

Perancangan dan Pembuatan PLC-MIKRO untuk Model Flap dengan Feedback Potensiometer Berbasis Microcontroller PIC16F877A

SEMADHI ADHI IMANDA¹, DECY NATALIANA¹, USEP ALI ALBAYUMI²

1. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional

2. PT Dirgantara Indonesia

Email: semadhiadhii@gmail.com

ABSTRAK

Flap pada sayap pesawat merupakan salah satu komponen dalam sistem pesawat terbang yang menghasilkan gaya angkat atau High Lift Device. Beberapa sistem ini menggunakan electromechanic system. Penelitian ini mencoba menggantikan electromechanic system tersebut menjadi suatu sistem yang dapat dikendalikan secara terpusat dengan menggunakan PLC-mikro. Sistem yang diimplementasikan berupa model flap sayap pesawat yang bekerja berdasarkan instruksi dari ladder diagram yang diprogram menggunakan software LDmicro. PLC-mikro akan mengirimkan perintah pada motor stepper, motor stepper akan bergerak searah ataupun berlawanan arah jarum jam menuju posisi flap yang diinginkan. Terdapat sebuah potensiometer yang berfungsi sebagai sensor posisi. Dilakukan pengujian terhadap prototype flap sayap pesawat terbang dan berhasil menggerakkan motor stepper berputar searah jarum jam maupun berlawanan dengan arah jarum jam, memberikan informasi posisi flap sempurna dari pesawat. Sistem ini juga berhasil membaca informasi posisi flap pesawat dari potensiometer.

Kata Kunci : Flap, Motor Stepper, PLCmikro, LDmicro, Ladder Diagram.

ABSTRACT

Flap is the most important device to make a high-lift in an airplane. It device can make a high-lift called High Lift Device. Some of high-lift systems using an electromechanic system. This research tried to replace the electromechanic system into a system that could be controlled centrally by using a PLC-mikro. The system was implemented in a flap model that worked based on the instruction of the ladder diagram. It program used LDmicro software. PLCmikro would give a command to a motor stepper, and it will move the prototype to a desired position. Potentiometer was an analog input model of the sensor position. Flap prototype was realized successfully driving the stepper motor to rotate in clockwise or counter-clockwise, giving information a perfect flap of the aircraft. The system was also able to read information from the aircraft flap position potentiometer.

Keywords: Flap, Motor Stepper, PLCmikro, LDmicro, Ladder Diagram.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini kemajuan teknologi semakin berkembang pesat dan mengubah sebagian besar cara hidup manusia. Teknologi merupakan buah pikiran manusia dalam mengupayakan untuk membantu dan mempermudah semua aktifitas manusia sehingga grafik kemajuan teknologi yang dihasilkan berbanding lurus dengan kebutuhan manusia. Perkembangan teknologi dibidang elektro contohnya, dengan teknologi elektro yang semakin canggih dapat semakin mempermudah manusia dalam melakukan sesuatu usaha. Selain itu, teknologi elektronika tepat guna juga sangat membantu dalam segala aspek kehidupan. Salah satu aspek kehidupan yang dipengaruhi oleh teknologi elektronika yaitu alat transportasi. Hampir seluruh kendaraan di muka bumi terpasang alat – alat elektronik yang berfungsi untuk mengatur atau mengukur performa kendaraan tersebut. Pada pesawat terbang sebagian besar kontrolnya menggunakan elektronika seperti kontrol untuk *flight control* (roll, *pitch*, *yawi*), *landing and take off*, *high lift device* (*flap dan slat*) dan *auto pilot*, *auto landing*.

Flap adalah sebuah komponen yang terdapat di sayap pesawat dan berfungsi menambah gaya angkat pesawat saat pesawat memiliki kecepatan rendah (**Mason, 2007**). *Flap* dikendalikan secara manual oleh pilot melalui sebuah tuas pada *cockpit*. *Flap* selalu digunakan pada saat *take off* dan *landing*, sedangkan pada saat mengudara biasanya disatukan dengan sistem *autopilot*. Pada saat *take off*, *flap* turun dari 0 ke 10 hingga 20 derajat. Pada saat *landing*, *flap* sepenuhnya terbuka. Proses naik dan turunnya posisi *flap* sering disatukan dengan *slat* dan diproses oleh sebuah komputer yang disebut SFCC (*Slat Flap Computer Center*). SFCC akan menggerakkan aktuator yang biasanya merupakan sebuah sistem hidrolis dan atau motor. Pergerakan posisi *flap* akan ditampilkan pada sebuah *indicator flap*, indikator tersebut dapat berupa nyala lampu. *Flap* pesawat terbang sendiri memiliki spesifikasi yang berbeda di tiap jenis pesawat, apalagi pesawat Boeing dan Airbus. Pada Boeing derajat *flap* disebutkan secara jelas, misalnya pada Boeing 767-300 yang memiliki derajat *flap* 1, 5, 15, 20, 25 dan 30 derajat (**Nield, 2012**). Sedangkan pada Airbus *flap* hanya diberi nomor pada tiap posisinya yaitu posisi 1, 2, 3 dan 4 (**Ruddolf, 1996**). Tapi baik pada Boeing 767-300 ataupun Airbus terdapat sistem pengaman jika terjadi kondisi-kondisi tidak normal seperti kelebihan beban ataupun saat *slat* dan *flap* tidak sejalan. Keduanya memiliki prosedur yang sama dalam mengatasinya yaitu membuat gate atau gerbang pengaman (pada *flap* 20° pada Boeing) (**Suyitmadi, 2011**). Lalu pengendali yang awalnya bergerak dengan sistem hidrolis beralih ke motor elektrik, kontrolnya pun pindah dari tuas *flap* ke kontrol manual lalu pergerakan posisi *flap* hanya sampai 20°

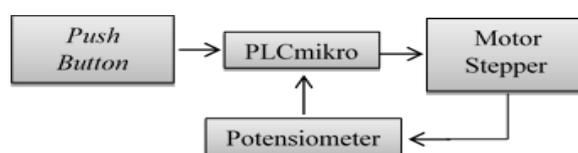
PLC-mikro merupakan salah satu teknologi elektronika yang banyak digunakan untuk mengontrol berbagai macam instrumen digital. PLC-mikro adalah sebuah istilah yang diberikan untuk menamai rangkaian mikrokontroler yang dapat diprogram dengan Bahasa pemrograman *ladder diagram* (**Artanto, 2012**). PLC-mikro sendiri yaitu suatu teknologi alternatif sebagai pengganti PLC yang ada saat ini, keduanya memiliki cara kerja yang sama, perbedaannya hanya pada otak pemroses. Harganya relatif murah dibandingkan dengan PLC yang beredar di masyarakat membuat PLC-mikro cepat dikenal. Selain soal harga, perakitan PLC-mikro pun bisa dibilang mudah. PLC-mikro sebetulnya suatu perangkat kontrol dengan basis kontrol utamanya mikrokontroler, ada berbagai mikrokontroler yang dapat dirangkai salah satunya PIC16F877A. Mikrokontroler ini akan cukup untuk mengontrol model pergerakan *flap* pesawat terbang.

Atas dasar inilah penulis merancang dan merealisasikan model *flappesawat* terbang. Model yang dirancang akan menggerakkan sebuah baut dan mur yang dikopling pada motor stepper sesuai dengan masukan *push button* yang diproses dengan PLC-mikro. Pergerakan mur akan dijadikan model dari posisi *flap* dan pada ujung satunya dikopling sebuah potensiometer yang akan bertindak sebagai model dari sensor posisi *flap* sayap pesawat terbang. Model ini lebih berkonsentrasi pada sistem kontrol.

2. METODOLOGI

2.1 Perancangan Sistem

Secara garis besar, perancangan sistem digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram Perancangan Sistem

Seperti pada Gambar 1, sistem perancangan alat terbagi menjadi dua yaitu hardware dan software. Untuk hardware dibagi lagi menjadi 4 subsistem.

1. Subsistem pengendali yaitu PLCmikro berbasis mikrokontroler PIC16F877A.
2. Subsistem input yaitu *push button* sebagai input untuk mengaktifkan *motor stepper*.
3. Subsistem Sensor untuk posisi *flap* sayap pesawat dimodelkan menggunakan potensiometer.
4. Subsistem Aktuator yaitu motor stepper untuk menggerakkan *flap* sayap pesawat.

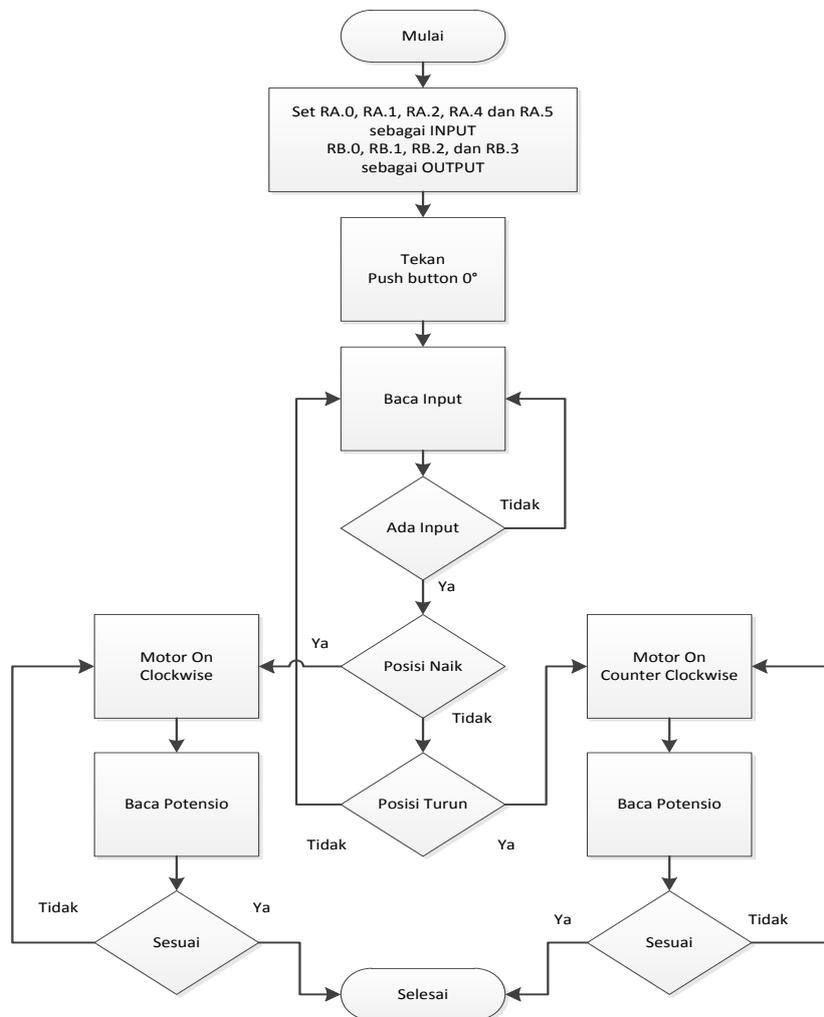
Sedangkan *software* hanya satu yaitu LDmicro,*software* akan didownload pada mikrokontroler dan bertugas sebagai pengatur pergerakan model *flap* pesawat.

Subsistem pengendali merupakan sebuah mikrokontroler, yaitu PIC16F877A, yang dapat menggunakan sebuah bahasa yang biasanya digunakan oleh PLC yaitu *ladder diagram*. Seperti namanya subsistem ini berfungsi sebagai pengendali utama dari model *flap* pesawat terbang, dimana PLCmikro ini memiliki pin input dan output yang masih dapat dikembangkan karena hanya berupa pin port saja. Sistem kerja *push button* sebagai subsistem input adalah memberikan *logic 1* ketika ditekan, namun jika dilepaskan kembali menjadi *logic 0*. *Push button* yang digunakan ada 5, yaitu *push button* untuk 0°, 10°, 20°, 30° dan 40°. Subsistem sensor posisi yang dimodelkan oleh potensiometer sepuluh putaran yang memiliki nilai maksimum 5 k Ω dikopling pada motor stepper. Motor stepper yang digunakan adalah motor stepper unipolar yang bekerja berdasarkan pulsa – pulsa periodic yang dikeluarkan oleh PLC-mikro. Pada perancangan kali ini memisalkan nilai minimum tahanan potensiometer berupa 0 Ω akan sebanding dengan nilai sudut 0°. Sedangkan maksimum tahanan potensiometer berupa 10 k Ω akan sebanding dengan sudut 40°. Nilai tahanan dari potensiometer akan dikonversi terlebih dahulu menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) yang ada pada. Pada perancangan *prototype* sistem kali ini tidak menampilkan nilai sudut dalam bentuk *display* atau layar LCD. Selain itu nilai beban serta aerodinamika dari *flap* tidak dibahas.

Cara kerja PLCmikro yang telah dirancang dan direalisasikan diharapkan mampu bekerja sesuai dengan *flap* dari pesawat berukuran kecil dimana besaran derajat posisi flap yang

dirancang merupakan sebuah *flight phase*. Derajat *flap* yang dirancang adalah 0°, 10°, 20°, 30° dan 40°, pemilihan derajat pada model ini merupakan standar dari *flap* pesawat kecil dan menengah. Berikut ini tahapan sistem yang harus dilakukan pada *flap* pesawat terbang:

1. Kondisi awal jika alat dihidupkan adalah indikator lampu pada PLC mikro menyala, pada kondisi ini diasumsikan pesawat berada di daratan (*ground*) sehingga *flap* masih dalam posisi 0° dan motor stepper menyala dengan perputaran *clockwise* atau *forward*.
2. Kondisi berikutnya adalah ketika pesawat *take off* maupun *landing*, saat *take off* posisi *flap* dibuka pada 10 derajat dan saat *climb flap* ditekan pada posisi 20 derajat. Lalu *flap* pesawat dibuka pada posisi 30 sampai 40 derajat pada saat *landing*. Pengkondisian posisi dilakukan dengan menekan *push button*, pemilihan *push button* dikarenakan harga tuas seperti yang ada di *cockpit* relatif mahal.
3. Potensiometer berfungsi sebagai pemberi *feedback* tentang posisi sebenarnya dari *flap* pesawat terbang. Bila terjadi ketidaksesuaian maka motor stepper akan berputar kembali hingga ke posisi yang diinginkan.



Gambar 2. Flow Chart Sistem Pengontrolan

Gambar 2 menjelaskan sebuah *flowchart* pada *software*. *Software* yang dirancang diawali dengan menentukan *port* RA0-RA4 sebagai input dan *port* RB0-RB3 sebagai output. *Push*

button yang memberikan input posisi 0° ditekan dengan tujuan mengikuti posisi tuas *flap* pada pesawat sesungguhnya yang selalu berada pada posisi 0° pada saat pesawat diaktifkan. Selanjutnya PLC-mikro sebagai *processor* mendeteksi dan membandingkan input yang diberikan apakah posisinya naik atau turun dari posisi sebelumnya. Setelah itu potensiometer sebagai sensor posisi akan memberikan *feedback* pada PLC-mikro yang memberitahu posisi *flap* telah sesuai atau tidak, bila belum sesuai maka motor akan terus berputar hingga posisi yang diinginkan.

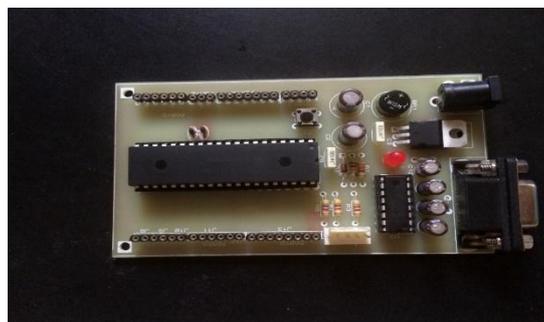
LDmicro merupakan sebuah aplikasi berbasis *ladder logic* yang dapat berfungsi sebagai *editor*, *simulator* dan *compiler* untuk mikrokontroler 8-bit. *Software* ini dapat menghasilkan *native code* untuk Atmel AVR dan *Microchip* PIC16 dari sebuah ladder diagram. Gambar 3 menampilkan tampilandari program LDmicro, *software* LDmicro memiliki bentuk yang sama dengan Ladder Diagram pada PLC.



Gambar 3. Tampilan *software* LDmicro

2.2 Realisasi

Realisasi perangkat keras yang akan digunakan sebagai pengendali dapat dilihat pada Gambar 4. PLC-mikro yang dirancang merupakan PLC-mikro tipe ketiga dari buku 60 aplikasi PLC-mikro oleh dian artanto. PLC-mikro tipe ketiga ini memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi karena *input* dan *output* dapat dikreasikan sesuai kebutuhan.



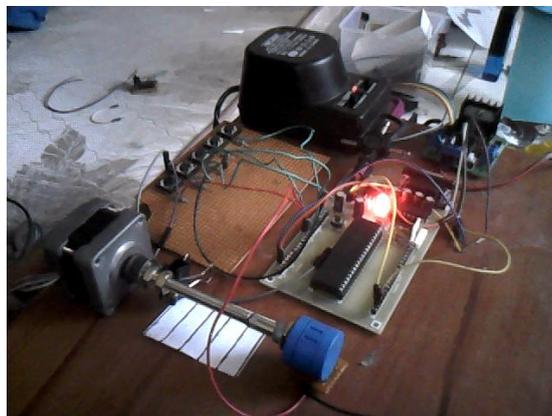
Gambar 4. Realisasi PLC-mikro

Lalu pada sisi aktuator dan sensor posisi direalisasikan secara sederhana pada Gambar 5. Aktuator terdiri dari motor stepper yang dikopling langsung kepada sebuah baut dan mur, nantinya mur akan diberi beban atau pemberat agar saat baut berputar maka mur yang bergerak. Mur tersebut akan dimodelkan sebagai posisi dari *flap* pesawat. Pada ujung baut satunya dikoplingkan dengan potensiometer yang memberikan *feedback* ke PLC-mikro tentang posisi mur.



Gambar 5. Realisasi Aktuator dan Sensor

Gambar 6 merupakan realisasi dari semua subsistem yang telah digabungkan, mulai dari subsistem input hingga subsistem sensor.



Gambar 6. Realisasi Sistem Keseluruhan

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Pengujian Potensiometer

Pengujian pertama adalah pengujian rangkaian input pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran besaran resistansi yang berubah sesuai dengan besaran putaran yang diberikan pada potensiometer. Lalu memberikan input sebesar 5V yang selanjutnya tegangannya akan diukur oleh voltmeter. Dengan rumus pembagi tegangan maka dapat dilakukan sebuah perhitungan nilai tegangan yang dapat menjadi perbandingan agar bias menentukan nilai linear dari potensiometer. Rumus yang digunakan yaitu

$$V_{output} = \frac{R_{potensio}}{R_{total}} \times V_{input} \quad \dots (1)$$

Dimana R total potensio sebesar 10kΩ dan potensio dapat diputar sebanyak sepuluh kali putaran sehingga besaran derajat berikut ini adalah besaran derajat flap. Data perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk nilai error dapat diperoleh dengan persamaan

$$Error = \frac{Tegangan\ perhitungan - Tegangan\ terukur}{Tegangan\ perhitungan} \times 100\% \dots (2)$$

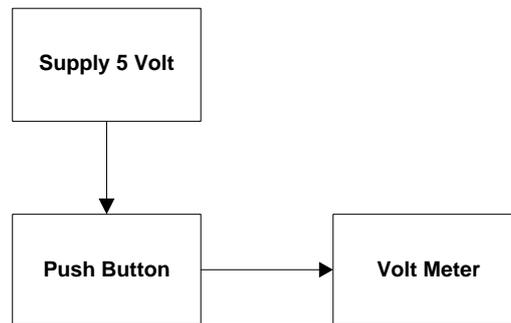
Tabel 1. Hasil Pengujian Potensiometer

Posisi Sudut	Nilai Resistansi (ohm)	Tegangan Perhitungan (V)	Tegangan Terukur (V)	Error (%)
0 ⁰	0.003	0.002	0.0019	5.00
2 ⁰	5.800	0.005	0.0049	2.00
4 ⁰	11.111	0.01	0.0101	1.00
6 ⁰	16.998	0.015	0.0151	0.66
8 ⁰	22.500	0.02	0.0199	0.50
10 ⁰	28.000	0.025	0.0249	0.40
12 ⁰	33.636	0.030	0.0299	0.33
14 ⁰	39.102	0.035	0.0349	0.29
16 ⁰	44.900	0.040	0.0401	0.25
18 ⁰	50.300	0.045	0.0451	0.22
20 ⁰	55.860	0.050	0.0501	0.20
22 ⁰	61.426	0.055	0.0551	0.182
24 ⁰	67.000	0.060	0.0601	0.167
26 ⁰	72.628	0.065	0.0649	0.154
28 ⁰	78.014	0.070	0.0699	0.143
30 ⁰	83.640	0.075	0.0749	0.133
32 ⁰	89.096	0.080	0.0801	0.125
34 ⁰	94.742	0.085	0.0849	0.118
36 ⁰	100.318	0.090	0.0901	0.111
38 ⁰	105.864	0.095	0.0951	0.105
40 ⁰	111.600	0.10	0.1002	0.100

Resistansi pada potensiometer melambangkan posisi sudut *flap*. Dengan 0.005V mempunyai selisih posisi 2°. Dari hasil pengujian didapat bahwa potensiometer yang digunakan adalah potensiometer linear.

3.2 Pengujian *Push-Button*

Pengujian rangkaian input ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada *Push Button* pada saat ditekan dan pada saat dalam keadaan normal. *Push Button* dihubungkan dengan *ground* dan tegangan *input* sebesar 5 Volt. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Voltmeter. Untuk proses pengukuran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Pengukuran *Push Button*

Hasil pengukuran *output push button* ditunjukkan pada Tabel 2.

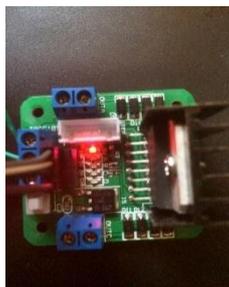
Tabel 2. Hasil Pengujian Tombol

Percobaan Ke	Keadaan Ditekan (Volt)					Tidak Ditekan (Volt)				
	0°	10°	20°	30°	40°	0°	10°	20°	30°	40°
1	4.96	4.98	4.90	4.95	4.99	0	0	0	0	0
2	4.99	4.98	4.99	4.95	4.98	0	0	0	0	0
3	4.98	4.98	4.98	4.99	4.99	0	0	0	0	0
4	4.98	4.96	4.97	4.96	4.96	0	0	0	0	0
5	4.99	4.97	4.97	4.95	4.97	0	0	0	0	0
6	4.98	4.95	4.99	4.95	4.95	0	0	0	0	0
7	4.97	4.95	4.95	4.96	4.96	0	0	0	0	0
8	4.99	4.95	4.96	4.96	4.97	0	0	0	0	0
9	4.95	4.95	4.95	4.99	4.98	0	0	0	0	0
10	4.98	4.97	4.96	4.96	4.99	0	0	0	0	0

Hasil pengujian menunjukkan pada saat *push button* tidak ditekan, tidak ada tegangan yang mengalir melalui *push button*, sedangkan saat *push button* ditekan, tegangan *input* akan mengalir melalui *push button* dan terukur oleh voltmeter

3.2 Pengujian Rangkaian Driver

Pengujian rangkaian *driver* motor stepper dilakukan dengan memberikan *logic 0* atau *logic 1* dari mikrokontroler PIC16F877A ke rangkaian *driver*. Apabila mikrokontroler tersebut mengirimkan *logic 1* pada *port* RD.0, RD.1, RD.2 dan RD.3 maka LED akan menyala sebagai indikator bahwa adanya arus yang mengalir untuk mengaktifkan koil motor stepper. Selain itu terdapat lampu LED yang bertuliskan 5V, lampu ini berfungsi sebagai indikator bahwa adanya tegangan referensi sebesar 5V yang nantinya akan menjadi dasar perbandingan *driver* untuk memberi tegangan pada koil. Jika port RD.0 sampai RD.3 mengirimkan *logic 0* maka lampu LED tersebut tidak akan aktif. Sebaliknya, jika diberikan *logic 1* maka lampu LED akan menyala dan menggerakkan motor stepper. Gambar 8 merupakan gambar yang diambil pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 8. Pengujian modul driver

Tabel 3 merupakan hasil pengujian rangkaian driver akan diberikan tegangan sebesar 5V satu per satu di tiap port input, mulai dari port A hingga D lalu dibalik dari D hingga A. Pada port output dihubungkan ke motor stepper sehingga dapat langsung terlihat apakah motor berputar saat koilnya diberi tegangan atau tidak.

Tabel 3. Pengujian Rangkaian Driver

Koil	Lampu LED	Motor Stepper
A	Menyala	Berputar
B	Menyala	Berputar
C	Menyala	Berputar
D	Menyala	Berputar

Dari Tabel 3 didapat bahwa rangkaian driver dapat bekerja dan dapat memutar motor stepper baik searah maupun berlawanan arah jarum jam.

3.3 Pengujian motor

Pada pengujian motor stepper ini ingin dilihat apakah motor bekerja dengan baik dan sesuai sistem atau tidak. Umumnya motor akan ON atau bergerak apabila koil-koil yang ada menerima logic 1 pada pin inputnya, dan akan OFF jika menerima logic 0. Pada rangkaian PLC mikro ini digunakan sebuah motor stepper dengan 6 kabel, dengan 2 kabel untuk center tap dan 4 kabel lainnya merupakan koil-koil dengan berbagai warna pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Motor Stepper

WARNA KABEL						BERPUTAR	
Putih	Hitam	Abu-abu	Merah	Orange	Coklat	Ya	Tidak
✓	✓					X	✓
✓		✓				✓	x
✓			✓			✓	x
✓				✓		x	✓
✓					✓	x	✓
✓	✓					x	✓
	✓	✓				x	✓
	✓		✓			x	✓
	✓			✓		✓	x
	✓				✓	✓	x
✓		✓				✓	x
	✓	✓				x	✓
		✓	✓			x	✓
		✓		✓		x	✓
		✓			✓	x	✓
✓			✓			✓	x
	✓		✓			x	✓
		✓	✓			x	✓
			✓	✓		x	✓
			✓		✓	x	✓
✓				✓		x	✓
	✓			✓		✓	x
		✓		✓		x	✓
			✓	✓		x	✓
				✓	✓	x	✓
✓					✓	x	✓
	✓				✓	✓	x
		✓			✓	x	✓
			✓		✓	x	✓
				✓	✓	x	✓

Keterangan:

✓ : Kondisi AKTIF

X : Kondisi TIDAK AKTIF

Dari Tabel 4 pengujian dapat diketahui bahwa kabel putih dan hitam merupakan *center tap* dan sisanya koil, karena setiap kabel tersebut diberi logic 1 maka akan memutar rotor, baik searah maupun berlawanan arah jarum jam. Kabel putih merupakan *center tap* dari koil

dengan kabel abu-abu dan merah sedangkan kabel hitam merupakan *center tap* dari koil dengan kabel orange dan coklat.

3.4 Pengujian sistem

Setelah mengintegrasikan keseluruhan sistem, perangkat keras dan perangkat lunak, maka dilakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan. Tujuan melakukan pengujian tersebut untuk melihat kinerja sistem yang dirancang secara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) agar dapat bekerja dengan baik sesuai yang diinginkan. Pengujian *prototype flap* sayap pesawat secara keseluruhan yang beroperasi tiap kondisi, mulai dari kondisi pesawat berada di landasan, pesawat lepas landas (*take off*), pesawat berada di udara, dan pesawat mendarat (*landing*). Berikut hasil *system* secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian sistem

Input	Posisi Sebenarnya		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
0°	0°	0°	0°
10°	10°	12°	10°
20°	20°	23°	20°
30°	30°	35°	32°
40°	40°	44°	41°

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4 dapat dilihat bahwa *flap* bergerak pada posisi yang sesuai dengan input yang diberikan. Pada pengujian system ini dilakukan tiga kali percobaan, percobaan pertama *flap* digerakan secara berurutan mulai dari 0°, 10°, 20°, 30° lalu 40°. Hal ini dilakukan dengan alasan untuk meniru pergerakan *flap* sayap pesawat terbang pada saat *take off*. Lalu percobaan berikutnya input ditekan secara *random*, tujuannya sama yaitu mensimulasikan keadaan pesawat pada saat *cruise* atau terbang. Selanjutnya input ditekan dari 40° menuju ke 0°, keadaan ini merupakan keadaan dimana pesawat melakukan *landing*. Pengukuran posisi *flap* sendiri dilakukan secara manual menggunakan penggaris. Dari pengujian sistem didapat perbedaan posisi *flap* pada saat input 10° memiliki rata-rata error sebesar 0,67°, pada input 20° memiliki rata-rata error sebesar 1°, pada input 30° memiliki rata-rata error sebesar 2,3°, dan pada input 40° memiliki rata-rata error sebesar 1,67°.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaturan besaran sudut *flap* sayap pesawat terbang menggunakan PLC mikro berbasis PIC16F877A telah berhasil diaplikasikan pada *prototype flap* yang telah direalisasikan dan didapat perbedaan posisi *flap* pada saat input 10° memiliki rata-rata error sebesar 0,67°, pada input 20° memiliki rata-rata error sebesar 1°, pada input 30° memiliki rata-rata error sebesar 2,3°, dan pada input

40° memiliki rata-rata error sebesar 1,67. Lalu berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa potensio dapat memberikan nilai resistansi yang linear terhadap besarnya putaran yang diberikan sehingga penentuan posisi aktuator motor stepper dapat diterima dengan akurat dengan 0.005V mempunyai selisih posisi 2°. Berdasarkan tabel 2, push button berhasil difungsikan sebagai input yang memberikan *trigger* atau dorongan untuk menghidupkan motor dan berputar menuju posisi yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian driver motor stepper pada gambar 8 dan tabel 3, driver telah sesuai dengan sistem yang diinginkan untuk menggerakkan motor stepper baik berputar searah dengan perputaran jarum jam. Motor stepper sendiri telah diuji dapat bergerak searah maupun berlawanan jarum jam, dapat dilihat dari tabel 4. Integrasi antara perangkat keras (*hardware*) dan lunak (*software*) telah bekerja sesuai spesifikasi sistem yang diinginkan, seperti terlihat pada tabel 5 hasil pengujian seluruh sistem.

DAFTAR RUJUKAN

- Mason, W.H (2007). *High-Lift Aerodynamics*. Dipetik Mei 2, 2014
- Nield, Brian (2012). *Boeing 767 Flight Control*. Dipetik April 14, 2014 dari <http://smartcockpit.com>
- Rudolph, Peter K. C (1996). *High-Lift Systems on Commercial Subsonic Airliners*. Dipetik Juni 19, 2014
- Artanto, Dian (2012). *60 Aplikasi PLC-mikro*. Dipetik Mei 1, 2014
- Suyitmadi (2011). *Analisis Kinerja Flap Sebagai Penambah Koefisien Gaya Angkat*. Dipetik Maret 17, 2014