



RANCANG BANGUN ALAT *FUEL NOZZLE TESTER* MENGUNAKAN MEDIA BANTU *PNEUMATIC* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN GAS TURBINE

Hendri Louis Latif¹, Muhammad Agung Rahardjo², Muhammad Reyhan Al-akbari Jamaluddin³

^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Makassar

Jalan Salodong, Untia, Kec. Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90241

Email: hendri.louis@poltekbangmakassar.ac.id , muaraklatig77@gmail.com, reyhanalakbari1@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima, 24 Oktober 2023
Direvisi, 24 November 2023
Disetujui, 28 Desember 2023

Kata kunci:

Rancang Bangun
Fuel Nozzle
Fuel Nozzle Tester
Gas Turbin
Engine PT6A

ABSTRAK

Perawatan *fuel nozzle* diperlukan bila terjadi penyumbatan, biasanya disebabkan oleh penumpukan karbon di ujungnya. Ketika *fuel* mengalir pada salah satu *nozzle* lebih banyak daripada *nozzle* lain akan menyebabkan gas pembakaran yang keluar dari wilayah tersebut akan lebih panas dari rata-rata. Hal ini akan mengurangi usia bagian *hot section gas turbine engine*. Salah satu metode perawatan yang digunakan untuk mengetahui kondisi *fuel nozzle* yaitu dengan simulasi alat yang dilihat secara kasat mata untuk mengetahui kondisi dari *fuel nozzle*. Berdasarkan observasi, ketersediaan alat saat ini yaitu *fuel nozzle tester PT6A* menggunakan *jacking* belum kompleks dan belum maksimal dalam hal kinerja serta pengoperasiannya karena alat tersebut hanya dapat menguji persatu dari *fuel nozzle*, maka diperlukan inovasi yang tepat untuk mengatasi kendala yang terjadi. Pada penelitian ini dirancang *fuel nozzle tester* menggunakan media bantu *pneumatic*. Metode yang digunakan yaitu metode *research and development* dengan menghasilkan suatu barang dan kemudian di uji keefektifannya. Rancangan dimulai dengan menentukan desain, komponen alat, cara kerja selanjutnya teknik pengujian. Dari pengujian dilakukan analisa data untuk mengetahui keefektifan alat tersebut. Diketahui bahwa rancangan alat *fuel nozzle tester* menggunakan *pneumatic* dapat meningkatkan efektivitas dalam melakukan pengujian *fuel nozzle*. Pada saat pengujian *fuel nozzle engine PT6A* dengan menggunakan *fuel nozzle tester pneumatic* terdapat *fuel nozzle* dalam kategori *non acceptable* pada *fuel nozzle no.1* akibat terjadinya penyumbatan sehingga harus dilaksanakan *cleaning*. Kemudian dari data analisis hasil kuesioner menunjukkan bahwa alat ini sangat efektif digunakan pada media pembelajaran taruna dengan hasil kuesioner desain alat : 98,3%, fungsi alat: 97,1%, kebermanfaatan alat: 97,1% sangat setuju.

Keywords :

Design
Fuel Nozzle
Fuel Nozzle Tester
Gas Turbine
Engine PT6A

ABSTRACT

Fuel nozzle maintenance is necessary if a blockage occurs, usually caused by carbon buildup at the tip. When more fuel flows through one nozzle than another nozzle, it will cause the combustion gas coming out of that area to be hotter than average. This will reduce the life of the hot section of the gas turbine engine. One of the maintenance methods used to determine the condition of the fuel nozzle is by simulating a tool that can be seen with the naked eye to determine the condition of the fuel nozzle. Based on observations, the current availability of tools, namely the PT6A fuel nozzle tester using jacking, is not yet complex and not yet optimal in terms of performance and operation because the tool can only test the fuel nozzle one by one, so appropriate innovation is needed to overcome the obstacles that occur. In this research, a fuel nozzle tester was designed using pneumatic auxiliary media. The method used is the research and development method by producing an item and then testing its effectiveness. The design begins with determining the

design, tool components, working methods and then testing techniques. From the test, data analysis was carried out to determine the effectiveness of the tool. It is known that the design of a fuel nozzle tester using pneumatics can increase effectiveness in testing fuel nozzles. When testing the PT6A engine fuel nozzle using a pneumatic fuel nozzle tester, there was a fuel nozzle in the non-acceptable category on fuel nozzle no.1 due to a blockage so cleaning had to be carried out. Then, from the data analysis of the questionnaire results, it shows that this tool is very effective for use in cadet learning media with the results of the tool design questionnaire: 98.3%, tool function: 97.1%, tool usefulness: 97.1% strongly agree

Penulis yang sesuai:

Hendri Louis Latif

Prodi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Makassar

Jalan Salodong, Untia, Kec. Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90241

Surel : hendri_louis@dephub.go.id

1. PENDAHULUAN

Gas Turbin Engine adalah suatu mesin *thermal* dengan cairan fluida berupa udara dan bahan bakar yang proses pembakarannya secara internal. Energi panas yang dihasilkan dari hasil pembakaran diekspansikan pada turbin dan menghasilkan energi mekanik dan sisa gas pembakaran yang keluar dari turbin menjadi energi dorong. (Boyce, 2006). Salah satu sistem yang berperan dalam menghasilkan energi panas dari pembakaran pada *combustion chamber* yaitu *fuel system*. *Fuel system* merupakan alur proses pendistribusian *fuel* dari *fuel tank* hingga menuju *engine* untuk proses pembakaran. Terdapat beberapa komponen yang ada pada *fuel system* seperti *fuel tank*, *fuel heater*, *fuel pump unit*, *fuel control unit*, *fuel flow divider*, dan *fuel nozzle*. *Fuel nozzle* merupakan penyalur tempat mengalirnya *fuel* menuju ke *combustion chamber*. (Maintenance Manual Book Engine PT6A). *Fuel nozzle* terdapat pada ujung *combustion chamber*, yang berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar dan mengarahkannya ke *reaction zone* pada ruang bakar. Semakin sempurna kualitas penyemprotan, maka semakin sempurna pula proses pembakaran yang terjadi.

Perawatan *fuel nozzle* diperlukan bila terjadi penyumbatan, biasanya disebabkan oleh penumpukan karbon di ujungnya. Penyumbatan ini dapat terjadi disebabkan karena *fuel* berkualitas rendah atau dalam beberapa kasus, praktik pengoperasian yang tidak tepat. Ketika *fuel nozzle* terjadi penyumbatan dapat berdampak pada distribusi *fuel* tidak rata. Ketika *fuel* mengalir pada salah satu *nozzle* lebih banyak daripada *nozzle* lain akan menyebabkan gas pembakaran yang keluar dari wilayah tersebut akan lebih panas dari rata-rata. Hal ini akan mengurangi usia bagian *hot section gas turbine engine* yang terkena aliran yang lebih panas. (Phillips, J. N., dan Simas, P, 2004). Salah satu bentuk perawatan yang dapat dilakukan yaitu pemeriksaan secara berkala dan kalibrasi *fuel nozzle*.

Pada penerapannya kegiatan pemeriksaan *fuel nozzle* ini merupakan bagian objek pengerjaan perawatan yang dilaksanakan pada *Gas Turbine Engine Heavy Maintenance*. Metode perawatan yang digunakan untuk mengetahui kondisi *fuel nozzle* dan sebagai simulasi kerja alat yang dapat dilihat secara kasat mata. Selain itu, ada beberapa masalah yang akan timbul seperti, terjadinya kebocoran pada *fuel nozzle*, dan terjadinya penyumbatan pada *fuel nozzle* yang tidak diketahui, sehingga menambah kerusakan pada *engine PT6A*. Adapula pengujian serta maintenance *fuel nozzle* terdapat pada *Maintenance Manual Engine PT6A*. Pada kondisi saat ini, alat ini sudah ada sebelumnya yaitu *Fuel nozzle Tester Engine PT6A* menggunakan *Jacking*. Berdasarkan observasi yang dilakukan, *fuel nozzle tester PT6A* menggunakan *jacking* belum kompleks dan belum maksimal dalam hal kinerja serta pengoperasiannya karena alat tersebut hanya dapat menguji persatu dari *fuel nozzle*. Selain itu, alat ini juga masih menggunakan *jacking* sebagai *fuel pump* sehingga hanya dapat mengamati output *Fuel nozzle* sedikit demi sedikit sehingga mengalami kesulitan dalam melaksanakan praktik. Dengan adanya kendala yang terjadi dalam sistem pembelajaran atau praktikum, maka diperlukan inovasi yang tepat untuk mengatasi kendala yang terjadi. Diperlukan rancang bangun alat *fuel tester nozzle* untuk dapat menguji keseluruhan *fuel nozzle* secara bersamaan dan kepraktisan dalam penggunaan alat tersebut sehingga dapat meningkatkan efektivitas serta detail dalam pelaksanaan pemeriksaan *fuel nozzle*. Inovasi yang dapat dilakukan salah satunya yaitu alat *fuel nozzle tester* menggunakan media bantu pneumatic (compressor) sebagai *fuel Pump* dari reservoir (*fuel tank*) ke *fuel divider*. *Fuel nozzle tester* ini diharapkan dapat menguji semua *fuel nozzle* secara bersamaan sehingga dapat diketahui kondisi dari *fuel nozzle* tersebut apakah masuk pada kategori *acceptable* atau *non acceptable*.

2. METODE

Metode yang dilakukan menggunakan pada penelitian yaitu metode pengembangan atau biasa disebut *Research and Development* (R & D). Menurut (Yahdi Kusnadi, 2016) penelitian R & D adalah suatu jenis penelitian yang berfungsi untuk menghasilkan sesuatu yang baru dan dilanjutkan dengan pengujian. Penelitian R & D merupakan metode penelitian yang menghasilkan suatu barang dan kemudian di uji keefektifannya (Hanafi, 2017). Berikut tahapan yang dilalui dalam penelitian ini :

1. Identifikasi masalah adalah suatu proses yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dengan cara membuat latar belakang masalah hingga perumusan masalah.
2. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan penulis dengan cara pengumpulan data, membaca, serta mengolah bahan penelitian. Seperti mencari materi di jurnal hingga buku.
3. Perancangan alat dan simulasi, proses dimana penulis membuat alat yang telah dirancang sedemikian rupa, dan melakukan simulasi alat yang telah dirakit.
4. Pengujian alat individu, proses dimana penulis menguji alat dengan tujuan mengecek alat berfungsi dengan baik dan sesuai sebelum melakukan pengujian dengan para ahli.
5. Pengujian alat oleh ahli, proses dimana penulis dan para ahli menguji alat dengan tujuan mengecek alat berfungsi dengan baik dan sesuai jika alat tersebut berhasil dalam simulasinya maka dapat melanjutkan tahap berikutnya.
6. Analisa data, penulis menjelaskan suatu data agar lebih mudah dipahami, selanjutnya dibuat sebuah kesimpulan. Kesimpulan dari analisis data didapatkan dari sampel yang umumnya dibuat berdasarkan pengujian.
7. Kesimpulan, membuat kesimpulan dari hasil yang telah diperoleh.

2.1. Desain Perancangan

A. Kondisi Saat ini

Dalam melaksanakan kegiatan pemeriksaan *fuel nozzle* pada praktik *Gas Turbine Engine Heavy Maintenance* terdapat alat untuk mengetahui kondisi dan sebagai simulasi kerja alat *fuel nozzle* yaitu *fuel tester nozzle* menggunakan *jacking*. Namun berdasarkan observasi dan penggunaan alat, alat ini masih kurang efektif untuk menunjang kegiatan pemeriksaan *fuel nozzle*. Hal ini disebabkan karena alat tersebut hanya dapat menguji persatu dari *fuel nozzle*. Selain itu, alat ini juga masih menggunakan *jacking* sebagai *fuel pump* sehingga hanya dapat mengamati output *spray fuel nozzle* yang keluar sedikit demi sedikit sehingga kesulitan untuk melihat kondisi *fuel nozzle*.



Gambar 1. Kondisi Saat Ini *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan *Jacking*

B. Kondisi yang diinginkan

Berdasarkan pada kondisi saat ini, maka perlu dirancang alat *fuel nozzle tester* yang lebih efektif dan efisien. Rancangan *fuel nozzle tester* yang baru dibuat dengan bantuan tenaga *pneumatic*. Dengan tenaga *pneumatic* dapat diuji *fuel nozzle* keseluruhan secara bersamaan. Kapasitas *fuel tank* pada *fuel tester nozzle* yang baru juga lebih besar ukurannya daripada sebelumnya ini bertujuan untuk dapat menampung lebih banyak *fuel* yang akan diuji pada *fuel nozzle*. Selain itu, terdapat *fuel gauge* yang digunakan untuk mengetahui besaran tekanan yang dikeluarkan untuk menguji tiap *fuel nozzle*.

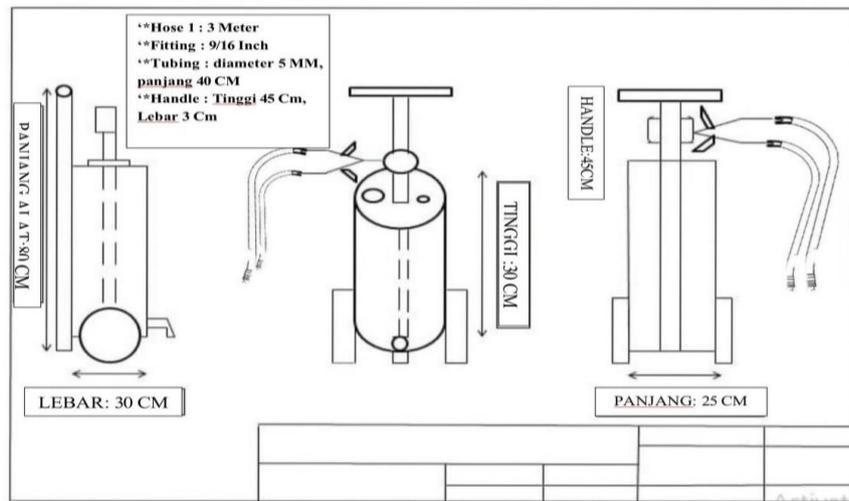
Komponen alat yang digunakan dalam rancangan *fuel nozzle tester* ini yaitu :

- 1) *Reservoir*
- 2) *Compressor*

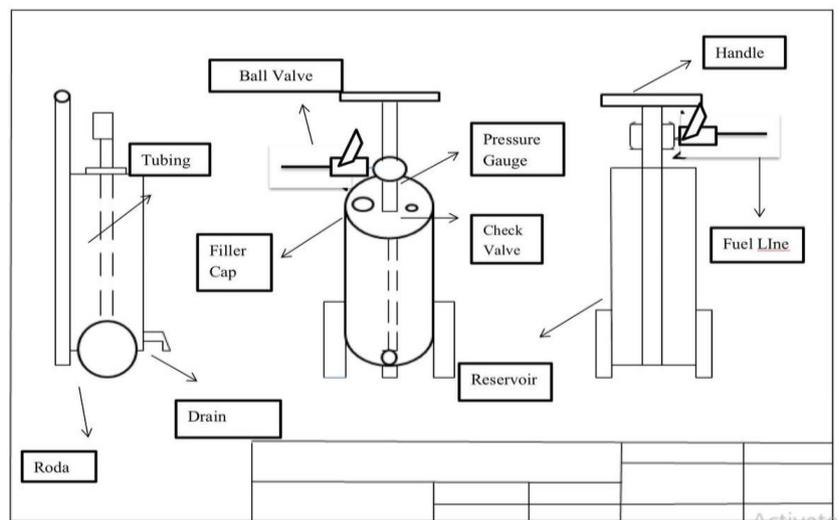
- 3) *Check Valve*
- 4) *Pressure Gauge*
- 5) *Tubing*
- 6) *Hose and Fitting*
- 7) *Drain Valve*
- 8) *Ball Valve*

Berikut ditampilkan, desain lengkap dan ukuran dari alat *fuel nozzle tester* menggunakan pneumatic:

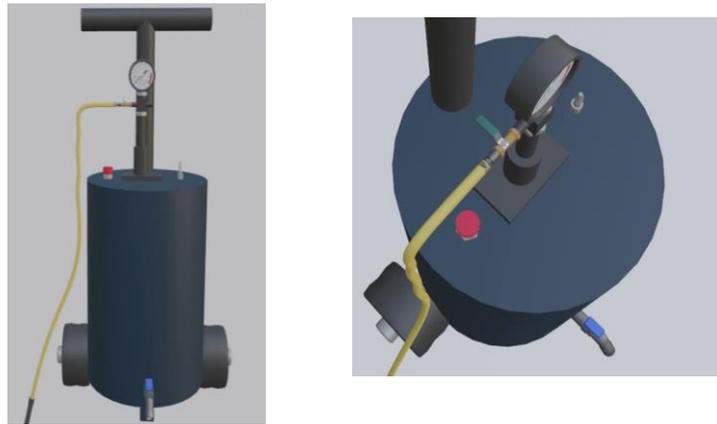
- 1) *Hose* : 3 m
- 2) *Fitting*: 9/16 Inch
- 3) *Tubing*: Panjang 40 cm (Diameter 5 mm)
- 4) *Handle*: Tinggi 45 cm, Lebar 3 Cm
- 5) *Tinggi Reservoir*: 30 cm



Gambar 2. *Design 2D* alat *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan *Pneumatic*



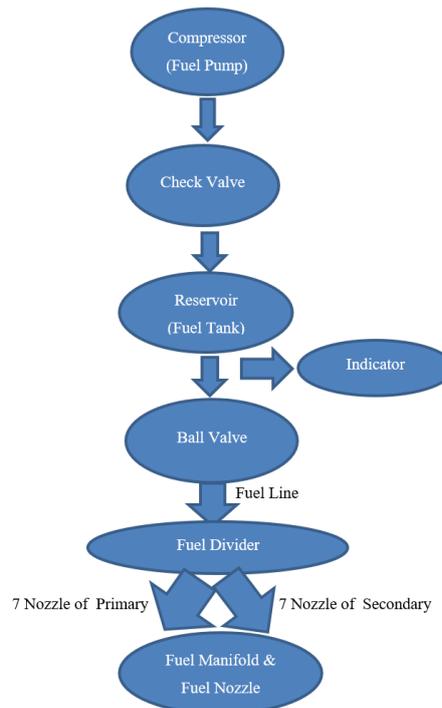
Gambar 3. *Komponen - Komponen* pada *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan *Pneumatic*



Gambar 4. Design 3D pada *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan Pneumatic

2.2. Cara Kerja Alat

Fuel nozzle tester engine PT6A menggunakan media bantu pneumatic ini digunakan untuk menguji *fuel nozzle* yang terdapat pada *flow divider engine PT6A turboprop* di *Workshop A Engine Shop Politeknik Penerbangan Makassar* yang mana penggunaan dari *fuel nozzle* ini dengan menyambungkan *inlet flow divider, fuel manifold* dan seluruh *fuel nozzle* yang telah dipisahkan dari *fuel line* ke alat *fuel nozzle tester engine PT6A* menggunakan media bantu *pneumatic* melalui selang, kemudian sambungkan alat *fuel nozzle tester engine PT6A* menggunakan media bantu *pneumatic* ke *compressor*, lalu nyalakan *compressor* agar terdapat tekanan udara pada *fuel tank* sebagai *fuel pump* agar *fuel* yang berada pada *fuel tank* dapat mengalir melalui *tubing* yang berada dalam *fuel tank* menuju ke *ball valve*. Ketika *ball valve* diarahkan ke arah “*Open Position*” maka *fuel* akan mengalir menuju ke *flow divider* melalui selang lalu mengalir melalui *fuel manifold* dan terjadi *vaporizing* yang dilakukan oleh *fuel nozzle*. Dari setiap *output spray* pada masing-masing *fuel nozzle*, kita dapat mengetahui kondisi setiap *fuel nozzle* tersebut seperti cara kerja *fuel system engine PT6A* pada umumnya. Bila tidak terjadi *vaporizing* pada *fuel nozzle*, maka perlu pengecekan dan pembersihan lebih lanjut sesuai *maintenance manual book engine PT6A*.



Gambar 5. Alur Kerja *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan Pneumatic

2.3. Teknik Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui rancangan alat *fuel tester nozzle* menggunakan pneumatic ini dapat berkerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mencoba alat *fuel tester nozzle* ini ke tiap-tiap *fuel nozzle* dengan mengikuti *maintenance manual book engine PT6A*. Dari hasil pengujian ini diharapkan alat *fuel tester nozzle* menggunakan pneumatic ini berfungsi dengan baik sehingga dapat diketahui kondisi *fuel nozzle* PT6A ini apakah dapat menyemprotkan *fuel* dengan baik atau tidak. Apabila terjadi *fuel nozzle* tidak dapat menyemprotkan *fuel*, maka perlu pengecekan dan pembersihan lebih lanjut sesuai *maintenance manual book engine PT6A*.



Gambar 6. Pengujian *Fuel nozzle Tester* Menggunakan Pneumatic

2.4. Teknik Teknik Analisa Data

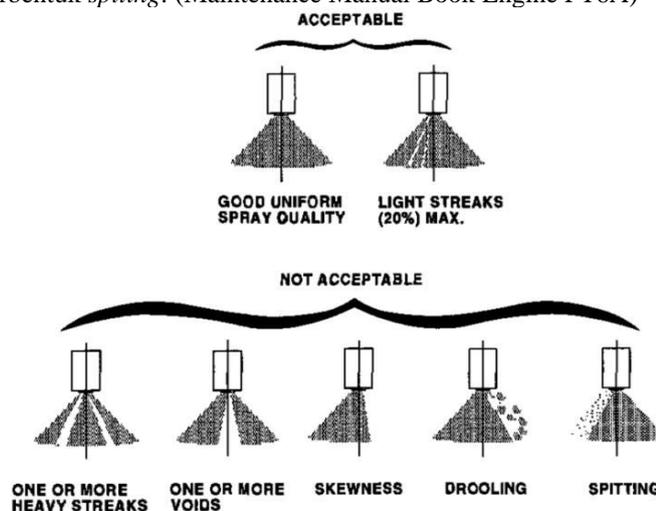
Analisa data dilakukan dari hasil data pengujian menggunakan alat *fuel nozzle tester* dengan output spray *fuel nozzle*. Dari output *spray* dapat diketahui kondisi setiap *fuel nozzle* tersebut apakah masih dalam kategori *acceptable* atau non *acceptable*. Penentuan kategori tersebut berdasarkan dari *maintenance manual book engine PT6A*. Berikut masing -masing kategori output *spray* pada *fuel nozzle* :

A. *Acceptable*

- Hasil *spray* yang baik
- Hasil *spray* garis putus-putus ringan (20%)

B. *Non Acceptable*

- Hasil *spray* garis berat satu atau lebih
- Hasil *spray* satu atau lebih rongga
- Hasil *spray* tidak simetris
- Hasil *spray* berbentuk *drooling*
- Hasil *spray* berbentuk *spiting*. (Maintenance Manual Book Engine PT6A)



Gambar 7. Kategori *Spray Fuel nozzle*

Selain itu *fuel nozzle* tersebut dapat diketahui jenis dari *fuel nozzle* tersebut berdasarkan tekanan pada *fuel*, jenis *fuel nozzle* tersebut yaitu :

- a. *Primary Fuel nozzle*
Primary fuel nozzle akan bekerja *vaporizing fuel*, ketika tekanan *fuel* mencapai 9-13 *psi*.
 (Maintenance Manual Book Engine PT6A)
- b. *Secondary Fuel nozzle*
Secondary fuel nozzle akan akan bekerja *vaporizing fuel*, ketika tekanan *fuel* mencapai 17-22 *psi*.
 (Maintenance Manual Book Engine PT6A)

Selanjutnya dilakukan pengujian produk dengan menerapkan produk ini ke taruna untuk dapat mengetahui efektivitas dan kebermanfaatan dari alat *fuel nozzle tester* menggunakan media bantu pneumatic ini. Data terkait efektivitas rancang bangun *alat tester fuel nozzle* menggunakan media bantu pneumatic sebagai media pembelajaran diperoleh dari hasil kuesioner para taruna melalui google form mengenai desain, fungsi, dan kebermanfaatan *alat fuel nozzle tester* menggunakan media bantu pneumatic ini. Dari hasil kuesioner tersebut kemudian dianalisis untuk dapat diketahui bagaimana keefektifan dari alat *fuel nozzle tester* menggunakan pneumatic ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Perbandingan Keefektifan Alat

No	Jenis Perbandingan	Gambar Perbedaan		Keterangan
		<i>Fuel Tester Nozzle</i> Lama (Jacking)	<i>Fuel Tester Nozzle</i> Baru (Pneumatic)	
1	Ukuran Fuel Tank			Ukuran fuel tank alat <i>fuel nozzle tester engine</i> PT6A menggunakan media bantu Pneumatic ini lebih besar dari pada ala sebelumnya yang menggunakan <i>jacking</i> . Hal ini lebih efektif dibanding alat sebelumnya karena mengisi fuel atau <i>refueling</i> hanya sekali pada saat pengujian.
2	Media Bantu			Alat <i>fuel nozzle tester engine</i> PT6A menggunakan media bantu pneumatic ini lebih efektif dibanding alat sebelumnya karena alat ini menggunakan bantuan pneumatic atau compressor sehingga tidak memerlukan tenaga yang lebih untuk memompa Jacking pada alat sebelumnya.

3 Penggunaan Alat



Alat *fuel nozzle tester engine PT6A* menggunakan media bantu *pneumatic* ini lebih efektif dibandingkan alat sebelumnya karena alat ini menguji *Fuel nozzle* secara 14 *nozzle* sekaligus dan pada alat sebelumnya hanya bisa menguji *Nozzle* satu persatu.

Kemudian dilakukan hasil pengujian pada seluruh *fuel nozzle* menggunakan *fuel nozzle tester* diperoleh data visual aliran spray dari tiap *fuel nozzle* pada tabel dibawah berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Coba *Fuel nozzle* dengan *Fuel Nozzle Tester* Menggunakan *Pneumatic*

No	Gambar <i>Fuel Nozzle</i>	Hasil	Keterangan
	● <i>Fuel nozzle 1</i>		
1			Pada saat pengujian, <i>fuel nozzle</i> pertama tidak <i>vaporizing (stuck)</i> dapat diketahui bahwa <i>fuel nozzle</i> 1 ini kondisinya <i>non acceptable</i>
	● <i>Fuel nozzle 2</i>		
2			Pada saat pengujian, <i>fuel nozzle</i> kedua terlihat melakukan <i>vaporizing</i> dengan cepat dan hasil <i>spray</i> berbentuk <i>high pressure</i> serta masih kondisi <i>acceptable</i> dan dapat diketahui bahwa <i>fuel nozzle</i> 2 ini merupakan <i>primary fuel nozzle</i> .
	● <i>Fuel nozzle 3</i>		
3			Pada saat pengujian, <i>fuel nozzle</i> 3 terlihat melakukan <i>vaporizing</i> dengan cepat dan hasil <i>spray</i> berbentuk <i>high pressure</i> serta masih kondisi <i>acceptable</i> dan dapat diketahui bahwa <i>fuel nozzle</i> 3 ini merupakan <i>primary fuel nozzle</i> .

- *Fuel nozzle 4*

4



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 4* terlihat melakukan *vaporizing* dengan cepat dan hasil *spray* berbentuk *high pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat diketahui bahwa *fuel nozzle 4* ini merupakan *primary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 5*

5



Pada saat pengujian, *Fuel nozzle 5* terlihat melakukan *vaporizing* dengan lemah dan hasil *spray* berbentuk *low pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 5* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 6*

6



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 6* terlihat melakukan *vaporizing* dengan kurang cepat dan hasil *spray* berbentuk *intermediate pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 6* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 7*

7



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 7* terlihat melakukan *vaporizing* dengan kurang cepat dan hasil *spray* berbentuk *intermediate pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 7* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 8*

8



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 8* terlihat melakukan *vaporizing* dengan kurang cepat dan hasil *spray* berbentuk *intermediate pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 8* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 9*

9



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 9* terlihat melakukan *vaporizing* dengan kurang cepat dan hasil *spray* berbentuk *intermediate pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 9* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 10*

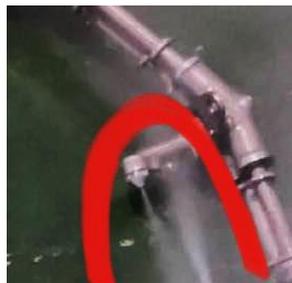
10



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 10* terlihat melakukan *vaporizing* dengan kurang cepat dan hasil *spray* berbentuk *intermediate pressure* masih kondisi *acceptable* dan dapat kita ketahui bahwa *fuel nozzle 10* ini merupakan *secondary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 11*

11



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 11* terlihat melakukan *vaporizing* dengan cepat dan hasil *spray* berbentuk *high pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat diketahui bahwa *fuel nozzle 11* ini merupakan *primary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 12*

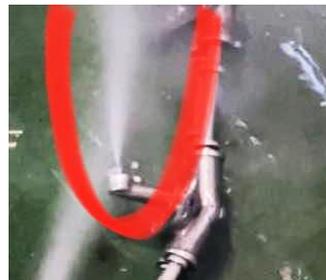
12



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 12* terlihat melakukan *vaporizing* dengan cepat dan hasil *spray* berbentuk *high pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat diketahui bahwa *fuel nozzle 12* ini merupakan *primary fuel nozzle*.

- *Fuel nozzle 13*

13



Pada saat pengujian, *fuel nozzle 13* terlihat melakukan *vaporizing* dengan cepat dan hasil *spray* berbentuk *high pressure* serta masih kondisi *acceptable* dan dapat diketahui bahwa *fuel nozzle 13* ini merupakan *primary fuel nozzle*.

14	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fuel nozzle 14</i> 			<p>Pada saat pengujian, <i>fuel nozzle 14</i> terlihat melakukan <i>vaporizing</i> dengan cepat dan hasil <i>spray</i> berbentuk <i>high pressure</i> serta masih kondisi <i>acceptable</i> dan dapat diketahui bahwa <i>fuel nozzle 14</i> ini merupakan <i>primary fuel nozzle</i>.</p>
----	---	---	--	---

Tabel 3. Hasil Kueisoner Efektivitas Alat *Fuel Tester Nozzle* dengan Pneumatic

No	Pertanyaan	Jawaban				
		STS	TS	N	S	SS
A	Desain Alat					
1	Apakah anda setuju desain <i>fuel nozzle tester</i> menggunakan media bantu pneumatic lebih efektif dan efisien dibanding alat tester <i>fuel nozzle</i> sebelumnya?	-	-	-	1,4%	98,6%
2	Apakah dengan menggunakan pneumatic, praktikum menjadi lebih mudah dibanding memakai <i>jacking</i> ?	-	-	-	1,4%	98,6%
3	Apakah dengan menyambungkan ke <i>fuel divider</i> , alat ini dapat menguji <i>fuel</i> secara bersamaan (multi <i>fuel nozzle</i>)?	-	-	-	1,4%	98,6%
4	Apakah anda setuju alat <i>fuel nozzle tester</i> ini dapat menampung <i>fuel</i> yang lebih banyak dibanding alat sebelumnya?	-	-	-	1,4%	98,6%
5	Apakah <i>hose</i> (selang) yang digunakan pada alat ini cukup panjang untuk melakukan praktikum?	-	-	-	2,9%	97,1%
	Jumlah	-	-	-	1,7%	98,3%
B	Fungsi					
1.	Apakah komponen pada alat <i>fuel nozzle tester</i> telah bekerja sesuai dengan fungsinya?	-	-	-	2,9%	97,1%
2.	Apakah alat ini mampu mengalirkan <i>fuel</i> secara <i>continuous</i> ?	-	-	-	2,9%	97,1%
3.	Apakah alat ini mampu menguji seluruh <i>fuel nozzle</i> secara bersamaan?	-	-	-	2,9%	97,1%
4.	Apakah anda dapat membedakan <i>primary</i> dan <i>secondary fuel nozzle</i> dengan menggunakan alat ini ketika praktikum berlangsung?	-	-	-	2,9%	97,1%
5.	Apakah kondisi <i>fuel nozzle</i> dapat dipahami lebih baik menggunakan alat ini?	-	-	-	2,9%	97,1%
	Jumlah	-	-	-	2,9%	97,1%
C	Kebermanfaatan					
1.	Apakah anda lebih paham dengan hasil praktikum saat menggunakan alat <i>fuel nozzle tester</i> ini?	-	-	-	2,9%	97,1%
2.	Apakah dengan menggunakan alat ini dapat mengefisienkan waktu taruna dalam melaksanakan praktikum?	-	-	-	2,9%	97,1%
3.	Apakah alat <i>fuel nozzle tester</i> ini dapat memudahkan taruna untuk mengetahui kondisi <i>fuel nozzle</i> ?	-	-	-	2,9%	97,1%

4.	Apakah alat ini tidak menguras banyak tenaga taruna dalam proses praktikum karena menguji multi <i>fuel nozzle</i> ?	-	-	-	2,9%	97,1%
5.	Apakah dengan adanya alat ini anda lebih tertarik dalam melakukan praktikum?	-	-	-	2,9%	97,1%
6.	Apakah anda merasa nyaman melaksanakan praktikum menggunakan alat <i>fuel nozzle tester</i> ini?	-	-	-	2,9%	97,1%
Jumlah		-	-	-	2,9%	97,1%
Total Keseluruhan		-	-	-	2,5%	97,5%

Berdasarkan analisis hasil data kuesioner diatas yang ditujukan kepada taruna tingkat tinggi, dapat disimpulkan bahwa 97,5% taruna/i sangat setuju atas keefektifan alat *fuel nozzle tester engine* PT6A menggunakan media bantu pneumatic ini yang dimana terdiri atas tiga kualifikasi, yaitu:

- Desain Alat: 98,3% Sangat setuju, menunjukkan bahwa desain alat *fuel nozzle tester engine* PT6A menggunakan media bantu pneumatic lebih efektif dan efisien dibandingkan alat *fuel nozzle tester engine* menggunakan *jacking*
- Kebermanfaatan Alat: 97,1% Sangat setuju, menunjukkan bahwa alat *fuel nozzle tester engine* PT6A menggunakan media bantu pneumatic ini bermanfaat dan membantu sebagai media pembelajaran Taruna.
- Fungsi Alat: 97,1% Sangat setuju, menunjukkan bahwa alat *fuel nozzle tester engine* PT6A menggunakan media bantu pneumatic ini berfungsi sebagaimana fungsinya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan alat *fuel nozzle tester* dapat diketahui bahwa rancangan alat *fuel nozzle tester* menggunakan *pneumatic* dapat meningkatkan efektivitas dalam melakukan pengujian *fuel nozzle*. Hal itu ditinjau dari perbandingan dengan *fuel tester nozzle* lama yaitu dari aspek kapasitas, kepraktisan penggunaan, hingga pengujian *fuel nozzle*. Pada saat pengujian *fuel nozzle engine* PT6A dengan menggunakan *fuel nozzle tester pneumatic* terdapat *fuel nozzle* dalam kategori *non acceptable* pada *fuel nozzle* no.1, karena terjadi penyumbatan aliran *fuel* sehingga harus dilaksanakan *cleaning*. Dari data analisis hasil kuesioner para taruna/i menunjukkan bahwa alat ini sangat efektif digunakan pada media pembelajaran Taruna. Adapula hasil kuesioner para Taruna/i sebagai berikut:

- Desain Alat : 98,3%
- Fungsi Alat: 97,1%
- Kebermanfaatan Alat: 97,1%

REFERENSI

- [1] Baehaki, I. A., Teknika, A., Iii, T., Diploma, P., Pelayaran, I. I. I., & Surabaya, P. P. (2020). *Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Proses Pembakaran Mesin Diesel Di Kapal Mt . Sp4Bsi Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Proses Pembakaran Mesin Diesel Di Kapal Mt . Sp4Bsi*.
- [2] Bintang, S., Mulyana, D., & Medan, U. N. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Teknik Instalasi Penerangan Listrik Bangunan Pada SMK Negeri 2 Medan*. 05, 246–251.
- [3] Boyce, M. P. (2006). Gas Turbine Engineering Handbook. In *Gas Turbine Engineering Handbook*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7846-9.X5000-7>
- [4] Hanafi. (2017). Konsep Penelitian R&D Dalam Bidang Pendidikan. *Jurnal Kajian Keislaman*, 4(2), 129–150. <http://www.aftanalisis.com>
- [5] Mohd Jalil Bin Ahmad, M. N. B. A. H. (2019). Pembangunan Fuel Injector Tester untuk Pengajaran dan Pembelajaran Modul. *Journal of Technical and Vocational Education*, 1, 51–60.
- [6] Phillips, J. N., & Simas, P. (2004). Gas turbine *fuel nozzle* refurbishment. *Hydrocarbon Processing*, 83(1), 72-74.
- [7] Turbine, United. n.d. *Training Manual PT6A*. MIAMI, FLORIDA.
- [8] Whitney, Prat &. n.d. *Maintendnce Manual PT6A-6 & PT6A-20*. Brisbane: Aircraft Technical Publishers.
- [9] Wira, G. (n.d.). – 3 ? 3 ? ? ., 1, 59–68.
- [10] Yahdi Kusnadi, M. (2016). PARADIGMA Vol. XVIII. No.2 September 2016 PENGARUH KETERIMAAN APLIKASI PENDAFTARAN ONLINE TERHADAP JUMLAH PENDAFTAR DI SEKOLAH DASAR NEGERI JAKARTA. *Paradigma*, XVIII(2), 89–101.