

Analisa Dan Perancangan *Cylinder Block* Mesin *Compressor*

Tipe SDP 07-25 $\frac{3}{4}$ HP 25L

Ricky Fernandez¹, Menhendry², Yuliarman³
^{1,2,3}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang
Menhendry@pnp.ac.id², Yuliarman@pnp.ac.id³

Abstract

A compressor is a mechanical device used to increase fluid pressure, both gas and air pressure. The most used compressors are SDP 07-25 $\frac{3}{4}$ HP 25L compressors. Then *Cylinder Block* is a component inside the compressor that functions as the place where the piston and ring work to take place to do the work process, suction, compression and exhaust. The emergence of the idea of the process of reproducing *Cylinder Block* is so that an organization or company is able to produce independently of the *Cylinder Block* and to minimize costs in the production process. The most basic thing that is done for this process of reproduction / reverse engineering is by doing Machining techniques. Machining technique is the production process of a component in an easy way.

Keywords: Compressor, *Cylinder block*, *reverse engineering*, *Machining*

Abstrak

Kompresor adalah sebuah alat mekanik yang digunakan untuk menaikkan tekanan fluida, baik itu tekanan gas maupun udara. Kompresor yang paling banyak digunakan yaitu kompresor berjenis SDP 07- 25 $\frac{3}{4}$ HP 25L. Kemudian *Cylinder Block* adalah komponen yang berada didalam kompresor yang fungsinya sebagai tempat berlangsungnya proses kerja piston dan ring untuk melakukan proses kerja, isap, kompresi dan buang. Munculnya ide tentang proses memproduksi ulang *Cylinder Block* ini yaitu supaya suatu organisasi atau perusahaan mampu produksi secara mandiri dari *Cylinder Block* dan untuk meminimalkan biaya dalam proses produksi. Hal paling dasar yang dilakukan untuk proses produksi ulang/ *reverse engineering* ini yaitu dengan cara melakukan teknik *Machining*. Teknik *Machining* merupakan proses produksi suatu komponen dengan cara yang mudah.

Kata Kunci : kompresor, *Cylinder block*, *reverse engineering*, *Machining*.

1. Pendahuluan

Reverse engineering dapat didefinisikan sebagai aktifitas dalam mempelajari cara kerja, ide-ide, teknologi dan analisa dalam mengembangkan suatu produk[1]. Analisa yang dilakukan yaitu mengidentifikasi komponen yang berkaitan dengan komponen yang lainnya, seperti *design* komponen, analisa struktur, fungsi serta modifikasi pada komponen. Dalam pelaksanaan dan pembuatan laporan tugas akhir ini penulis mengambil objek kajian kompresor udara Tipe 07 – 25 $\frac{3}{4}$ HP L[2].

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas dan mengisap udara dari atmosfer bertekanan lebih tinggi (1 atm). Namun ada pula kompresor yang

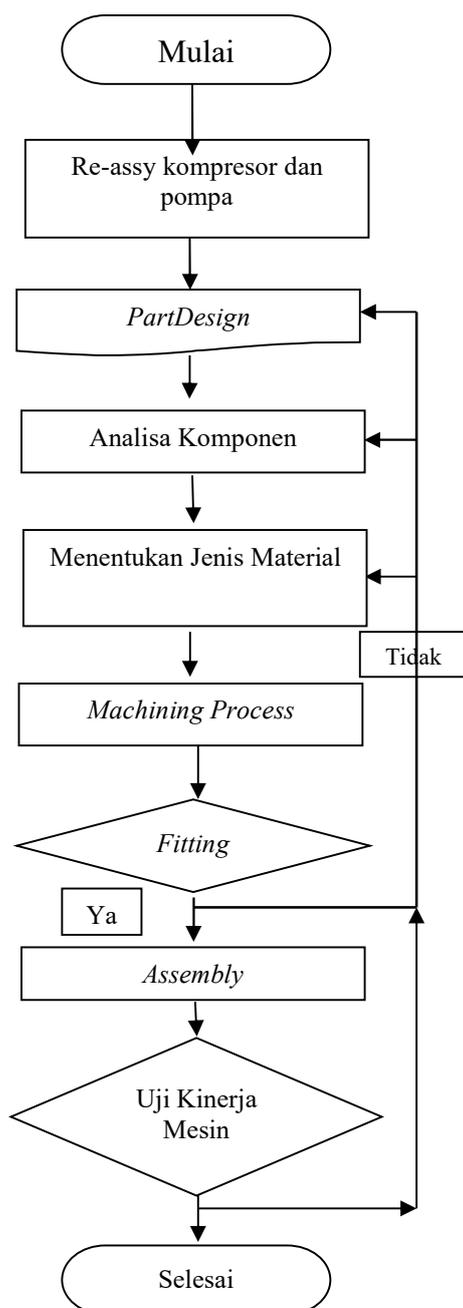
mengisap gas bertekanan lebih rendah dari pada tekanan atmosfer yaitu pompa vakum. Penggunaan kompresor sangat penting, baik sebagai penghasil udara mampat atau sebagai satu kesatuan dari mesin-mesin. Kompresor banyak dipakai untuk mesin pneumatik, sedangkan yang menjadi satu dengan mesin yaitu turbin gas, mesin pendingin dan lain-lain. Maka *reverse engineering* pada kompresor ini perlu dilakukan untuk pengembangan agar dapat bekerja lebih baik.

Penelitian ini membahas tentang *Air Compressor Type 07-25 $\frac{3}{4}$ HP L* sebagai objek kajian khususnya pada part *Cylinder Block*. Tujuan yang hendak dicapai adalah mengetahui proses perancangan produk *Cylinder Block Air Compressor Type 07-25 $\frac{3}{4}$ HP L*;

mengetahui proses kompresi dan perpindahan panas yang terjadi pada *Air Compressor Type 07-25 3/4 HP L*; mengetahui proses *machining* dalam pembuatan *cylinder block* pada *Air Compressor Type 07-25 3/4 HP L*

2. Metode Penelitian

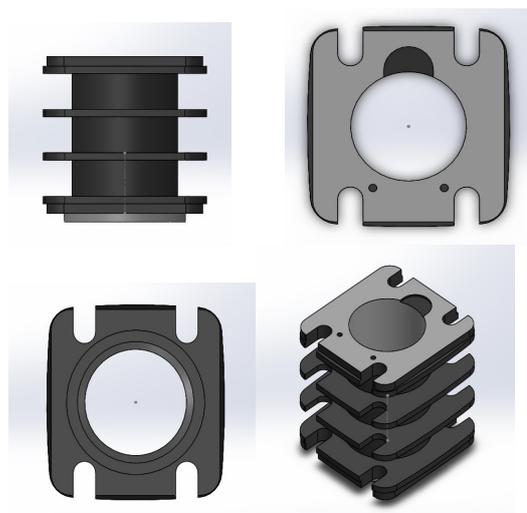
Pelaksanaan penelitian dilakukan di Bengkel Teknologi Mekanik Politeknik Negeri Padang. Langkah yang dilakukan dalam proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1



Gambar 1. Alur Penelitian

3. Pembahasan

Perancangan *Cylinder Block Compressor Type 07-25 3/4 HP 25 L*, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Cylinder Block

Proses perhitungan perubahan tekanan pada *Cylinder Block*

Perencanaan Silinder

- Tinggi Silinder : 68 mm
- Diameter dalam silinder, D_{is} : 42 mm
- Diameter luar silinder, D_{os} : 49 mm
- Jari-jari dalam silinder, R_{is} : $42/2 = 21$ mm
- Jari-jari luar silinder, R_{os} : $49/2 = 24,5$ mm

Dari data di atas, maka dapat ketebalan silinder :

$$ts = \frac{D_{os} - D_{is}}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$ts = \frac{49 - 42}{2} = 3,5 \text{ mm}$$

Kekuatan tarik maksimum $\sigma_{ts \text{ max}}$ pada silinder adalah :

$$\sigma_{ts \text{ max}} = \frac{R_{os} - R_{is}}{R_{os}^2 - R_{is}^2} \times P_c \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_{ts \text{ max}} = \frac{24,5^2 - 21^2}{24,5^2 - 21^2} \times 3,5$$

$$= \frac{600,25 - 441}{159,25} \times 3,5$$

$$= \frac{159,25}{159,25} \times 3,5$$

$$= 6.53846154 \times 3,5$$

$$= 22,885 \text{ N}$$

Untuk mencari tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh *Cylinder Block*, sebagai data awal pertama – tama ditentukan tekanan kerja maksimum dari kompresor dari tekanan isapnya. Tekanan kerja maksimum diasumsikan sebesar, tekanan kompresi (P_c) dan tekanan isap = $0,8 \text{ N/mm}^2$. Kemudian dimensi dari beberapa bagian data yang telah diukur dari bagian kompresor. Data yang diperlukan sebagai data awal adalah sebagai berikut :

- Tekanan Kompresi = $P_c = 0,8 \text{ N/mm}^2$
- Tekanan Isap = $P_i = 0,8 \text{ N/mm}^2$

- Diameter Piston = $D_p = 42 \text{ mm}$
- Panjang langkah kerja (*stroke*) = $lk = 36 \text{ mm}$
- Perbandingan panas jenis udara $k = 1,4$

Dari dimensi yang telah ditetapkan seperti diatas perlu dilakukan pengujian apakah dengan dimensi tersebut kompresor mampu bekerja dengan batas-batas tekanan yang telah ditetapkan [3]. Dari data di atas, maka volume langkah kerja adalah sebesar :

$$V_s = \frac{\pi \times D_p^2}{4} \times lk \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$V_s = \frac{3,14 \times 42^2}{4} \times 36 \text{ mm}$$

$$V_s = 5,538.96 \text{ mm}^2 \times 36 \text{ mm}^2$$

$$V_s = 66410,64 \text{ mm}^3$$

Besar Volume sisa di silinder (Clearance)

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} \times lk \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 42^2}{4} \times 3,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 4846,59 \text{ mm}^3$$

Jadi dengan dimensi diatas, dapat ditentukan apakah kompresor mampu bekerja dengan tekanan sampai 0,8 N/mm² dan dengan data yang telah diketahui sebelumnya bahwa tekanan isap awal = 0,8 N/mm² . Dalam perhitungan berikut proses kompresi dan pengisapan diasumsikan sebagai proses adiabatik.

$$P_1 \cdot V_1^k = P_2 \cdot V_2^k$$

$$P_2 = P_1 \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^k \quad \dots\dots\dots(5)$$

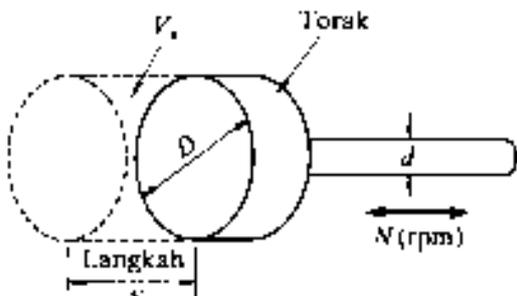
$$P_2 = 0,8 \left[\frac{71257,23}{4846,59} \right]^{1,4}$$

$$P_2 = 0,8 \times 14,70^{1,4}$$

$$P_2 = 34,46 \text{ N/mm}^2$$

Langkah Perpindahan torak

Ilustrasi perpindahan torak dapat dilihat pada Gambar 3. Jumlah volume gas yang dimampatkan permenit dapat dihitung dengan persamaan 6 dan 7



Gambar 3. Langkah Torak Tunggal

1. Langkah torak kerja tunggal
 Perpindahan torak = $V_s \times N$

$$Q_{th} = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \right) \times S \times N \text{ (m}^3/\text{min)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

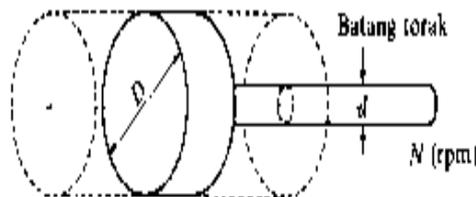
$$Q_{th} = \frac{3,14}{4} \times (42\text{mm})^2 \times 36 \text{ mm} \times 2850 \text{ rpm}$$

$$Q_{th} = 1,764 \times 3,14 \times 5538,98$$

$$Q_{th} = 10,247.076 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{th} = 102\text{m}^3/\text{min}$$

2. Langkah torak kerja ganda
 Ilustrasi langkah padatorakkerja ganda dapat dilihat pada Pambar 4.



Gambar 4. Langkah Torak Ganda

$$Q_{th} = \frac{\pi}{4} (2 \cdot D^2 - d^2) \cdot S \cdot N \text{ (m}^3/\text{min)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

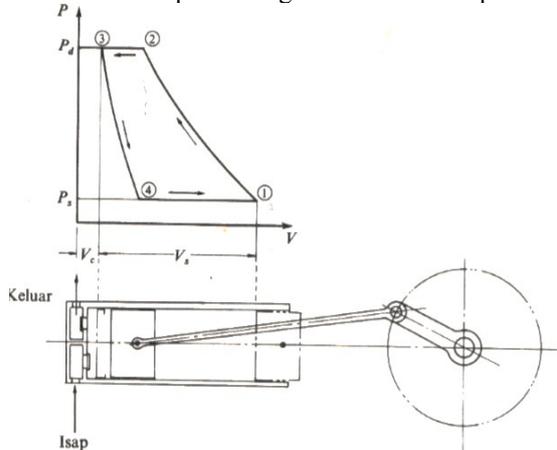
$$Q_{th} = \frac{3,14}{4} (2 \cdot 42^2 - 10^2) \times 36 \text{ mm} \times 2850 \text{ rpm}$$

$$Q_{th} = 276,094.548 \text{ mm}^2/\text{min}$$

$$Q_{th} = 276 \text{ m}^3/\text{min}$$

Efisiensi Volumetris

Gambar 5 merupakan diagram P-V dari kompresor



Gambar 5. Diagram P-V dari Kompresor

Untuk menghitung efisiensi volumetris adalah sebagai berikut ini:

$$\eta_v = \frac{Q_s}{Q_{th}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

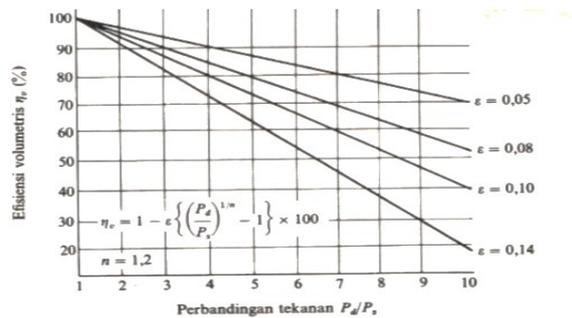
$$\eta_v = 1 - \epsilon \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \times 100$$

$$= 1 - 0,14 (5)^{\frac{1}{1,2}} - 1 \times 100$$

$$= 0.63$$

Dimana, Q_s merupakan volume gas yang dihasilkan, pada kondisi tekanan dan temperatur isap dan Q_{th}

merupakan perpindahan torak. Gambar 6 merupakan diagram efisiensi volumetris dan tekanan



Gambar 6. Efisiensi Volumetris dan Perbandingan Tekanan

Efisiensi volumetris di pengaruhi oleh :

- 1 Rancangan kompresor (seperti bentuk & ukuran silinder)
- 2 Bentuk
- 3 Ukuran
- 4 Susunan katup-katup

Jadi volume gas yang dihasilkan/perpindahan torak. Gas yang di isap dari luar lebih sedikit dari gas dihasilkan karena di ruang isap ada volume sekitar 1,4 sehingga gas di hasilkan lebih besar.

Daya Kompresor yang diperlukan

Untuk menghitung daya kompresor dengan nilai perpindahan torak = 102 m³/min, Efisiensi volumetris $\eta_v = 0,63$. Maka volume yang keluar dari kompresor atau Qs dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Q_s = \eta_v \cdot Q_{th} = (0,63) \cdot (1,02) = 1,6 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Maka daya adiabatik teoritis yang diperlukan untuk memampatkan 1 m³/min standar menjadi 7 Kg/cm³ (g) dengan 1-tingkat menurut Gambar 6 diatas adalah 4,7074 Kw. Jadi laju volume total sebesar 1,6 m³/min, akan diperlukan daya sebesar $L_{ad} = 1,6 \times 4,7074 = 7,53$ Kw. Efisiensi adiabatik ditaksir sebesar $\eta_{ad} = 7,53 \%$. Daya yang diperlukan kompresor adalah;

$$L_s = \frac{L_{ad}}{\eta_{ad}} = \frac{7,53}{0,7} = 10,75 \text{ Kw} \dots\dots\dots(9)$$

Proses Permesinan

Tahap permesinan pada *Cylinder Block Air Compressor Type 07-25 3/4 HP* adalah sebagai berikut: Material yang digunakan adalah besi Cor nodular. Alasannya mengambil material besi cor nodular dalam pembuatan Produk Cylinder Block karena besi cor nodular ini mudah dicor seperti besi cor kelabu dengan keuntungan teknis seperti kekuatan yang tinggi, tangguh, ulet, mampu kerja temperatur tinggi dan kekerasannya yang mendekati sifat-sifat baja. Sifat mampu alir, tahan panas yang berlebihan, juga mudah diproses permesinan dan tahan aus akibat

bergesekan dengan komponen lain seperti piston dan ring piston.

• Proses Pembubutan

ahap pembubutan pada *Cylinder Block Air Compressor Type 07-25 3/4 HP pertama* meratakan permukaan benda kerja sesuai dengan dimensi yang diharapkan[4]. Kecepatan putar rata-rata mesin bubut yang penulis gunakan adalah 93 rpm dibuktikan dengan rumus sebagai berikut :

A. Pembubutan untuk mengurangi diameter luar

a) Menentukan kecepatan potong
 $C_s = 18 \text{ m/mnt}$

b) Menentukan kecepatan putaran mesin
 $(n = \frac{C_s \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ rpm}) \dots\dots\dots(10)$

c) Kecepatan potong (C_s) = 18 m/menit
 Jadi, $n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 100} \text{ Rpm} = 57,32 \text{ Rpm}$

d) Feeding $V_f = f \cdot n = \text{mm/min} \dots\dots\dots(11)$
 Jadi, $V_f = 0,40 \times 57,32 = 22,92 \text{ mm/min}$

e) Kedalaman yang dipotong (mm)
 $a = \frac{(d_0 - d_m)}{2} \text{ mm} \dots\dots\dots(13)$

Jadi, $a = \frac{(100 - 70)}{2} = 15 \text{ mm}$

f) Waktu $T_m = \frac{L}{F} \dots\dots\dots(14)$

Jadi, $T_m = \frac{2 + 68}{22,92} = 3,05 \text{ menit}$ untuk sekali pemakanan.

Jadi besar diameter awal = 100mm dan akan dijadikan 70mm, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengurangi diameter tersebut dengan pemakanan 0,5 adalah $t_m \times 30$ pemakanan maka : $3,05 \times 30 = 91,5$ menit.
 Total waktu keseluruhan = waktu bubut + waktu persiapan alat + waktu penyetelan
 = 91,5 menit + 15 menit + 20 menit
 = 126,5 menit = 2,7 jam

B. Pembubutan pada pembuatan alur

a) Jadi, $n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 70} \text{ Rpm} = 81,89 \text{ rpm}$

b) Jadi, $V_f = 0,13 \times 81,89 = 10,64 \text{ mm/min}$

c) Jadi, $a = \frac{(70 - 49,5)}{2} = 10,25 \text{ mm}$

d) Jadi, $T = \frac{4 + 10,25}{10,64} = 1,33 \text{ menit}$ satu kali makan

e) $T_m \text{ total} = 1,22 \times 7 \text{ kali makan} = 9,31 \times 3 \text{ alur} = 27,93 \text{ menit}$

Jadi total waktu keseluruhan = waktu membubut + waktu persiapan alat + waktu.
 = 27,93 menit + 15 menit + 20 menit
 = 62,92 menit = 1,4 jam

C. Pembubutan pada pembuatan diameter dalam

a) Jadi, $n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 70} \text{ Rpm} = 81,89 \text{ rpm}$

b) Jadi, $V_f = 0,13 \times 136,48 = 10,64 \text{ mm/min}$

c) Jadi, $a = \frac{(20 - 42)}{2} = 11 \text{ mm}$

d) Jadi, $T = \frac{2 + 11}{10,64} = 1,22 \text{ menit}$ satu kali makan

e) $T_m \text{ total} = 1,22 \times 22 \text{ kali makan} = 26,84 \text{ menit}$
 Total waktu keseluruhan = waktu membubut + waktu persiapan alat + waktu penyetelan.

$$= 26,84 \text{ menit} + 15 \text{ menit} + 20 \text{ menit}$$

$$= 26,84 + 15 + 20$$

$$= 61,84 \text{ menit} = 1,3 \text{ jam}$$

Jadi total waktu membubut = tahap pertama + tahap Kedua + tahan tiga + tahap empat.
 = (126,5 + 9,8 + 62,92 + 61,84) menit.
 = 261,06 menit = 4, jam, 3 menit, 51 detik

Proses Pengeboran

Proses pengeboran pada *Liner Cylinder Block* dimulai dengan diameter 3, 6, 8, 10, 12, 16, 18 dan 20. *Cutting Speed* untuk setiap jenis bahan sudah dibakukan berdasarkan jenis bahan alat potong. Tabel dibawah memperlihatkan cutting speed untuk mata bor.

Tabel 1 Cutting Speed [5].

Jenis Bahan	Carbide Drills	HSS Drills
	Meter/Menit	Meter/Menit
Aluminium dan paduannya	200-300	80-150
Besi tulang lunak	100-150	40-75
Tembaga	60-100	25-50
Besi Tempa	80-90	30-45
Baja Mesin	80-100	30-55
Baja Cor	60-70	25-35
Baja Alat	50-60	20-30
Baja Tempa	50-60	20-30
Baja dan Paduannya	50-70	20-35
Stainless steel	60-70	25-35

Proses Pengeboran pada lubang baut empat sisi

- Kecepatan putaran (n) bor berdiameter 4 yang digunakan untuk material jenis besi cor ini adalah sebagai berikut; Dari tabel 1, Cs besi cor pada kolom HSS adalah 25 s.d 35 m/menit. Cs diambil 30 m/menit; Diameter mata bor = 4 mm Sayatan per mata potong (f) = 0,025. Dengan menggunakan persamaan 10 didapat nilai n = 2.338 rpm
- Kecepatan putaran (n) bor berdiameter 9 yang digunakan untuk material jenis besi cor ini adalah sebagai berikut: Dari tabel 1, Cs besi cor pada kolom HSS adalah 25 s.d 35 m/menit. Cs diambil 30 m/menit; Diameter mata bor = 9 mm Sayatan per mata potong (f) = 0,025. dengan menggunakan persamaan 10 didapat nilai n= 1.061 rpm

Tabel 4.1 Waktu Pengeboran[6].

Komponen	D	l	Ls	L	n	f x t	F	Tm (menit)
<i>Cylinder Block</i>	3	68	0,9	68,9	3.18	0,05	159,23	0,43
	4	68	1,6	69,9	2.338	0,05	116,92	0,59
	6	68	3,6	71,6	1.592	0,05	79,617	0,89
	8	68	6,4	74,4	1.194	0,05	59,713	1,04
	9	68	8,1	76,1	1.061	0,05	53,078	1,24
	10	68	11	79	995	0,05	49,77	1,26
	12	68	14,4	82,4	796	0,15	119,4	1,37
	14	68	19,6	87,6	682	0,15	102,3	1,43
	16	68	25,6	93,6	597	0,15	89,56	1,58
	18	68	32,4	100,4	530	0,15	79,61	1,69
	20	68	24	92	477	0,15	67,15	1,85
Total								13,37

Waktu pengerjaan untuk membor dalam *Cylinder Block* adalah 13,37 menit, terdapat 5 lubang dengan ukuran yang berbeda, maka;

$$1 \times 13,37 \text{ menit} = 13,37 \text{ menit}$$

$$4 \times 1,84 \text{ menit} = 7,32 \text{ menit}$$

Waktu pergantian mata bor diperkirakan 3 menit untuk satu mata bor, jumlah mata bor yang digunakan pada bagian 1 ini adalah 9 buah mata bor.

$$\text{Waktu pergantian mata bor} = 9 \times 3 \text{ menit} = 27 \text{ menit.}$$

Waktu pergantian mata bor diperkirakan 3 menit untuk satu mata bor, jumlah mata bor yang digunakan pada bagian 2 ini adalah 2 buah mata bor.

$$\text{Waktu pergantian mata bor} = 2 \times 3 \text{ menit} = 6 \text{ menit}$$

Total waktu = waktu pengerjaan + waktu persiapan + waktu penggantian mata bor.

$$= 20,69 \text{ menit} + 3 \text{ menit} + 33 \text{ menit}$$

$$= 59,69 \text{ menit}$$

Keterangan :

d = Diameter bor (mm)

Ls = Panjang Langkah total (mm)

= Tebal benda + Derajat puncak mata bor

$$= l + ls$$

n = Kecepatan putaran mesin (Rpm)

F = Pemakanan setiap menit (mm)

= sayatan/mata potong x jml mata potong x n

$$= f \cdot t \cdot n$$

Tm = Waktu pengeboran

Proses Milling

Tahap proses milling pada *Cylinder Block Air Compressor Type 07-25 3/4 HP* adalah sebagai berikut:

1) Meratakan permukaan benda kerja sesuai dengan dimensi yang harapkan dengan menggunakan mesin milling dinyatakan sebagai rumus berikut :

a) Menentukan kecepatan potong Cs = 40 m/mnt

b) Menentukan kecepatan putaran mesin (n) dengan pers 10. Diameter cutter = 18 mm

c) Kecepatan potong (Cs) = 40 m/mnt

$$d) \text{ Jadi, } n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 18} \text{ Rpm} = 707,7 \text{ Rpm}$$

e) Menentukan kecepatan pemakanan (Vf=f.t.n)

f) Sayatan per mata potong (f) = 0,075

g) Kecepatan putaran (n) = 707,7

h) Jumlah mata potong (t) = 4

i) Jadi, Vf= 0,075 . 4 . 707,7 = 212,3 mm/menit

j) Waktu milling rata /facing (tc = $\frac{Lt}{Vf}$ menit)

$$k) \text{ Jadi, } tc = \frac{11,68 + 0,8 \cdot 2}{212,313} = 0,11 \text{ menit}$$

Waktu total keseluruhan = waktu milling + waktu persiapan alat + waktu penyetelan.

$$= 0,11 + 10 + \text{setting cutter } 15 \text{ (menit)}$$

$$= 25,11 \text{ menit} = 0,41 \text{ jam}$$

Proses Pengamplasan

Pada tahap ini adalah proses akhir pembuatan *Cylinder Block* yang telah penulis kerjakan. Untuk memperhaluskan keseluruhan permukaan *Cylinder Block* maka penulis menggunakan amplas ke kasaran antara 150, 240 dan 400. Pertama penulis memakai

amplas kekasaran 150 untuk meratakan permukaan *Cylinder Block* dari proses pembubutan dan pemotongan. Kedua penulis menggunakan amplas kekasaran 240 untuk melanjutkan pengamplasan sebelumnya. Terakhir penulis menggunakan amplas kekasaran 400 untuk memperhaluskan dan meratakan permukaan *Cylinder Block*.

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perancangan pada proses pembuatan *Cylinder Block* maka dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut ini:

1. *Reverse Engineering* adalah suatu proses menemukan prinsip-prinsip teknologi produk dengan cara menganalisa struktur, fungsi, cara kerjanya dan kemudian mencoba untuk membuat alat atau produk yang baru tanpa menyalin apapun yang aslinya. Mengembangkan suatu produk dalam hal-hal baru yang berkaitan dengan komponen tersebut.
2. Material yang digunakan dalam pembuatan *Cylinder Block* adalah besi cor. Besi cor dipilih

karena mudah dalam proses permesinan, mempunyai daya tarik 380-480 MPa dengan keuletan 10 – 20% dan getas. Besi cor jenis ini banyak digunakan sebagai bahan pembuat roda gigi, komponen mesin, katup, bodi pompa dan berbagai komponen mesin lainnya.

3. Setelah melakukan perhitungan dan analisa biaya maka untuk proses pembuatan *Cylinder Block* lebih menguntungkan proses pengecoran daripada proses permesinan.

Daftar Rujukan

- [1] Eilam, Eldad (2005). *Reversing: Secrets of Reverse Engineering*. Wiley Publishing. hlm. 595. ISBN 0-7645-74817.
- [2] James, Dick (January 19, 2006). "Reverse Engineering Delivers Product Knowledge; Aids Technology Spread". Electronic Design. Penton Media, Inc. Diakses tanggal 2009-02-03.
- [3] Sularso dan Tahara, Haruo, Pompa dan Kompresor : *Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, Pradnya Paramita, Jakarta 1983.
- [4] Sumbodo., Wirawan, dkk. *Teknik Produksi*, Mesin Industri, Jilid
- [5] PEDC Bandung, *Elemen Mesin I*, Teknik Mesin EDC ME CNS 2070, 2/1985
- [6] Sularso & Suga, Kiyokatsu. 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita