

MODIFIKASI PISTON ENGINE 4 CYLINDER MODEL IN-LINE SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Irfan Ibrahim¹, Yuyun Suprpto², Ajeng Wulansari³

^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I No. 73 Surabaya
Email: beserkherk255@gmail.com

Abstrak

Perancangan ini berlatar belakang belum tersedianya media pembelajaran mengenai *Piston Engine Model IN-LINE* di Politeknik Penerbangan Surabaya untuk menunjang kemudahan dan pemahaman dalam praktikum Taruna dan Taruni secara detail tentang prinsip kerja mesin *piston Engine 4 Cylinder Model IN-LINE*. Tujuan alat peraga ini adalah untuk membantu Taruna dalam meningkatkan pemahaman pergerakan *piston* pada sebuah materi *piston Engine* khususnya pada *Piston Engine Model IN-LINE*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menganalisa efektivitas pembelajaran dan pemahaman taruna terhadap pembelajaran *piston Engine*. Analisa tersebut dilakukan dengan cara membandingkan antara pembelajaran menggunakan alat peraga dan yang tidak menggunakan alat peraga. Hasil survei penelitian dari perancangan media berbentuk objek penelitian, analisa data berdasarkan hasil dari pemahaman taruna setelah menggunakan alat peraga. Objek penelitian meliputi pembuatan dan modifikasi *piston Engine 4 Cylinder model IN-LINE*. Data pergerakan *stroke* mesin meliputi data pergerakan dari 4 *stroke* mesin ketika *stroke* mesin dalam kondisi *intake stroke*, *compression stroke*, *combustion power expansion stroke*, dan *exhaust stroke*. Data pergerakan valve mesin meliputi ketika valve mesin dalam kondisi *intake valve* dan *exhaust valve*.

Kata Kunci: *Piston Engine*, *4 Cylinder*, *Model In Line*, *Data Firing Order*, *Data Valve Timing*

Abstract

This design is based on the unavailability of learning media about the Piston Engine IN-LINE Model at the Surabaya Aviation Polytechnic to support the ease and understanding in the Practicum of Cadets and cadets in detail about the working principle of the piston Engine 4 Cylinder IN-LINE Model. The purpose of this trainer is to assist cadets in improving the understanding of the movement of the piston on a piston Engine material, especially on the Piston Engine IN-LINE model. The method used in this study is to analyze the effectiveness of learning and understanding of cadets to piston Engine learning. The analysis is done by comparing between learning using teaching aids and those that do not use teaching aids. The results of the research survey of media design of various research objects, data analysis based on the results of the understanding of cadets after using planning tools. IN-LINE model 4-Cylinder piston Engine . 4 Engine stroke when the Engine stroke is in the condition of intake stroke , compression stroke , combustion power expansion stroke , and exhaust stroke . Data on the movement of the Engine valve folds when the Engine valve is in the condition of the intake valve an exhaust valve.

Keywords: *Piston Engine*, *4 Cylinder*, *Model In Line*, *Data Firing Order*, *Data Valve Timing*

PENDAHULUAN

Sistem kerja motor bakar pada pesawat *piston Engine* memiliki siklus 4T, sistem kerja motor bakar merupakan suatu proses atau langkah dimana komponen penggerak pesawat bekerja untuk menghasilkan sebuah tenaga untuk memutar sebuah *propeller* atau baling-baling pesawat dengan mengkonversikan tenaga dari pembakaran avgas yang menghasilkan panas ke sebuah putaran *propeller* yang menghisap udara untuk menerbangkan sebuah pesawat.

Piston Engine atau biasa di sebut dengan mesin torak, merupakan mesin yang menggunakan *piston* (torak) sebagai tenaga penggerak. *Piston* yang bergerak naik turun di hubungkan dengan *crankshaft* melalui *connecting rod* untuk memutar *propeller* atau baling-baling. *Piston* dapat bergerak naik turun karena adanya pembakaran antara campuran udara dengan bahan bakar (*fuel*) di dalam ruang bakar (*combustion chamber*). Pembakaran di dalam *combustion chamber* menghasilkan *expansion* gas panas yang dapat menggerakkan *piston* bergerak naik turun. Pesawat yang menggunakan mesin *piston* umumnya menggunakan *propeller* sebagai tenaga pendorong untuk menghasilkan thrust. Bentuk penampang dari *propeller* itu sendiri sama seperti sayap, yaitu juga berbentuk *airfoil*. Sehingga pada saat *propeller* berputar maka akan menghasilkan gaya dorong atau thrust sehingga pesawat dapat bergerak ke depan. Pesawat dengan mesin *piston* ini merupakan jenis pesawat ringan atau biasa di sebut dengan *light aircraft*. Pesawat ini mempunyai daya jelajah yang kecil dan ketinggian terbang yang tidak terlalu tinggi.

Salah satu jenis dan tipe *piston Engine* yang belum tersedia di hangar Politeknik Penerbangan Surabaya adalah *in-line upright* empat *cylinder type Engine*. Dalam permasalahan itu, untuk menambah wawasan

tentang sistem kerja *piston Engine*, perlu adanya media pembelajaran yang disediakan untuk taruna di bidang permesinan pesawat udara untuk mengetahui lebih banyak lagi tentang berbagai jenis dan tipe dari *piston Engine* karena di dunia penerbangan terdapat banyak jenis dan tipe dari *piston Engine*. Serta perlu juga untuk melihat pergerakan dari berbagai komponen yang terdapat di dalam *piston Engine* saat *Engine* tersebut sedang bekerja.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mencoba untuk menyajikan sebuah penelitian tentang rancangan alat peraga *piston Engine* yang berjudul “MODIFIKASI *PISTON ENGINE 4 CYLINDER* MODEL *IN-LINE* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA”.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pergerakan komponen pada *piston Engine 4 Cylinder* model *in-line upright type Engine* ?
2. Bagaimana dampak adanya alat peraga *piston Engine 4 Cylinder* model *in-line upright type Engine* dalam pembelajaran dan pemahaman taruna pada materi *piston Engine* ?

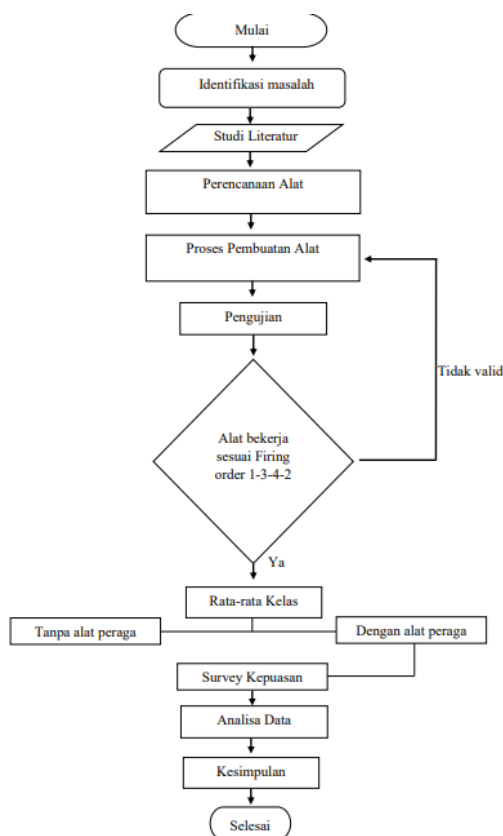
Tujuan Penelitian

1. Penulis memodifikasi *piston Engine 4 Cylinder* model *IN-LINE* sebagai media pembelajaran program studi Teknik Pesawat Udara pada semester 3 mata kuliah *piston Engine* di Politeknik Penerbang Surabaya. Agar memudahkan dalam memahami urutan sistem kerja sebuah *Engine 4 Cylinder* model *IN-LINE* sekaligus dapat mensimulasikan alat peraga *piston Engine* model *IN-LINE upright*.

2. Tujuan yang ingin dicapai secara khusus dapat merancang dan memahami komponen alat peraga *piston Engine 4 Cylinder* model *IN-LINE upright type Engine* dan mengetahui sistem kerja pergerakan komponen secara berurutan sesuai dengan *Firing order* pada *piston Engine* model *IN-LINE upright type Engine*.

METODE

Dalam menyelesaikan masalah ini, peneliti menggunakan gambar *flow chart* mencatat data dari data awal mengidentifikasi masalah hingga Analisa



data dan diakhiri kesimpulan.

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian
Sumber: Penulis 2022

Rancangan alat pada penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya menggunakan bahan sederhana seperti plastik dan kayu yang masih memiliki beberapa kekurangan

yaitu bahan rentan terhadap gesekan dan putaran, kurang akuratnya gerak dan *Timing* alat peraga, dan belum bisa menunjukkan peristiwa *overlap valve*. Perencanaan pengembangan yang dilakukan untuk memperbaiki kekurangan tersebut yaitu menggunakan bahan dasar filamen dicetak dengan 3d printer untuk membuat blok mesin dan *piston* berukuran kurang lebih 45 mm.

Berikut Perangkat Keras Komponen atau bahan yang digunakan dalam pembuatan alat peraga *piston Engine* model *IN-LINE upright type Engine* yaitu:

1. Dimensi bahan dasar alat :
 - Panjang : 300 mm
 - Lebar : 200 mm
 - Tinggi : 250 mm
2. Berat : +/- 10000 g
3. Roda *crankshaft* : 80 mm, bahan plastik filamen
4. *Engine stand* : 180 mm, bahan kayu dan plastik filamen.
5. *Camshaft* : 200 mm, bahan as besi bulat
6. *Valve* : 50 mm, bahan plastik filamen
7. Roda *camshaft* : 100 mm, bahan plastik filamen
8. Silinder : 47 mm, bahan besi campuran aluminium
9. *Piston* : 44 mm, bahan besi campuran aluminium
10. *Belt* : panjang 200 mm, lebar 5 mm
11. *Connecting rod* : 100 mm, bahan plastik filamen
12. Pegas : 50 mm, bahan besi
13. Motor DC : 12 - 24 volt, 1000 rpm, torsi 3 kg
14. Kecepatan Motor : 1000 rpm
15. Torsi Motor : 9 kg/cm
16. *Speed Controller* : 12 - 24 volt, 10 ampere

17. *Power Supply* : 24 volt, 10 ampere

Dalam analisis data penulis akan menyatakan bahwa setelah alat di uji didapat data yang di peroleh dari pengujian. Dari data alat peraga *piston* tersebut akan dinyatakan ke dalam tabel pengujian, jika semua komponen pada alat peraga bergerak berurutan dan *Timing* yang sesuai. *Timing* yang dimaksud dalam hal ini adalah urutan gerak naik dan turunnya *piston* dan buka tutup nya *valve* atau *overlap valve*.

Pada Analisa data juga melakukan perbandingan alat peraga yang sesuai dengan skala asli sebagai media pembelajaran sistem kerja *Engine* untuk mengetahui urutan antar gerakan *piston* 4 silinder *IN-LINE* upright type *Engine* dalam satuan kecepatan dan waktu. Selain itu, Analisis data yang dilakukan juga membandingkan data yang diperoleh dari hasil pengujian terkait pengaruh penggunaan alat peraga sebagai alat pembelajaran. Terdapat 2 data yang akan didapat yaitu data kualitatif dari hasil *survey* secara tertulis berupa kuisisioner, dan data kuantitatif dari hasil tes tertulis.

Waktu penelitian dimulai pada bulan September 2021 dengan telah menentukan topik proposal penelitian. Setelah proposal disetujui oleh dosen penguji, pembuatan dan pengujian alat akan dilanjutkan. Pada bulan Agustus 2022 melakukan persiapan dan pelaksanaan ujian penelitian. Lokasi pengujian ini adalah di Politeknik Penerbangan Surabaya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian akan didapatkan data dan bukti bahwa pemahaman terhadap materi yang diberikan dapat meningkat atau

menurun. Berdasarkan data dan bukti tersebut akan didapatkan hasil yang dapat dianalisa terhadap proses yang nantinya dapat digunakan untuk menarik kesimpulan dari apa yang telah dibuat dalam penelitian ini.

Hasil Pengujian Alat

Dalam pengujian alat peraga *piston Engine 4 cylinder model in line*, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Form Hasil Pengujian Alat Ke-1

Uji ke	Silinder	Stroke	Valve		Led	Hasil
			Intake	Exhaust		
1	1	Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
	2	Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
	3	Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
	4	Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai

Berdasarkan table 4.1 menunjukkan bahwa alat peraga *piston Engine 4 cylinder* berjalan dengan baik sesuai dengan Tabel *Firing order* dan *table valve timing*. Selain itu pergerakan *piston* ketika *intake* maka lampu led biru akan nyala, ketika *piston* posisi *exhaust* lampu led merah akan menyala, ketika kompresi dan posisi *piston power* lampu led putih akan nyala.

Tabel 4. 2 Form Hasil Pengujian Alat Ke-2

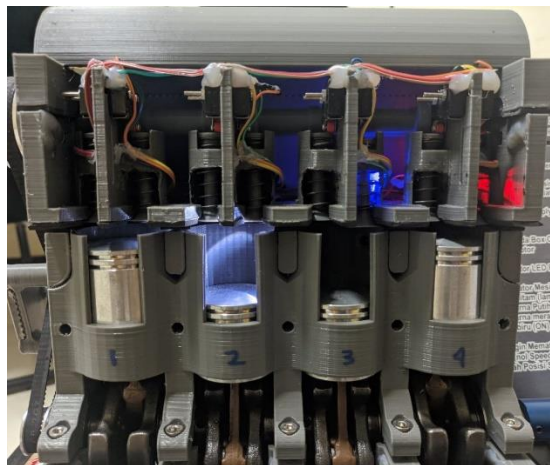
Uji ke	Silinder	Stroke	Valve		Led	Hasil
			Intake	Exhaust		
2	1	Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
	2	Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
	3	Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
	4	Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai

Berdasarkan table 4.2 menunjukkan bahwa alat peraga *piston Engine 4 cylinder* berjalan dengan baik sesuai dengan Tabel *Firing order* dan *table valve timing*. Selain itu pergerakan *piston* ketika *intake* maka lampu led biru akan nyala, ketika *piston* posisi *exhaust* lampu led merah akan menyala, ketika kompresi dan posisi *piston power* lampu led putih akan nyala.

Tabel 4.3 Form Hasil Pengujian Alat Ke-3

Uji ke	Silinder	Stroke	Valve		Led	Hasil
			Intake	Exhaust		
3	1	Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
	2	Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
	3	Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai
		Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
	4	Exhaust	tutup	buka	merah	sesuai
		Intake	buka	tutup	biru	sesuai
		Compression	tutup	tutup		sesuai
		Power	tutup	tutup	putih	sesuai

Berdasarkan table 4.3 menunjukkan bahwa alat peraga *piston Engine 4 cylinder* berjalan dengan baik sesuai dengan Tabel *Firing order* dan *table valve timing*. Selain itu pergerakan *piston* ketika *intake* maka lampu led biru akan nyala, ketika *piston* posisi *exhaust* lampu led merah akan menyala, ketika kompresi dan posisi *piston power* lampu led putih akan nyala.



Gambar 4.1 Gambar Alat peraga Langkah Ke 1
(Sumber : Penulis)

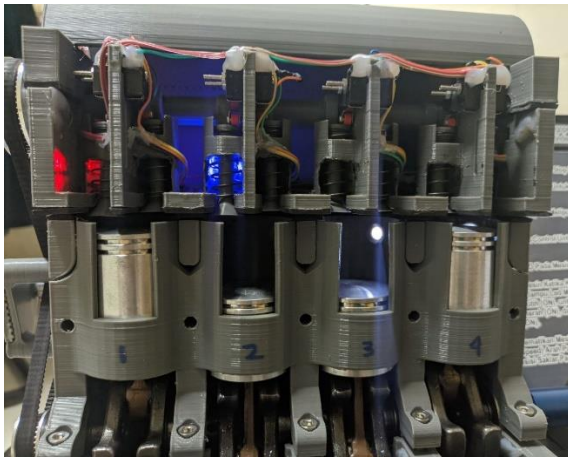
Pada gambar 4.1 terdapat proses langkah ke 1 yaitu dimana pada saat silinder 1 melakukan proses *compression* kemudian di bagian silinder 2 melakukan proses *power* dilanjutkan pada silinder 3 melakukan proses *intake* dan pada silinder 4 melakukan proses *exhaust*.



Gambar 4.2 Gambar Alat peraga Langkah Ke 2
(Sumber : Penulis)

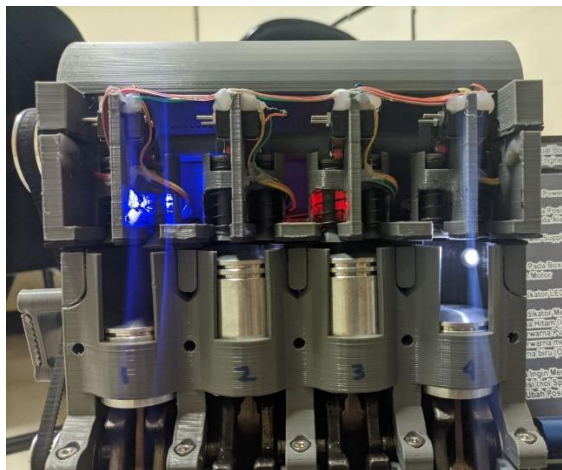
Pada gambar 4.2 terdapat proses langkah ke 2 yaitu dimana pada saat silinder 1 melakukan proses *power* kemudian di bagian silinder 2 melakukan proses *exhaust* dilanjutkan pada silinder 3 melakukan proses *power*.

compression dan pada silinder 4 melakukan proses *intake*.



Gambar 4.3 Gambar Alat peraga Langkah Ke 3
(Sumber : Penulis)

Pada gambar 4.3 terdapat proses langkah ke 3 yaitu dimana pada saat silinder 1 melakukan proses *exhaust* kemudian di bagian silinder 2 melakukan proses *intake* dilanjutkan pada silinder 3 melakukan proses *power* dan pada silinder 4 melakukan proses *compression*



Gambar 4.4 Gambar Alat peraga Langkah Ke 4
(Sumber : Penulis)

Pada gambar 4.4 terdapat proses langkah ke 4 yaitu dimana pada saat silinder 1 melakukan proses *intake* kemudian di bagian silinder 2 melakukan proses *compression* dilanjutkan pada silinder 3 melakukan proses

exhaust dan pada silinder 4 melakukan proses *power*.

Perawatan Alat

1. Untuk perawatan *crankshaft* agar tidak korosi diberi pelumas berupa oli mesin jahit (*merk singer*)
2. Untuk perawatan bearing dapat dilakukan penggantian bearing secara berkala *life time bearing* 1 tahun sekali, atau diganti ketika bearing terasa berputar berat
3. Untuk perawatan *vanbelt* dapat dilakukan dengan cara memberikan pelumas (*dressing*) untuk *v belt* karet atau ketika dicek secara fisik kondisi *v belt* banyak yang retak maka dilakukan penggantian.
4. Untuk perawatan pembersihan komponen *3D printing* dapat menggunakan *contact cleaner* apabila membersihkan dilarang ketika kondisi alat dalam kondisi berjalan karna untuk menghindari *short circuit* komponen listrik.

Standar Operasional Prosedur Penggunaan Alat

1. Hubungkan kabel *power* pada stop kontak
2. Tekan Saklar pada posisi ON untuk menghidupkan *power supply* pada alat
3. Indikator *power supply on* meliputi kipas kontrol posisi ON
4. Putar VSD pada *box control* untuk pengaturan kecepatan motor
5. Amati indikator lampu LED pada mesin *4 Cylinder*
6. Untuk indikator mesin ketika kondisi *Intake* dan *Power* lampu LED berwarna putih (On), untuk

kompresi LED berwarna merah nyala (On), dan untuk *Exhaust* LED biru akan menyala (On).

7. Ketika ingin mematikan mesin putar VSD pada kondisi (*not speed*) arah putaran maksimal ke kiri, lalu ubah posisi saklar pada kondisi OFF.

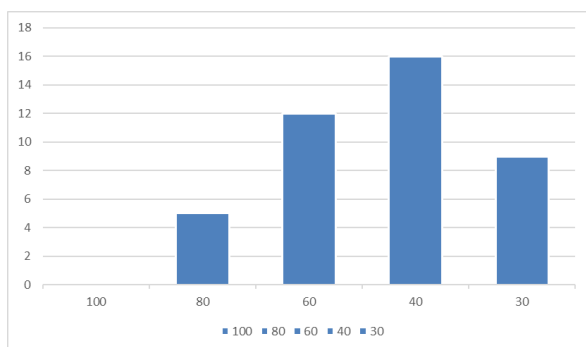
Kelebihan Alat

1. Dapat memberikan penjelasan secara visual terhadap pergerakan *piston Engine 4 cylinder* sehingga mudah dipahami oleh audien yang melihat.
2. Berat alat ringan sehingga memudahkan untuk dipindahkan.

Kekurangan Alat

1. Aksesoris pada alat peraga *piston Engine 4 cylinder* yang dibuat belum lengkap dibandingkan mesin *piston Engine* yang sesungguhnya.
2. Alat peraga *crankshaft* mudah berkarat apabila diletakan ditempat yang lembab sehingga perlu diberi pelumas agar mengurangi korosi.

Uji Coba Taruna Lain Sebagai Responden Hasil Tanpa Alat Peraga

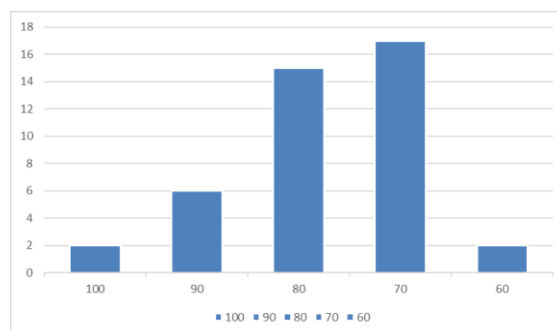


Gambar 4.5 Hasil Tanpa Alat Peraga
(Sumber : Penulis)

Data tes yang diperoleh dari pemahaman tanpa alat peraga diujikan ke 2 kelas terdapat 42 taruna yang mengikuti tes, sebanyak 42 taruna memperoleh hasil dengan rata rata 49% dari pemahaman tanpa menggunakan alat peraga, pada gambar 4.5 merupakan hasil yang didapat dari pemahaman tanpa menggunakan alat peraga. Hasil menghitung rata-rata menggunakan rumus :

$$\text{Mean} = \frac{1}{42}(2060) = 49$$

Uji Coba Taruna Lain Sebagai Responden Hasil Menggunakan Alat Peraga

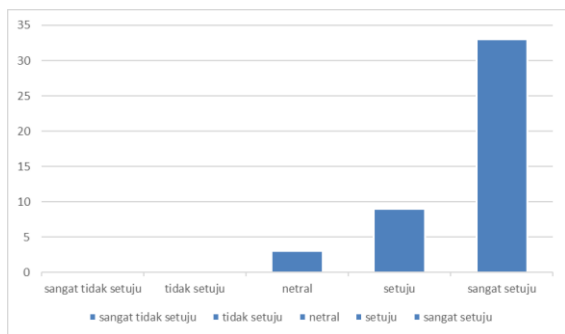


Gambar 4.6 Hasil Menggunakan Alat Peraga
(Sumber : Penulis)

Data tes yang diperoleh dari pemahaman menggunakan alat peraga diujikan ke 2 kelas terdapat 42 taruna yang mengikuti tes, sebanyak 42 taruna memperoleh hasil dengan rata rata 77% dari pemahaman menggunakan alat peraga, pada gambar 4.6 merupakan hasil yang didapat dari pemahaman menggunakan alat peraga. Hasil menghitung rata-rata menggunakan rumus :

$$\text{Mean} = \frac{1}{42}(3250) = 77$$

Survey Kepuasan



Gambar 4.7 Hasil *Survey* Kepuasan
(Sumber : Penulis)

Pada tahap ini telah dilakukan *survey* kepada taruna, pengambilan *survey* kepuasan dilakukan dengan cara pengisian kuisisioner kepada responden yang sudah ditentukan jumlahnya. Kuisisioner disampaikan dengan cara google formulir melalui link yang nantinya akan disebarakan ke kelas, dari *survey* ini dapat memudahkan untuk mengetahui pentingnya alat peraga dalam meningkatkan minat pembelajaran para taruna khususnya dalam materi *piston Engine*, analisis data *survey* ini diperoleh rata-rata 83%. Pada gambar 4.7 merupakan hasil dari *survey* kepuasan yang telah diambil dari 42 taruna. Hasil menghitung rata-rata menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{1}{42}(3525) \\ &= 83 \end{aligned}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil keseluruhan pengujian dan pengukuran terhadap rancangan, yaitu dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemampuan alat ini dapat membantu Taruna dalam proses pembelajaran materi *piston Engine 4 cylinder* di semester 3 pada bagian *Engine power, Principles of operation and terminology, ignition system*.
2. Pada alat ini dapat mempermudah Taruna untuk memahami pergerakan

dari berbagai komponen yang terdapat di *piston Engine*.

3. Dari pengujian rancangan alat peraga *piston Engine 4 cylinder* model *IN-LINE type Engine* didapatkan hasil bahwa semua komponen pada alat peraga *piston* bergerak dengan sempurna sesuai dengan *valve Timing* komponen dan indicator lampu LED yang menandakan waktu pembakaran.
4. Dari pemahaman yang di peroleh dari taruna meningkat sebanyak 28% dengan menggunakan alat peraga.

Saran

Penulis menyadari bahwa rancangan alat peraga *piston Engine 4 cylinder model in-line upright type Engine* untuk praktik *piston Engine* di Hanggar Politeknik Penerbangan Surabaya masih belum sempurna. Oleh karena itu, untuk masa yang akan datang perlu diadakan pengembangan. Beberapa saran yang dapat penulis sampaikan demi kesempurnaan alat antara lain :

1. Rancangan ini dapat dikembangkan dengan memberi aksesoris tambahan seperti mesin pada aslinya, sehingga taruna dapat lebih banyak wawasan terkait mesin 4 cylinder
2. Rancangan Alat ini perlu diperhatikan dalam segi perawatan dengan cara mengecek kondisi *bearing*, karet *vanbelt*, dan menambahkan pelumas pada sisi *crankshaft* supaya tidak terjadi korosi.
3. Dalam proses penggunaan alat mesin 4 cylinder model in line ini perlu diperhatikan posisi klep *valve* dengan head *piston* apa saling bertabrakan, apabila bertabrakan perlu di *adjust* lagi *pulle adjustablenya*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asia Properti. (2021, 12 Juli). Kenali 10 Jenis Kabel Listrik Beserta Kegunaannya yang Paling Umum Digunakan. Diambil dari <https://www.rumah.com/~panduan-properti/inilah-10-jenis-kabel-listrik-beserta-kegunaannya23426>
- [2] Aviation Supplies & Academies, Inc. Newcastle, Washington. Federal Aviation Administration. Aircraft System (Chapter 7).
- [3] Bent, Ralph D. & McKinley, James L. (1996). Aircraft Powerplant. New York: McGraw-Hill Book Company
- [4] Crane, Dale. (1996). Aviation Maintenance Technician Series. Powerplant.
- [5] Aviation Supplies & Academies, Inc. Newcastle, Washington.
- [6] Denso spark plug training manual, (2018)
- [7] Thomas W. Wild, (2018) Aircraft Powerplant Ninth Edition
- [8] Ilmu Kimia. (2020, 31 Agustus). Pengertian Besi, Sejarah, Jenis, Sifat, dan Manfaatnya. Diambil dari <https://www.pakarkimia.com/pengertian-besi/>
- [9] Hanipah, M. R. (2015). Development of a spark ignition free-*piston Engine* generator (Doctoral dissertation, Newcastle University).
- [10] Hisham, Suryana. (2019, 19 Mei). Pengertian dan Manfaat Pegas. Diambil dari <https://hisham.id/pengertian-dan-manfaat-pegas.html>
- [11] Huda, Deni N. (2012). Pengujian Untuk Kerja Variable Speed Drive VF – S9 dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 Hp. Politeknik Negeri Bandung Hal.34 -55
- [12] Kho, Dickson. (2014, 25 November). Pengertian *Power Supply* dan Jenis Jenisnya. Diambil dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-power-supply-jenis-catu-harga/>
- [13] Mikalsen, R., and A. P. Roskilly. (2010). "The control of a free-*piston Engine* generator. Part 2: *Engine* dynamics and *piston* motion control." *Applied Energy* 87.4 : 1281-1287.
- [14] OrdSolutions. (2019, 19 April). 3D Print: Working V8 *Engine* – Easy 3D printable on Thingiverse [File Video]. Diambil dari <https://www.youtube.com/~watch?v=s1757~WAu8om>
- [15] PT Santos Rubber. (2019). Karet Bumper : Kaki karet Meja dan Kaki Karet Kursi. Diambil dari <https://www.industrikaret.com/karet-kaki-meja.html>
- [16] Purnama, Arif Candra. (2016, 03 Februari). Komponen-komponen Mesin dan Fungsinya. Diambil dari <https://arifcandrapurnama.wordpress.com/~2016/~02/~03/komponen-komponen-mesin-dan-fungsinya-2/>
- [17] Shiddiq, M.Fajar. (2018, 31 Juli). Pengertian dan jenis baut dan mur (Bolt dan Nut) Diambil dari <https://siddix.blogspot.com/2018/07/pengertian-dan-jenis-baut-dan-mur-bolt.html>
- [18] Studi Elektronika. (2022). Motor DC – Pengertian, Prinsip Kerja, Jenis, & Aplikasi DC Motor. Diambil dari <https://www.webstudi.site/2019/08/Motor-DC.html>
- [19] Suzuki Indonesia. (2021). 5 Cara Mengencangkan Rantai Motor Kendur Biar Gak Bahaya. Diambil dari <https://www.suzuki.co.id/tips-trik/5-cara-meng-encang-kan-rantai-motor-kendur-biar-ga-bahaya>

- [20] Equations TutorVista. (2010, 30 April). Transistors - Introduction, History, Types,
- [21] Arifcandrapurnama. (2016, 03 Februari). Komponen-komponen Mesin dan Fungsinya. Diambil dari <https://arifcandrapurnama.wordpress.com/2016/02/03/komponenkomponen-mesin-dan-fungsinya-2/>