

Implementasi *Prototype* Alat Uji *Flight Control Actuator* Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

NANDANG TARYANA¹, USEP ALI ALBAYUMI², ABDUL ROHIM¹

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
2. PT. Dirgantara Indonesia
Email: yanztar17@gmail.com

ABSTRAK

Flight control system merupakan suatu sistem di pesawat udara yang digunakan untuk manuver dari satu kondisi terbang ke kondisi terbang lainnya. Alat uji flight control actuator pesawat ini dirancang berupa prototype yang dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno, yang terdiri dari input dan output. Input tersebut adalah sensor load cell yang berfungsi untuk mengetahui beban yang diterima dari aktuator pesawat, serta input sensor ping berfungsi untuk mengetahui jarak ataupun sudut dari pergerakan aktuator pesawat. Sedangkan output yang dihasilkan berupa data dari hasil pembacaan sensor load cell dan sensor ping. Alat uji flight control sistem aktuator pesawat yang telah direalisasikan mampu menggerakkan 2 buah double acting cylinder untuk bekerja naik dan turun secara bergantian serta mampu menggerakkan motor servo dengan jarak pergerakan 3 cm – 4 cm.

Kata kunci: *Flight control system, Arduino Uno, double acting cylinder, Sensor Ping, Load Cell, Motor Servo*

ABSTRACT

Flight control system is a system in which aircraft are used to maneuver from one condition to fly to other flight conditions. Testing instruments aircraft flight control actuator designed a prototype of which is controlled by using microcontroller arduino uno, which consists of input and output. The input is a load cell sensor that serves to determine the load received from aircraft actuators, as well as ping sensor input is used to determine the distance or angle of the aircraft actuator movement . While the output of the data from the load cell sensor readings and sensor ping . Test equipment aircraft flight control actuator system that has been realized is able to move two pieces of double acting cylinder to work up and down alternately and able to drive the servo motor with the movement distance of 3 cm – 4 cm .

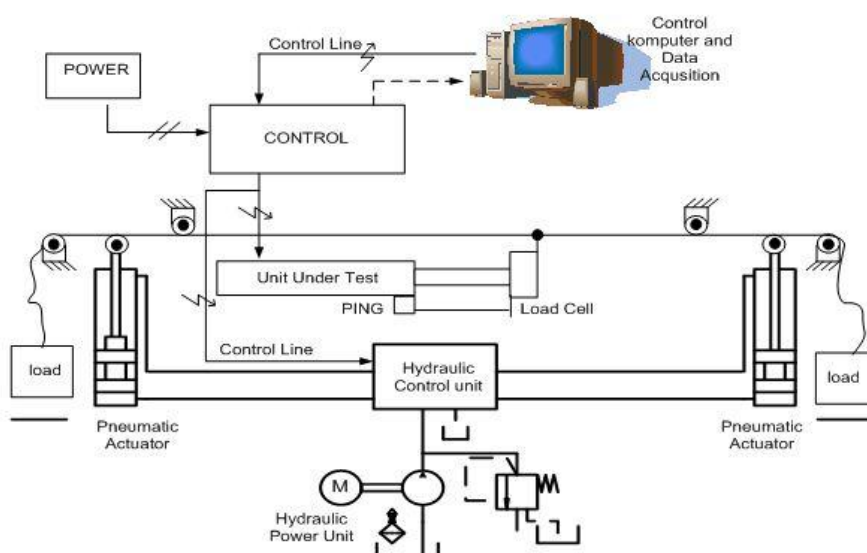
Keywords: *Flight control system , Arduino Uno , double acting cylinder , Ping Sensor, Load Cell, Servo Motor*

1. PENDAHULUAN

Flight Control System (FCS) adalah suatu sistem di pesawat udara yang digunakan untuk manuver pesawat dari satu kondisi terbang ke kondisi terbang lainnya. Dalam *flight control system* diperlukan alat uji untuk ketahanan sistem aktuator yang akan digunakan pada pesawat serta jarak pergerakan pada system *flight control actuator* tersebut. Pada umumnya di industri pembuatan pesawat memiliki alat uji *flight control actuator* dengan skala yang besar, jadi cukup rumit apabila ingin menerapkan sistem alat uji yang baru dan ingin mencoba sistem yang baru. Sebelum alat uji *flight control actuator* dibuat dengan skala yang besar untuk jenis pesawat, maka pada penelitian ini penulis ingin merancang dan meralisasikan sebuah sistem alat uji *flight control actuator* untuk pesawat dengan skala yang lebih kecil. Berikut spesifikasi untuk alat uji *flight control actuator* skala kecil secara umum antara lain:

1. *Unit Under Test* yang dimana terdapat motor *servo continuous* yang digunakan sebagai aktuator pesawat.
2. Sensor ping digunakan untuk mengetahui jarak saat aktuator bergerak.
3. Sensor *Load Cell* digunakan untuk mengetahui beban yang di terima oleh aktuator.
4. *Limit switch* digunakan untuk pembatas aktuator saat bekerja naik dan turun.
5. *Solenoid valve 4/3* untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik (*cylinder*).
6. *Pneumatic actuator* digunakan untuk bergerak naik dan turun sehingga beban yang diberikan dapat terangkat
7. *Control* untuk mengolah data dan pengendali dari alat uji *flight control actuator*.
8. *Computer* untuk menampilkan data yang dikirim oleh *controller* yang berasal dari *unit under test*.

Skematik alat uji *flight control actuator* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Uji *Flight Control Actuator*

Menurut Usep, dalam modulnya yang berjudul gerak berangkai menjelaskan pergerakan beberapa komponen output sistem (motor listrik, silinder aktuator, motor hidrolis, solenoid, dan lain-lain) sesuai urutan, mulai dari komponen pertama aktif dilanjutkan ke komponen

kedua dan seterusnya, sampai komponen terakhir mengikuti suatu proses/siklus. Begitu proses berakhir, maka komponen-komponen yang bergerak pun berhenti. Pergerakan komponen dapat diulang mengikuti siklus yang sama, pengulangan siklus dapat dilakukan secara *automatic* atau manual. Gerak berangkai dibutuhkan untuk sistem *flight control actuator* karena sistem kerja dari *flight control* bergerak secara bergantian. **(Albayumi, 2014)**

Penelitian yang dilakukan Wendadi dalam jurnal tugas akhirnya menjelaskan tentang analisis data kecelakaan dan kegagalan sistem *rudder* yang telah berhasil di analisis yaitu, kegagalan pada sistem *rudder* merupakan jenis kegagalan *flight control system*, yang memiliki pengaruh kegagalan bersifat katatropik dengan peluang kejadian $\leq 10^{-9}$. Beberapa kecelakaan yang melibatkan kegagalan sistem *rudder* dikaji secara khusus untuk mendapatkan faktor-faktor yang sama (*common*) dan yang tidak dalam kejadian kecelakaan tersebut. **(Novandra, 2008)**

Berdasarkan beberapa kajian pustaka yang telah diambil sebagai referensi, maka pada penelitian ini penulis merancang dan merealisasikan alat uji *flight control actuator* yang mampu mengetahui beban yang diterima oleh aktuator pesawat dan mampu mengetahui jarak dari pergerakan *actuator*. Alat uji *flight control actuator* dikendalikan secara terpusat menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno yang telah diprogram menggunakan bahasa C. Penelitian ini membahas perancangan dan realisasi alat uji dari *actuator* pesawat yang bagaimana arduino dapat mengatur kerja alat uji *flight control actuator* dimulai pada saat aktuator bergerak hingga mampu mengangkat beban, serta menampilkan data berat dan jarak yang berasal dari aktuator saat bergerak.

2. PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT UJI *FLIGHT CONTROL ACTUATOR*

2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum dari alat uji *flight control actuator* ini digunakan untuk mengetahui ketahanan serta pergerakan aktuator pesawat saat melakukan pergerakan atau manuver pesawat dari satu kondisi terbang ke kondisi terbang lainnya. Alat uji *flight control actuator* ini dititik beratkan pada ketahanan aktuator pesawat, berapa beban yang dapat diterima aktuator sehingga *flight control system* pada pesawat dapat berjalan dengan baik serta mengetahui jarak pergerakan dari aktuator pesawat saat melakukan manuver dan menerima beban, yang dimana beban tersebut merupakan tekanan saat pesawat berada di udara. Pada alat uji ini, motor servo digunakan sebagai aktuator yang diuji. Semua pengujian tersebut dikontrol dengan menggunakan arduino uno yang berbasis atmega328 buatan ATMEL dan diprogram menggunakan bahasa C. Prinsip kerja alat uji *flight control actuator* secara umum dapat dibagi menjadi 3 kondisi. Kedua kondisi tersebut adalah:

1. Unit *under test* bergerak kedepan dan silinder 1 bergerak keatas sehingga beban terangkat.
2. Unit *under test* bergerak mundur dan silinder 2 bergerak keatas sehingga beban terangkat.
3. Menampilkan data lewat komputer berupa berat dan jarak.

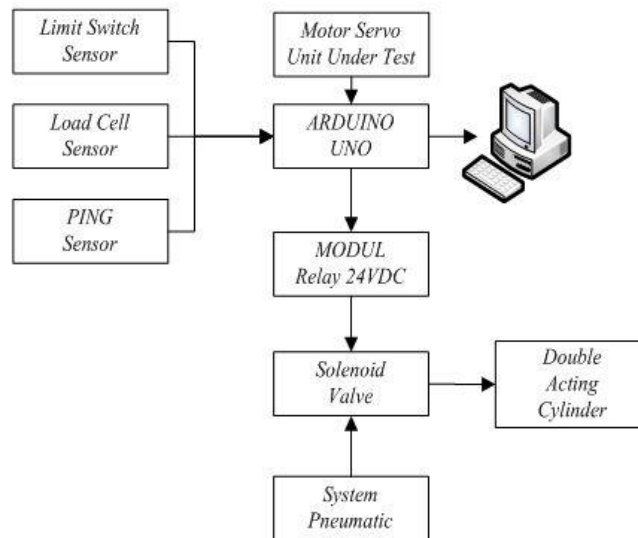
2.2 Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Spesifikasi alat uji *flight control actuator* yang dirancang dan direalisasikan harus mampu melakukan beberapa proses yaitu:

1. *Double acting cylinder* dapat berfungsi naik dan turun, sehingga beban yang diberikan dapat terangkat.

2. *Double acting cylinder* tidak bekerja secara bersamaan melainkan bekerja secara bergantian.
3. Mampu menggerakkan unit *under test* bergerak maju dan mundur.
4. Mampu memberikan informasi berupa berat yang diterima unit *under test* saat melakukan pergerakan maju maupun mundur.
5. Mampu membaca jarak dari pergerakan unit *under test*.

Berdasarkan spesifikasi alat uji *flight control actuator* yang diinginkan, maka blok diagram sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.

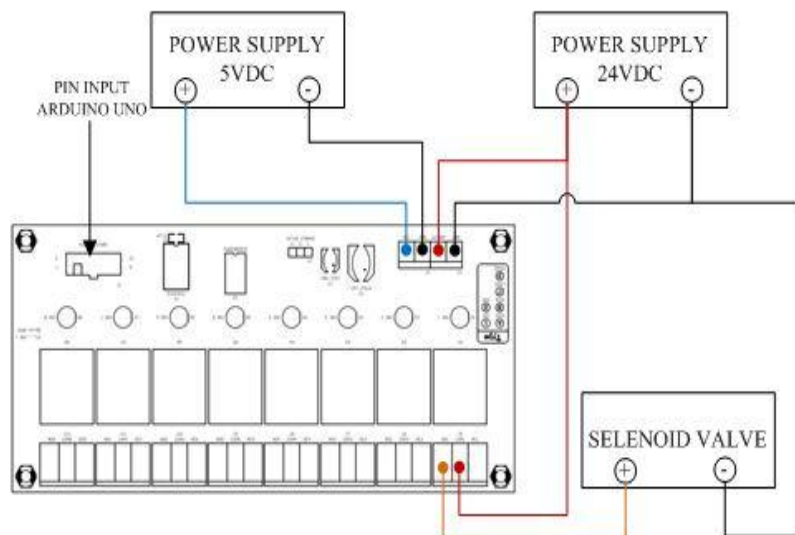


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram di atas dapat dilihat bahwa arduino uno terdiri dari 3 input dan 2 output. Berikut ini akan dijelaskan mengenai masing-masing fungsi dari input maupun output sistem yang dirancang berdasarkan blok diagram di atas.

1. *Limit switch* berfungsi untuk mengetahui pergerakan dari *actuator double acting cylinder*, dimana saat *actuator* bergerak maksimum maka *actuator* akan menyentuh *limit switch* begitu juga sebaliknya *actuator* bergerak minimum akan menyentuh *limit switch* juga. Yang dimaksud pergerakan maksimum dimana *double acting cylinder* naik keatas hingga keseluruhan dan pergerakan minimum dimana *double acting cylinder* turun hingga keseluruhan. Perancangan ini menggunakan 4 buah *limit switch*, dimana 2 *limit switch* digunakan untuk 1 *actuator* dan 2 digunakan untuk unit *under test*. *Limit switch* pada *actuator* pertama diberi nama *limit switch_1* untuk pergerakan *actuator*1 naik keatas dan *limit switch* yang kedua diberi nama *limit switch_2* untuk pergerakan *actuator*2 turun. *Limit switch* pada *actuator* kedua diberi nama *limit switch_3* untuk pergerakan *actuator*2 naik keatas dan *limit switch* yang keempat diberi nama *limit switch_4* untuk pergerakan *actuator* 2 turun dan 2 *limit switch* terakhir pada *unit under test* diberi nama *limit switch_5* untuk bergerak maju ke depan dan *limit switch_6* untuk mundur kebelakang.
2. *Load cell* berfungsi untuk mengetahui beban yang di terima oleh *actuator*. Hasil pembebanan tersebut diasumsikan bahwa beban merupakan tekanan dari udara saat pesawat berada di udara.
3. *Ping* berfungsi untuk mengetahui jarak, dimana jarak yang di ukur adalah jarak dari pergerakan *actuator* saat melakukan pergerakan maju dan mundur.

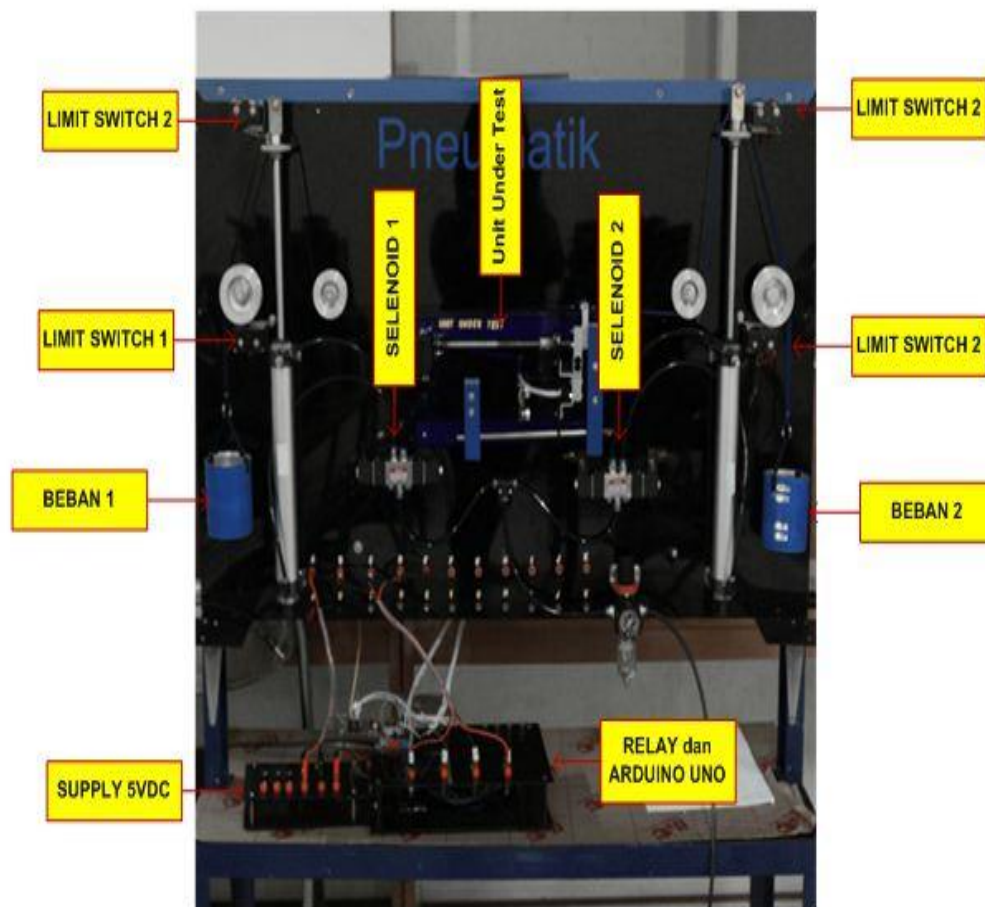
4. Arduino uno merupakan pengendali utama dari prototype. Penggunaan arduino ini karena penggunaan yang simpel serta pemograman yang digunakan cukup mudah.
5. Modul Relay 24 Vdc merupakan relay yang terdiri dari 8 buah relay dan memerlukan tegangan inputan sebesar 5 Vdc. Modul *relay* digunakan sebagai *switch* untuk mengaktifkan *solenoid valve* karena *solenoid valve* memerlukan input tegangan 24 Vdc, sedangkan input dari arduino hanya tegangan 5 Vdc jadi input arduino hanya di gunakan untuk memberikan logic ke modul relay. Pada modul relay 24Vdc terdiri dari beberapa port. Port yang pertama terdiri Vrelay, *ground*, Vcc dan *ground*. Vrelay merupakan tegangan coil jadi Vrelay dihubungkan dengan power supply dengan tegangan +24Vdc dan *ground* dihubungkan ke (-) *power supply*. Untuk Vcc dihubungkan dengan *power supply* dengan tegangan 5 Vdc. Vcc digunakan untuk menghidupkan rangkaian relay. Kemudian port yang kedua di hubungkan ke arduino karena port yang kedua merupakan tegangan input untuk mengaktifkan relay yang kita inginkan. Selanjutnya port ketiga terdiri dari NO, COM dan NC. Pada pin NO dihubungkan ke *solenoid valve*, karena relay saat tidak aktif COM dan NC terhubung sedangkan pada saat relay aktif NO dan COM terhubung seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik *relay* ke *solenoid valve*

6. *Solenoid valve* yang digunakan untuk mengatur pergerakan dari *actuator*. Pada perancangan ini menggunakan 2 buah *solenoid valve*, satu solenoid digunakan untuk satu aktuator.
7. *Double acting cylinder* (DAC) merupakan aktuator yang bekerja akibat adanya tekanan dari pneumatik yang masuk ke dalam salah satu ruangnya. Pada DAC terdapat 2 lubang, salah satunya akan berfungsi sebagai input dan satu lagi sebagai output begitu juga sebaliknya tergantung dari aliran pneumatik yang dikontrol oleh *solenoid valve*.
8. *Motor servo* merupakan unit *under test* pada alat uji *flight control actuator*.
9. Sistem pneumatik adalah sistem yang menggunakan aliran udara yang bertekanan. Udara yang dialirkan berasal dari kompresor yang memberikan tekanan terhadap udara yang dialirkan. Aliran udara tersebut diteruskan ke *solenoid valve* untuk menggerakkan silinder.

Gambar 4 merupakan realisasi dari keseluruhan perancangan perangkat keras alat uji *flight control actuator*.



Gambar 4. Realisasi Perangkat Keras Alat Uji *Flight Control Actuator*

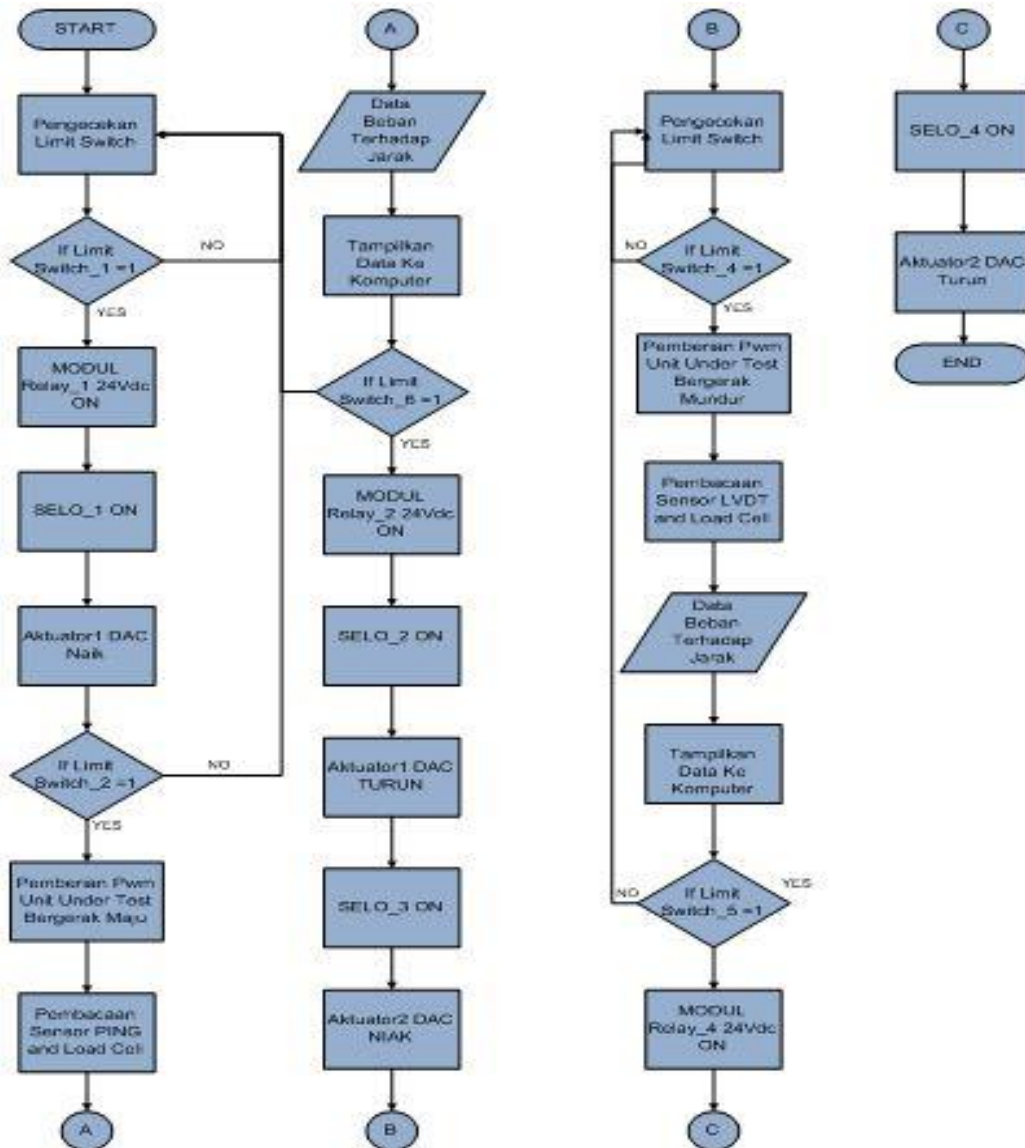
2.3 Perancangan dan Realisasi Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak (*software*) yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengaturan kerja arduino uno dalam mengontrol sistem kerja perangkat keras dari alat uji *flight control actuator* agar bekerja sesuai dengan algoritma yang diinginkan.

Adapun perangkat lunak (*software*) model alat uji *flight control actuator* ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

1. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.
2. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk membuat program pada model alat uji *flight control actuator* yaitu *arduino IDE*.

Gambar 5 menunjukkan *flowchart* alat uji *flight control actuator* yang dirancang untuk diubah ke dalam bentuk bahasa pemrograman.



Gambar 5. Flowchart alat uji flight control actuator

Berikut ini penjelasan *flowchart* dari Gambar 5 untuk alat uji *flight control actuator* pesawat:

1. Start.
2. Pengecekan *limit switch*.
3. Jika *limit switch* 1 aktif berarti silinder1 dalam keadaan di bawah maka solenoid1 akan aktif.
4. Silinder1 akan bergerak keatas sehingga beban yang berada pada silinder1 akan terangkat.
5. Jika *limit switch* 2 aktif karena tersentuh oleh silinder1 ketika bergerak ke atas secara maksimum maka arduino uno akan memberikan pulsa untuk menggerakkan unit *under test* untuk bergerak maju.
6. Ketika unit *under test* bergerak maju sensor ping dan *load cell* akan aktif untuk melakukan pembacaan jarak serta berat beban yang di terima oleh unit *under test*.
7. Kemudian data hasil pembacaan sensor ping dan *load cell* dikirim ke komputer.
8. Pengecekan kembali *limit switch*, jika *limit switch* 3 aktif karena tersentuh oleh unit *under test* karena bergerak maju hingga maksimum, maka solenoid 2 akan aktif, sehingga silinder 1 akan bergerak turun dan solenoid3 akan aktif, sehingga

menggerakkan silinder 2 naik, sehingga beban yang berada di silinder 2 akan terangkat.

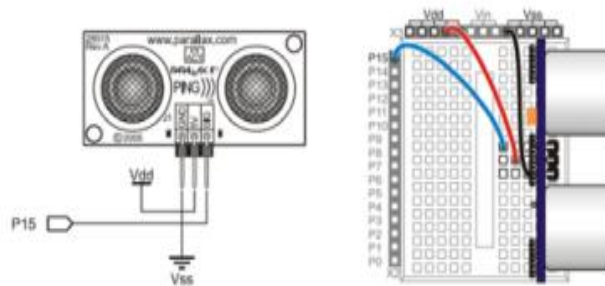
9. Jika *limit switch* 4 aktif karena tersentuh oleh silinder 2 ketika bergerak ke atas secara maksimum maka arduino uno akan memberikan pulsa untuk menggerakkan unit *under test* untuk bergerak mundur.
10. Ketika unit *under test* bergerak maju, sensor ping dan *load cell* akan aktif untuk melakukan pembacaan jarak serta berat beban yang diterima oleh unit *under test*.
11. Kemudian data hasil pembacaan sensor ping dan *load cell* dikirim ke komputer.
12. Pengecekan kembali *limit switch*, jika *limit switch* 5 aktif karena tersentuh oleh unit *under test* karena bergerak mundur hingga maksimum maka solenoid 4 akan aktif sehingga silinder 2 akan bergerak turun.
13. Selesai.

3. PENGUJIAN ALAT

3.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

3.1.1 Pengujian Sensor Ping

Pengujian sensor ping dilakukan dengan menghubungkan sensor ping dengan arduino unoyang telah diprogram terlebih dahulu. Hasil data dari pengujian sensor ping ditampilkan pada software arduino IDE dengan bantuan serial monitor. Berikut Gambar 6 instalasi sensor ping yang terhubung dengan arduino uno serta hasil pengujian sensor ping pada Tabel 1.



Gambar 6. Instalasi Sensor Ping

Pengujian sensor ping dapat dilihat pada Tabel 1.

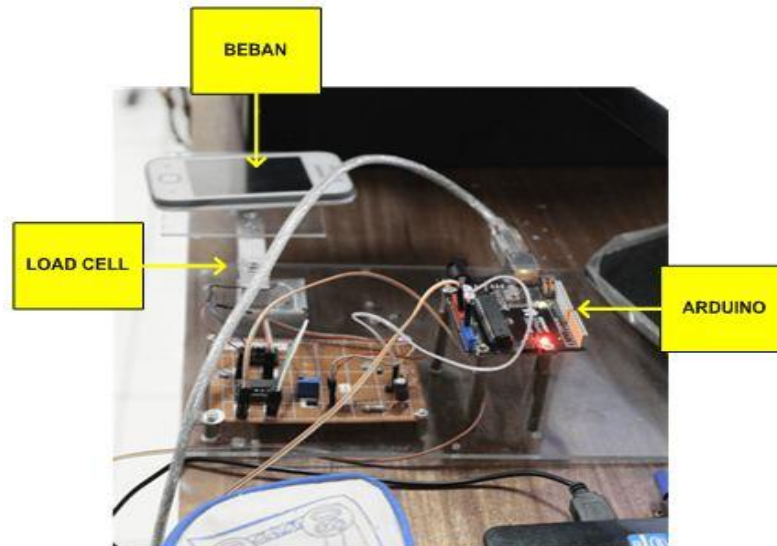
Tabel 1. Pengujian Sensor Ping

No	Aktual	Terbaca
1	3 cm	3,02 cm
2	4 cm	4,03 cm
3	5 cm	5,06 cm
4	6 cm	6,11 cm
5	7 cm	7,09 cm

Dari hasil pengujian seperti Tabel 1 terlihat jarak hasil pengujian pada alat tidak sama dengan jarak hasil perhitungan menggunakan rumus. Perbedaan jarak hasil pengujian dengan jarak hasil perhitungan dapat disebabkan oleh adanya *noise*. Modul sensor ping bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang ultrasonik, terkadang pantulan gelombang ultrasonik menjadi tidak periodik dan menyebabkan hasil pengukuran tidak akurat. Selain itu, kesalahan pengukuran juga dapat terjadi karena pembulatan perhitungan pada saat pembuatan program.

3.1.2 Pengujian *Load Cell*

Pengujian *load cell* dilakukan dengan menghubungkan ke pin ADC arduino uno, karena keluaran dari rangkaian *load cell* masih berupa data analog. Kemudian data tersebut diproses pada arduino dengan keluaran satuan berat yaitu gram. Pengujian *load cell* yang terhubung dengan arduino dapat dilihat pada Gambar 7:



Gambar 7. Pengujian *Load Cell*

Pengujian dilakukan dengan langsung memberikan beban berupa berat yang berbeda yaitu dengan beban_1 112gr dan beban_2 137gr, karena tidak adanya beban yang aktual saat dilakukan pengujian. Berikut Tabel 2 pengujian *load cell* dengan pemberian beban.

Tabel 2. Pengujian *Load Cell*

Beban	Aktual	Terbaca
Beban_1	112 gr	112,03 gr
Beban_2	137 gr	137,05 gr

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap pemberian beban, maka dapat dilihat bahwa sistem *load cell* ini telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan meskipun terdapat perbedaan berat beban yang sebenarnya dengan berat hasil perhitungan dapat disebabkan oleh pembulatan perhitungan pada saat pembuatan program.

3.1.3 Pengujian *Solenoid Valve*

Pada pengujian kali ini dilakukan pengukuran tegangan pada input *solenoid* sehingga dapat diketahui berapa tegangan *solenoid* yang dibutuhkan untuk mengaktifkan *valve* pada bagian *solenoid valve* tersebut. Pengukuran tegangan pada *solenoid valve* dapat dilakukan menggunakan alat ukur avometer atau multimeter. Hasil pengukuran tegangan pada *solenoid valve* ketika *solenoid valve* tersebut aktif adalah kurang lebih 24 Vdc. Hasil pengukuran tegangan pada *solenoid valve* dapat dilihat pada Tabel 3.

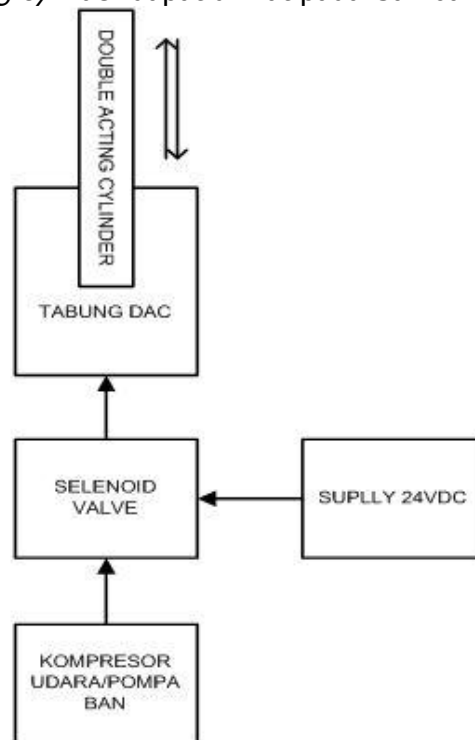
Tabel 3. Pengukuran tegangan *solenoid valve*

No.	Bagian <i>Solenoid Valve</i>	Besarnya Tegangan (Volt)	
		Aktif	Tidak Aktif
1	Selo_1	23,9	0
2	Selo_2	23,9	0
3	Selo_3	23,9	0
4	Selo_4	23,9	0

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan sumber 24 VDC, ketika *valve* pada *solenoid valve* aktif menghasilkan tegangan *solenoid* sebesar 23,9 V untuk selo_1 , 23,9 V untuk selo_2, 23,9 V untuk selo_3 dan 23,9 V untuk selo_4. Hal ini menunjukkan bahwa *solenoid valve* tersebut berfungsi dengan baik jika diberi tegangan 24 Vdc dan tidak aktif jika diberi tegangan 0Vdc.

3.1.4 Pengujian *Double Acting Cylinder*

Pada alat uji *flight control actuator* ini menggunakan 2 buah *double acting cylinder*. Pada pengujian ini menunjukkan apakah 2 buah silinder dapat bekerja dengan baik. Berikut sistem kerja pengujian *double acting cylinder* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Blok diagram sistem pengujian pada *double acting cylinder*

Gambar 8 menjelaskan bahwa pada pengujian *double acting cylinder* dapat bergerak apabila mendapat dorongan pneumatik yang alirannya berasal dari kompresor udara yang dikontrol oleh *solenoid valve*. Pengujian kedua silinder sistem kerjanya sama tergantung solenoid yang aktif. Silinder1 terhubung dengan selo_1 dan selo_2 sedangkan silinder2 terhubung dengan selo_3 dan selo_4. Pengujian silinder1 ini diinginkan silinder dapat bergerak naik dan turun dengan kondisi naik apabila selo_1 aktif dengan tegangan 24Vdc dan akan turun jika selo_2 aktif dengan tegangan 24Vdc. Sama halnya dengan pengujian silinder1, silinder2 diinginkan silinder dapat bergerak naik dan turun dengan kondisi naik apabila selo_3 aktif dengan tegangan 24Vdc dan akan turun jika selo_4 aktif dengan tegangan 24Vdc. Hasil Pengujian silinder terhadap solenoid dapat dilihat pada Tabel 4.

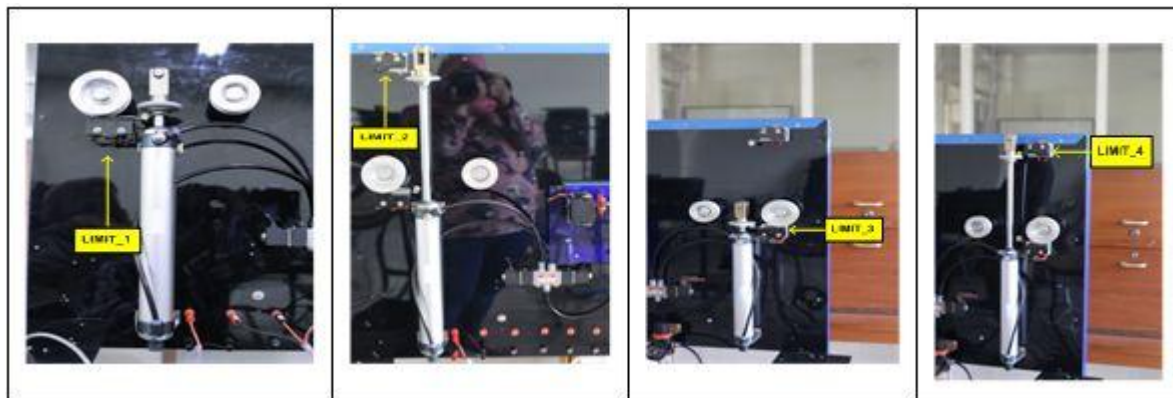
Tabel 4. Pengujian Silinder Terhadap Solenoid

Silinder	Selo_1	Selo_2	Selo_3	Selo_4	Kondisi
Silinder 1	On	Off	Off	Off	Naik
	Off	On	Off	Off	Turun
Silinder 2	Off	Off	On	Off	Naik
	Off	Off	Off	On	Turun

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap aktuator *double acting cylinder*, maka dapat dilihat bahwa sistem ini telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu ketika solenoid1 naik maka silinder 1 akan naik, dan ketika solenoid2 aktif maka silinder 1 akan turun.

3.1.5 Pengujian *Limit switch* Sensor

Pengujian yang dilakukan pada *limit switch* dengan mengukur tegangan yang masuk ke dalam arduino uno ketika *switch* tertutup (kondisi aktif). Apabila tegangan yang diperoleh ketika *limit switch* aktif adalah 5 volt, maka arduino uno akan membaca tegangan tersebut sebagai *logic* 1 sedangkan jika tegangan 0 volt maka akan terbaca sebagai *logic* 0. *Limit switch* akan aktif jika tersentuh ujung silinder yang bergerak ke atas maupun ke bawah. Berikut ini Gambar 9 menunjukkan *limit switch* 1,2, 3 dan 4 yang aktif ketika disentuh ujung silinder.



Gambar 9. Kondisi gambar *limit switch* 1,2,3, dan 4 yang aktif

Dari hasil pengujian *limit switch sensor*, terdapat *limit switch* yang digunakan ada 4, yaitu *limit switch* 1 sebagai batas maksimum silinder1 saat turun kebawah, *limit switch* 2 sebagai batas maksimum silinder1 saat naik keatas, *limit switch* 3 sebagai batas maksimum silinder2 saat turun kebawah dan *limit switch* 4 sebagai batas maksimum silinder 2 saat naik keatas. Berikut hasil pengukuran tegangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

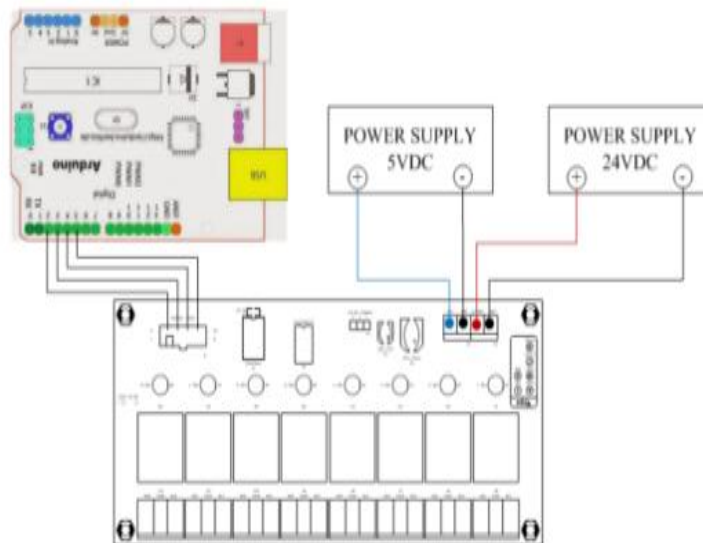
Tabel 5. Pengukuran Tegangan Input *Limit switch*

No.	Jenis <i>Limit switch</i>	Besarnya Tegangan (volt)	
		Aktif	Tidak Aktif
1	<i>Lim_1</i>	5,2	0
2	<i>Lim_2</i>	5,1	0
3	<i>Lim_3</i>	5,2	0
4	<i>Lim_4</i>	5,3	0

Berdasarkan hasil pengujian tegangan input *limit switch* maka dapat dilihat bahwa sistem ini telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu dapat dilihat, ketika silinder 1 naik dan menyentuh *limit switch* 1 maka, *limit switch* akan aktif hingga menghasilkan tegangan 5,2V yang akan dikirim ke arduino uno.

3.1.6 Pengujian Relay

Pada pengujian *relay* dilakukan dengan memberikan *logic* ke arduino uno untuk mengaktifkan *relay*. Pin input *relay* terhubung ke pin 2, 3, 4 dan 5 arduino. Gambar 10 merupakan skematik dari pengujian *relay* yang terhubung dengan arduino uno.



Gambar 10. Skematik Pengujian Relay yang terhubung Arduino Uno

Untuk mengaktifkan *relay* diperlukan tegangan kurang lebih 5 Vdc oleh sebab itu tegangan 5 Vdc tersebut diberikan oleh arduino uno dengan mengaktifkan pin yang terhubung dengan *relay*. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian *relay* dengan memberikan *logic*.

Tabel 6. Pengujian relay

Pin Arduino	Kondisi	Relay
Pin 2	High	ON
Pin 3	High	ON
Pin 4	High	ON
Pin 5	High	ON

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dengan memberikan *logic high* ke pin arduino yang terhubung ke *relay* maka dapat dilihat bahwa sistem ini telah bekerja sesuai yang telah diinginkan yaitu *relay* akan aktif ketika diberi *logic high* pada pin arduino.

3.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian alat uji *flight control actuator* secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui sistem bekerja dengan baik serta pengujian unit *under test* yang beroperasi tiap kondisi.

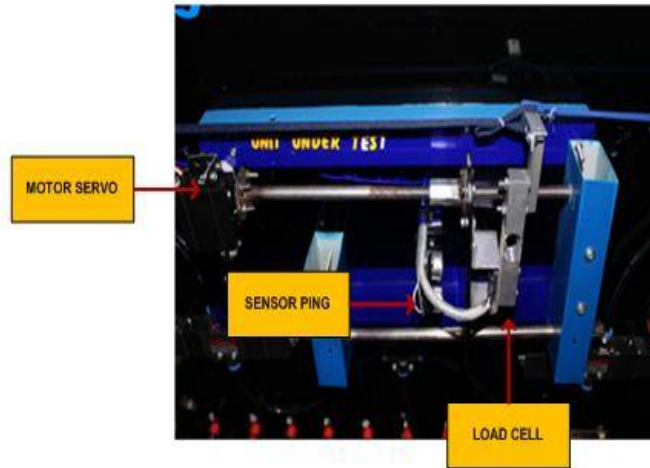
Dimana kondisi tersebut diantaranya :

1. Kondisi 1 normal, dimana silinder 1 dan silinder 2 dalam keadaan di bawah serta unit *under test* dalam keadaan normal.
2. Kondisi 2, dimana silinder 1 bergerak ke atas dan unit *under test* bergerak kedepan (maju)

3. Kondisi 3, dimana silinder 2 bergerak ke atas dan unit *under test* bergerak mundur.

Berikut Gambar unit *under test* serta kondisi pengujian alat uji *flight control actuator* secara keseluruhan :

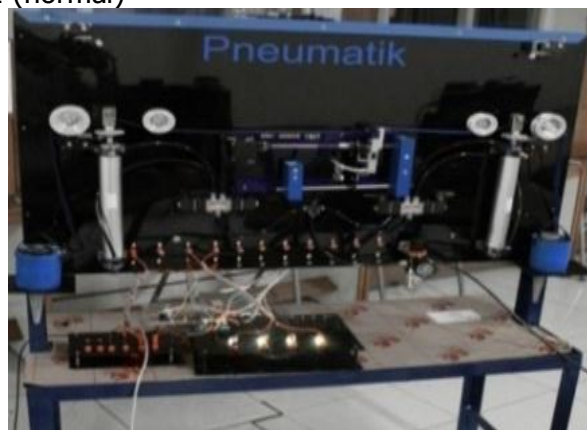
1. Unit *under test* alat uji *flight control actuator*



Gambar 11. Unit Under Test Alat Uji *Flight Control Actuator*

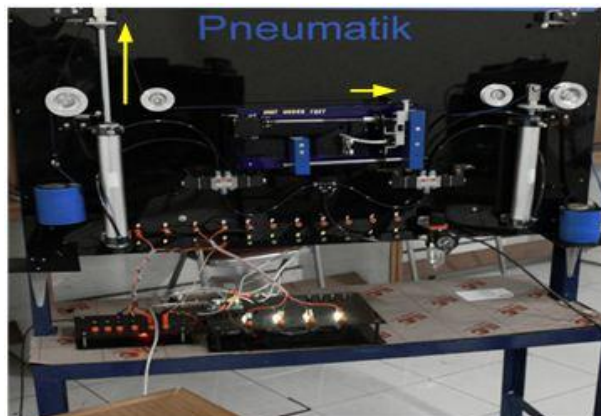
2. Kondisi pengujian alat uji *flight control actuator* secara keseluruhan

a. Kondisi 1 (normal)



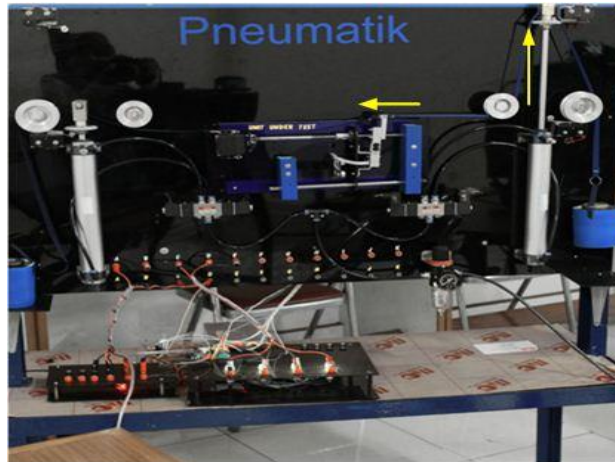
Gambar 12. Pengujian Pada Saat Kondisi Normal

b. Kondisi 2



Gambar 13. Pengujian Pada Saat Kondisi Maju

c. Kondisi 3



Gambar 14. Pengujian Pada Saat Kondisi Mundur

Pengujian keseluruhan tanpa beban

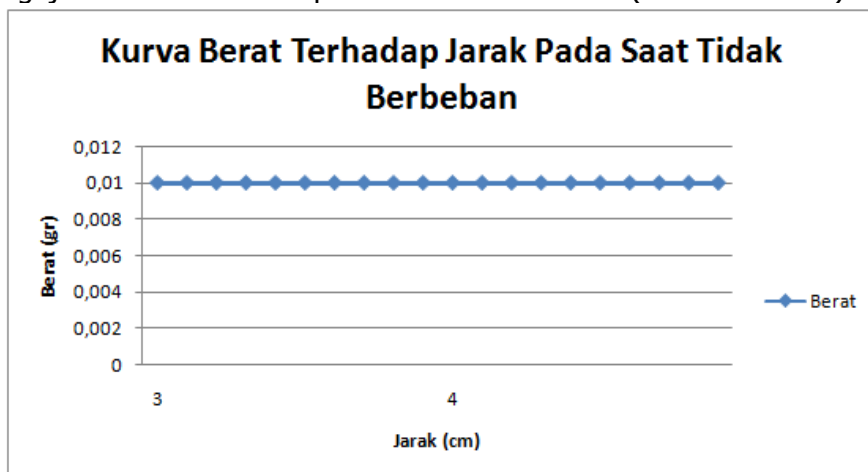
Pada pengujian keseluruhan tanpa beban dapat dilihat hasil pengujian pada Tabel 7 dan dimasukkan ke dalam kurva. Berikut hasil pengujian alat uji *flight control actuator* secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Secara Keseluruhan

Kondisi	Unit Under Test	Jarak (Cm)	Berat (Gr)
Kondisi 1	Normal	3	0.01
Kondisi 2	Maju	3 – 4	35,16 – 131,84
Kondisi 3	Mundur	4 – 3	(-17,57) – (-166,98)

Dapat dilihat pada Tabel hasil pengujian secara keseluruhan tanpa beban, saat kondisi 1 normal tidak adanya beban yang terbaca dikarenakan unit *undertest* tidak bergerak, ketika kondisi 2, dimana unit *under test* bergerak maju dapat dilihat bahwa beban yang terbaca 35,16-131,84 gr dikarenakan tempat penampung beban memiliki berat sehingga adanya beban yang terbaca, begitu juga sebaliknya saat kondisi 3. Berikut kurva dari hasil pengujian secara keseluruhan tanpa beban.

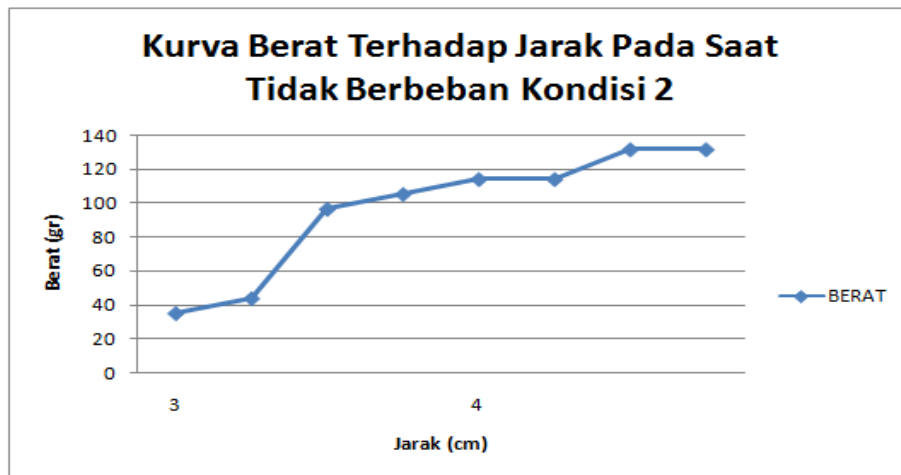
a. Kurva pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 1 (tidak berbeban)



Gambar 15. Kurva Berat Terhadap Jarak Pada Saat Tidak Berbeban Kondisi 1

Dapat dilihat pada Gambar 15 telah didapat kurva dari hasil pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 1 yang dimana menunjukkan bahwa kurva tersebut lurus dengan kata lain tidak adanya beban.

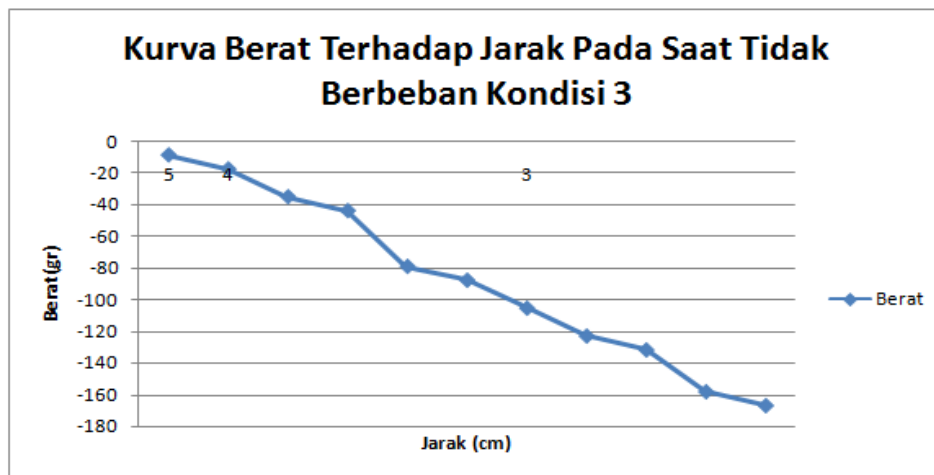
b. Kurva pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 2 (tidak berbeban)



Gambar 16. Kurva Berat Terhadap Jarak Pada Saat Tidak Berbeban Kondisi 2

Dapat dilihat pada Gambar 16 telah didapat kurva dari hasil pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 2 yang dimana menunjukkan, bahwa semakin unit *under test* bergerak maju maka beban akan terangkat sehingga terjadinya penambahan beban yang terbaca.

c. Kurva pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 3 (tidak berbeban)



Gambar 17. Kurva Berat Terhadap Jarak Pada Saat Tidak Berbeban Kondisi 3

Dapat dilihat pada Gambar 17 telah didapat kurva dari hasil pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 3 yang dimana menunjukkan, bahwa semakin unit *under test* bergerak mundur maka beban akan terangkat sehingga terjadinya penambahan beban yang terbaca.

Pengujian keseluruhan dengan beban

Beban yang digunakan adalah seberat 220gr dikarenakan tidak adanya beban yang memiliki nilai akurasi saat melakukan pengujian. Gambar 18 adalah beban yang digunakan saat melakukan pengujian.



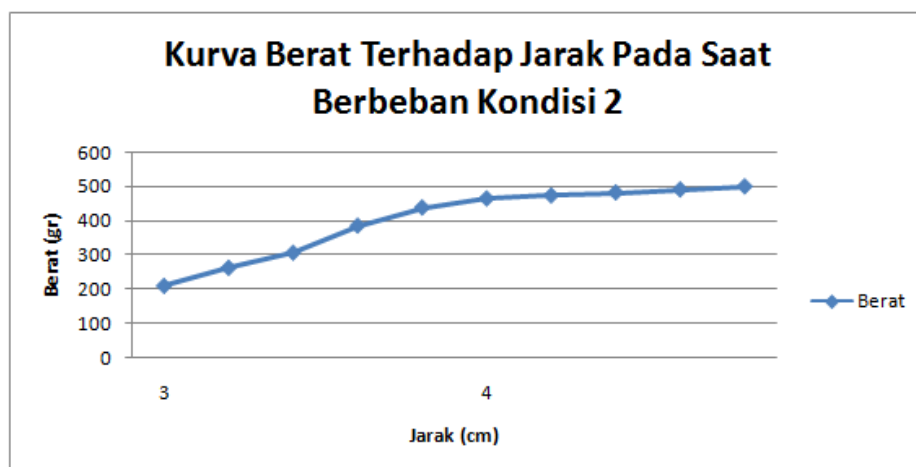
Gambar 18. Pengujian Pada Saat Menggunakan Beban Seberat 220 gr

Tabel 8. Pengujian Secara Keseluruhan

Kondisi	Unit Under Test	Jarak (Cm)	Berat (Gr)
KONDISI 1	NORMAL	3	0.01
KONDISI 2	MAJU	3 – 4	210,95 – 500,98
KONDISI 3	MUNDUR	4 – 3	(-105,46) – (-228,51)

Dapat dilihat pada Tabel hasil pengujian secara keseluruhan dengan beban, saat kondisi 1 normal tidak adanya beban yang terbaca dikarenakan unit *under test* tidak bergerak, ketika kondisi 2, dimana unit *under test* bergerak maju dapat dilihat bahwa beban yang terbaca 210,95-500,98 gr dikarenakan unit *under test* bergerak maju sehingga beban yang diberikan terangkat, begitu juga sebaliknya saat kondisi 3. Berikut kurva dari hasil pengujian secara keseluruhan dengan beban.

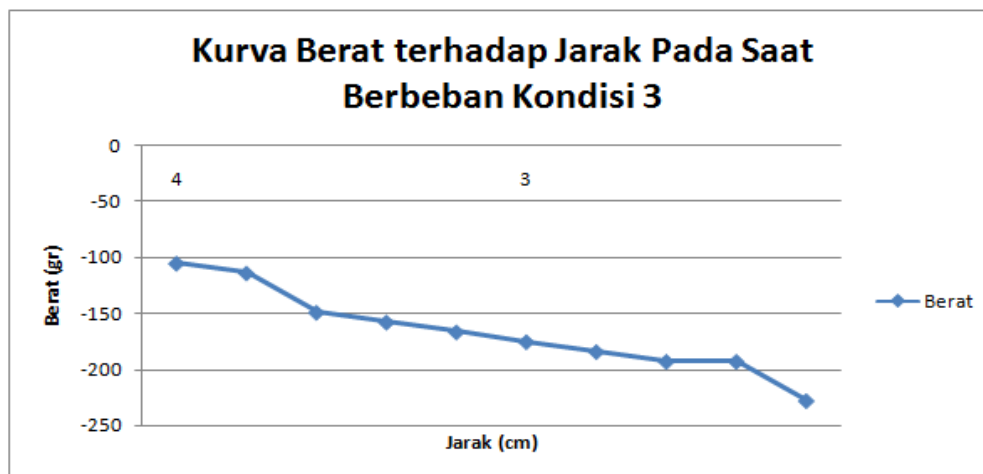
d. Kurva pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 2 (dengan berbeban)



Gambar 19. Kurva Beban Terhadap Jarak Pada Saat Berbeban Kondisi 2

Dapat dilihat pada Gambar 19 telah didapat kurva dari hasil pengujian keseluruhan dengan beban saat kondisi 2 yang dimana menunjukkan, bahwa semakin unit *under test* bergerak maju maka beban akan terangkat sehingga terjadinya penambahan beban yang terbaca.

e. Kurva pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 3 (dengan berbeban)



Gambar 20. Kurva Beban Terhadap Jarak Pada Saat Berbeban Kondisi 3

Dapat dilihat pada Gambar 20 telah didapat kurva dari hasil pengujian keseluruhan tanpa beban saat kondisi 3 yang dimana menunjukkan, bahwa semakin unit *under test* bergerak mundur maka beban akan terangkat sehingga terjadinya penambahan beban yang terbaca.

Analisis Keseluruhan Alat Uji *Flight Control Actuator*

Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan dapat dilihat bahwa alat uji *flight control actuators* sudah sesuai dengan spesifikasi sistem yang diinginkan yaitu *double acting cylinder* mampu bergerak naik dan turun. Pada alat uji *flight control actuator* ini menggunakan 2 buah silinder yang bekerja tidak bersamaan dengan kata lain silinder tersebut bekerja secara berurutan atau bergantian. Realisasi dari sistem dapat dilihat pada Gambar 13 menunjukkan kondisi 2 dan pada Gambar 14 menunjukkan kondisi 3 yang dimana bahwa silinder 1 maupun 2 dapat bergerak keatas sehingga beban yang diberikan terangkat.

Spesifikasi sistem selanjutnya yang direalisasikan adalah motor servo mampu bergerak maju dan mundur, motor servo ini merupakan unit *under test* dari alat uji *flight control actuator*. Realisasi dari sistem dapat dilihat pada Gambar 13 kondisi 2 dan Gambar 14 kondisi 3, menunjukkan bahwa motor dapat bergerak sehingga penampang yang terdapat pada motor servo mampu bergerak maju dan mundur sesuai arah perputaran motor tersebut. Mampu memberikan informasi berupa berat yang diterima motor servo di mana berat tersebut dapat diketahui saat motor servo bergerak sesuai dengan kondisinya. Berat yang diterima motor servo dapat dilihat pada tabel pengujian secara keseluruhan. Pada tabel pengujian secara keseluruhan saat pembebanan dapat dilihat saat motor bergerak maju dan silinder 1 naik keatas berat yang diterima motor servo semakin bergerak maju, berat semakin bertambah hal ini dikarenakan beban yang diberikan terangkat akibat motor servo bergerak maju sama halnya saat motor servo bergerak mundur dan silinder 2 naik maka berat motor servo bertambah. Saat melakukan pengujian keseluruhan dapat dilihat Tabel 7 dan 8, saat kondisi motor servo mundur dan silinder 2 naik maka nilainya *negative* atau *minus*, hal ini disebabkan saat motor servo bergerak mundur *load cell* akan tertarik sehingga tegangan output dari *load cell* semakin ditarik semakin berkurang. Berkurangnya nilai output dari *load cell* ini yang menyebabkan hasilnya minus. Spesifikasi sistem yang terakhir adalah sistem harus mampu menampilkan berupa jarak dari pergerakan motor servo. Jarak dari pergerakan motor servo dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 yaitu pengujian secara keseluruhan jarak tersebut yang berkisar antara 3 – 4 cm. Pergerakan dari jarak minimum hingga maksimum hanya 1 cm,

dikarenakan pendeknya unit *under test* yang dirancang sehingga perubahan jarak hanya 1 cm saja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi dan pengujian terhadap kontrolat uji *flight control* menggunakan arduino uno berbasis atmega328 yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian sistem secara keseluruhan telah sesuai dengan sistem yang diinginkan yaitu *double acting cylinder* dapat bergerak secara bergantian.
2. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan sumber 24 VDC, ketika *valve* pada *solenoid valve* aktif menghasilkan tegangan *solenoid* sebesar 23,9 V untuk selo_1 , 23,9 V untuk selo_2, 23,9 V untuk selo_3 dan 23,9 V untuk selo_4. Hal ini menunjukkan bahwa *solenoid valve* tersebut berfungsi dengan baik jika diberi tegangan 24 Vdc dan tidak aktif jika diberi tegangan 0 Vdc.
3. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap pemberian beban sebesar 112gr dan 137gr, maka dapat dilihat bahwa sistem *load cell* ini telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan meskipun terdapat perbedaan berat beban yang sebenarnya dengan berat hasil perhitungan dapat disebabkan oleh pembulatan perhitungan pada saat pembuatan program.
4. Dari hasil pengujian seperti Tabel 1 terlihat jarak hasil pengujian pada alat tidak sama dengan jarak hasil perhitungan menggunakan rumus. Perbedaan jarak hasil pengujian dengan jarak hasil perhitungan dapat disebabkan oleh adanya *noise*. Modul sensor ping bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang ultrasonik, terkadang pantulan gelombang ultrasonik menjadi tidak periodik dan menyebabkan hasil pengukuran tidak akurat. Selain itu, kesalahan pengukuran juga dapat terjadi karena pembulatan perhitungan pada saat pembuatan program.
5. Integrasi antara perangkat keras (*hardware*) dan lunak (*software*) telah bekerja sesuai spesifikasi sistem yang diinginkan, seperti terlihat pada hasil pengujian seluruh sistem.

DAFTAR RUJUKAN

Albayumi, Usep. (2014). *Gerak berangkai*. Bandung : PT Dirgantara Indonesia.

Puspawhardhana, Novandra. (2014). *Pengaturan posisi motor servo pada miniature Rotary parking*. Malang : Novandra Publisher.

Wenda, K. R. (2008). *Analisis data kecelakaan dan kegagalan system rudder boing 737*. Bandung: Wenda Publisher.

Situmorang, Pandedo. (2015). *Flight control system*. Diakses pada 2 Mei 2015 dari <http://airframeandpowerplant.blogspot.com/2013/01/flight-control.html>.

Arduino.(2015). *Main Software*. Diakses pada 2 Mei 2015 dari <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Wikipedia.(2015). *Flight Control Pesawat*. Diakses pada 30 April 2015 dari <http://id.wikipedia.org/wiki>.

Implementasi *Prototype* Alat Uji *Flight Control Actuator Pesawat* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

Comercial Aircraft Solutions. (2015). *Flight Control*. Diakses pada 30 April 2015 dari <http://www.baesystems-ps.com>.

Informasi. (2011). *Airbus Flight Control System*. Diakses pada 1 Juni 2015 dari <http://idrus-informasi.blogspot.com>.