

**RANCANG BANGUN *BELLCRANK* SISTEM MEKANIS
KONTROL COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT
TRAINER MBB BO105 SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA**

TUGAS AKHIR



Oleh :

SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK
NIT 30418068

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

**RANCANG BANGUN *BELLCRANK* SISTEM MEKANIS
KONTROL COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT
TRAINER MBB BO105 SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
(A.Md.) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh :

SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK
NIT 30418068

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

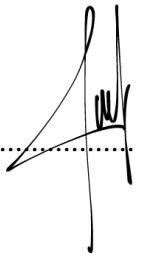
RANCANG BANGUN *BELLCRANK SISTEM MEKANIS KONTROL
COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT TRAINER MBB BO105*
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN
SURABAYA

Oleh:

SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK
NIT.30418068

Disetujui untuk diujikan pada:
Surabaya, 16 Agustus 2021

Pembimbing I : BINSAR SIAHAAN , SE , M.M.
NIP. 19580123 2016 0108 005

Pembimbing II : NYARIS P., SSit , MMTr
NIP. 19820525 200502 1001

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN *BELLCRANK SISTEM MEKANIS KONTROL
COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT TRAINER MBB BO105*
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN
SURABAYA

Oleh:
SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK
NIT. 30418068

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Seminar Tugas Akhir
Program Pendidikan Diploma III Teknik Pesawat Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal, 16 Agustus 2021

Panitia Pengaji:

1. Ketua : Dr. M. RIFAI, ST, M.Pd
NIP. 19770216 199903 1 003


.....


2. Sekretaris : SUSENO, ST, MM
NIP. 19680717 201601 08 001


.....

3. Anggota : BINSAR SIAHAAN , SE , M.M.
NIP. 19580123 2016 0108 005

Ketua Program Studi
TEKNIK PESAWAT UDARA


Ir. BAMBANG JUNIPITOYO., S.T, M.T.
NIP. 19780626 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sara Willyanti Simanjuntak
NIT : 30418068
Program Studi : D.III Teknik Pesawat Udara IV Charlie
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN BELLCRANK SISTEM MEKANIS KONTROL COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT TRAINER MBB BO105 SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini adalah karya asli dan belum pernah diajukan untuk menerima gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, dan dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi kemajuan ilmu pengetahuan, penulis menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengubah instalasi, mengelola, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 21 Januari 2021

V. Saranti membuat pernyataan



KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN *BELLCRANK* SISTEM MEKANIS KONTROL *COLLECTIVE DAN CYCLIC* PADA AIRCRAFT TRAINER MBB BO105 SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak M. Andra Aditiyawarman, S.T.,M.T selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Bambang Junipitoyo, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Pesawat Udara dan para staf Program Studi Teknik Pesawat Udara.
3. Bapak Binsar Siahaan, SE , M.M selaku Dosen Pembimbing Materi Tugas Akhir.
4. Bapak Nyaris P., SSit , MMTr selaku Dosen Pembimbing Penulisan Tugas Akhir.
5. Kapada seluruh Dosen dan Instruktur pengajar di Politeknik Penerbangan Surabaya.
6. Kepada kedua orang tua, keluarga, seluruh sahabat, rekan-rekan seangkatan, senior dan junior yang telah memberikan doa dan membantu penyusunan proposal tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar dapat membantu menjadikan Tugas Akhir ini dapat lebih baik.

Semoga laporan ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan pembaca dan akhir kata penulis berharap pembuatan alat ini dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan agar menjadi lebih baik, serta berguna bagi semua pihak.

Surabaya, 21 Januari 2021

Penulis

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *BELLCRANK* SISTEM MEKANIS KONTROL
COLLECTIVE DAN *CYCLIC* PADA *AIRCRAFT TRAINER MBB BO105*
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN
SURABAYA

Oleh :
SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK
NIT : 30418068

Hangar Politeknik Penerbangan Surabaya sudah memiliki berbagai *trainer* maupun alat yang digunakan sebagai penunjang pembelajaran praktikum untuk mendapatkan *basic knowledge* dari teori yang sudah dipelajari dikelas. Namun pada kenyataannya, tidak sedikit pula *trainer* dan alat yang tidak dapat berfungsi secara maksimal sehingga dapat berpengaruh terhadap sistem pembelajaran tersebut.

Salah satu *trainer* yang ada ialah Aircraft Trainer MBB BO105, dimana flight control system nya tidak aktif dikarenakan adanya kekurangan pada *Bellcrank Collective* dan *Cyclic Mechanic Control System* nya. Pembuatan *Bellcrank Collective* dan *Cyclic Mechanic Control* untuk *trainer* tersebut menggunakan baja yang akan melalui beberapa proses seperti *cutting* dan *drilling*, sehingga tidak sesuai untuk Airworthiness Aircraft, namun hanya digunakan untuk media pembelajaran di Politeknik Penerbangan Surabaya. Didasarkan pada penelitian sebelumnya, maka akan ditambahkan *bearing* agar bellcrank lebih dapat meminimalisir gesekan yang tinggi.

Kata kunci : *bellcrank, MBB BO105, collective, cyclic mechanic control, bearing*

ABSTRACT

RANCANG BANGUN *BELLCRANK SISTEM MEKANIS KONTROL COLLECTIVE DAN CYCLIC PADA AIRCRAFT TRAINER MBB BO105*
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN
SURABAYA

By:

SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK

NIT : 30418068

Hangar Politeknik Penerbangan Surabaya already has various trainers and tools that are used to support practicum learning to gain basic knowledge from the theory that has been studied in class. But in reality, not a few trainers and tools that can not function optimally so that it can affect the learning system.

One of the trainers is Aircraft Trainer MBB BO105, where the flight control system is not active due to a deficiency in the Bellcrank Collective and Cyclic Mechanic Control System. The manufacture of Bellcrank Colletive and Cyclic Mechanic Control for trainers uses iron that will go through several processes such as cutting and drilling, so it is not suitable for Airworthiness Aircraft, but only used for learning media in Surabaya Aviation Polytechnic. Based on previous research, it will be added bearings so that bellcrank more can minimize high friction

Kata kunci : *bellcrank, MBB BO105,collective, cyclic mechanic control, bearing*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN TEORI	
2.1 Pengertian <i>Bellcrank</i>	7
2.2 Perbaikan Struktural Pesawat.....	8
2.3 Material Bellcrank	8
2.3.1 Pengertian Baja.....	8
2.3.2 Jenis-Jenis Baja	9
2.4 Teknik Pembuatan Rancangan	14
2.4.1 Teknik <i>Milling</i>	14
2.4.2 Teknik <i>Welding</i>	15
2.5 Alat untuk Perbaikan Struktural Pesawat	15
2.5.1 <i>Scale</i>	15
2.5.2 <i>Punches</i>	16
2.5.2.1 <i>Awl</i>	16
2.5.2.2 <i>Center Punch</i>	17
2.5.3 <i>Milling Machine</i>	18

2.5.4	Alat Pemotongan	19
2.5.4.1	<i>Straight Snips</i>	19
2.5.4.2	<i>Aviation Snips</i>	19
2.5.4.3	<i>Die Grinder</i>	20
2.5.4.4	<i>Burring Tools</i>	21
2.5.5	<i>Drill Press</i>	21
2.5.6	<i>Pneumatic Drill Motors</i>	21
2.6	Sistem Mekanis Kontrol (<i>Rotorcraft Controls</i>)	22
2.6.1	<i>Collective Pitch Control</i>	23
2.6.2	<i>Cyclic Pitch Control</i>	24

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	27
3.2	Konsep dan Desain <i>Bellcrank</i>	28
3.2.1	Konsep Perancangan <i>Bellcrank</i>	28
3.2.2	Desain <i>Bellcrank</i>	28
3.3	Tahap Pembuatan <i>Bellcrank</i>	30
3.3.1	<i>Marking Out</i>	30
3.3.2	<i>Drilling</i>	31
3.3.3	<i>Cutting</i>	32
3.3.4	<i>Welding</i>	32
3.3.5	<i>Grinding</i>	32
3.3.6	<i>Finishing</i>	32
3.4	Keterangan Bagian Desain	32
3.4.1	<i>Bearing</i>	32
3.4.2	<i>End Joint</i>	33
3.5	Cara Kerja	33
3.5.1	Perbandingan Dengan Desain Yang Ada.....	34
3.6	Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.6.1	Waktu Penelitian	35
3.6.2	Tempat Penelitian.....	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Proses Pembuatan	36
4.1.1	Pembuatan <i>Bellcrank</i>	36
4.1.2	Pemasangan <i>Bearing</i>	39
4.2	Hasil Penelitian	39
4.3	Perbandingan Pengujian Alat	41
4.4	Pembahasan Hasil Pengujian	42

4.5 Tujuan Pengujian	42
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Bellcrank. BO105 Maintenance Manual</i>	7
Gambar 2.2	<i>Scale</i>	16
Gambar 2.3	<i>Awl</i>	17
Gambar 2.4	Cara Menggunakan <i>Awl</i>	17
Gambar 2.5	<i>Center Punch</i>	18
Gambar 2.6	<i>Milling Machine</i>	18
Gambar 2.7	<i>Straight Snips</i>	19
Gambar 2.8	<i>Aviation Snips</i>	20
Gambar 2.9	<i>Die Grinder</i>	20
Gambar 2.10	<i>Drill Press</i>	21
Gambar 2.11	<i>Pneumatic Drill Motors</i>	22
Gambar 2.12	<i>Rotating Swash Plate and Stationary</i>	22
Gambar 2.13	<i>Collective Pitch Control</i>	23
Gambar 2.14	<i>Cyclic Pitch Control</i>	24
Gambar 2.15	<i>Transmission dari Sinyal Cyclic Control</i>	25
Gambar 3.1	Diagram Alur Desain Penelitian	27
Gambar 3.2	Desain Rangkaian <i>Bellcrank</i> Sistem Mekanis Kontrol <i>Cyclic</i>	29
Gambar 3.3	Desain <i>Bellcrank</i> Segitiga	29
Gambar 3.4	Desain <i>Bellcrank</i> Oval	30
Gambar 3.5	<i>Scribe</i>	31
Gambar 3.6	<i>Prick Punch</i>	31
Gambar 3.7	<i>Drill Press</i>	31
Gambar 3.8	<i>Bellcrank</i> dengan <i>bearing</i>	33
Gambar 4.1	Proses <i>Welding Bellcrank Segitiga</i>	37
Gambar 4.2	Proses <i>Welding Bellcrank Oval</i>	37

Gambar 4.3	Proses <i>Grinding</i>	38
Gambar 4.4	<i>Bellcrank</i> Baru.....	39
Gambar 4.5	<i>Control Collective</i>	40
Gambar 4.6	<i>Control Cyclic</i>	40
Gambar 4.7	Perbandingan <i>bellcrank</i> lama dan baru	41
Gambar 4.8	<i>Bellcrank</i> Baru setelah di <i>instal</i>	42
Gambar 4.9	Rangkaian <i>Bellcrank Baru</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai karakteristik data tarik (TS) dan kekerasan Brinell (BH)	13
Tabel 3.1	Perbandingan Dengan Desain Sebelumnya	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A *Task Card Removal and Installation Bellcrank.* 46

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	Pemakaian pertama kali pada halaman
BPSDM	Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia	1
AMTO	<i>Aircraft Maintenance Training Organization</i>	1
DKUPPU	Direktorat Kelaik-Udara-an dan Pengoperasian Pesawat Udara	1
MBB	<i>Messerschmitt Bolkow Blohm</i>	1
IGV	<i>Actuator Inlet Guide Vane</i>	2
FPI	<i>Fluorescent Penetran Inspection</i>	2
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>	2
BSM	<i>Binocular Stereo Microscope</i>	2
IA	<i>Image Analyzer</i>	2
RHM	<i>Rockwel Hardness Measurement Device</i>	2
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	16
rpm	<i>Revolutions per Minute</i>	18
sfm	<i>Surface Feet per Minute</i>	20
mm	millimeter	28
zz	zit zapper	32
ea	each	36
<u>Lambang</u>		
%	Persen	9
C	Celcius	9
<	Lebih besar	9

Cr	Chromium	9
Ni	Nikel	9
Mo	Molibdenum	9
V	Vanadium	10
W	Wolfram	10
Mn	Mangan	11
Si	Silikon	11
Ti	Titanium	11
Al	Aluminium	11
Cu	Tembaga	11
Nb	Niobium	11
Zr	Zirkonium	11
S	Sulfur	11
P	Fosforus	11
°	Derajat	20

DAFTAR PUSTAKA

- Balli, Ozgur. 2020. *Failure analysis of inlet guide vane (IGV) actuator and bellcrank assembly used on J85 turbojet engines*. Turkey : Engineering Failure Analysis.
- Borja, A., 2020. *11 Steps To Structuring A Science Paper Editors Will Take Seriously*. [online] Elsevier Connect. Available at: <<https://www.elsevier.com/connect/11-steps-to-structuring-a-science-paper-editors-will-take-seriously>> [Accessed 18 December 2020].
- BO-105 *Maintenance Training Manual*.
- Dange, M. M. S. R. Zaveri., dan S. D. Khamankar. 2014. *Stress Analysis of Bell Crank Lever*. Chandrapur : International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication.
- FAA Airframe handbook Volume 1, Ch.4.
- FAA Helicopter Flying Handbook, Ch.3.
- Baja. 2011. Diambil 19 Januari 2021, dari
<http://eprints.ung.ac.id/1991/3/BAB%2011.pdf>

LAMPIRAN

Removal and Installation Bellcrank

	Practical Training Guide, Performance and Evaluation				
Issue No. :	Task No. :	Trainee Name :			
Module : Maintenance Manual MBB BO-105	Task Name :	Trainee Unit : MBB BO105			
Job Title : Bellcrank Removal	Date :	ID No. :			
Terminal Objective: Trainee to find out the Bellcrank Removal					
No.	Enabling Objectives				
1	Remove vertical fin fairing				
2	Disconnect control rods (6 and 18, fig. 42-20) from bellcrank (12), and secure control rod (6) by trying it to the vertical fin				
3	Remove attaching hardware (1 to 5) and bellcrank (12) together with washers (11 and 13)				
4	If replacing the intermediate gearbox, remove plates (21) per fig. 42-20				

Lampiran A. Task Card Removal and Installation Bellcrank



Practical Training Guide, Performance and Evaluation

Issue No. :

Module : Maintenance Manual
MBB BO-105

Job Title : Bellcrank Installation

Task No. :

Task Name :

Date :

Trainee Name :

Trainee Unit : MBB BO105

ID No. :

Terminal Objective:

Trainee to find out the Bellcrank Removal

No.	Enabling Objectives
1	Insert bellcrank (3, figure 42-10) along with washers (17 and 18) in side duct and secure with attaching hardware (4 to 6, 15 and 16)
2	Install control rod (1) and control link (2). Tighen attaching hardware (refer to figure 42-10) and secure with spilt pins
3	Check for freedom of movement and presence of foreign objects
4	Close access cover on RH side of helicopter
5	Install nose access door

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



SARA WILLYANTI SIMANJUNTAK,

lahir di Jakarta pada tanggal 07 Maret 1999. Anak ke-pertama dari 2 bersaudara. Mempunyai adik bernama Febriana Angelica Simanjuntak (16) dan yang lahir dari pasangan Amat Senang Simanjuntak dan Alm. Nunung Salbiyah.

Menyelesaikan pendidikan dasar formal di Sekolah Dasar Negeri Dukuh Menanggal II Surabaya pada tahun 2011, menyelesaikan pendidikan menengah formal di Sekolah Menengah Pertama Negeri 22 Surabaya pada tahun 2014, dan menyelesaikan pendidikan formal sekolah menengah atas di Sekolah Menengah Atas Negeri 15 Surabaya pada tahun 2017.

Kemudian melaksanakan pendidikan Program Diploma III Teknik Pesawat Udara Angkatan IV Charlie di Politeknik Penerbangan Surabaya pada tahun 2018 hingga saat ini. Pada April – Juni 2021 melaksanakan *On the Job Training* di PT. Batam Aero Technic Base Maintenance Surabaya.

Setelah menamatkan pendidikan, saya ingin membahagiakan kedua orang tua saya, kakak saya, serta keluarga besar saya menjadi seorang teknisi yang bertaqwa, berakhhlak mulia, disiplin, jujur dan profesional, serta dapat berguna bagi agama, negara, dan bangsa.