

RANCANG BANGUN ALAT PERAGA AXIAL FLOW TURBINE DENGAN MENGGUNAKAN TENAGA ELECTRICAL SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN AMTO

James Siregar^{1*}, Lalu Giat Juangsa Putra¹, Rizky Pratama Hudhajanto¹, Dicky Reza Prawira¹

¹ Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: james@polibatam.ac.id

Article history

Received:

26-06-2021

Accepted:

15-12-2021

Published:

30-12-2021

Copyright © 2021
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Perawatan pesawat udara menjadi hal yang sangat penting dalam keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, ICAO (*International Civil Aviation Organization*) mengatur secara ketat orang-orang yang dapat melakukan proses perawatan tersebut. Untuk dapat menjadi seorang mekanik atau engineer yang merawat pesawat udara perlu memiliki 3 tahapan yaitu *basic certificate*, *type rating* dan *AMEL (Aircraft Maintenance Engineering License)*. Saat ini di Indonesia hanya ada 13 AMTO (*Aircraft Maintenance Training Organization*) yang dapat mengeluarkan sertifikat tersebut. Terbatasnya sekolah AMTO ini dikarenakan fasilitas yang disyaratkan oleh otoritas sangat tinggi dan berharga mahal. Salah satu alat fasilitas tersebut adalah mesin *turboprop* yaitu jenis mesin pesawat pembangkit yang menggunakan *turbine gas* untuk menggerakkan *propeller*. Mahalnya fasilitas alat training tersebut yang dapat mencapai ratusan juta bahkan miliaran memunculkan ide untuk membuat suatu alat peraga sederhana tentang sistem *turboprop* secara umum yaitu *Axial Flow Turbine* yang menerapkan konsep dari mesin *turboprop* yang dimana *propeller* dapat berputar akibat *mechanical* dari *gear* yang bergerak yang bersumber dari motor *DC*. Pembuatan komponen *Axial Flow Turbine* menggunakan *lathe*, dan *milling*. Adapun material yang digunakan adalah *iron*, *plastic*, dan *rubber*. *Axial Flow Turbine* dapat menghasilkan rpm maksimal sebesar 200 rpm. Setelah melewati batas maksimum maka kemampuan *propeller* untuk memutar akan menurun secara signifikan. Pada akhirnya alat peraga *Axial Flow Turbine* dapat digunakan sebagai media pembelajaran khususnya sistem *turboprop*.

Kata Kunci: Alat peraga, AMTO, Penerbangan, *Turboprop*, *Axial Flow Turbine*.

Abstract

Aircraft maintenance is very important in aviation safety. Therefore, ICAO (International Civil Aviation Organization) strictly regulates the people who can carry out the maintenance process. To be able to become a mechanic or engineer who maintains aircraft, it is necessary to have 3 stages, namely the basic certificate, type rating and AMEL (Aircraft Maintenance Engineering License). Currently in Indonesia there are only 13 AMTO (Aircraft Maintenance Training Organizations) that can issue the certificate. AMTO schools are limited because the facilities required by the authorities are very high and expensive. One of these facilities is a turboprop engine, a type of generator aircraft engine that uses a gas turbine to drive the propeller. The high cost of the training equipment facilities, which can reach hundreds of millions or even billions, gave rise to the idea to make a simple teaching aid about turboprop systems in general, namely the Axial Flow Turbine which applies the concept of a turboprop engine where the propeller can rotate due to mechanical motion from the gear that comes from the DC motor. Manufacture of Axial Flow Turbine components using lathe, and milling. The materials used are iron, plastic, and rubber. The Axial Flow Turbine can produce a maximum rpm of 200 rpm. After passing the maximum limit, the propeller's ability to rotate will decrease significantly. In the end, the Axial Flow Turbine teaching aid can be used as a learning medium, especially the turboprop system.

Keywords: learning aid, AMTO, Aviation, *Turboprop*, *Axial Flow Turbine*

1.0 PENDAHULUAN

Perkembangan industri jasa penerbangan di Indonesia, khususnya untuk penerbangan komersial berjadwal semakin marak, sejak dikeluarkannya regulasi yang mengatur transportasi udara pada tahun 1999, berupa serangkaian paket regulasi, salah satunya adalah Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 81 Tahun 2004 tentang pendirian perusahaan penerbangan di Indonesia [1]. Banyaknya jumlah maskapai penerbangan yang beroperasi di Indonesia secara langsung menciptakan persaingan yang cukup ketat. Walaupun menghadapi tekanan dengan meningkatnya harga bahan bakar, industri penerbangan nasional tetap mengalami pertumbuhan yang pesat [2].

Seiring pertumbuhan penerbangan yang pesat di Indonesia maka dibutuhkan juga mekanik yang handal dan tersertifikasi. Di Indonesia sendiri sekolah untuk mendapatkan sertifikasi untuk menjadi mekanik yaitu AMTO saat ini hanya ada 13 sekolah saja [3]. Sulitnya membuka sekolah AMTO dikarenakan persyaratan yang sangat tinggi terutama dalam bagian fasilitas membuat perusahaan penerbangan kesulitan mendapatkan tenaga mekanik [3,8].

Dalam paper ini akan dibuat suatu alat peraga sederhana tentang sistem turboprop secara umum yaitu *Axial Flow Turbine* yang menerapkan konsep dari mesin *turboprop* yang menyebabkan propeler dapat berputar akibat *mechanical* dari gear yang bergerak yang bersumber dari motor DC. Pemilihan alat peraga ini dikarenakan banyaknya angkutan udara perintis pada negara kepulauan Indonesia yang melayani jaringan dan rute penerbangan untuk menghubungkan daerah terpencil dan tertinggal atau daerah yang belum terlayani oleh mode transportasi lain dan secara komersial belum menguntungkan [4,9].

Pesawat perintis menggunakan mesin *turboprop*, yaitu mesin *turbojet* yang menggunakan turbin gas untuk menggerakkan propeler [10]. Turbin gas dirancang khusus untuk menggerakkan baling-baling. Mesin gas buang mengandung energi sedikit dibandingkan dengan mesin jet. Propeler digabungkan ke turbin melalui gigi reduksi yang mengubah rpm. Torsi dan rpm memiliki nilai yang sebanding, jika torsi *output* tinggi maka rpm menjadi tinggi, begitu sebaliknya. Propeler juga memiliki kecepatan konstan (*pitch variabel*) karena sifat *reciprocating* (mesin pembakaran internal di mana poros engkol diputar oleh piston yang bergerak naik dan turun di dalam silinder).

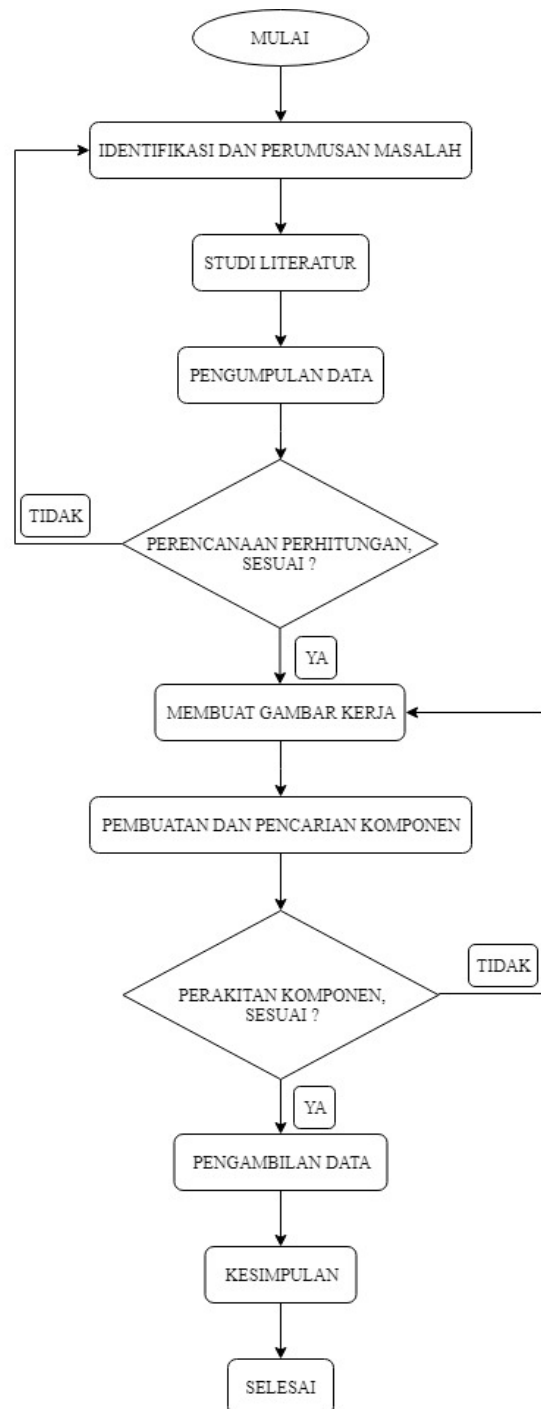
Keuntungan dari mesin turboprop tidak memerlukan landasan yang panjang untuk mendarat, dan sedikit penggunaan bahan bakar [5]. Namun, disatu sisi mesin ini menimbulkan kebisingan, dan tidak dapat melakukan perjalanan yang jauh. Sehingga disusunlah penelitian dengan membuat propeler yang digerakkan oleh *axial flow turbine* dan menggunakan tenaga elektrik.

Tujuan dari rancang bangun alat ini adalah untuk digunakan sebagai alat peraga untuk mengetahui proses cara kerja turbin yang menggerakkan *gearbox* agar dapat memutar *propeller*. Hal ini sebagai media pembelajaran *operation engine turboprop* secara umum sehingga memberikan manfaat antara lain memaparkan

proses tenaga elektrik yang bekerja menggunakan motor DC 12 Volt. Dengan pembuatan alat peraga ini diharapkan mampu mengurangi beban sekolah AMTO atau SMK berkurang dalam pemenuhan syarat fasilitas.

2.0 METODE

Pada proses pembuatan rancang bangun ini penulis menggunakan metode perbandingan skala, adapun diagram alir proses yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 [6].



Gambar 1: Flow chart proses rancang bangun

Agar rancang bangun ini dapat dilakukan dengan terarah, berikut dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan.

A. Mulai

Pada tahap ini segala sesuatu yang dibutuhkan dalam penyelesaian rancang bangun ini dipersiapkan dan direncanakan, baik itu materi, alat dan bahan yang akan digunakan, dsb.

B. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah yang merupakan suatu langkah awal sebelum menentukan rumusan masalah dalam suatu penelitian. Dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah diharapkan sudah siap dengan kendala-kendala yang akan dihadapi dalam rancang bangun alat peraga yang akan dibuat dan menemukan solusi untuk kendala-kendala tersebut.

C. Studi Literatur

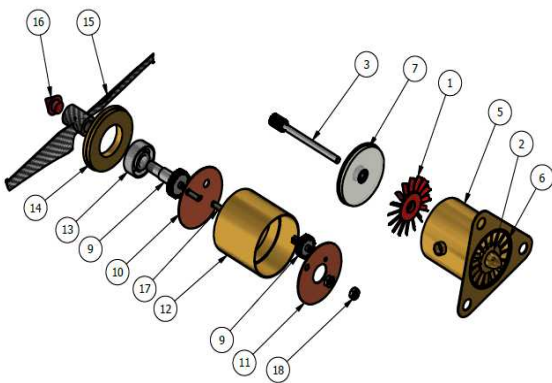
Studi literatur mengenai sistem *engine turboprop* melalui buku referensi dan juga *paper* atau jurnal terkait.

D. Pengumpulan data

Mengumpulkan data dari berbagai sumber yang berkaitan dengan sistem *engine turboprop*, baik dari jurnal maupun buku pembelajaran untuk menambah pengetahuan [7].

E. Perencanaan perhitungan

Setelah mengumpulkan data, dilakukan perencanaan dan perhitungan yang sesuai dengan konsep desain dari pesawat udara yang sesungguhnya. Gambar 2 dan Tabel 1 menunjukkan desain beserta komponen utama dari *Axial Flow Turbine* (AFT).



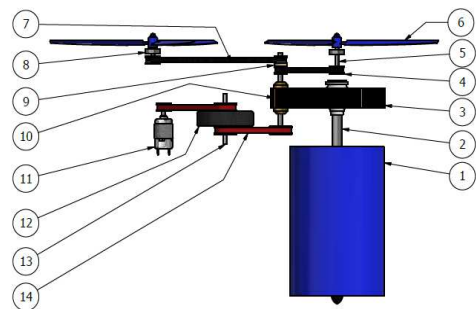
Gambar 2: Desain *Shaft* Utama dari AFT

Tabel 1: Komponen *Shaft* AFT Utama

PARTS LIST			
<i>ITEM</i>	<i>QTY</i>	<i>PART NUMBER</i>	<i>DESCRIPTION</i>
1	1	<i>Turbine</i>	-
2	1	<i>Inlet Cone</i>	-
3	1	<i>Shaft</i>	-
4	1	<i>Bearing F 619</i>	<i>Rolling bearings</i>
5	1	<i>Body 1</i>	-
6	1	<i>Ring of Inlet</i>	-
7	1	<i>Cover</i>	-
8	1	<i>Bearing F 602</i>	<i>Rolling Bearings</i>
9	2	<i>Spur Gear</i>	-
10	1	<i>Cover For Gear 2</i>	-
11	1	<i>Cover For Gear 1</i>	-
12	1	<i>Body 2</i>	-
13	1	<i>CSN 02 4645 - A 706</i>	<i>Single row angular contact ball bearings</i>
14	2	<i>Cover Back</i>	-
15	1	<i>Propeller</i>	-
16	1	<i>Cone</i>	-
17	2	<i>AS 1427</i>	<i>ISO metric machine screws</i>
18	2	<i>AS 1112</i>	<i>ISO metric hexagon nuts</i>

F. Membuat gambar kerja

Pada tahap ini gambar kerja dibuat menggunakan *Autodesk Inventor Professional 2019* yang mengacu kepada hasil dimensi yang telah diskalakan. *Design final* dari *Axial Flow Turbine* pada Gambar 3 dan *list part* seperti pada Tabel 2.



Gambar 3: Desain Pendukung *Shaft* AFT

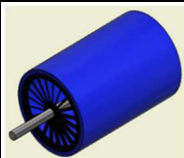

Tabel 2: Komponen dari Pendukung Shaft AFT

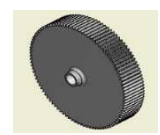


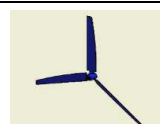

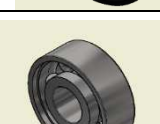

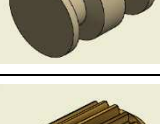
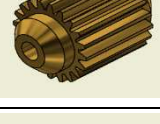



PARTS LIST			
ITEM	QTY	COMPONENT	MATERIAL
1	1	Turbine	Aluminium
2	1	Shaft 1	Iron
3	1	Gear 1	Plastic
4	2	Pulley 1	Rubber
5	2	Shaft 2	Iron
6	2	Propeller	Plastic
7	2	Premium Belting	Rubber
8	1	Bearing F 602	Rolling Bearings
9	1	Pulley 2	Rubber
10	1	Gear 2	Brass
11	1	Motor DC 12 Volt	-
12	1	Pulley 3	Plastic
13	1	Shaft 3	Iron
14	2	Regular Belting	Rubber

G. Pembuatan dan Pencarian Komponen

Pada tahap ini dijelaskan tentang langkah- langkah pembuatan rumah *Axial Flow Turbine* (komponen tenaga *electrical*). Rumah *Axial Flow Turbine* terbuat dari *acrylic*, dan kayu (sebelumnya; *acrylic*, dan *aluminium*). Komponen tenaga *electrical* seperti *pulley* dan *belting* diperoleh dari komponen-komponen pada radio. Beberapa komponen perlu dimodifikasi agar sesuai dengan skala yang dikonsepskan. Tabel 3 menunjukkan komponen pendukung dari keseluruhan AFT.

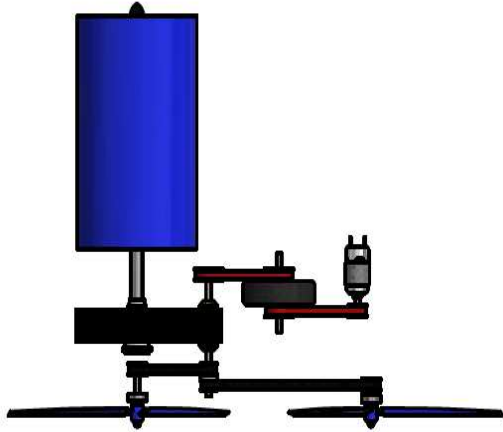
Tabel 3: Daftar Komponen Pendukung dari AFT

PARTS LIST		
COMPONENT	DIMENSION	OBTAINED
	$\varnothing = 6,5 \text{ cm}$ $\ell = 7,5 \text{ cm}$	Lathe and milling
	$\varnothing = 1 \text{ cm}$ $\ell = 3 \text{ cm}$	Lathe

	$\varnothing = 5,5 \text{ cm}$ $\ell = 1,5 \text{ cm}$	Bought at RC store
	$\varnothing = 1 \text{ cm}$ $\ell = 1,5 \text{ cm}$	From component radio
	$\varnothing = 0,5 \text{ cm}$ $\ell = 5,5 \text{ cm}$	Lathe
	$r = 6 \text{ cm}$	Bought at RC store
	$\varnothing = 4,5 \text{ cm}$	From component radio
	$\varnothing = 1 \text{ cm}$	Bought at RC store
	$\varnothing = 1 \text{ cm}$ $\ell = 2,5 \text{ cm}$	From component radio
	$\varnothing = 2 \text{ cm}$ $\ell = 1,5 \text{ cm}$	Bought at RC store
	-	Bought at RC store
	$\varnothing = 5 \text{ cm}$ $\ell = 1,5 \text{ cm}$	From component radio
	$\varnothing = 0,3 \text{ cm}$ $\ell = 5 \text{ cm}$	Lathe
	$\varnothing = 5 \text{ cm}$	Bought at RC store

H. Perakitan komponen *axial flow turbine*

Tahap ini merupakan tahap akhir dari pembuatan *axial flow turbine* yang menjelaskan tentang proses *assembly* komponen-komponen yang telah dibuat menggunakan *lathe* dan *milling*. Gambar 4 dibawah merupakan konsep design menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor Professional 2019*.



Gambar 4: Konsep design Axial Flow Turbine

I. Pengambilan data

Tahap ini menjelaskan tentang pengambilan data dari pengujian alat *Axial Flow Turbine* menggunakan *stopwatch* untuk mengukur *time*, *digital photo tachometer* untuk mengukur *rpm*, dan *infrared thermometers* untuk mengukur *temperature motor DC*.

J. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, tenaga *electrical* sangat mumpuni untuk membuat perputaran propeler secara konstan. Sehingga, penulis dapat menarik kesimpulan dari *route per minute* propeler saat berputar. Hanya saja *regular belting* harus diganti jika perputaran *gear* sudah melambat. Dikarenakan, *regular belting* memiliki bahan *rubber* yang biasa dibanding *premium belting*.

K. Selesai.

2.1 Konsep Desain Rumah Axial Flow Turbine

Konsep desain dirancang menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor Professional 2019*. Konsep ini dirancang sedemikian rupa dengan menempatkan posisi yang sesuai skala dari *belting*, *pulley*, dan *gear*. Karena peletakan komponen sangat berhubungan dengan adanya *gear reduction*. Terlebih sistem *belting* merupakan bahan yang elastis.

Axial Flow Turbine menggunakan *belting* bahan *premium* dan *regular*. *Belting premium* memiliki ketahanan yang cukup bagus untuk elastisitas dan jangka waktu yang lama untuk pemakaian. Sedangkan, *belting regular* memiliki ketahanan yang buruk dan memiliki jangka waktu singkat. Hal ini menyebabkan selalu ada *maintenance* apabila *belting* bahan *regular* mengalami *unconditional*.



Gambar 5: Desain Rumah Axial Flow Turbine

Untuk *final project*, rumah *axial flow turbine* menggunakan *acrylic* (dinding) dan kayu (dasar) yang dimana diertakan dengan menggunakan baut *JF (machine screw)* seperti dapat dilihat pada gambar 5.

2.2 Pemilihan Material

Dalam pembuatan komponen *Axial Flow Turbine* dibutuhkan pemilihan material yang khusus. Pada *belting* memiliki dua bahan yang berbeda yaitu *premium* dan *regular*. *Belting* bahan *premium* memiliki ketahanan elastisitas yang tinggi, bertahan pada jangka waktu yang lama, tetapi harganya cukup mahal dan sulit dicari. *Belting* bahan *regular* memiliki ketahanan elastisitas yang rendah, bertahan pada jangka waktu yang singkat, tetapi harganya murah dan mudah dicari. Pada Gambar 6 di bawah ini menunjukkan *regular belting* dalam *conditional* dan *unconditional*, dimana dalam kondisi ini dapat mempengaruhi penurunan *rpm* pada perputaran *propeller*.



Gambar 6: a) *Regular belting conditional*: b) *Regular belting unconditional*

Pada *gear* juga memiliki dua bahan yang berbeda yaitu *plastic* dan *brass*. Hal ini membuat gesekan antar *gear* tidak berat, sehingga dapat menimbulkan *reduction gear* yang rendah. Pada *pulley* menggunakan bahan *plastic* dan *rubber*, hal ini membuat *belting* ringan dalam memutar antar *pulley*. Setiap *shaft* berbahan *iron*, hal ini membuat ketahanan posisi antar

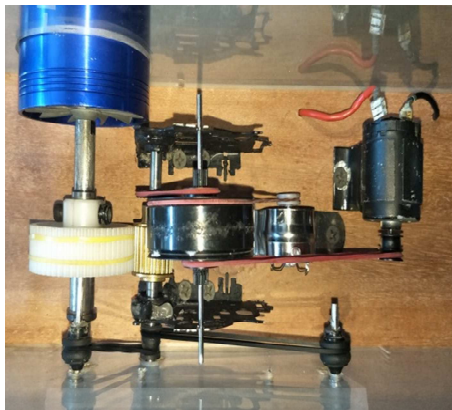
part menjadi lebih baik. *Propeller* menggunakan bahan *plastic*, hal ini membuat perputaran nya semakin mudah hingga *rpm* yang didapat menjadi lebih tinggi.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

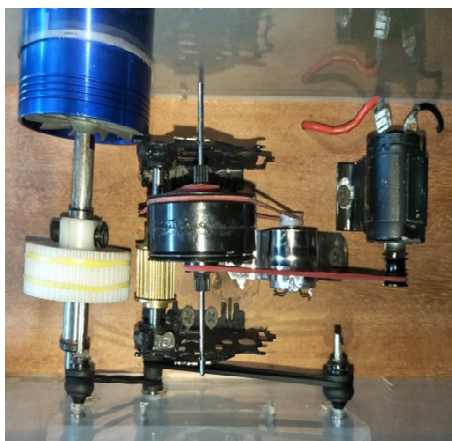
Setelah proses perancangan alat peraga *Axial Flow Turbine* selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan kualitas produk yang dibuat.

3.1 Pembahasan

Saat dilakukannya perakitan pada semua komponen perlu diperhatikan pada tiap posisi masing-masing komponen agar tidak terjadi *unbalance* pada sistem *belting* terhadap *pulley*, ataupun *gear* terhadap gear. Karet sangat mudah tergelincir jika tidak *center* pada posisi *pulley*, sedangkan gear sangat mudah lepas dari putaran jika tidak *center* terhadap *gear* yang bersinggungan, seperti pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 7: Center position



Gambar 8: Not Center position

Pada perakitan *propeller* dan *shaft* harus saling *centre* agar putaran *balance* (tidak baling) sehingga menghasilkan *rpm* yang baik. Begitu pula, perakitan antar *turbine*, *shaft*, dan *gear* harus saling *center* agar *turbine balance* dan membuat *turbine* berat memutar.

3.2 Pengujian dan Analisa Aaktu

Axial Flow Turbine menggunakan *motor DC* 12 volt sebagai pembangkit tenaga *propeller*. Dalam pengujian, perputaran propeler diukur menggunakan alat *Digital Photo Tachometer*. Untuk *Temperature motor DC* diukur oleh *Infrared Themometers*. Baterai yang digunakan sebagai sumber tenaga Motor DC memiliki spesifikasi *voltage* : 12 V, *battery* : 1.5 Ah.

Proses pengujian dilakukan 10 tahap selama selang waktu 50 menit dari setiap pengujian seperti pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4: Hasil Pengujian Efisiensi *Axial Flow Turbine*

NO.	TIME (min.)	RPM	TEMP. MOTOR DC (°C)
1.	05:00	0 - 200	29° - 33°
2.	10:00	200 - 200	33° - 36°
3.	15:00	200 - 200	36° - 37°
4.	20:00	200 - 180	37° - 38°
5.	25:00	180 - 180	38° - 40°
6.	30:00	180 - 150	40° - 43°
7.	35:00	150 - 130	43° - 45°
8.	40:00	130 - 100	45° - 48°
9.	45:00	100 - 60	48° - 50°
10.	50:00	60 - 0	50° - 52°

Pengujian pada tabel diatas murni hasil yang diuji pada *Axial Flow Turbine* hingga kondisi *battery* kehabisan daya. Dari tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa *maximum rpm* yang diperoleh sebesar 200 *rpm* hingga *rpm* yang diperoleh pada menit ke 5-15. Dapat dilihat juga bahwa *temperature motor DC* konsisten naik dari suhu awal 29 hingga 33 derajat celcius menjadi 50 sampai 52 derajat celcius pada menit ke 50. Kenaikan suhu ini dapat menurunkan efisiensi dari *Axial Flow Turbine* terlihat dari jumlah RPM yang menurun. Tabel 4 menunjukkan penurunan RPM hingga 70% ketika suhu mencapai 50⁰-52⁰ dari suhu awal 36⁰-37⁰.

4.0 KESIMPULAN

Dari rancang bangun *Axial Flow Turbine* dengan menggunakan tenaga *electrical* yang telah selesai dirancang dapat menghasilkan *rpm* maksimal sebesar 200 *rpm*. Setelah melewati batas maksimum maka kemampuan *propeller* untuk memutar akan menurun secara signifikan. Selain itu diketahui juga bahwa *temperature motor DC* meningkat terus sehingga diperlukan semacam *cooling*. Dibutuhkan baterai dengan kapasitas yang lebih besar sehingga waktu pengukuran dapat ditingkatkan. Secara keseluruhan Alat *Axial Flow Turbine* yang telah dirancang dapat digunakan sebagai alat peraga dalam kuliah mesin *turboprop*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keputusan Menteri Perhubungan No. 81 Tahun 2004.
- [2] “Bagaimana Proyeksi Industri Penerbangan Indonesia Tahun 2021?”, Kompas.com, 1 Januari 2021, 24 November 2021, <https://travel.kompas.com/read/2021/01/01/212500927/bagaimana-proyeksi-industri-penerbangan-indonesia-tahun-2021-?page=all>.
- [3] A. Octavianie, “Penerapan Safety Management System pada AMTO 147D-13 Program Studi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Makassar”, *Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, Vol. 3, No.2, 2020.
- [4] R.F. Suryawan, M. Fatchoelqorib, "Penerbangan Perintis dalam Mengembangkan Perekonomian di Pulau Karimunjawa", *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, Vol. 05, No. 02, 2018.
- [5] Reza, B.P. Fitrikananda, "Airbleed Indicator Faultilluminate Akibat Gangguan Pada Pressure Regulator Pada Sistem De-Icing Pesawat ATR 42-500", *INDEPT*, Vol. 6, No. 2, 2016.
- [6] W. D. Prasetyo, "Rancang Bangun Turbin Vortex Skala Kecil dan Pengujian Pengaruh Bentuk Penampang Suhu terhadap Daya", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Yogyakarta, 2018.
- [7] B. Rabeta, “Perbandingan Analisis Termodinamika Mesin TPE-331 dan PT6A-42 Terhadap Variasi Ketinggian Terbang”, *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, Vol. 5, No. 2, 2020.
- [8] F. Franciscus, “Review Klaster Mro Di Indonesia Dan Strategi Pengembangannya”, *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, Vol. IV, No. 4, 2019.
- [9] Y. B. Tangkilisan, “Kebijakan Penerbangan Perintis Di Indonesia: Latar Belakang, Tantangan Dan Kontribusi”, *Jurnal Kajian Budaya*, Vol. 1, No. 2, 2011.
- [10] Z. Ji, J. Qin, K. Cheng, H. Liu, S. Zhang, P. Dong, "Performance Evaluation of A Turbojet Engine Integrated With Interstage Turbine Burner And Solid Oxide Fuel Cell," *Energy*, Vol/. 168, pp. 702-711, 2019.