kuadratik $c(t)' = A + B\,t - C\,t^2$, biaya totalnya adalah :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\int_0^{t_r} (A + Bt - Ct^2)dt \text{ ..... (6)}$$

sehingga :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\left[At + \frac{B}{2}t^2 - \frac{C}{3}t^3\right]_0^{t_r}$$

$$= \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\left[At_r + \frac{B}{2}t_r^2 - \frac{C}{3}t_r^3\right]$$

$$= \frac{TC_r}{t_r} - C_r + TA + \frac{TBt_r}{2} - \frac{TCt_r^2}{3}$$

Untuk mendapatkan biaya total yang minimal adalah :

$$\frac{d\,C(t_r)}{dt_r} = -\frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{TB}{2} - \frac{2TCt_r}{3} = 0$$

sehingga :

$$0 = -\frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{TB}{2} - \frac{2TCt_r}{3}$$

$$\frac{TB}{2} = \frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{2TCt_r}{3} \text{ . .....(7)}$$

Pengumpulan, Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Pengumpulan Data

Populasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah mesin pengairan tipe FM D14 yang dibangun kelompok tani sejak tahun 1995. Mesin tersebut setiap hari digunakan sejak pada saat mesin diresmikan dan kurang mendapatkan perawatan, membutuhkan biaya yang cukup besar bila mendapat peawatan.Data yang digunakan adalah data mulai bulan Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Sebagai sampel penelitian adalah :

1. Data primer

   Data yang diperoleh secara langsung di lapangan, yaitu mengamati pelaksanaan proses pengairan dan kegiatan perawatan mesin pengairan areal.

2. Data Sekunder

   Data sekunder yang diperlukan :

   a.Waktu saat dilakukan penggantian

   b.Jenis komponen yang dilakukan penggantian

   c. Biaya tiap kali dilakukan penggantian

Tabel 4.1 Data Data Biaya Penggantian dan Biaya Operasional mesin pengairan tipe FM D14

Bulan	Biaya pergantian komponen (Rp)												
	bureng	seker	nosel	kelep	oli	ring d14	pom d14	kop d14	pir seker	metal duduk	metal jalan	uner d14	biaya operasional
Januari													1.143.000
Februari					175.000			35.000				210.000	1.037.000
Maret		1.350.000											857.000
April			9.000.000										757.000
Mei				60.000									948.000

Juni						950.000							660.000
Juli	2.000.000												683.000
Agustus					175.000		1.500.000		1.200.000				809.000
September													1.078.000
Oktober													1.696.000
Nopember					175.000					235.000	275.000		1.177.000
Desember													672.000
Jumlah	2.000.000	1.350.000	900.000	60.000	525.000	950.000	1.500.000	35.000	1.200.000	235.000	275.000	210.000	11.517.000
Rata-rata	166667	112500	75000	5000	43.750	79167	125000	2917	100000	19583	22917	17500	959750.00

Dari tabel 3 tersebut dapat digambar grafik trendnya sebagai berikut :

Gambar 2.4. Trend Biaya Operasional

Pengolahan Hasil Pengumpulan Data

Dari hasil pembuatan grafik yang bersifat trend maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan normal untuk mendapatkan koefisien fungsi persamaan, kemudian dilakukan pemilihan fungsi persamaan yang paling mendekati dengan grafik trend yang sebenarnya menggunakan metode kuadrat terkecil (MSE) dan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pendekatan Trend Linier

Koefisien model linear	a = 959750 b = 9661,76
Model linear yang mendekati	$d(t)' = a + b\,t$ $d(t)' = 959750 + 9661{,}76t$
MSE	78430927696,08

Tabel 4.3 Hasil Pendekatan Trend Kuadratik

Koefisien model kuadratik	a = 830935,12 b = 9661,76 c = 5683,009

Model kuadratik yang mendekati	$d(t)' = a + bt + ct^2$ $d(t)' = 830935{,}12 + 9661{,}76t + 5683{,}009t^2$
MSE	69940511804,28

Tabel 4.4 Hasil Pendekatan Trend Eksponen

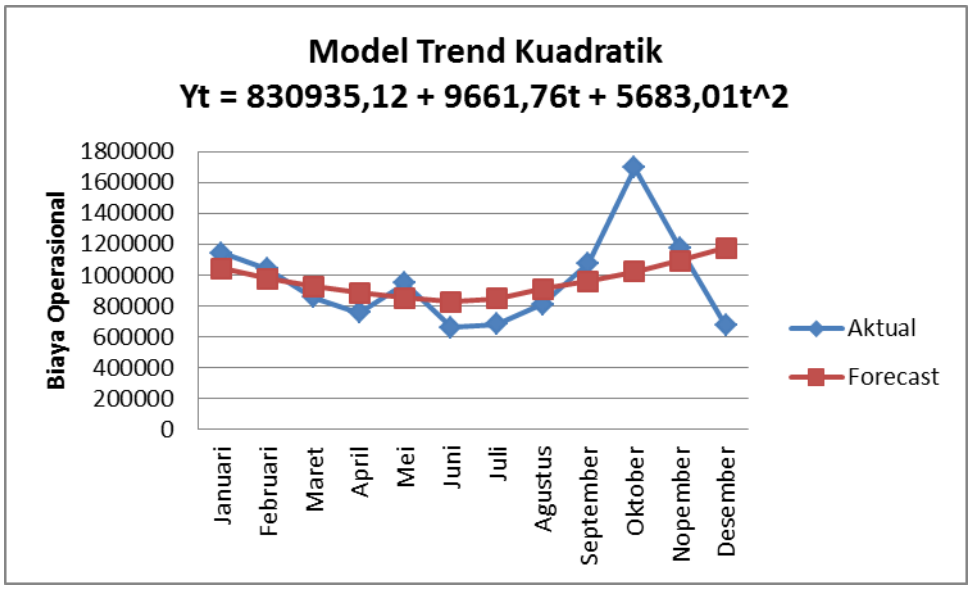
Transformasi dari model eksponen	$d(t)' = \log d(t)'$ $= \log a = 5{,}965$ $= \log b = 0{,}0022$
Model Linear	$\log d(t)' = \log a + \log b$ $\log d(t)' = 5{,}965 + 0{,}0022$
Model eksponen yang mendekati	$d(t)' = a\,b^t$ $d(t)' = (923423{,}94) * (1{,}01)^t$
MSE	81866362092,59

Maka untuk memilih model trend yang paling mendekati dengan trend yang sebenarnya dilakukan perbandingan kesalahannya sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pendekatan Trend Biaya Operasional

Nama Model	Rumus Model	Persamaan Model Yang Mendekati	MSE
Linear	$d(t) = a + b\,t$	$d(t)' = 959750 + 9661{,}76t$	78430927696,08
Kuadratik	$d(t) = a + bt + ct^2$	$d(t)' = 830935{,}12 + 9661{,}76t + 5683{,}009t^2$	69940511804,28
Eksponen	$d(t) = a\,b^t$	$d(t)' = (923423{,}94) * (1{,}01)^t$	81866362092,59

Dilhat dari MSE yang terkecil dari tabel tersebut, maka model kuadratik adalah model trend yang paling mendekati sebagai fungsi biaya operasional, yaitu $d(t)' = 783093{,}512 + 9661{,}76t + 5683{,}009t^2$ dan grafiknya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pendekatan Trend Kuadratik

4.2.2 Penentuan Biaya Penggantian (C_r)

Biaya penggantian komponen didapatkan dari biaya rata-rata penggantian komponen per bulan dari tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

C_r Bureng = Rp 166.667 per bulan

C_r Seker = Rp 112.500 per bulan

C_r Nosel = Rp 75.000 per bulan

C_r Kelep = Rp 5000 per bulan

C_r Oli = Rp 58.333 per bulan

C_r Ring d14 = Rp 79.167 per bulan

C_r Pom d14 = Rp 2.917 per bulan

C_r Kop d14 = Rp 35.000 per bulan

C_r Pir seker = Rp 100.000 per bulan

C_r Metal duduk = Rp 19.583 per bulan

C_r Metal jalan = Rp 22.917 per bulan

C_r Uner d14 = Rp 175.00 per bulan

Perhitungan Waktu Penggantian dan Biaya Total per Tahun yang Optimal

Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu penggantian yang optimal dengan c(t)' sebagai fungsi biaya operasional adalah sebagai berikut :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\int_0^{t_r} c(t)'dt \text{ , didapatkan :}$$

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\int_0^{t_r} (A + B\,t - C\,t^2)dt \text{ ..... (4.1)}$$

di mana : A=830935,12, B=9661,76, C= 5683,01, T=12,

$C(t_r)$ = biaya total

C_r = biaya rata-rata penggantian masing-masing komponen

sehingga :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\left[At + \frac{B}{2}t^2 - \frac{C}{3}t^3\right]_0^{t_r}$$

$$= \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\left[At_r + \frac{B}{2}t_r^2 - \frac{C}{3}t_r^3\right]$$

$$= \frac{TC_r}{t_r} - C_r + TA + \frac{TBt_r}{2} - \frac{TCt_r^2}{3} \text{ ..... (4.2)}$$

Untuk mendapatkan biaya total yang minimal, persamaan (4.2) diturunkan terhadap t_r dan biaya total sama dengan 0 :

$$\frac{d\,C(t_r)}{d\,t_r} = -\frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{TB}{2} - \frac{2TCt_r}{3}$$

sehingga :

$$0 = -\frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{TB}{2} - \frac{2TCt_r}{3}$$

$$\frac{TB}{2} = \frac{TC_r}{t_r^2} + \frac{2TCt_r}{3} \text{ . .....(4.3)}$$

Dari persamaan (4.3) dapat ditentukan waktu penggantian (t_r) dengan jalan menyamakan hasil perhitungan persamaan ruas kiri dan ruas kanan sebagai berikut :

$$\frac{(12)(9661{,}76)}{2} = \frac{(12)\,C_r}{t_r^2} + \frac{(2)(12)(5683{,}01)\,t_r}{3}$$

Setelah diketahui waktu penggantian komponen, selanjutnya dapat ditentukan besar biaya total per tahun dengan cara memasukkan nilai waktu penggantian (t_r) ke dalam persamaan

Perhitungan Waktu Penggantian Komponen Bureng dan Biaya Total yang Optimal

C_r Bureng = Rp 166.667

$$\frac{(12)(9661{,}76)}{2} = \frac{(12)\,C_r}{t_r^2} + \frac{(2)(12)(5683{,}01)\,t_r}{3}$$

Dari persamaan tersebut dapat ditentukan waktu penggantian (t_r) dengan jalan menyamakan hasil perhitungan persamaan ruas kiri dan ruas kanan sebagai berikut :

Ruas kiri	Ruas kanan	C(tr)
57970.5882	314272.5889	373710.726
57970.5882	314269.2458	373696.125
57970.5882	314265.9033	373681.526
57970.5882	314262.5615	373666.928
57970.5882	314259.2203	373652.330
57970.59	**314255.88**	**373637.733**
57970.5882	314262.5615	373666.928
57970.5882	314265.9033	373681.526
57970.5882	314269.2458	373696.125

Dari tabel tersebut didapatkan bahwa nilai yang dapat menghasilkan ruas bagian kanan dan ruas bagian kiri mendekati sama itulah yang optimal, yaitu pada kisaran nilai t_r = 3,7016 dan C(tr) = 373637.733. Dengan demikian waktu penggantian komponen bureng yang optimal adalah setiap 3,7 bulan dengan biaya total optimal Rp 373.637,733 per tahun dan digambarkan melalui grafik sebagai berikut :

Gambar 4.3 Grafik Biaya Total dan Waktu Penggantian Komponen Bureng

Perhitungan Biaya Penggantian dan Biaya Operasional Komponen Bureng per Siklus Penggantian

Untuk biaya total komponen bureng dapat ditentukan biaya total per bulan yang di ambil dari nilai total biaya yang optimal yaitu = Rp 373.688,827 per bulan. Dengan demikian untuk setiap siklus penggantian komponen dapat ditentukan :

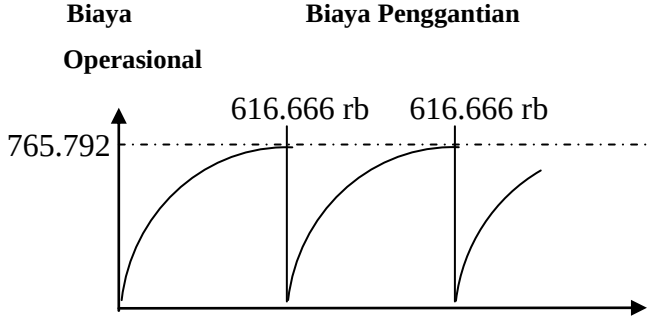
Biaya total : Rp 373.637,733 x 3,7 bulan = Rp 1.382.459,61

Biaya penggantian : Rp 166.666,67 x 3,7 bulan = Rp 616.666,67

Biaya operasional Rp 765.792,95

Pemodelan Hubungan Waktu Penggantian dan Biaya Operasional

Hasil perhitungan biaya penggantian dan biaya operasional komponen per siklus penmggantian dapat dimodelkan sebagai berikut :



0 3,7 7,4 .... **bulan**

Gambar 4.10 Hubungan Waktu Penggantian dan Biaya Operasional komponen Bureng

Kesimpulan

Dari analisis hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan perhitungan biaya per siklus dapat menghemat perencanaan anggaran biaya total dan operasional mesin pengairan tipe FM D14 dibandingkan dengan menggunakan perhitungan biaya per bulan, Hasil perhitungan biaya per siklus dalam satu tahun diperlukan biaya total sebesar Rp 14 juta, yang terdiri dari biaya operasional sebesar R 2,1 juta dan biaya penggantian sebesar Rp 11,88 juta. Sedangkan biaya total per tahun dengan menggunakan perhitungan biaya per bulan sebesar Rp 21,7 juta yang terdiri dari biaya operasional sebesar Rp 11,5 juta dan biaya penggantian sebesar Rp 10,2 juta.. Sehingga dengan menggunakan perhitungan biaya per siklus untuk biaya total dapat menghemat Rp 7,6 juta per tahun, biaya operasional dapat menghemat Rp 9,3 juta per tahun, sedangkan biaya penggantian lebih mahal Rp 1,6 juta.

DAFTAR PUSTAKA

Corder, Antony, 1988. *Teknik Manajemen Pemeliharaan.* Edisi ke-2. Jakarta: Erlangga.

Effendi, Rudy, 2009, *Penentuan Waktu Penggantian Komponen dan Biaya Total Perawatan Armada Angkut PT. Perkebunan Lidjen Banyuwangi*, Teknik Industri, Untag Surabaya

Jardine, A.K.S, 1973. *Maintenance, Replacement, and Reliability.*1st.ed. Toronto 135, Canada: The Copp Clark Publishing, Co.

Sudjana, 2001. *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi Bagi Para Peneliti*. Bandung: Tarsito.

Mu'arif Efendi, 2015, *Analisis Perencanaaan Penjadwalan Maintenance pada mesin CNC Line Exhaust menggunakan model Age Replacement,* Teknik industry, Universitas Darma Persada.