



## RANCANG BANGUN ALAT UJI PROPELLER BALANCE PADA FIXED DAN VARIABEL PITCH PROPELLER SEBAGAI MEDIA PRATIUM MATA KULIAH PROPELLER

Gema Agung Nurachmat<sup>1</sup>, Abraham Finani<sup>2</sup>, Musri Kona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Makassar, <sup>2</sup>Politeknik Penerbangan Jayapura

Jalan Salodong, Untia, Kec. Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90241  
Email: [agunggema9@gmail.com](mailto:agunggema9@gmail.com), [sahatjackie@gmail.com](mailto:sahatjackie@gmail.com), [musrikona78@gmail.com](mailto:musrikona78@gmail.com)

### Info Artikel

#### Sejarah artikel:

Diterima, 26 April 2023

Direvisi, 22 Mei 2023

Disetujui, 16 Juni 2023

#### Kata kunci:

Propeller

Blade

Static Balance

Media Pratikum

Metode R&D

#### Keywords :

Propeller

Blade

Static Balance

Practical Media

R&D Method

### ABSTRAK

Proses perancangan alat uji ini terdiri dari beberapa langkah dimulai dari perancangan desain dalam bentuk 3D hingga pembuatan alat dan pengujian alat untuk mengetahui setiap alat bekerja dengan baik atau tidak. Uji *static balance propeller* adalah pengujian dengan menimbang *propeller* menggunakan alat khusus tanpa adanya gangguan pergerakan, ketika salah satu *blade propeller* memiliki titik pusat gravitasi yang berbeda maka *propeller* akan berputar secara otomatis dengan indikasi adanya ketidakseimbangan. Proses pengujian ini sebagai kegiatan praktikum dalam mata kuliah *propeller*. Metode penelitian menggunakan model *Research and development* (R&D) dengan langkah langkah meliputi analisis masalah dengan cara studi pustaka dan studi lapangan. desain produk berupa pengembangan desain melalui pembuatan konsep desain dan divalidasi oleh ahli pada mata kuliah *propeller*. Hasil penelitian berupa data dari pengujian *propeller* Cessna 152 berjenis *fixed pitch* dengan pergeseran 0,3 cm setiap *blade* dan *propeller* dari mesin PT6A berjenis *variable pitch* dengan pergeseran *blade* 1= 0 cm; *blade* 2= 0 cm; *blade* 3= 0,2 cm; *blade* 4= 14 cm; dan *blade* 5= 6 cm.

### ABSTRACT

The tool design process consists of several steps starting from designing the design in 3D to making tools and testing tools to find out whether each tool works properly or not. The static balance test is a test to weigh the propeller with a special tool without any movement disturbances, when one of the propeller blades has a different center of gravity, the propeller will rotate automatically with an indication of an imbalance. This testing process is a practical activity in the propeller course. The research method uses a Research and Development (R&D) model with steps including problem analysis by means of library research and field studies. product design in the form of design development through the creation of design concepts and validated by experts in propeller courses. The results of the research are data from the Cessna 152 fixed pitch propeller test with a shift of 0.3 cm for each blade and the propeller from the PT6A engine with a variable pitch type with a blade shift of 1 = 0 cm; blades 2= 0 cm; blades 3= 0.2 cm; blades 4= 14 cm; and blade 5 = 6 cm.

### Penulis yang sesuai:

Gema Agung Nurachmat

Prodi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Makassar

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

Surel : [agunggema9@gmail.com](mailto:agunggema9@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Pesawat udara memiliki berbagai macam jenis salah satunya adalah pesawat dengan penggerak baling-baling (*propeller*) baik dengan mesin *turbine* maupun *piston*. *Propeller* atau baling-baling didefinisikan sebagai perangkat *hub- and-multiblade* untuk mengubah daya rotasi dari mesin pesawat terbang menjadi daya dorong atau daya menarik untuk tujuan mendorong atau menarik pesawat terbang melalui udara dan karena karakteristik oleh diameter yang relatif besar dan kecepatan rotasi yang cukup tinggi ini dapat menghasilkan daya maju atau *thrust* (Air Services Training A17 pg.7).

Pesawat yang menggunakan *propeller* memiliki kekurangan karena pemakaiannya bersentuhan langsung dengan udara bebas tanpa adanya pelindung yang menyebabkan *propeller* sangat rentan mengalami kerusakan, seperti retak karena benda atau hewan yang menyambar saat berputar, perubahan bentuk karena gaya yang berlaku pada saat digunakan/berputar. Hal ini dapat menyebabkan *propeller* tidak seimbang. *Propeller unbalance* yang merupakan sumber getaran pada pesawat udara dapat disebabkan oleh keseimbangan statis atau dinamis. *Propeller unbalance* terjadi ketika pusat gravitasi *propeller* tidak sesuai pada sumbu rotasi. Hasilnya *propeller* tidak mengikuti putaran dalam bidang rotasi yang sama (Aircraft Maintenance Technician Handbook-Powerplant, Volume 2). *Propeller unbalance* juga bisa terjadi ketika *thrust* pada blade yang ada di *propeller* tidak seimbang satu dengan lainnya (Dinata, 2019). Diperlukan *propeller balancing check* untuk memastikan bahwa salah satu dari *blade propeller* tidak lebih berat dari *blade* satunya. Prinsip *propeller balancing* dibuat berdasarkan konsep keseimbangan gaya pendorong pendulum (Kuantama, 2021).

*Propeller balancing* diperlukan terutama pada saat perbaikan terhadap *blade* yang mengalami *crack* ataupun patah sehingga perlu dilakukan rekondisi. Selama pemeriksaan *static balancing*, semua *blade* harus berada pada sudut *blade* yang sama. Sebelum melakukan *balancing* periksa kembali sudut tiap *blade* harus sama kecuali ditentukan oleh *manufacture*. Pengujian keseimbangan pada *propeller* dapat dilakukan dengan uji *static balance* dan *dynamic balance*. Uji *static balance* yaitu pengujian menimbang *propeller* dengan alat khusus tanpa adanya gangguan pergerakan dengan kata lain *propeller* hanya didiamkan, ketika salah satu *blade propeller* memiliki titik gravitasi yang berbeda maka *propeller* akan berputar secara otomatis yang mengindikasikan bahwa adanya ketidakseimbangan. Kemudian untuk *dynamic balance* adalah menguji bidang putar dengan cara memutar *propeller* (kondisi terpasang pada pesawat) dan mengamati apakah setiap *blade* melewati titik yang sama atau tidak.

*Propeller* juga menjadi salah satu mata kuliah pada program studi Teknik Pemeliharaan Pesawat Udara (TPPU) di Politeknik Penerbangan Makassar yang mewajibkan taruna untuk melaksanakan praktik uji keseimbangan *propeller*. Pada kondisi saat ini, pelaksanaan uji keseimbangan pada mata kuliah *propeller* dapat dikatakan belum maksimal, karena kondisi alat uji yang ada belum sesuai standar dimana alat uji *propeller balance* saat ini hanya digunakan untuk mengetahui poros *balance tracking propeller*. Selain itu, data yang dihasilkan juga belum dapat dikatakan akurat karena tidak ada alat pengukuran dan poros yang dapat berputar sebagai media untuk pemasangan *propeller*. Penggunaan alat uji *propeller balance* saat ini hanya mensimulasikan poros putaran *propeller* untuk pengujian *static balance* tetapi tidak dengan data yang dihasilkan sehingga proses pembelajaran menjadi tidak maksimal. Merujuk penjelasan diatas, diperlukan rancang bangun alat uji *propeller static balance* pada *fixed* dan *variabel pitch* propeller yang sesuai seperti yang ada pada *handbook* FAA dan EASA dengan menambahkan beberapa komponen pada rancangan alat, agar alat ini berfungsi dengan baik, praktis dan efisien. Diharapkan dengan adanya alat uji *propeller balance* pada *fixed* dan *variabel pitch* propeller dapat digunakan sebagai media pratikum *propeller* dalam melakukan simulasi pengukuran uji keseimbangan *propeller* yang sesuai standar FAA DAN EASA.

## 2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian yakni metode *Research and Development* (R & D) atau metode pengembangan. Metode penelitian ini biasa digunakan untuk penelitian yang menghasilkan produk, barang atau sesuatu yang baru. Dari hasil tersebut kemudian di uji sejauh mana keefektifan dari produk tersebut dapat digunakan. Menurut Sugiyono (2009) dengan metode *Research and Development* (R & D) terdapat beberapa tahapan yang dilalui yaitu sebagai berikut :

1. Observasi Lapangan, proses pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui urgensi mengenai alat yang dibutuhkan di lapangan saat ini.
2. Mengumpulkan Data, berbagai informasi atau data dikumpulkan untuk digunakan sebagai bahan perencanaan alat yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut.
3. Desain Alat, desain alat yang diwujudkan dalam bentuk gambar 3D dan 2D sebagai langkah awal memulai perancangan, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman untuk menilai dan membuatnya, serta akan memudahkan pihak lain untuk memahaminya.
4. Validasi Desain, validasi dilakukan oleh pakar atau dosen TPPU yang mengerti terkait alat ini.

5. Perbaiki Desain, Kelemahan atau kekurangan alat selanjutnya dicoba diperbaiki dengan salah satunya memperbaiki desain.
6. Uji Coba Alat, proses dimana penulis dan para ahli menguji alat dengan tujuan memastikan alat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan simulasi yang diinginkan.
7. Revisi Alat, proses perbaikan baik terhadap desain maupun langkah kerja alat tersebut.
8. Kesimpulan, data dalam pengujian akan dibuat menjadi kesimpulan alat yang telah diuji, dari segi pemecahan masalah di lapangan dan pendapat dari pakar atau dosen.



Gambar 1. Alur Penelitian

### 2.1. Desain Perancangan

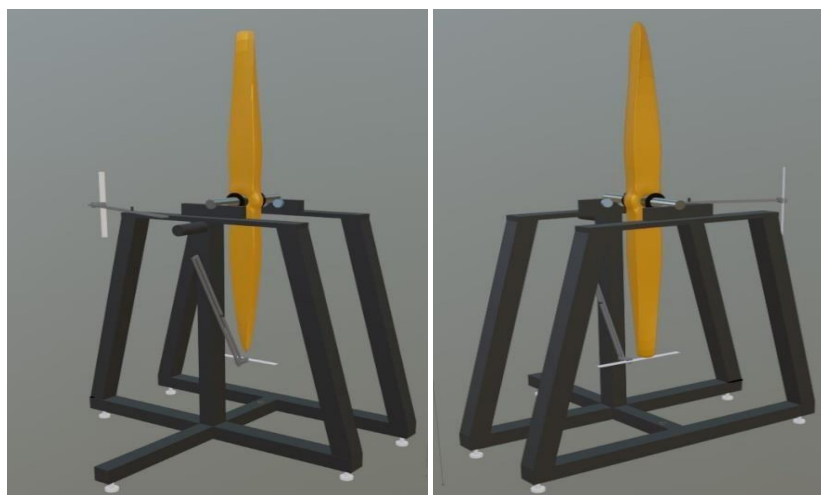
Alat ini memiliki bagian bagian besar yaitu, *stand*, *shaft*, *bearing*, *extended ruler*, *leveling part*. Stand berfungsi sebagai penopang utama alat ini dan diwajibkan untuk kuat menahan benda uji atau propeller baik yang bertipe *fixed pitch* maupun *variable pitch* yang memiliki berat yang lebih besar. Alat ini didesain agar dapat melakukan uji keseimbangan pada *propeller*, ataupun sebagai stand ketika *propeller* dilepas dari mesin. Komponen alat yang digunakan dalam rancangan *propeller balance* ini yaitu :

- 1) *Stand*
- 2) *Shaft Mandrel*
- 3) *Bearing*
- 4) *Bull Eyes Waterpass*
- 5) *Level Adjuster*
- 6) *Extended Ruler*

Berikut ditampilkan dimensi dan desain dari alat uji *propeller balance* pada *fixed* dan *variable pitch propeller*

Tabel 1. Dimensi Alat Uji *Propeller Balance*

No	Bagian	Ukuran
1	Tinggi <i>Propeller Balance Stand</i>	140 cm
2	Panjang <i>Propeller Balance Stand</i>	60 cm
3	Lebar <i>Propeller Balance Stand</i>	80 cm
4	Panjang <i>Shaft</i>	80 cm
6	Diameter <i>Shaft</i>	2,5 cm
7	Diameter Dalam <i>Bearing</i>	2,5 cm
8	Diamater Luar <i>Bearing</i>	5,8 cm

Gambar 2. Rancangan Desain Alat Uji *Propeller Balance*

## 2.2. Cara Kerja Alat

Cara kerja alat ini sangat sederhana yaitu dengan meletakkan *propeller* pada *shaft*/poros uji kemudian didiamkan, Kemudian alat diletakkan pada ruangan yang bebas dari pergerakan udara yang dapat mengganggu jalannya proses pengujian. Lama waktu pengamatan hingga *blade* berhenti berputar atau menunjukkan keadaan yang sebenarnya adalah 5 menit sesuai dengan penelitian terdahulu yang membahas tentang alat *static balance*, sebelum itu alat ini juga harus dipastikan berada pada bidang yang rata dengan mengukur menggunakan *waterpass*, hal ini dilakukan agar penguji mendapatkan murni hasil keseimbangan saat menguji *propeller*.

Pengujian *static balance propeller* dengan menggunakan alat ini dilakukan dengan 2 (dua) langkah yaitu dengan memosisikan secara vertical dan horizontal untuk *propeller* yang memiliki 2 blade, sedangkan pada *propeller* yang memiliki bilah ganjil atau lebih dari 2 blade maka blade yang akan diuji diposisikan pada arah jam 6. Saat melaksanakan pengujian maka penguji diwajibkan mencatat seluruh kegiatan yang dilaksanakan pada saat menguji *propeller* meliputi waktu (detik) dan deviasi (jarak pergerakan dalam satuan cm) yang dialami *propeller*, pengujian ini mengacu pada ketentuan EASA dan FAA.



Gambar 3. Skema Cara Kerja Alat

### 2.3. Teknik Pengujian

Langkah untuk melakukan validasi hasil uji adalah dengan mencatat data yang telah didapatkan selama menguji *propeller* dengan alat ini. Variable yang diperhatikan diantaranya pergerakan yang timbul dari setiap blade yang diuji, setiap blade diberikan waktu 5 menit untuk melihat perubahan deviasi, apakah terjadi pergerakan atau tidak, jika terjadi perubahan maka data tersebut dicatat dilembar uji seperti contoh pada lampiran 1, apabila tidak terjadi perubahan maka *propeller* dinyatakan masih dalam keadaan seimbang dan diberi keterangan pada lembar pengujian. Jika baling-baling diseimbangkan secara statis dengan benar, baling-baling tersebut akan tetap berada pada posisi mana pun di mana ia ditempatkan. Periksa keseimbangan *propeller* dua bilah: pertama dengan bilah pada posisi vertikal dan kemudian dengan bilah pada posisi horizontal. Ulangi pemeriksaan posisi vertikal dengan posisi bilah terbalik; yaitu dengan *blade* yang diperiksa pada posisi bawah ditempatkan pada posisi atas.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Komponen Rancangan Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi tiap komponen pendukung pada rancangan alat uji *balance propeller* pada *fixed* dan *variable pitch propeller*.

#### A. Pengujian Beban *Stand Propeller*

Alat terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kemampuan kaki alat dalam menahan beban sebelum menopang beban *propeller*. Hal ini dilakukan saat alat tidak sesuai perhitungan awal, beban yang digunakan adalah beban yang mudah untuk dipindahkan sebelum terjadi hal yang tidak diinginkan baik pada *propeller* maupun alat. *Stand* diberi beban 150 kg untuk mengetahui kekuatan dari *stand propeller* tersebut. Hasil pengujian diketahui alat mampu menahan beban yang diberikan.

#### B. Pengujian Mobilitas Alat Uji *Balance Propeller*

Penambahan roda dimaksudkan untuk mempermudah pemindahan alat, dikarenakan alat memiliki bobot yang berat maka komponen roda juga akan diuji untuk kesempurnaan alat. Alat dipindahkan menggunakan roda, pengujian dilakukan dengan menarik alat sejauh sekitar 100 m pada medan yang cukup rata untuk menguji ketahanan pada roda untuk menopang alat pada saat dilakukan proses pemindahan alat. Hasilnya roda mampu menopang alat dengan baik dan alat berhasil berpindah.

#### C. Pengujian *Extend Ruler*

Menguji kemampuan untuk menahan ruler pada posisi yang telah ditentukan agar dapat mengukur deviasi *propeller*. Ruler ini dikunci menggunakan mur berjenis *wingnut* agar mempermudah melonggarkan dan menguncinya kembali untuk menyesuaikan panjang yang di butuhkan untuk melakukan pengukuran. Hasilnya *extended ruler* dapat bertahan diposisi yang ditentukan dan siap digunakan untuk mengukur jarak putar *propeller*, begitupun dalam mengatur posisi yang hendak digunakan.

#### D. Pengujian *Shaft Mandrel*

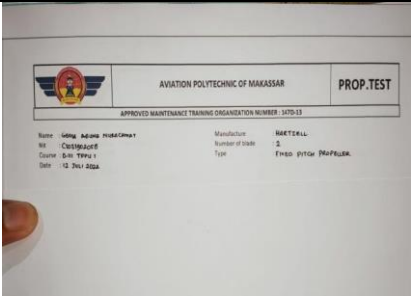

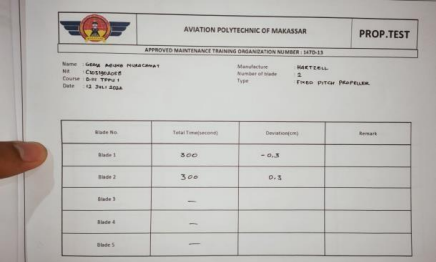
*Shaft mandrel* digunakan untuk untuk menempelnya *propeller* dan diberi *mandrel* yaitu komponen berbentuk kerucut berjumlah 2 dan ditempatkan sejajar dengan *shaft* digunakan pada *propeller* sebagai media putar atau pusat rotasi. Ketika *propeller* dipasang di *shaft mandrel*, *propeller* berhasil memutar pada pusat rotasi di *shaft mandrel*.

### 3.2. Simulasi Pengujian *Propeller Balance* pada *Fixed Pitch* dan *Variabel Pitch Propeller*

Tabel 2. Simulasi Pengujian *Propeller Balance* Pada *Fixed Pitch Propeller*

No	Prosedur	Gambar	Hasil
1	Meletakkan <i>stand</i> pada ruang yang sesuai atau layak untuk dengan kebutuhan praktikum		Berhasil


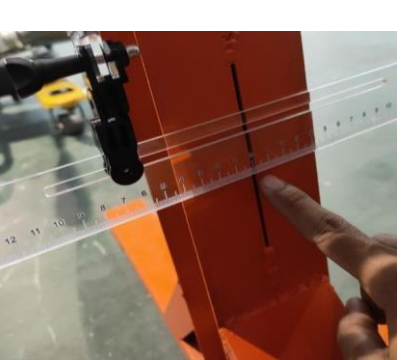
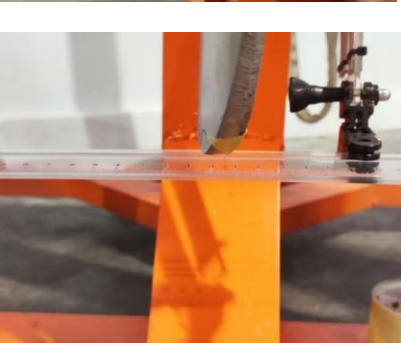
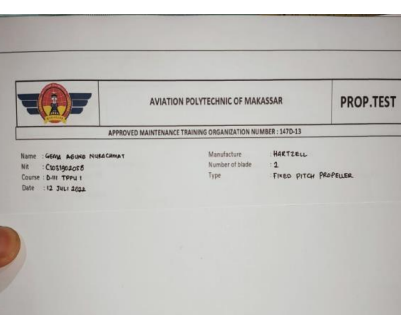




No	Prosedur	Gambar	Hasil
2	Menyeimbangkan <i>stand</i> dengan mengatur ketinggian kaki dan melihat <i>waterpass</i> sebagai acuan untuk keseimbangan		Berhasil
3	Memasang propeller yang ingin diuji pada <i>shaft</i>		Berhasil
4	Meletakkan shaft pada bantalan <i>bearing</i>		Berhasil
5	Menyiapkan dan kalibrasi <i>extended ruler</i>		Berhasil
6	Posisikan tiap <i>blade</i> yang diuji pada titik 0 cm pada <i>ruler</i>		Berhasil

No	Prosedur	Gambar	Hasil																								
7	Mengisi form pengujian (jenis, jumlah <i>blade</i> , <i>manufacture</i> , dll.)		Berhasil																								
8	Mengamati pergerakan <i>propeller</i> selama 5 menit		Berhasil dan Mengalami perubahan deviasi putaran <i>propeller</i> sebesar 0,3 cm																								
9	Mencatat perubahan yang dialami tiap <i>propeller blade</i> pada form pengujian	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Blade No.</th> <th>Total Deviasi (mm)</th> <th>Deviasi (mm)</th> <th>Remark</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blade 1</td> <td>500</td> <td>-0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blade 2</td> <td>500</td> <td>0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blade 3</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blade 4</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blade 5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Blade No.	Total Deviasi (mm)	Deviasi (mm)	Remark	Blade 1	500	-0,3		Blade 2	500	0,3		Blade 3	—	—		Blade 4	—	—		Blade 5	—	—		Berhasil
Blade No.	Total Deviasi (mm)	Deviasi (mm)	Remark																								
Blade 1	500	-0,3																									
Blade 2	500	0,3																									
Blade 3	—	—																									
Blade 4	—	—																									
Blade 5	—	—																									

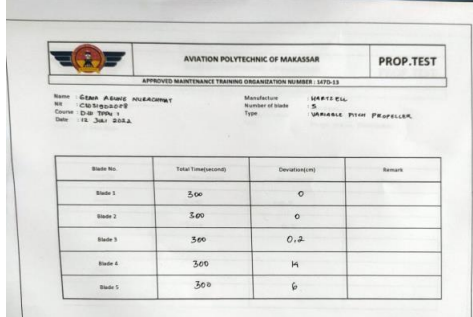
Tabel 3. Simulasi Pengujian *Propeller Balance* Pada *Fixed Pitch Propeller*

No	Prosedur	Gambar	Hasil
1	Meletakkan <i>stand</i> pada ruang yang sesuai atau layak untuk dengan kebutuhan praktikum		Berhasil
2	Menyeimbangkan <i>stand</i> dengan mengatur ketinggian kaki dan melihat <i>waterpass</i> sebagai acuan untuk keseimbangan		Berhasil

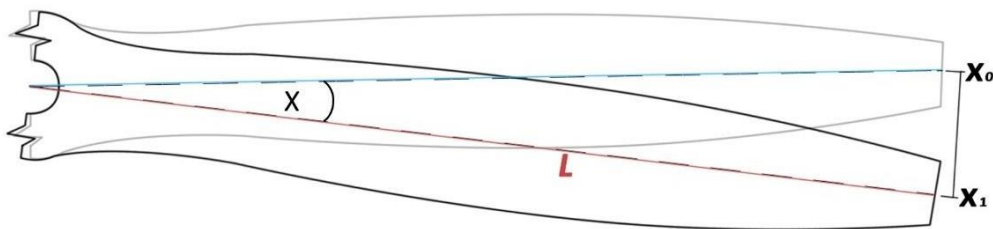


No	Prosedur	Gambar	Hasil																		
3	Memasang <i>propeller</i> pada <i>propeller mount</i>		Berhasil																		
4	Kalibrasi <i>Extended Ruler</i>		Berhasil																		
5	Posisikan tiap <i>blade</i> yang diuji pada titik 0 cm pada <i>ruler</i>		Berhasil																		
6	Mengisi form pengujian (jenis, jumlah <i>blade</i> , <i>manufacture</i> , dll.)	 <table border="1" data-bbox="743 1346 1145 1659"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">                  AVIATION POLYTECHNIC OF MAKASSAR             </td> <td style="text-align: center;">PROP.TEST</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">APPROVED MAINTENANCE TRAINING ORGANIZATION NUMBER : 1470-13</td> </tr> <tr> <td>Name : Gedy Adjine Hudaemat</td> <td>Manufacture :</td> <td>RETELL</td> </tr> <tr> <td>Nr. : C0312008</td> <td>Number of blade :</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Course : B-141 TRPM I</td> <td>Type :</td> <td>THRO PITCH PROPELLER</td> </tr> <tr> <td>Date : 12 Juli 2023</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	 AVIATION POLYTECHNIC OF MAKASSAR		PROP.TEST	APPROVED MAINTENANCE TRAINING ORGANIZATION NUMBER : 1470-13			Name : Gedy Adjine Hudaemat	Manufacture :	RETELL	Nr. : C0312008	Number of blade :	2	Course : B-141 TRPM I	Type :	THRO PITCH PROPELLER	Date : 12 Juli 2023			Berhasil
 AVIATION POLYTECHNIC OF MAKASSAR		PROP.TEST																			
APPROVED MAINTENANCE TRAINING ORGANIZATION NUMBER : 1470-13																					
Name : Gedy Adjine Hudaemat	Manufacture :	RETELL																			
Nr. : C0312008	Number of blade :	2																			
Course : B-141 TRPM I	Type :	THRO PITCH PROPELLER																			
Date : 12 Juli 2023																					
7	Mengamati pergerakan <i>propeller</i> selama 5 menit		<p> <i>Blade 1= 0</i>  <i>Blade 2= 0</i>  <i>Blade 3= 0,2</i>  <i>Blade 4= 14</i>  <i>Blade 5= 6</i> </p>																		



No	Prosedur	Gambar	Hasil
8	Mencatat perubahan yang dialami tiap <i>blade propeller</i>		Berhasil

Dalam pengujian alat uji keseimbangan *static balance propeller*, didapatkan hasil pengujian *blade 1* memiliki deviasi sebesar 0.3 cm, hasil yang didapatkan akan diubah menjadi satuan derajat untuk diketahui berapa kemiringan yang dihasilkan *propeller* tersebut. Kesimpulan pengujian akan dikategorikan menjadi dua, yaitu untuk pergeseran *propeller* dari titik awal dibawah 20 cm akan dihitung berapa derajat perubahan yang dialami dan hasilnya ditulis pada tabel keterangan, kemudian untuk perubahan *propeller* dari titik awal melebihi 20 cm akan dikategorikan sebagai *Highly Unbalance*. Untuk mendapatkan besar sudut perubahan *propeller* digunakan rumus mencari sudut dengan aturan cosinus. Rumus ini digunakan karena telah diketahui panjang jari jari dari *propeller* dan pergerakan *propeller* juga didapatkan pada saat pengujian namun tidak dengan besaran sudut yang dihasilkan, maka digunakan rumus ini untuk mencari berapa sudut yang timbul pada posisi diam *propeller*.



- L** : Panjang blade
- X<sub>0</sub>** : Titik Awal Pengujian
- X<sub>1</sub>** : Titik Akhir Pengujian
- X** : Sudut yang terbentuk dari perubahan blade

Gambar 3. Ilustrasi Pergerakan Propeller

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi perubahan posisi *blade* yang membentuk pola segitiga yaitu dua sisi dari panjang *blade* dan satu sisi dari perubahan ujung titik *blade* ketika terjadi perubahan, sudut akan tercipta dari garis *blade*. Maka untuk mencari sudut ini digunakan rumus mencari sudut dengan menggunakan aturan cosinus seperti rumus dibawah ini, Penerapan rumus saya menggunakan L yang menerangkan panjang dari *blade*, dan ΔX yang menunjukkan besar pergeseran ujung *blade* dan X menunjukkan sudut yang terbentuk.

$$\cos A = \frac{b^2+c^2-a^2}{2.b.c}$$

$$\cos X = \frac{L^2+L^2-\Delta X^2}{2.L.L}$$

$$\cos X = \frac{(91,5)^2+(91,5)^2-(0,3)^2}{2(91,5)(91,5)}$$

$$\cos X = \frac{8372,25+8372,25-(0,9)}{16744,5}$$

$$\cos X = \frac{16.743,6}{16.744,5}$$

$$\cos X = 0,9999 \quad \cos^{-1}(0,9999)=0,8^{\circ}$$

Jadi, besar perubahan sudut pergeseran dari putaran *propeller* dengan menggunakan aturan cosinus pada pengujian diatas didapatkan hasil sebesar  $0,8^{\circ}$ . Hasil ini akan ditulis pada form pengujian dan menandakan hasil pengujian telah ada dan pengujian dinyatakan selesai.

#### 4. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil pengujian, alat uji *propeller balance* pada *fixed* dan *variable pitch propeller* berhasil dirancang untuk sebagai media praktikum dalam melakukan pengujian uji *propeller balance* pada *fixed* dan *variable pitch propeller*. Diketahui alat uji *propeller balance* tersebut dapat berfungsi dengan baik, hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian tiap komponen pada alat uji *propeller balance* seperti pengujian *beban stand propeller*, pengujian mobilitas, *pengujian extend ruler* dan pengujian *shaft mandrel*. Selain itu, pada saat simulasi alat ini untuk pengujian *propeller balance* pada *fixed pitch* dan *variabel pitch propeller* diketahui *propeller Cessna 152* berjenis *fixed pitch* mengalami pergeseran putaran propeller dengan deviasi 0,3 cm setiap *blade* dan *propeller* dari mesin PT6A berjenis *variable pitch* dengan pergeseran pergeseran putaran propeller dengan deviasi *blade 1*= 0 cm; *blade 2*= 0 cm; *blade 3*= 0,2 cm; *blade 4*= 14 cm; dan *blade 5*= 6 cm.

#### REFERENSI

- [1] AIR (ENGINEERING ) LIMITED A Subsidiary of Perth College A17 Propellers. Airframe & Powerplant Mechanics POWERPLANT HANDBOOK, Chapter 7
- [2] Best, S. G. (1945). Propeller balancing Problems. SAE Journal (Transactions), Vol. 53, No. 11, 53(November, 1945), 648–659.
- [3] Han, E. S., & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- [4] Krisna Dinata, B., Junipitoyo, B. (2019). RANCANGAN ALAT STAND PROPELLER BALANCING PADA CESSNA 150.
- [5] Propeller, Basic Propeller Principle p325.
- [6] Raorane S. (2017) The development of method (tool ) to model propeller propulsion models to be implemented in the potential flow simulation software ‘ Tornado .’
- [7] Saputra M, Hakim I. (2016) Maintenance Propeller Hartzell Pada Pesawat Cessna 172. 2016;2(3):158-166.
- [8] Setiani B, Hukum F, Azzahra U, Melayu K, Timur J. (2017) Konsep Kedaulatan Negara di Ruang Udara dan Upaya Penegakan Pelanggaran Kedaulatan oleh Pesawat Udara Asing, p. 104. 2017;(2).
- [9] Sugiyono. (2009) Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- [10] T. Hadmoko, A. Widodo, and D. Satrijo, (2015) "BALANCING ROTOR DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN DALAM KONDISI STEADY STATE," JURNAL TEKNIK MESIN, vol. 4, no. 2, pp. 251-257, Apr. 2015.
- [11] Yenni, R. F. (2013). Desain Pembelajaran Aturan Sinus dan Aturan Cosinus Berbasis PMRI untuk Mengetahui Strategi Siswa. Kreano: Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif.