

Received : Juni 2018

Accepted : September 2018

Published : Oktober 2018

Rancang Bangun Alat Uji Kompresor Torak sebagai Media Pembelajaran

Amrullah^{1*}, Aminuddin^{2*}

^{1,2}Politeknik Bosowa

*amrullah.mansyur@yahoo.com

Abstract

Training kit an important role as a equipment for creating effective teaching and learning process. Training kit of reciprocating compressor is expected to facilitate students in understanding the theory and practice subjects related to the compressor. Compressor is a machine to increase air pressure by compressing air from the atmosphere. In simple terms the working principle, pressure and volume changes in a reciprocating compressor can be described in the form of a P-V diagram. The purpose of this study is to generate instructional media so that it understood the working principle and tested on reciprocating compressor one stage and two stages. The research method begins with the design of tools that are simulated visually through solidwork software, component preparation, assembly of learning media and equipments testing. The resulting frame is 1100 mm long, 600 mm wide and 800 mm high. The v-belt type is used according to the v-belt length of 41 inches for the one-level and 53-inch compressors for the two-level compressor. The diameter of the driven pulley also affects the rotation of the compressor shaft (N), the greater the diameter of the pulley then the shaft rotation also decreases. In addition to the rotation difference of the compressor shaft (N) which affects the piston displacement value, the number of piston also affects the Q_{th} value. The reservoir used was 38 liters and was tested for 8 minutes. At a two stages compressor, the resulting pressure is higher at 7.4 bar and on the compressor one pressure level is generated at 7.2 bar. The value of piston displacement (Q_{th}) is $7.188 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{min}$ for one level compressor and $8,115 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{min}$ for two level compressor.

Keywords: *compressor, learning, pressure*

Abstrak

Media pembelajaran dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Alat uji kompresor torak sebagai media pembelajaran diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami mata kuliah teori dan praktik yang berhubungan dengan kompresor. Kompresor merupakan mesin untuk menaikkan tekanan udara dengan cara memampatkan udara dari atmosfer. Secara sederhana prinsip kerja, perubahan tekanan dan volume dalam suatu kompresor torak dapat diuraikan dalam bentuk diagram P-V. Tujuan dari penelitian ini adalah prinsip kerja pada kompresor torak dapat dipahami melalui media pembelajaran sehingga dapat dilakukan pengujian pada kompresor torak satu tingkat dan dua tingkat. Metode penelitian yang dilakukan dimulai dengan perancangan alat yang disimulasikan secara visual melalui *software solidwork*, persiapan komponen, perakitan media pembelajaran dan pengujian alat. Rangka yang dihasilkan berukuran panjang 1100 mm, lebar 600 mm dan tinggi 800 mm. Jenis *v-belt* yang digunakan sesuai dengan perhitungan panjang *v-belt* yaitu 41 inchi untuk kompresor satu tingkat dan 53 inchi untuk kompresor dua tingkat. Diameter *pulley* yang digerakkan juga berpengaruh terhadap putaran poros kompresor (N), semakin besar diameter *pulley* maka putaran poros juga semakin menurun. Selain perbedaan putaran poros kompresor (N) yang mempengaruhi nilai perpindahan torak, jumlah torak juga mempengaruhi nilai Q_{th} . Reservoir yang digunakan berkapasitas 38 liter dan dilakukan pengujian selama 8 menit. Pada kompresor dua tingkat, tekanan yang dihasilkan lebih tinggi yaitu 7.4 bar dan pada kompresor satu tingkat tekanan yang dihasilkan sebesar 7.2 bar. Nilai perpindahan torak (Q_{th}) sebesar $7,188 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{menit}$ untuk kompresor satu tingkat dan $8,115 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{menit}$ untuk kompresor dua tingkat.

Kata kunci : kompresor, pembelajaran, tekanan

1. Pendahuluan

Hasil belajar mahasiswa dapat dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan oleh tenaga pengajar di dalam kelas. Oleh karena itu, setiap tenaga pengajar hendaknya menentukan model pembelajaran yang paling sesuai dengan materi yang hendak disampaikan. Salah satu model yang efektif adalah pelaksanaan perkuliahan yang didukung dengan media pembelajaran. Panduan teori dapat menggunakan buku atau media tertulis sebagai panduannya, sedangkan pada panduan praktik lebih menggunakan media pembelajaran dan trainer untuk memudahkan proses belajar mengajarnya [1].

Alat peraga atau media pembelajaran dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Proses belajar mengajar ditandai dengan adanya beberapa unsur antara lain tujuan, bahan, metode dan alat, serta evaluasi [2].

Kompresor torak resiprokal adalah jenis mesin yang dirancang khusus untuk meningkatkan tekanan gas. Difusi besar kompresor *reciprocating* dan biaya perawatan yang tinggi, bersama dengan meningkatnya permintaan dunia akan efisiensi yang lebih tinggi, memerlukan proses perancangan yang lebih akurat dan terperinci, yang berorientasi baik pada optimasi kinerja dan peningkatan kehandalan.

Beberapa alat simulasi bisa diadopsi, sesuai dengan tingkat spesifikasi yang diperlukan untuk analisis dan aspek yang diperlukan (misalnya termodinamika, akustik, dinamis, dll.) [3]

Terkait dengan hal tersebut, alat uji kompresor torak sebagai media pembelajaran kompresor torak diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami

mata kuliah teori dan praktik yang berhubungan dengan kompresor.

Kompresor Resiprokal (*Reciprocating Compressor*)

Kompresor resiprokal dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak-balik atau gerak resiprokal.

Siklus kerja kompresor resiprokal ditandai dengan panas, terutama karena proses kompresidan fenomena gesek [4]. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ketitik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung penyimpanan udara. Tabung penyimpanan (*reservoir*) dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus-menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan. Gerakan mengisap dan mengompresi ke tabung penampung ini berlangsung secara terus menerus, pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis [5].

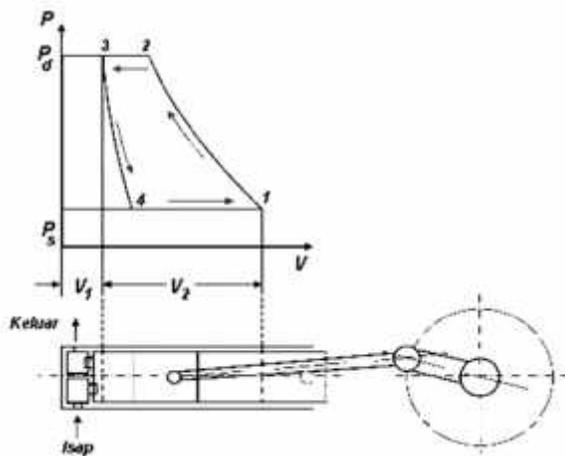
Kompresor Torak Dua Tingkat

Kompresor torak bertingkat digunakan untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Udara masuk akan dikompresi oleh torak pertama, kemudian didinginkan, selanjutnya dimasukkan dalam silinder kedua untuk dikompresi oleh torak kedua sampai pada tekanan yang diinginkan. Pemampatan

(pengompresian) udara tahap kedua lebih besar, temperatur udara akan naik selama terjadi kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan sistem udara atau dengan sistem air bersirkulasi.

Prinsip Kerja Kompresor Torak

Kompresor merupakan mesin untuk menaikkan tekanan udara dengan cara memampatkan udara dari atmosfer. Secara sederhana prinsip kerja, perubahan tekanan dan volume dalam suatu kompresor torak dapat diuraikan dalam bentuk diagram P-V seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram P-V Kompresor Torak

Torak memulai langkah kompresi pada titik (1), torak bergerak ke kiri dan gas dimampatkan sehingga tekanannya naik ke titik (2). Pada titik ini tekanan di dalam silinder mencapai harga tekanan P_d yang lebih tinggi dari pada tekanan di dalam pipa keluar, sehingga katup keluar pada kepala silinder akan terbuka. Jika torak bergerak terus ke kiri, gas akan didorong keluar silinder pada tekanan tetap sebesar P_d . Dititik (3) torak mencapai titik mati atas, yaitu titik akhir gerakan torak pada langkah kompresi dan pengeluaran [5].

Beberapa perhitungan yang digunakan dalam perencanaan dan penggunaan media pembelajaran kompresor torak adalah sebagai berikut.

Penentuan panjang v-belt

Dalam penentuan panjang *v-belt* perlu diketahuidiameter *pulley* penggerak (d_p), diameter *pulley* yang digerakkan (D_p), jarak antara *shaft* motor listrik dengan *shaft* kompresor (C)[6].

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2$$

Putaran poros kompresor torak

Putaran poros kompresor torak (N) ditentukan oleh putaran motor listrik (n), diameter *pulley* penggerak (d_p), diameter *pulley* yang digerakkan (D_p).

$$N = \frac{n \times d_p}{D_p}$$

Volume silinder

Volume silinder adalah volume ruang kompresi, ditentukan oleh diameter torak (D) dan panjang langkah (S) [5].

$$V_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S$$

Perpindahan torak

Besarnya nilai perpindahan torak (Q_{th}) dapat ditentukan dari volume silinder dan potaran poros kompresor torak (N)[5].

$$Q_{th} = V_s \times N$$

Debit gas yang dihasilkan

Debit gas yang dihasilkan kompresor (Q_s) merupakan besarnya volume reservoir (V_r) terhadap waktu yang dibutuhkan (t) untuk memenuhi reservoir [5].

$$Q_s = \frac{V_r}{t}$$

Tujuan dari penelitian ini adalah prinsip kerja pada kompresor torak dapat dipahami melalui media pembelajaran sehingga dapat dilakukan pengujian pada kompresor torak satu tingkat dan dua tingkat.

2. Metode Penelitian

Metoda penelitian yang dilakukan adalah dengan perancangan alat melalui desain rancang bangun disimulasikan secara visual melalui *software solidwork*, dimana ditentukan dimensi-dimensi dan bahan-bahan yang akan digunakan. Persiapan komponen yang akan digunakan yang terdiri dari komponen utama dan pendukung seperti pada tabel 1 dan tabel 2. Setelah pengadaan komponen selesai, selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat hingga siap digunakan dan dilakukan pengujian alat untuk menilai kondisi kerja alat sesuai dengan yang telah direncanakan. Apabila ternyata belum sesuai dengan yang telah direncanakan, maka dilakukan analisa penyebab dan peninjauan kembali.

Tabel 1. Komponen utama media pembelajaran kompresor torak

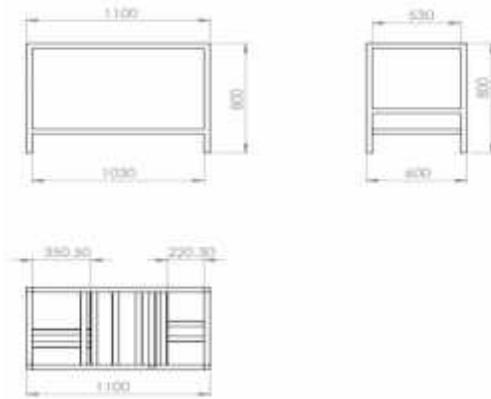
No.	Nama Komponen	Jumlah
1	Torak 1 tingkat	1 unit
2	Torak 2 tingkat	1 unit
3	Tabung reservoir udara	1 unit
4	<i>Pulley</i>	3 pcs
5	<i>V-Belt</i>	2 pcs
6	Motor listrik :1.5 HP dan	1 unit
7	<i>Check valve</i>	2 pcs
8	<i>Pressure gauge</i>	3 pcs
9	<i>Hose</i>	3 unit
10	Oli kompresor	1 liter

Tabel 2. Komponen pendukung media pembelajaran kompresor torak

No.	Nama Komponen	Jumlah
1	Mesin las listrik	1 unit
2	Mesin bor	1 unit
3	Grinda tangan	1 unit
4	Grinda duduk	1 unit
5	Roll meter	1 pcs
6	<i>Clamp C</i>	2 pcs
7	<i>Vernier caliper</i>	1 pcs
8	Mistar siku	1 pcs
9	Kunci kombinasi	1 set
10	Kuas	2 pcs
11	<i>Spray gun</i>	1 pcs
12	APD (Alat Pelindung Diri)	1 set
13	Besi profil L 40x40	1 batang
14	Besi <i>hollow</i> 40x40	12 batang
15	Cat minyak	10 liter

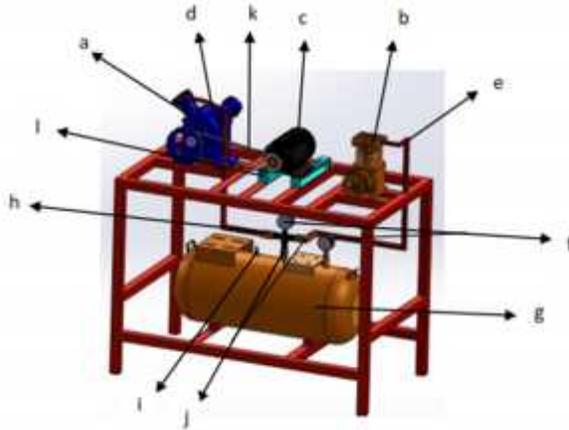
3. Hasil Penelitian

Rangka yang dihasilkan berukuran panjang 1100 mm, lebar 600 mm dan tinggi 800 mm seperti diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2 .Desain rangka alat uji kompresor torak

Media pembelajaran ini memiliki dua kompresor yang dapat digunakan secara bergantian dengan motor listrik sebagai penggerak yang berada diantara dua kompresor seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Alat Uji Kompresor Torak

Keterangan :

- a = kompresor torak dua tingkat
- b = kompresor torak satu tingkat
- c = motor listrik
- d & e = hose
- f = pressure gauge
- g = reservoir
- h & j = check valve
- i = safety valve
- k = v-belt
- l = dudukan motor

Perhitungan yang digunakan dalam perencanaan dan penggunaan media pembelajaran kompresor torak :

Penentuan Panjang V-Belt

Pemilihan v-belt disesuaikan berdasarkan tipe pulley yaitu tipe A dan ukuran panjang v-belt dapat ditentukan berdasarkan perhitungan berikut:

Kompresor Satu Tingkat

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_{p1} + d_p) + \frac{1}{4C} (D_{p1} - d_p)^2$$

$D_{p1}=0,1524\text{m}$, $d_p=0,762\text{ m}$, $C= 0,390\text{ m}$,
 $L=1.043\text{ m}=41,069\text{ inchi}$
 sehingga dipilih v-belt tipe **A-41**.

Kompresor Dua Tingkat

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_{p2} + d_p) + \frac{1}{4C} (D_{p2} - d_p)^2$$

$D_{p2}= 0,270\text{ m}$, $d_p= 0,762\text{ mm}$, $C= 0,340\text{ m}$,
 $L=1.34\text{ m}=53,055\text{ inchi}$
 sehingga dipilih v-belt tipe **A-53**.

Pemilihan v-belt merujuk pada catalog product yang menunjukkan spesifikasi ukuran seperti yang ditunjukkan pada gambar 4[7].

Classical V-Belts for JIS K 6323

A-Section			
Belt Code	Pitch length (Lp (mm))	Belt Code	Pitch length (Lp (mm))
40	1018	80	2032
41	1041	81	2057
42	1067	82	2083
43	1092	83	2108
44	1119	84	2134
45	1143	85	2159
46	1168	86	2184
47	1194	87	2210
48	1219	88	2235
49	1245	89	2261
50	1270	90	2286
51	1295	91	2311
52	1321	92	2337
53	1346	93	2362
54	1372	94	2388

Gambar 4. Spesifikasi v-belt

Putaran Poros Kompresor Torak

Kompresor Satu Tingkat

$$N_1 = \frac{n \times d_p}{D_{p1}}$$

$D_{p1}=0,1524\text{m}$, $d_p=0,762\text{ m}$, $n=1467\text{ rpm}$,
 $N_1=733,5\text{ rpm}$

Kompresor Dua Tingkat

$$N_2 = \frac{n \times d_p}{D_{p2}}$$

$D_{p2}=0,270\text{ m}$, $d_p=0,762\text{ m}$, $n=1467\text{ rpm}$,
 $N_2=414,2\text{ rpm}$

Volume Silinder

Torak yang digunakan pada kompresor satu tingkat dan kompresor dua tingkat memiliki spesifikasi yang sama. Volume silinder dapat ditentukan dari perhitungan berikut :

Kompresor Satu Tingkat

$$V_{s1} = \frac{1}{4} \times \pi \times D_1^2 \times S_1$$

$$D=0,051 \text{ m}, S=0,048 \text{ m},$$

$$V_{s1} = 9,8005 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Kompresor Dua Tingkat

Pada kompresor dua tingkat menggunakan dua torak sehingga perhitungan volume silinder dapat ditentukan pda perhitungan berikut :

$$V_{s2} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D_2^2 \times S_2$$

$$D=0,051 \text{ m}, S=0,048 \text{ m},$$

$$V_{s2} = 1,9601 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Perpindahan Torak Kompresor Satu Tingkat

$$Q_{th1} = V_s \times N_1$$

$$V_{s1} = 9,8005 \times 10^{-5} \text{ m}^3, N_1=733,5 \text{ rpm}$$

$$Q_{th1} = 7,188 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$$

Kompresor Dua Tingkat

$$Q_{th2} = V_s \times N_2$$

$$V_{s2} = 1,9601 \times 10^{-4} \text{ m}^3, N_2=414,2 \text{ rpm}$$

$$Q_{th2} = 8,115 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$$

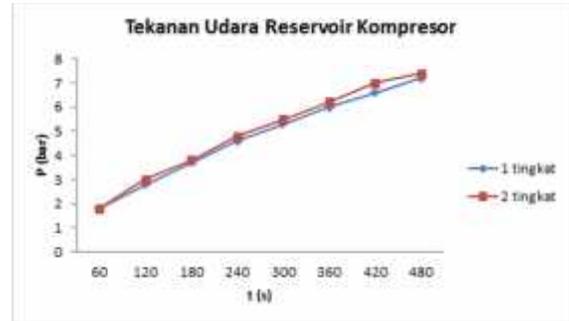
Debit gas yang dihasilkan

$$Q_s = \frac{V_r}{t}$$

$$V_r = 0,038 \text{ m}^3, t=8 \text{ menit},$$

$$Q_s = 4,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit}$$

Reservoir yang digunakan berkapasitas 38 liter dan dilakukan pengujian selama 8 menit. Pada kompresor dua tingkat, tekanan yang dihasilkan lebih tinggi yaitu 7.4 bar dan pada kompresor satu tingkat tekanan yang dihasilkan sebesar 7.2 bar. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pengujian Tekanan Udara

Jenis *v-belt* yang digunakan sesuai dengan perhitungan panjang *v-belt* yaitu 41 inchi untuk kompresor satu tingkat dan 53 inchi untuk kompresor dua tingkat. Perbedaan panjang *v-belt* karena pemilihan diameter *pulley* yang digerakkan (D_p) masih menggunakan *pulley* yang terpasang dari produsen atau pabrik. Diameter *pulley* yang digerakkan juga berpengaruh terhadap putaran poros kompresor (N), semakin besar diameter *pulley* maka putaran poros juga semakin menurun. Selain perbedaan putaran poros kompresor (N) yang mempengaruhi nilai perpindahan torak, jumlah torak juga mempengaruhi nilai Q_{th} . Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan

Type Kompresor	L (inch)	N (rpm)	Q_{th} (m^3/min)	Q_s (m^3/min)
1 tingkat	41.069	733.50	$7,188 \times 10^{-2}$	$4,75 \times 10^{-3}$
2 tingkat	53.055	414.02	$8,115 \times 10^{-2}$	$4,75 \times 10^{-3}$

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat dihasilkan media pembelajaran sehingga dapat dipahami prinsip kerja kompresor yang merupakan mesin untuk menaikkan tekanan udara dengan cara memampatkan udara dari atmosfer. Secara teori prinsip kerja, perubahan tekanan dan volume dalam suatu kompresor torak dapat diuraikan dalam bentuk diagram P-V sedangkan secara praktik dapat diketahui dari hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan dengan media pembelajaran kompresor torak satu tingkat dan dua tingkat. Reservoir yang digunakan berkapasitas 38 liter dan dilakukan pengujian selama 8 menit. Pada kompresor dua tingkat, tekanan yang dihasilkan lebih tinggi yaitu 7.4 bar dan pada kompresor satu tingkat tekanan yang dihasilkan sebesar 7.2 bar. Nilai perpindahan torak (Q_{th}) sebesar $7,188 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$ untuk kompresor satu tingkat dan $8,115 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$ untuk kompresor dua tingkat.

5. Saran

Pada penelitian ini belum dibahas mengenai efisiensi sehingga direncanakan pada penelitian lanjutan akan ditentukan efisiensi volumetris dan analisisnya.

6. Daftar Pustaka

- [1] Fahmi, Wildan dan Grummy, A.W, “*Rekayasa Rancang Bangun Trainer Sistem Kelistrikan AC Mobil Daihatsu Zebra*”, Universitas Negeri Surabaya, JRM.Volume 02 Nomor 02 Tahun 2015,pp41-45.
- [2] Jatmiko,Putut dan Setiawan, Vendi, ”Rancang Bangun *Car Air Conditioner Installation Maintenance Trainner*”, Politeknik Kediri, Jurnal Teknik Mesin, Volume 4, Nomor 2, Tahun 2013,pp 1-14.
- [3] Stiaccini,Isacco,et all.”*A Reciprocating Compressor Hybrid Model With Acoustic FEM Characterization*”.University of Florence, Italy.ScienceDirect- International Journal of Refrigeration 63 ,2016,pp 171–183.
- [4] Balduzzi, Francesco,et all.” *Reciprocating Compressor Cylinder’s Cooling: A Numerical Approach Using CFD With Conjugate Heat Transfer*” Proceedings of the ASME 2014 Pressure Vessels & Piping Conference. Anaheim, California, USA.2014.
- [5] Sularso, Takahara, Haruo. “*Pompa dan Kompresor - Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*”, cetakan kesembilan, Jakarta : PT. Pradaya Paramitha, 2006.
- [6] Sularso dan Suga, Kuyokatsu .”*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*”. Jakarta: PT Praditya Paramita,2008.
- [7] Mitsuboshi Belting,Ltd.”*DesignManual-V-Belt*” .”.August2014.