

LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN KENDALI *AIRCRAFT JACKING ALIGNMENT* MENGGUNAKAN SENSOR *GYRO-ACCELEROMETER (MPU6050)* DAN *TRANSCEIVER (NRF24L01)*

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)



Nama : Yusuf Maulana Efendi
N.I.M : 41419110023
Pembimbing : Zendi Iklima, ST.S.Kom. M.,Sc

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN KENDALI *AIRCRAFT JACKING* *ALIGNMENT* MENGGUNAKAN SENSOR *GYRO-* *ACCELEROMETER* (MPU6050) DAN *TRANSCIEIVER* (NRF24L01)



Disusun Oleh :

Nama : Yusuf Maulana Efendi
N.I.M : 41419110023
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS

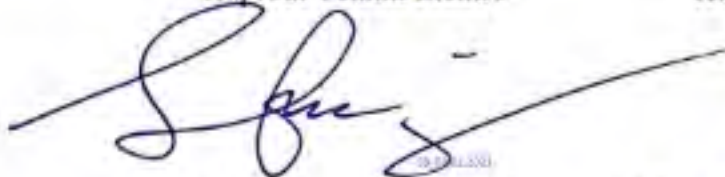
MERCU BUANA

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir



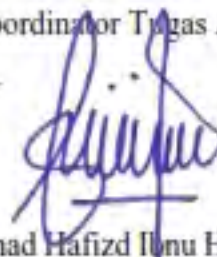
(Zendi Ikhlana, ST, S.Kom, M.Sc)

Kaprodi Teknik Elektro



(Dr. Setiyo Budiyanto, ST, MT)

Koordinator Tugas Akhir



(Muhammad Hafizd Ilonu Hajar, ST, M. Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Yusuf Maulana Efendi
NIM : 41419110023
Progran Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN KENDALI *AIRCRAFT JACKING ALIGNMENT* MENGGUNAKAN SENSOR *GYRO-ACCELEROMETER* (MPU6050) DAN *TRANSCIEIVER* (NRF24L01)

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan

Jakarta, 19 Januari 2021

UNIVERSITAS
MERCUBUANA

METERAI
TEMPEL
20B4DAH884038844

6000
ENAM RIBURUPIAH

METERAI
TEMPEL
2C2EEAH884038845

6000
ENAM RIBURUPIAH

Yusuf Maulana Efendi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan akhir berjudul “RANCANG BANGUN KENDALI *AIRCRAFT JACKING ALIGNMENT* MENGGUNAKAN SENSOR *GYRO-ACCELEROMETER* (MPU6050) DAN *TRANSCEIVER* (NRF24L01)”. Laporan akhir ini penulis susun guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)

Kami sadar tanpa adanya dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, pembuatan laporan ini tidak akan dapat berjalan baik. Kami sampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Setiyo Budiyanto, ST.MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana
2. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST.M.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir
3. Bapak Zendi Iklima, ST.S.Kom. M.,Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang membantu dari proses pembuatan laporan dari awal hingga selesai.
4. Rekan kerja dari PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk. yang ikut membantu dalam pengumpulan materi yang dibutuhkan dalam pengerjaan laporan akhir ini,
5. Teman-teman Program Studi Teknik Elektronika seluruhnya yang turut membantu dalam pembuatan laporan akhir.

Kami sadar bahwa laporan ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami butuhkan dalam perbaikan dan kesempurnaan laporan mendatang.

Jakarta, 18 Januari 2021

Yusuf Maulana Efendi

ABSTRAK

Salah satu kegiatan *maintenance* yang sering dilakukan demi mempertahankan *airworthy* (laik terbang) adalah inspeksi *landing gear* (roda pesawat) melalui proses *visual inspection* atau *operational check*. *Operational check* yang dilakukan dengan cara menaikkan dan menurunkan *landing gear* pesawat (selama beberapa siklus) setelah proses *jacking* dilakukan.

Proses *jacking* adalah kegiatan melakukan dongkrak pesawat oleh beberapa orang yang memberikan instruksi dan mengoperasikan *jack* (dongkrak). Kegiatan *jacking* perlu perhatian lebih karena rawan akan kecelakaan jika proses *jacking* tidak dijalankan dengan prosedur yang benar. Selain itu, proses *jacking* memerlukan banyak personil untuk memberikan intruksi perintah *jacking* dan pengoperasian alat *jacking*. Sehingga diperlukan perangkat tambahan yang dapat membantu proses *jacking* berlangsung lebih aman, cepat dan efisien dalam segi waktu dan jumlah personil.

Aircraft jacking alignment adalah alat kendali yang digunakan untuk memonitor sudut orientasi pesawat, memberikan perintah *jacking* dan menyeimbangkannya secara otomatis (*alignment*). *Aircraft jacking alignment* memanfaatkan sensor MPU6050 untuk menghasilkan data orientasi sudut X (*pitch*) dan Y (*roll*) pesawat. Data orientasi sudut akan ditampilkan melalui *user interface* layar OLED dan digunakan sebagai acuan dalam memberikan perintah *jacking* untuk naik atau turun sampai pesawat pada kondisi setimbang.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan sensor MPU6050 mampu menghasilkan sudut orientasi pesawat dengan simpangan $\pm 8^\circ$. Kondisi ALIGNED (Sejajar) tercapai pada rentang sudut $-1^\circ < pitch < 1^\circ$ dan $-1^\circ < roll < 1^\circ$. Sedangkan respon sistem dalam menanggapi perintah dan melakukan eksekusi *jacking* terhitung 16.3 ms.

Kata kunci : *Aircraft Jacking Alignment, pitch & roll*, sensor MPU6050

ABSTRACT

One of the routine maintenance to keep aircraft airworthy is landing gear inspection through visual inspection or operational check. Operational check is implemented by retract and extend aircraft landing gear after aircraft jacking process.

The jacking process is the activity of jacking the plane by several people who give instructions and operate the jack. Jacking activities need a lot of attention due to the risk of accidents if the jacking process is not carried out by correct procedure. In addition, the jacking process requires a large number of personnel to instruct jacking commands and operate the jacking tools. So, a device or system is needed that can help the jacking process take place more safely, quickly and efficiently in terms of time and number of personnel.

Aircraft jacking alignment is a device that is used to monitor the angle of aircraft orientation, give jacking commands and align it automatically (alignment function). Aircraft jacking alignment uses MPU6050 sensor to generate plane X (Pitch) and Y (roll) angular orientation data. Angular orientation data will be displayed through the OLED screen user interface and used as a reference to give jacking commands to go up or down until the plane is in equilibrium.

Based on experiments that have been carried out, the MPU6050 sensor is able to produce an aircraft orientation angle with a deviation of $\pm 0.8^\circ$. The ALIGNED (Parallel) condition is achieved in the range of $-1^\circ < \text{pitch} < 1^\circ$ and $-1^\circ < \text{roll} < 1^\circ$. While the system response during responding to commands and executing jacking counts as 16.3 ms.

Keywords: *Aircraft Jacking Alignment, Sensor MPU6050, pitch & roll*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Studi Literatur.....	5
2.2 Arduino.....	12
2.2.1 Arduino Uno.....	13
2.2.2 Arduino Nano.....	14

2.3 Sensor <i>Gyroscope-Accelerometer</i> MPU6050.....	16
2.4 <i>Transceiver</i> NRF24101.....	18
2.5 OLED SSD1306 (128*64 px)	23
2.6 <i>Aircraft Jacking</i> (Dongkrak Pesawat).....	26
2.6.1 <i>Safety Precaution</i> (Pencegahan Keamanan).....	27
2.6.2 Pemasangan Peralatan <i>Aircraft Jacking</i>	30
2.6.3 Prosedur <i>Aircraft Lifting</i>	32
2.7 <i>Aircraft Principal Axes</i> (Prinsip Dasar Sudut Pesawat).....	33
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM.....	35
3.1 Diagram Blok Sistem.....	35
3.2 Diagram Alir Sistem <i>Aircraft Jacking Alignment</i>	40
3.3 Perancangan Elektrik (<i>Wiring Diagram</i>).....	49
3.3.1 <i>Wiring Diagram</i> Gyroscope-Accelerometer Provider (GAP)....	50
3.3.2 <i>Wiring Diagram</i> Control Position and Monitoring (CPM).....	50
3.3.3 <i>Wiring Diagram</i> Jacking Executor (JE).....	51
3.4 Perancangan <i>Hardware</i>	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1 Pengkabelan dan Mekanik Sistem <i>Aircraft Jacking Alignment</i>	54
4.2 Langkah-Langkah Pengujian.....	57
4.3 Hasil Pengujian.....	58
4.3.1 Pengujian Perangkat GAP (<i>Gyroscope-Accelerometer Provider</i>) Menghasilkan Orientasi X dan Y.....	58
4.3.2 Membandingkan Data Perangkat GAP (<i>Gyroscope</i>	

<i>Accelerometer Provider</i>) dengan Sensor <i>Gyroscope Accelerometer</i> pada <i>Smartphone</i>	59
4.3.3 Mengirimkan Data Perangkat GAP (<i>Gyroscope-Accelerometer Provider</i>) menuju CPM (<i>Control Position and Monitoring</i>).....	61
4.3.4 Menampilkan Data Orientasi Sudut X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) pada OLED SSD1306.....	62
4.3.5 Memberikan Perintah JE (<i>Jacking Executor</i>) UP (Naik), DOWN (Turun) pada JE.....	62
4.3.6 Memberikan Perintah JE (<i>Jacking Executor</i>) UP (Naik), DOWN (Turun), dan ALIGNMENT (Penjajaran) melalui CPM.....	65
4.3.7 Menguji <i>Delay</i> atau Waktu Tunda antara Perintah CPM dengan Eksekusi <i>Jacking</i> oleh JE.....	76
4.3.8 Menguji Perintah <i>Emergency Stop</i> pada CPM dan Masing - Masing JE.....	79
4.3.9 Pengujian Elektronik	81
BAB V PENUTUP	85
5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikrokontroler Arduino Uno	13
Gambar 2.2 Mikrokontroler Arduino Nano	15
Gambar 2.3 Sensor <i>Gyroscope-Accelerometer</i> MPU6050	16
Gambar 2.4 Blok diagram sensor MPU6050.....	17
Gambar 2.5 <i>Transceiver</i> NRF24L01	18
Gambar 2.6 <i>Datapipe</i> NRF24L01	19
Gambar 2.7 Diagram <i>radio control state</i>	20
Gambar 2.8 OLED <i>display</i> 128*64 px	23
Gambar 2.9 Paket data I2C OLED.....	24
Gambar 2.10 START dan STOP <i>condition</i>	25
Gambar 2.11 <i>Acknowledgement</i>	26
Gambar 2.12 <i>Aircraft jacking</i> untuk kegiatan inspeksi.....	26
Gambar 2.13 <i>WARNING TAG</i>	27
Gambar 2.14 Pemasangan <i>lockstay</i>	28
Gambar 2.15 Memastikan area kerja aman.....	29
Gambar 2.16 Pemasangan <i>wheel choke</i>	30
Gambar 2.17 Memasang keseluruhan <i>jack</i> pada pesawat.....	31
Gambar 2.18 Memastikan <i>jack point</i> tepat berada pada <i>jack adapter</i>	31
Gambar 2.19 Proses <i>aircraft jacking</i> dan penempatan personel.....	32
Gambar 2.20 Proses <i>aircraft lifting</i>	33
Gambar 2.21 Sumbu rotasi pesawat terbang (<i>pitch, roll, dan yaw</i>).....	33

Gambar 3.1 Diagram blok subsistem Gyroscope-Accelerometer Provider (GAP)	35
Gambar 3.2 Diagram blok subsistem Control Position and Monitoring (CPM).....	36
Gambar 3.3 Diagram blok subsistem Jacking Executor (JE)	37
Gambar 3.4 Diagram blok sistem <i>aircraft jacking alignment</i>	38
Gambar 3.5 Ilustrasi keseluruhan sistem kendali <i>aircraft jacking alignment</i>	39
Gambar 3.6 Diagram alir sistem kendali <i>aircraft jacking alignment</i>	40
Gambar 3.7 Diagram alir sistem ketika EMERGENCY STOP aktif & non-aktif.	49
Gambar 3.8 <i>Wiring Diagram</i> Gyroscope-Accelerometer Provider (GAP)	50
Gambar 3.9 <i>Wiring Diagram</i> Control Position and Monitoring (CPM)	50
Gambar 3.10 <i>Wiring Diagram</i> Jacking Executor (JE).....	51
Gambar 3.11 <i>Field platform aircraft jacking alignment</i> lapisan pertama (kiri) dan lapisan kedua (kanan)	52
Gambar 3.12 <i>Aircraft platform aircraft jacking alignment</i>	53
Gambar 4.1 Penempatan perangkat GAP pada miniatur pesawat.....	55
Gambar 4.2 <i>Testing Platform</i> yang dilengkapi dengan DC <i>adapter</i>	55
Gambar 4.3 Penempatan perangkat CPM pada <i>testing platform</i>	56
Gambar 4.4 Bagian perangkat JE (kiri) dan penempatan JE #1 (kanan) pada <i>testing platform</i>	56
Gambar 4.5 Penempatan JE #2 (kanan) & JE #3 (kiri) pada <i>testing platform</i>	57
Gambar 4.6 Data orientasi X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) yang dihasilkan oleh MPU6050 pada <i>serial monitor</i> Arduino IDE	58

Gambar 4.7 Data orientasi X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) yang dihasilkan oleh MPU6050 pada <i>serial plotter</i> Arduino IDE	59
Gambar 4.8 Data orientasi X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) yang dihasilkan oleh <i>smartphone</i> Google Pixel 2.....	60
Gambar 4.9 Perbandingan data orientasi X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) yang dihasilkan oleh MPU6050 (kiri) dan <i>smartphone</i> (kanan).....	60
Gambar 4.10 Data sudut X (<i>pitch</i>) dan Y (<i>roll</i>) berhasil ditampilkan melalui OLED SSD1306.....	62
Gambar 4.11 Percobaan perintah UP dan DOWN pada JE #1.....	63
Gambar 4.12 Percobaan perintah UP dan DOWN pada JE #2.....	63
Gambar 4.13 Percobaan perintah UP dan DOWN pada JE #3.....	63
Gambar 4.14 Perintah UP oleh CPM kepada semua JE.....	65
Gambar 4.15 Perintah DOWN oleh CPM kepada semua JE.....	65
Gambar 4.16 Memposisikan pesawat pada target atau rentang sudut tertentu dan melihat output yang dihasilkan oleh JE.....	66
Gambar 4.17 Penunjukan $pitch = 8.1^\circ$ dan $roll = - 0.4^\circ$ menghasilkan JE #1 DOWN (LED <i>blue</i> ON) ketika perintah ALIGNMENT dilakukan.....	67
Gambar 4.18 Penunjukan $pitch = - 8.0^\circ$ dan $roll = - 0.3^\circ$ menghasilkan JE #1 UP (LED <i>white</i> ON) ketika perintah ALIGNMENT dilakukan.....	67
Gambar 4.19 Penunjukan $pitch = - 0.1^\circ$ dan $roll = 2.1^\circ$ menghasilkan JE #2 DOWN (LED <i>blue</i> ON) dan JE #3 UP (LED <i>white</i> ON) ketika perintah ALIGNMENT dilakukan.....	68
Gambar 4.20 Penunjukan $pitch = - 0.1^\circ$ dan $roll = - 4.7^\circ$ menghasilkan JE #3 DOWN (LED <i>blue</i> ON) dan JE #2 UP (LED <i>white</i> ON) ketika perintah ALIGNMENT dilakukan.....	68

Gambar 4.21 Penunjukan $pitch = - 0.6^\circ$ dan $roll = - 0.6^\circ$ tidak menghasilkan respon apapun ketika perintah ALIGNMENT dilakukan.....	69
Gambar 4.22 Penunjukan $pitch = 2.6^\circ$ $roll = 0.3^\circ$ menghasilkan JE #1 STOP, JE #2 & JE # 3 UP ketika perintah UP dan ALIGNMENT dilakukan.....	70
Gambar 4.23 Penunjukan $pitch = - 6.5^\circ$ $roll = - 0.2^\circ$ menghasilkan JE #1 UP, JE #2 & JE #3 STOP ketika perintah UP dan ALIGNMENT dilakukan.....	70
Gambar 4.24 Penunjukan $pitch = - 6.5^\circ$ $roll = - 0.2^\circ$ menghasilkan JE #1 STOP, JE #2 & JE # 3 DOWN ketika perintah DOWN dan ALIGNMENT dilakukan....	71
Gambar 4.25 Penunjukan $pitch = - 6.3^\circ$ $roll = -0.6^\circ$ menghasilkan JE #1 STOP, JE #2 & JE # 3 DOWN ketika perintah DOWN dan ALIGNMENT dilakukan....	71
Gambar 4.26 Penunjukan $pitch = - 0.7^\circ$ $roll = 7.1^\circ$ menghasilkan JE #1 & JE #2 STOP, JE #3 UP ketika perintah UP dan ALIGNMENT dilakukan.....	72
Gambar 4.27 Penunjukan $pitch = - 0.1^\circ$ $roll = - 8.0^\circ$ menghasilkan JE #2 UP, JE #1 & JE #3 STOP ketika perintah UP dan ALIGNMENT dilakukan.....	72
Gambar 4.28 Penunjukan $pitch = - 0.5^\circ$ $roll = 7.6^\circ$ menghasilkan JE #1 & JE #3 STOP, JE #2 DOWN ketika perintah DOWN dan ALIGNMENT dilakukan.....	73
Gambar 4.29 Penunjukan $pitch = - 0.2^\circ$ $roll = -7.8^\circ$ menghasilkan JE#1 & JE #2 STOP, JE #3 DOWN ketika perintah DOWN dan ALIGNMENT dilakukan.....	73
Gambar 4.30 Penunjukan $pitch = 0.3^\circ$ $roll = 0.1^\circ$ menghasilkan JE #1, JE #2, JE #3 UP ketika perintah UP dan ALIGNMENT dilakukan.....	74
Gambar 4.31 Penunjukan $pitch = 0.5^\circ$ $roll = 0.5^\circ$ menghasilkan JE #1, JE #2, JE #3 DOWN ketika perintah DOWN dan ALIGNMENT dilakukan.....	74
Gambar 4.32 <i>Struct</i> data yang terdiri dari perintah <i>jacking</i> dan orientasi sudut dikirimkan menuju JE.....	76
Gambar 4.33 Contoh pembacaan <i>delay</i> pada <i>serial monitor</i>	77
Gambar 4.34 Mengaktifkan tombol <i>emergency stop</i> pada CPM.....	79

Gambar 4.35 JE tidak memberikan respon apapun ketika tombol <i>emergency stop</i> diaktifkan.....	80
Gambar 4.36 Mengaktifkan tombol <i>emergency stop</i> pada JE.....	80
Gambar 4.37 Mengaktifkan tombol <i>emergency stop</i> pada JE.....	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu	9
Tabel 2.2 Operational mode <i>transceiver</i> NRF24L01	22
Tabel 4.1 Tabel data orientasi sudut yang dikirimkan oleh GAP dan diterima oleh CPM	61
Tabel 4.2 Hasil pengujian perintah <i>jacking</i> pada JE	64
Tabel 4.3 Hasil pengujian perintah <i>jacking</i> secara <i>wireless</i> melalui CPM.....	66
Tabel 4.4 Percobaan <i>aircraft jacking alignment</i> ketika ALIGNMENT aktif.....	69
Tabel 4.5 Hasil percobaan <i>aircraft jacking alignment</i> ketika tombol <i>switch</i> ALIGNMENT aktif dan perintah UP atau DOWN dijalankan.....	75
Tabel 4.6 Percobaan <i>response time</i> pada CPM terhadap JE #1.....	77
Tabel 4.7 Percobaan <i>response time</i> pada CPM terhadap JE #2.....	78
Tabel 4.8 Percobaan <i>response time</i> pada CPM terhadap JE #3.....	78
Tabel 4.9 Pengukuran tegangan output baterai 9 VDC.....	81
Tabel 4.10 Pengukuran tegangan input sensor MPU6050	82
Tabel 4.11 Pengukuran tegangan output <i>power supply adapter</i> DC 12.....	82
Tabel 4.12 Pengukuran tegangan input OLED SSD1306 dan <i>transceiver</i> NRF24L01	82
Tabel 4.13 Pengukuran tegangan input NRF24L01 pada masing-masing subsistem	83
Tabel 4.14 Pengukuran output LED ketika perintah <i>jacking</i> diberikan pada JE dan CPM.....	83