Penjadwalan Penggantian Pahat Mesin Bubut pada Pembuatan *Crank Shaft* Sepeda Motor

Ari Setiawan[#1], Sanjaya Martadinata[#2]

[#]*Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Harapan Bangsa*
Jl. Dipatiukur No. 80-84 Bandung, Indonesia

[1]ari_setiawan@ithb.ac.id

[2]sanjayamartadinata@gmail.com

Abstract— ***The research process is to make the schedule of the cutting tools replacement that fit the MTTF by using weibull distribution and determine the number of stock cutting tools in a month. The research phase is done in turning machine's crank shaft by using secondary data, where operators on turning machines fill out a form about the replacement new cutting tools time and cutting tools rotate side. Data processing is done by determining the distribution of data using Minitab software 17, calculate the mean time to failure (MTTF) and the amount of stock that must be provided by the company for one month on the turning machine's crank shaft. Results of the research is a weibull distribution's pattern for the fourth cutting tools and obtained MTTF for each cutting tools, namely turning face and notching's cutting tools is in the amount of 240 parts, and grooving and finish grooving's cutting tools is in the amount of 957 parts. So, the amount of stock that must be provided division of M/C crank shaft for turning face cutting tools is 38 pieces, notching's cutting tools is 36 pieces, grooving's cutting tools is 29 pieces, and finish grooving's cutting tools is 17 pieces.***

Keywords*— *cutting tools replacement, MTTF, cutting tools inventory, crank shaft

Abstrak*— Suatu sistem produksi yang efektif dan efisien merupakan keharusan yang dimiliki oleh para pelaku bisnis. Kompetisi tersebut menuntut perusahaan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Perusahaan melakukan produksi selama 24 jam. Proses penelitian ini dilakukan untuk membuat pola penggantian pahat sesuai *mean time to failure* (MTTF) dengan distribusi Weibull dan menentukan jumlah stok pahat selama satu bulan. Tahap penelitian dilakukan pada mesin bubut *crank shaft* dengan menggunakan data sekunder, di mana operator pada mesin bubut mengisi suatu *form* kapan operator mengganti pahat baru dan memutar sisi pahat. Pengolahan data dilakukan dengan menentukan distribusi data menggunakan *software* Minitab 17.1, menghitung *mean time to failure* (MTTF) dan menghitung jumlah stok yang harus disediakan oleh perusahaan selama satu bulan pada mesin bubut *crank shaft*. Jadwal penggantian pahat pada mesin bubut *crank shaft* kiri menggunakan solusi alternatif kedua, di mana pahat *turning face* dan *notching* diganti setelah memproses 240 *part*, untuk pahat *grooving* dan *finish grooving* diganti setelah memproses 957 *part*. Dengan demikian, pahat *grooving* dan *finish grooving* akan diganti atau diputar ketika pahat *turning face* dan *notching* melakukan *set-up* yang keempat. Persediaan pahat yang harus disediakan perusahaan selama satu bulan pada mesin *turning* adalah 38 buah untuk pahat *turning face*, 36 buah pahat *notching*, 29 buah untuk pahat *grooving*, dan 17 buah untuk pahat *finish grooving*.

Kata Kunci*— penggantian pahat, MTTF, persediaan pahat, *crank shaft*.

I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan mesin menjadi suatu hal yang penting untuk dilakukan agar proses produksi dapat dilakukan dengan lancar. Pada sistem produksi sepeda motor terdapat beberapa pekerjaan permesinan, salah satunya yaitu memproduksi *crank shaft* yang merupakan bagian penggerak dari sepeda motor atau biasa disebut dengan poros engkol. Pada sepeda motor jenis *matic*, *crank shaft* bagan kiri dan kanan memiliki fungsi yang berbeda. Pada kendaraan *matic*, bagian kanan berfungsi sebagai menggerakkan magnet dan dinamo untuk menghasilkan listrik. Pada kendaraan manual, bagian kanan tersebut berfungsi menggerakan kopling agar kendaraan dapat di posisi netral. Bagian kiri pada kendaraan *matic* berfungsi untuk penggerak roda belakang yang dihubungkan dengan menggunakan *van belt* biasa dikenal dengan CVT (*Continuously Variable Transmission*). Pada kendaraan manual, bagian kiri ini berfungsi untuk menggerakan magnet dan dinamo untuk menghasilkan listrik.

Saat ini operator mengganti pahat lebih cepat dari standar yang diberikan oleh perusahaan. Hal ini berdampak kepada persediaan pahat yang menjadi lebih banyak Produksi *cranks shaft* pun tidak dapat mencapai target karena operator yang sering melakukan *set up*. Keterlambatan produksi juga disebabkan karena operator harus mengambil persediaan pahat ke bagian *procurement* yang tentunya membutuhkan waktu yang lebih lama. Dari kedua permasalahan yang ada tersebut, maka perusahaan dapat mengalami kerugian karena keterlambatan produksi [1]. Untuk itu, perusahaan perlu memperbaiki standar waktu pengganti pahat. Penelitian ini membuat jadwal penggantian pahat dengan standar perusahaan yang baru dan menghitung stok pahat yang akan digunakan pada mesin bubut selama satu bulan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Kajian Teoritis

1) *Mean Time to Failure* (MTTF)

MTTF merupakan rataan nilai waktu kejadian rusak pada mesin. Fungsi matematis MTTF:

$$\text{MTTF} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \text{TTF}}{n} \quad (1)$$

TTF adalah jumlah akumulatif waktu operasional mesin setelah perbaikan hingga mengalami kerusakan dan *n* adalah jumlah frekuensi *TTF* [2].

2) Distribusi Weibull

Sering digunakan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi Weibull mempunyai sifat tertentu ataupun ekivalen dengan distribusi tertentu. Parameter pada distribusi Weibull adalah parameter skala, parameter bentuk, dan parameter lokasi.

Keandalan suatu sistem sering dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan masa pakai sistem tersebut, sering disebut sebagai rata-rata waktu kerusakan (MTTF). Rata-rata waktu kerusakan (MTTF) hanya digunakan pada komponen atau peralatan yang sekali mengalami kerusakan harus diganti dengan komponen atau peralatan yang masih baru dan baik. Rata-rata kerusakan (MTTF) dengan menggunakan distribusi Weibull dirumuskan pada persamaan:

$$MTTF = \theta\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{N} - \beta\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{N\sum_{i=1}^{N} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{N} X_i \sum_{i=1}^{N} Y_i}{N\sum_{i=1}^{N} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} X_i\right)^2} \quad (4)$$

$$Y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right) \quad (5)$$

$$F(T_i) = \frac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4} \quad (6)$$

Beta (β) adalah parameter bentuk (*shape*) yang menggambarkan bentuk distribusi pada distribusi Weibull, sedangkan tetha, (θ) adalah parameter skala (*scale parameter*) yang menggambarkan sebaran data pada distribusi Weibull, Γ adalah fungsi gamma, *i* adalah indeks posisi data, *n* adalah banyak data, dan *N* adalah jumlah data.

Pada persamaan 3, α digunakan untuk menghitung sebaran data pada distribusi Weibull. Pada persamaan 4, β digunakan untuk mendapakan bentuk dari distribusi Weibull. T_i adalah hasil pengamatan waktu kerusakan pada mesin. X_i didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$(X_i) = \ln t_i \quad (7)$$

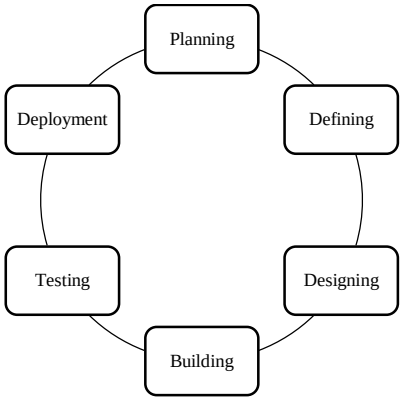
sedangkan Y_i didapatkan pada persamaan 5. $F(t_i)$ didapatkan dengan menghitung persamaan 6.

3) Metodologi Software Development Life Cycle

Penjadwalan penggantian pahat mesin turning ini akan diterapkan menjadi aplikasi perangkat lunak sehingga proses dan hasil penjadwalan bisa dilihat langsung oleh pengguna secara real-time. Metodologi yang digunakan untuk pengembangan perangkat lunak ini menggunakan *software development life cycle* (SDLC). Tahapan dalam SDLC dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, metodologi SDLC terbagi menjadi enam tahapan, yaitu:

a. *Planning and Requirement Analysis* (analisis perencanaan dan kebutuhan) merupakan tahapan paling penting dan mendasar dalam SLDC. Pengumpulan informasi dari *stakeholder* harus dilakukan untuk merencanakan pendekatan proyek, melakukan studi kelayakan produk di bidang ekonomi, operasional dan teknis, serta merencanakan persyaratan penjaminan mutu dan identifikasi risiko terkait proyek. Hasil dari studi kelayakan teknis adalah untuk menentukan berbagai pendekatan teknis yang dapat diikuti untuk mengimplementasikan proyek dengan risiko yang minimum.
b. *Defining Requirements* (mendefinisikan persyaratan) merupakan tahapan untuk mendefinisikan dan mendokumentasikan persyaratan produk, yang harus disetujui oleh konsumen atau para analisis pasar. Hal tersebut dilakukan melalui dokumen SRS (*Software Requirement Specification*) yang berisi semua persyara tan produk yang akan dirancang dan dikembangkan selama silkus hidup proyek
c. *Designing the Product Architecture* (merancang arsitektur produk) merupakan tahapan desain oleh para arsitektur produk untuk mendapatkan arsitektur terbaik yang dapat dikembangkan berdasarkan referensi dari SRS. Biasanya terdapat lebih dari satu pendekatan desain



Gambar 1. Tahapan Metodologi SDLC [3]

arsitektur yang diusulkan dan didokumentasikan dalam DDS (*Design Document Specification*). *Stakeholder* akan meninjau DDS dan memilih pendekatan desain terbaik untuk produk berdasarkan beberapa parameter, seperti penilaian risiko, ketahanan produk, modularitas desain, serta batasan anggaran dan waktu. Desain internal semua modul arsitektur yang diusulkan harus didefinisikan secara jelas dengan rincian terkecil di DDS.

d. *Building or Developing the Product* (membangun dan mengembangkan produk) merupakan tahapan pengembangan yang aktual dari SLDC dimulai, yaitu dengan membangun produk. Kode pemrograman dihasilkan dari setiap DDS. Oleh karena itu, untuk menghindari banyak kesalahan, maka desain dalam DDS harus lengkap dan teratur.
e. *Testing the Product* (pengujian produk) merupakan tahapan pengujian produk yang dimulai saat produk cacat dilaporkan, dilacak, diperbaiki dan diuji ulang, sampai mencapai standar kualitas yang ditetapkan dalam SRS.
f. *Deployment in the Market and Maintenance* (penyebaran di pasar dan pemeliharaan) merupakan tahapan di mana produk ditawarkan secara umum di pasar yang sesuai. Terkadang penyebaran produk dilakukan secara bertahap sesuai strategi bisnis suatu perusahaan. Produk pertama dapat ditawarkan di segmen terbatas dan diuji di lingkungan bisnis yang sebenarnya (*User Acceptance Testing*).

B. Identifikasi, Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Mempelajari dan memahami permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Perumusan masalah disusun dengan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang menjadi acuan utama penelitian ini. Tujuan penelitian disusun dengan pernyataan-pernyataan yang harus dijawab dari perumusan masalah yang ada.

C. Studi Lapangan

Pada tahap studi lapangan ini, diperoleh beberapa kondisi aktual yang terjadi di perusahaan mengenai bagaimana sistem penjadwalan yang menjadi fokus utama penelitian ini, dikerjakan.

D. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini, diperoleh berbagai teori yang terkait dengan manajemen perawatan. Literatur yang akan dikaji pada penelitian ini adalah literatur yang berkaitan dengan konsep, serta definisi manajemen perawatan, khususnya mengenai penjadwalan.

E. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini terdapat empat jenis pahat yang akan diamati yaitu Pahat *Turning Face*, pahat *Notching*, Pahat *Grooving* dan Pahat *Finishing*.

Pengolahan data dilakukan melalui tiga tahap, yaitu dimulai dengan perhitungan MTTF untuk masing-masing *part*, uji distribusi data kerusakan dengan Minitab 17.1, penentuan jumlah persediaan pahat.

1) Pahat Turning Face

Interval waktu kerusakan diukur dengan banyaknya *part* yang sudah diproses disajikan pada Tabel I yang merupakan jumlah *part* yang dihasilkan untuk satu sisi pahat *Turning Face*.

Data kerusakan untuk kelima *part* kritis akan diuji menggunakan *Minitab*. Pengujian ini untuk menentukan pola distribusi kerusakan yang cocok untuk masing-masing *part* kritis. Ada empat distribusi kerusakan yang diujikan, yaitu distribusi eksponensial, Weibull, normal dan lognormal. Pada pengujian ini ditetapkan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat kesalahan 5%, dengan pengambilan keputusan seperti berikut:

- Jika P *value* > 0,05 maka distribusi diterima.
- Jika P *value* < 0,05 maka distribusi tidak diterima.

Pola distribusi kerusakan pahat diuji oleh *software* Minitab 17.1. Data yang diolah oleh Minitab 17.1 adalah data waktu antar kerusakan, ditunjukkan pada Gambar 2.

T_i adalah interval waktu kerusakan yang dikonversi kesatuan jam dengan dikalikan 24 jam. Data waktu antar keru-

TABEL I

JUMLAH PART YANG DIHASILKAN UNTUK SATU SISI PAHAT *TURNING FACE*

Turning face						
	Cutting tools ke-n (part)					
No Pahat	1	2	3	4	5	6
1	259	222	258	229	245	249
2	252	263	250	256	253	254
3	233	254	229	257	229	250
4	228	245	264	267	224	262
5	255	252	244	231	246	255
6	224	242	254	267	240	227
7	238	246	227	252	231	242
8	264	231	240	268	227	261
9	269	248	237	229	245	259
10	264	248	267	252	269	245

Distribution Identification for C1

Distribution ID Plot for C1

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
60	0	247.133	13.6772	248.5	222	269	-0.188174	-1.07190

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P
Normal	0.823	0.032
Exponential	24.611	<0.003
Weibull	0.645	0.090
Lognormal	0.924	0.018

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	247.13333		13.67723	
Exponential			247.13333	
Weibull		21.11703	253.45892	
Lognormal*	5.50841		0.05575	

* Scale: Adjusted ML estimate

Gambar 2 Hasil uji goodness of fit pahat *turning face*

sakan tersebut diolah dengan bantuan *software Minitab* 17.1 untuk diuji jenis distribusi yang sesuai.

Pada hasil uji *goodness of fit* pahat *turning face* pada Gambar 2, distribusi yang memiliki *P value* di atas 0,05 adalah ditribusi Weibull. Distribusi Weibull dapat digunakan sebagai pola distribusi penggantian pahat *turning face* dengan *P value* sebesar 0,090. Parameter skala (θ) dan bentuk (β) pada distribusi Weibull, yaitu sebesar 21,11703 dan 253,45892, berturut-turut.

a. MTTF Penggantian Pahat *Turning Face*

Penggantian pahat *turning face* berdistribusi *Weibull* dan memiliki nilai parameter bentuk (β) dan skala (θ) sebesar 21,11703 dan 253,45892, berturut-turut. MTTF untuk pahat *turning face*-nya adalah:

$$\text{MTTF} = \theta \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)$$
$$= 253,45892 \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{21,11703}\right)$$
$$= 253,45892 \cdot \Gamma(1,05)$$
$$= 253,45892 \cdot 0,97359$$
$$= 246,7422586 \approx 246 \; parts$$

b. Jumlah Persediaan Pahat *Turning Face*

Pahat *turning face* berdistribusi kerusakan *Weibull* dan mempunyai MTTF sebesar 246 *part*. Artinya, pahat *turning face* harus diputar ke sisi yang lain setelah menyelesaikan 246 *part* sekali. Pahat *turning face* memiliki enam sisi, sehingga satu buah pahat *turning face* dapat digunakan untuk membuat 1476 *parts*. Jadi, jumlah pahat *turning face* yang harus disediakan dalam satu bulan adalah:

- Jumlah *part* yang diproduksi = 2200/hari.
- Jumlah *part* yang diproduksi selama satu bulan = 2200 x 20 hari = 44000 *parts*/bulan (asumsi 1 bulan 20 hari kerja).
- Jumlah *safety stock*:
  $\frac{\text{standar deviasi}}{2} = \frac{13,6772}{2} = 6,3836$ pahat
- Jumlah *tools* yang harus disediakan dalam satu bulan:
  $\frac{44000 \; part}{1476 \; part} + safety\; stock = 29,81 + 6,8386$
  $= 36,6486 \approx 37$ pahat

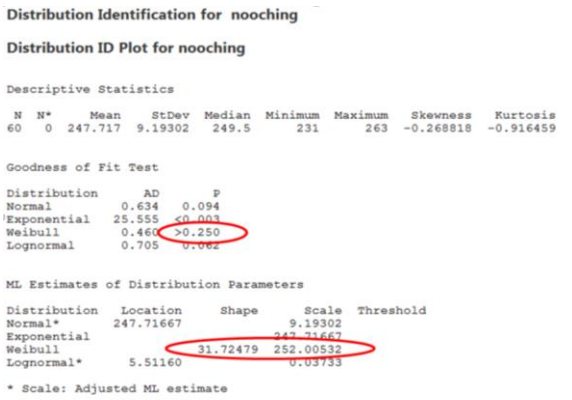
2) *Pahat Notching*

Jumlah *part* yang dihasilkan untuk satu sisi pahat *Notching* menunjukkan umur pahat, dapat dilihat pada Tabel II. Kemudian pola distribusi kerusakan pahat diuji dengan bantuan *Minitab* untuk menghasilkan data waktu antar kerusakan, yang ditunjukkan pada Gambar 3.

TABEL II

JUMLAH *PART* YANG DIHASILKAN UNTUK SATU SISI PAHAT *NOTCCHING*

Notching						
	Cutting tools ke-n (part)					
No Pahat	1	2	3	4	5	6
1	251	241	233	237	250	251
2	237	234	232	243	255	251
3	248	252	247	239	249	239
4	252	250	238	261	259	257
5	256	246	231	262	232	252
6	255	251	243	245	242	231
7	244	246	246	239	252	250
8	261	255	232	254	261	259
9	232	256	253	258	249	263
10	242	245	259	253	261	241



Gambar 3 Hasil uji goodness of fit pahat turning face

Pada Gambar 3, distribusi yang memiliki nilai *P value* di atas 0,05 adalah normal, Weibull, dan lognormal. Ketiga distribusi dapat digunakan untuk dijadikan sebagai pola distribusi penggantian pahat *notching*. Pola distribusi penggantian pahat *notching* yang dipilih adalah distribusi Weibull dengan *P value* sebesar > 0,250. Parameter skala (θ) dan bentuk (β) pada distribusi Weibull, yaitu sebesar 31,72479 dan 252,00532, berturut-turut.

a. MTTF Penggantian Pahat *Notching*

Penggantian pahat *notching* berdistribusi *Weibull* dan memiliki nilai parameter bentuk (β) dan skala (θ) sebesar 31,72479 dan 252,00532, berturut-turut. MTTF untuk pahat *notching* adalah:

$$\text{MTTF} = \theta \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)$$
$$= 252,00532 \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{31,72479}\right)$$
$$= 252,00532 \cdot \Gamma(1,03)$$
$$= 252,00532 \cdot 0,98355$$
$$= 247,86 \approx 247 \; parts$$

b. Jumlah Stok Pahat *Notching*

Pahat *notching* berdistribusi kerusakan *Weibull* dan mempunyai MTTF sebesar 247 *part*, yang artinya pahat *notching* harus diputar ke sisi yang lain setelah menyelesaikan 247 *part* sekali. Pahat *notching* memiliki enam sisi sehingga satu buah pahat *notching* dapat digunakan untuk memproduksi 1482 parts. Tetapi untuk mengurangi waktu *set up* pahat *notching* disarankan diganti bersamaan dengan pahat *notching* yaitu pada 246 *part*, supaya operator tidak harus mengganti pahat pada waktu berdekatan dan mengurangi waktu *set up*. Jumlah pahat *turning face* yang harus disediakan dalam satu bulan adalah:

- Jumlah *part* yang diproduksi = 2200/hari
- Jumlah *part* yang diproduksi selama satu bulan = 2200 x 20 hari = 44000 *parts*/bulan (asumsi 1 bulan 20 hari kerja).
- Jumlah *safety stock*:
  $\frac{\text{standar deviasi}}{2} = \frac{9{,}19302}{2} = 4{,}59651$ pahat
- Jumlah *tools* yang harus disediakan dalam satu bulan:
  $\frac{44000\ part}{1476\ part} + safety\ stock = 29{,}81 + 4{,}59651$
  $= 34{,}40651 \approx 35$ pahat

3) Pahat Grooving

Jumlah *part* yang dihasilkan untuk satu sisi pahat *Grooving* menunjukkan umur pahat, dapat dilihat pada Tabel III. Kemudian pola distribusi kerusakan pahat diuji dengan bantuan *Minitab* untuk menghasilkan data waktu antar kerusakan, yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4, yang memiliki nilai *P value* di atas 0,05, yaitu distribusi Weibull. Distribusi yang digunakan untuk dijadikan sebagai pola distribusi penggantian pahat *grooving* adalah distribusi Weibull dengan *P value* sebesar 0,070. Parameter skala (θ) dan bentuk (β) pada distribusi Weibull, yaitu sebesar 99,74130 dan 1008,60511, berturut-turut.

TABEL III

JUMLAH *PART* YANG DIHASILKAN UNTUK SATU SISI PAHAT *GROOVING*

Grooving					
	Cutting tools ke-n (part)			Cutting tools ke-n (part)	
No Pahat	1	2	No Pahat	1	2
1	993	999	16	984	1,003
2	1,004	1,006	17	1,001	998
3	1,004	1,007	18	1,020	1,003
4	1,014	995	19	1,015	1,020
5	994	1,007	20	988	980
6	1,009	1,008	21	1,000	1,005
7	1,013	982	22	980	1,007
8	990	1,011	23	1,000	1,010
9	980	1,016	24	1,017	988
10	1,019	998	25	1,019	1,000
11	1,012	1,017	26	1,012	982
12	991	1,013	27	1,020	1,015
13	1,016	984	28	994	1,015
14	1,006	992	29	1,009	994
15	991	1,020	30	1,016	984

a. MTTF Penggantian Pahat *Grooving*

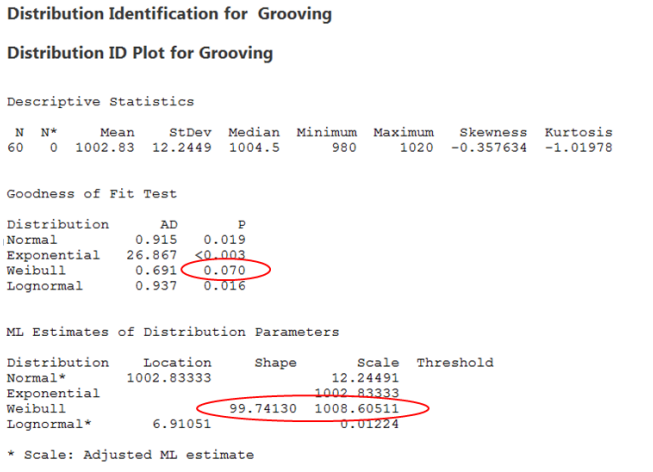
Penggantian pahat *grooving* berdistribusi *Weibull* dan memiliki nilai parameter bentuk (β) dan skala (θ) sebesar 99,74130 dan 1008,60511, sehingga MTTF untuk pahat *grooving* adalah:

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$
$$= 1008{,}60511 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{99{,}74130}\right)$$
$$= 1008{,}60511 \cdot \Gamma(1{,}01)$$
$$= 1008{,}60511 \cdot 0{,}99433$$
$$= 1002{,}886319 \approx 1002\ parts$$

b. Jumlah Persediaan Pahat *Grooving*

Pahat *grooving* berdistribusi kerusakan *Weibull* dan mempunyai MTTF sebesar 1002 *parts*. Artinya pahat *grooving* harus diputar ke sisi yang lain setelah menyelesaikan 1002 *part* sekali. Pahat *grooving* memiliki dua sisi, sehingga satu buah pahat *grooving* dapat digunakan untuk memproduksi 2004 parts. Jadi, jumlah pahat *grooving* yang harus disediakan dalam satu bulan adalah:

- Jumlah *part* yang diproduksi = 2200/hari
- Jumlah *part* yang diproduksi selama satu bulan = 2200 x 20 hari = 44000 *parts*/bulan (asumsi 1 bulan 20 hari kerja).
- Jumlah *safety stock*:
  $\frac{\text{standar deviasi}}{2} = \frac{12{,}2449}{2} = 6{,}12245$ pahat
- Jumlah *tools* yang harus disediakan dalam satu bulan:
  $\frac{44000\ part}{1476\ part} + safety\ stock = 21{,}95 + 6{,}1245$
  $= 28{,}07245 \approx 29$ pahat



Gambar 4 Hasil uji goodness of fit pahat grooving

4) Pahat Finishing

Jumlah *part* yang dihasilkan untuk satu sisi pahat *Finishing* menunjukkan umur pahat pada proses *finishing*, dapat dilihat pada Tabel IV. Kemudian pola distribusi kerusakan pahat diuji dengan bantuan *Minitab* untuk menghasilkan data waktu antar kerusakan, yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 ditunjukkan distribusi yang memiliki nilai *P value* di atas 0,05, yaitu distribusi Weibull. Distribusi yang digunakan untuk dijadikan sebagai pola distribusi penggantian pahat *finishing* adalah distribusi Weibull dengan *P value* sebesar 0,070. Parameter skala (θ) dan bentuk (β) pada distribusi Weibull, yaitu sebesar 115,44673 dan 957,54266, berturut-turut.

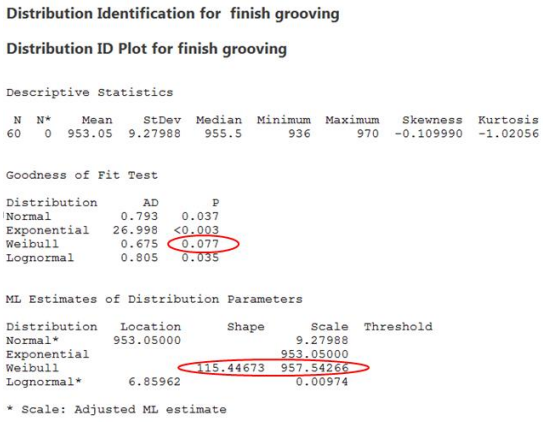
a. MTTF Penggantian Pahat *Finishing*

Penggantian pahat *finishing* berdistribusi Weibull dan memiliki nilai parameter bentuk (β) dan skala (θ) sebesar 115.44673 dan 957.54266, sehingga MTTF untuk pahat *finishing* adalah:

TABEL IV

JUMLAH *PART* YANG DIHASILKAN UNTUK SATU SISI PAHAT *FINISHING*

	Finish Grooving			
	Cutting tools ke-n (part)			
No Pahat	1	2	3	4
1	967	953	940	948
2	956	970	939	957
3	960	962	956	961
4	938	956	949	948
5	947	958	970	945
6	953	954	944	938
7	965	946	942	944
8	965	958	949	958
9	969	936	957	945
10	944	940	957	959
11	959	959	964	959
12	961	946	941	937
13	959	950	954	943
14	965	963	956	963
15	941	958	947	955



Gambar 5 Hasil uji *goodness of fit* pahat *finishing*

$$\begin{aligned}\text{MTTF} &= \theta \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)\\ &= 957,54266 \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{115,44673}\right)\\ &= 957,54266 \cdot \Gamma(1,00)\\ &= 957,54266 \cdot 1,00000\\ &= 957,54266 \approx 957 \textit{ parts}\end{aligned}$$

b. Jumlah Persediaan Pahat *Finishing*

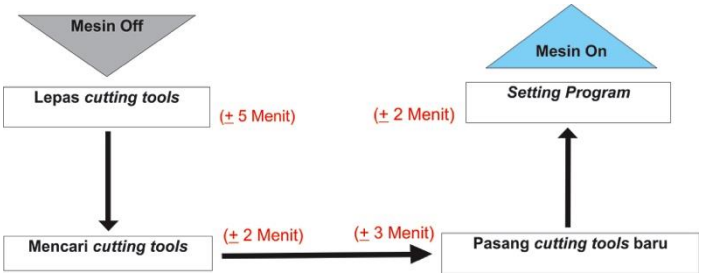
Pahat *finishing* berdistribusi kerusakan Weibull dan mempunyai MTTF sebesar 957 *part*. Artinya pahat *finishing* harus diputar ke sisi yang lain setelah menyelesaikan 957 *parts* sekali. Pahat *finishing* memiliki empat sisi sehingga satu buah pahat *finishing* dapat digunakan untuk memproduksi 3828 parts. Jadi, jumlah pahat *finishing* yang harus disediakan dalam satu bulan adalah:

- Jumlah *part* yang diproduksi = 2200/hari
- Jumlah *part* yang diproduksi selama satu bulan = 2200 x 20 hari = 44000 *part*s/bulan (asumsi 1 bulan 20 hari kerja).
- Jumlah *safety stock*:
  $\frac{\text{standar deviasi}}{2} = \frac{9,27988}{2} = 4,63994$ pahat
- Jumlah *tools* yang harus disediakan dalam satu bulan:
  $\frac{44000\ part}{1476\ part} + safety\ stock = 11,49 + 4,63994$
  $= 16,12994 \approx 17$ pahat

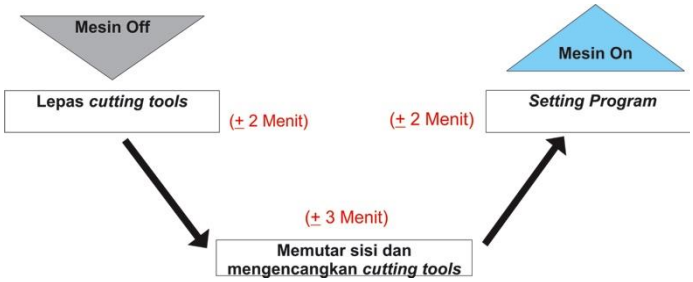
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Perbandingan Alternatif Solusi*

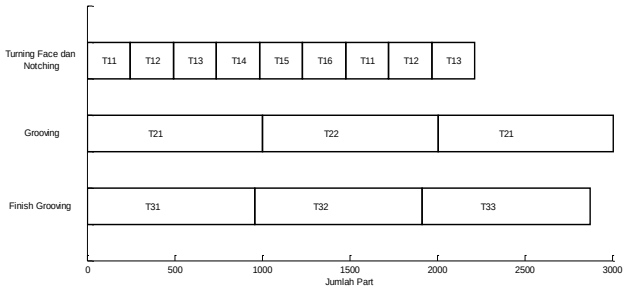
Pada mesin bubut terdapat dua waktu *set up*, yaitu penggantian pahat yang telah digunakan dengan pahat baru dan pemutaran pahat pada sisi yang baru. Pada Gambar 6 dijelaskan waktu untuk *set up* penggantian pahat baru dan pada Gambar 7 dijelaskan mengganti sisi pahat. Total waktu *set up* mengganti pahat baru adalah 12 menit dan waktu *set up* untuk memutar sisi pahat yang sudah digunakan dengan sisi pahat yang baru adalah 7 menit.



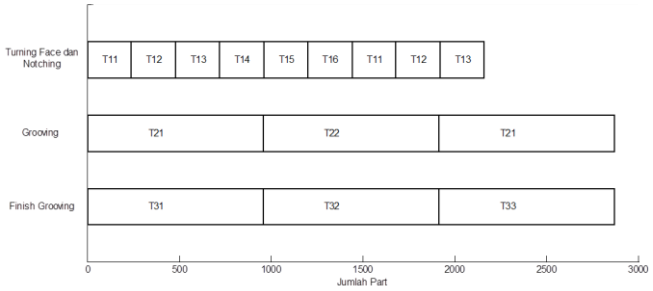
Gambar 6 *Flow process* penggantian dan *setting* pahat



Gambar 7 *Flow process* pemutaran sisi dan *setting* pahat



Gambar 8 *Schedule* penggantian pahat alternatif pertama



Gambar 9 *Schedule* penggantian pahat alternatif kedua

B. Solusi Alternatif Pertama

Pada Gambar 7 dijelaskan bahwa produksi dalam satu hari dengan tiga *shift* kerja adalah 2200 *part*, dengan beberapa kali mengganti pahat dan memutar sisi pahat sesuai MTTF yang dihitung. Pahat *turning face* dan *notching* akan diganti pada 246 *part*, sehingga pada satu hari produksi akan dilakukan *set up* sebanyak delapan kali. Untuk pahat *grooving* akan diganti pada 1002 *part*, sehingga pada satu hari produksi akan dilakukan *set up* sebanyak dua kali. Terakhir, pahat *finishing* akan diganti pada 957 *part*, sehingga pada satu hari produksi akan dilakukan *set up* sebanyak dua kali.

Kelebihan dari alternatif pertama ini adalah setiap pahat digunakan secara maksimal sampai mencapai MTTF setiap pahat. Adapun kekurangan dari alternatif pertama ini adalah waktu *set up* mesin menjadi lebih lama. Hal ini karena dalam sehari produksi pada mesin bubut harus melakukan *set up* sebanyak 12 kali, yaitu dua kali dilakukan penggantian pahat baru dan 10 kali dilakukan pemutaran sisi pahat. Waktu total *set up* untuk alternatif pertama ini adalah:

- *Set up* penggantian = jumlah *set up* × waktu *set up*
  = 2 kali x 12 menit
  = 24 menit/hari
- *Set up* memutar sisi = jumlah *set up* × waktu *set up*
  = 10 kali x 7 menit
  = 70 menit/hari
- Total *set up* = *set up* penggantian + *set up* memutar sisi
  = 24 menit + 70 menit
  = 94 menit/hari

C. Solusi Alternatif 2

Pada alternatif kedua ini, waktu *set up* pada mesin bubut akan dikurangi, tetapi berdampak pada pahat yang akan diganti sebelum mencapai MTTF perhitungan. Akibat hal ini, perusahaan akan lebih banyak mengganti pahat. Pada Gambar 8 dijelaskan bahwa MTTF pahat *turning face* dan *notching* akan lebih cepat 240 *part*, sehingga sekali penggantian akan mengganti keempat pahat. Untuk MTTF pahat *grooving* akan menjadi 957 *part*. Waktu penggantian alternatif kedua dapat dilihat pada Gambar 9.

Kelebihan dari alternatif kedua ini adalah banyak waktu *set up* akan berkurang, sehingga waktu produksi tidak terganggu. Biasanya dalam sehari produksi pada mesin bubut melakukan *set up* sebanyak 12 kali, maka akan berkurang menjadi 8 kali. Dua kali dilakukan penggantian pahat baru dan enam kali memutar sisi pahat. Adapun kekurangan dari alternatif kedua ini adalah pahat yang digunakan akan lebih banyak karena MTTF pahat yang dikurangkan jauh dari MTTF aslinya. Pahat *turning face* dan *notching* yang dibutuhkan dari 30 pahat naik menjadi 31 pahat dalam satu bulan. Pahat *grooving* yang dibutuhkan dalam satu bulan 22 pahat naik menjadi 23 pahat. Waktu total *set up* untuk alternatif kedua adalah:

- *Set up* penggantian = jumlah *set up* × waktu *set up*
  = 2 kali x 12 menit
  = 24 menit/hari
- *Set up* memutar sisi = jumlah *set up* × waktu *set up*
  = 6 kali x 7 menit
  = 42 menit/hari
- Total *set up* = *set up* penggantian + *set up* memutar sisi
  = 24 menit + 42 menit
  = 66 menit/hari

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif yang dijelaskan sebelumnya, maka solusi terbaik yang disarankan untuk perusahaan adalah solusi alternatif kedua. Hal tersebut dikarenakan pada alternatif kedua, perusahaan dapat mengurangi waktu *set up* selama 28 menit/hari dibandingkan dengan alternatif pertama. Kerugian yang diterima perusahaan lebih kecil dibandingkan alternatif pertama, dimana perusahaan hanya menambah jumlah pahat untuk memproduksi selama satu bulan pada mesin bubut sebanyak 3 buah pahat dan perusahaan dapat memproduksi *part* lebih banyak 400 *part crank shaft* per bulan daripada alternatif pertama.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya serta hasil pengolahan data dan analisis, maka ditarik beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. Jadwal penggantian pahat pada mesin bubut *crank shaft* kiri menggunakan solusi alternatif kedua karena perusahaan dapat memproduksi 400 *crank shaft* lebih banyak perbulannya, dimana pahat *turning face* dan *notching* diganti setelah memproses 240 *part*, untuk pahat *grooving* dan *finishing* diganti setelah memproses 957 *part*. Dengan demikian, pahat *grooving* dan *finishing* akan diganti atau diputar ketika pahat *turning face* dan *notching* melakukan *set up* yang keempat.
2. Persediaan pahat yang harus disediakan perusahaan selama satu bulan pada mesin bubut adalah 38 buah untuk pahat *turning face*, 36 buah pahat *notching*, 29 buah untuk pahat *grooving*, 17 buah untuk pahat *finish grooving*.

DAFTAR REFERENSI

[1] S. Martadinata. "Analisis Penyebab Bottleneck Pada Poses Produksi Crank Shaft Beat Pop K61 PT Astra Honda Motor". Laporan Kerja Praktek, Institut Teknologi Harapan Bangsa, 2015.

[2] C. Ebeling. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill, 1997.

[3] SDLC on Tutorial [Online]. Available (2017): https://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_overview.htm

Ari Setiawan, dilahirkan di Bandung, tahun 1966, telah menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Industri-ITB tahun 1989 dan selesai melanjutkan S2 Teknik-Manajemen Industri ITB pada tahun 1997, kemudian menyelesaikan S3 Teknik-Manajemen Industri ITB tahun 2017. Saat ini berprofesi sebagai Dosen Teknik Industri di Institut Teknologi Harapan Bangsa (ITHB). Bidang yang diminati: Sistem Manufaktur, Fleksible Manufacturing System (FMS), Industry 4.0

Sanjaya Martadinata, dilahirkan di Bandung tahun 1993 telah menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Industri Institut Teknologi Harapan Bangsa (ITHB) tahun 2016. Bidang yang diminati: Sistem Manufaktur, Proses Produksi, Sepeda Motor.