

HUBUNGAN NILAI PULSE WAVE MODULATION TERHADAP DEFLEKSI ELEVATOR PADA PESAWAT TANPA AWAK LSU 02

(RELATIONSHIP OF PULSE WAVE MODULATION VALUE AGAINST ELEVATOR DEFLECTION AT LSU-02 UNMANNED AIRCRAFT)

Agus Wiyono
Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN
Pos El: agus.wiyono@lapan.go.id

Abstrak

Pesawat Tanpa awak LSU 02 adalah pesawat tanpa awak yang dikembangkan oleh Pusat Teknologi Penerbangan untuk misi *surveillance*. Pada saat terbang misi, sistem kendali berperan untuk menggerakkan permukaan pengendali (kontrol surface) yaitu elevator untuk mengendalikan gerakan *pitch*. Supaya gerak pesawat sesuai dengan perintah pengendali, maka perlu diketahui fungsi transfer dari sistem pengendali ke simpangan elevator. Elevator digerakkan dengan servo tipe S3003 dengan penghubung kawat. Masukan servo berupa sinyal Pulse Wave Modulation. Untuk mengetahui hubungan Pulse Wave Modulation terhadap simpangan defleksi Elevator digunakan metode empiris. Dari hasil pengolahan data di dapatkan hubungan $y = 0,0628x - 94,2$ dimana y adalah simpangan defleksi elevator dan x adalah nilai Pulse Wave Modulation yang diberikan. Histerisis dari hasil pengukuran didapatkan selisih simpangan elevator sebesar 0,4 derajat pada nilai PWM yang sama. Nilai ini 0,7% dari simpangan maksimal elevator. Dari hasil ini, defleksi elevator dapat dihasilkan dengan benar sesuai dengan nilai pwm yang diberikan oleh sistem kendali.

Kata Kunci : LSU, Defleksi Elevator

Abstract

LSU 02 Unmanned aerial Vehicle is a drone that was developed by PUSTEKBANG for surveillance missions. While flying missions, the control system acts to move the elevator control surface to control the pitch movement. In order the aircraft movement in accordance with the control commands, necessary to know the transfer function of the control system to elevator deflection. Elevator deviation driven by a servo-type S3305 with a wire connected. Servo input signal is a Pulse Wave Modulation. To determine the relationship Pulse Wave Modulation of the deflection Elevator used empirical methods. From the data processing had the relationship $y = 0,0628x - 94,2$ where y is the elevator devlection and x is the value of Pulse Wave Modulation given. Hysteresis of measurements obtained difference elevators deviation is 0.4 degrees on the same PWM value. This value is 0.7% of the maximum deviation of the elevator. From these results, the deflection of the elevator can be produced correctly in accordance with the Pulse Wave Modulation value that given by the control system.

Key Words : LSU, Elevator Deflection

1. PENDAHULUAN

LSU-02 adalah pesawat tanpa awak yang dikembangkan di Pusat Teknologi Penerbangan yang diperuntukkan dalam berbagai misi *surveillance*[1]. Pesawat LSU-02 memiliki bentang sayap sepanjang 2,4 meter, panjang badan sepanjang 1,7 meter dan berat total 15 kg. Dengan dimensi tersebut pesawat LSU-02 mampu dikendalikan dengan *remote control* maupun sistem autopilot[2]. Untuk misi pemantauan pesawat tanpa awak harus bisa terbang stabil dan dapat beradaptasi dengan gangguan yang berupa perubahan kecepatan dan arah angin. Efek gangguan itu dapat dikurangi dengan menerapkan sisten kendali yang handal dan sesuai dengan wahananya[3]. Pada LSU-02 pengendalian gerakan *pitch* pesawat oleh sistem autopilot diwujudkan pada gerakan aktuator sistem kendali *pitch*.

Pada LSU-02 gerakan *pitch* dikendalikan oleh elevator yang terdapat pada *horizontal tail*. Besarnya sudut defleksi elevator ditentukan oleh sistem kendali baik secara manual oleh pilot maupun secara autonomous oleh autopilot. Elevator pada LSU-02 digerakkan oleh motor servo. Motor servo ini terdapat lengan yang dihubungkan dengan kawat pada *control horn* elevator LSU-02. Kombinasi hubungan lengan servo dan *control horn* elevator akan mempengaruhi hubungan sinyal PWM yang diberikan ke servo dengan sudut defleksi elevator yang terjadi. Pengaruh hubungan ini yaitu apabila posisi lengan di ubah maka nilai sudut akan berbeda walaupun nilai PWM dibuat tetap. Servo elevator akan menggerakkan sudut elevator yang menyebabkan gerakan pesawat berubah pada posisi sudut *pitch*[9].

Dengan koneksi antara servo penggerak elevator S3305 dengan elevator LSU-02 menggunakan kombinasi seperti disebutkan diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan antara

nilai Pulse Wave Modulation terhadap besarnya sudut defleksi elevator pada pesawat LSU-02. Dengan mengetahui hubungan tersebut maka sistem kendali terbang dapat memberikan sudut defleksi elevator yang lebih akurat.

2. STUDI PUSTAKA

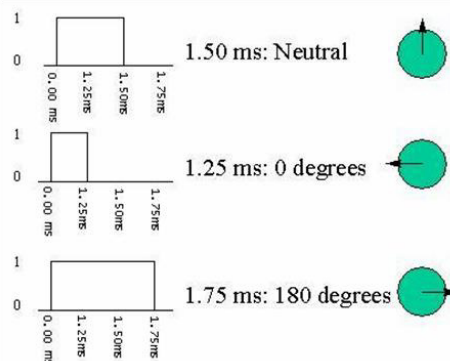
Aktuator adalah elemen yang mengkonversi besaran listrik menjadi besaran lain dan merupakan perangkat elektromagnetik yang menghasilkan daya gerak sehingga dapat menghasilkan gerakan UAV[4]. Bagian dari aktuator ini merupakan motor servo. Motor servo merupakan jenis motor yang digunakan sebagai penggerak pada sistem servo (servosystem) seperti pada penggerak pada kontrol posisi lengan robot[6].

Servo keluaran Futaba dengan tipe S3305 merupakan salah satu servo yang memiliki masukan analog dalam sinyal Pulse Wave Modulation(PWM). Servo ini memiliki torsi sebesar 7,13 kg/cm pada tegangan 4,8 Volt. Dengan berat 47 gram servo ini sudah memiliki gear dari metal. S3305 memiliki rentang gerakan sudut sampai 90°[5].



Gambar 2-1 Servo Futaba S3305[5]

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan pendekatan pengontrolan torsi dan kecepatan motor DC yang berbeda dengan teknik lainnya. Dengan adanya sensor posisi maka sinyal PWM dapat digunakan untuk menentukan posisi sudut pada motor servo. Daya disuplai ke motor dalam bentuk sinyal gelombang persegi yang amplitudanya konstan tetapi lebar pulsanya atau *duty cycle* berubah-ubah. *Duty cycle* adalah persentasi waktu pulsa *high* terhadap periode pulsa[7][8]. Bentuk Sinyal PWM relatif terhadap posisi sudut servo di ditampilkan pada Gambar 2-2. Sebuah regulator adalah bentuk lain daripada servo. Pada regulator diberi sinyal tambahan (gangguan) sehingga akan menghasilkan keluaran berbeda dengan aslinya servo[10].



Gambar 2-2 Bentuk Sinyal PWM relatif terhadap posisi sudut servo[7]

3. METODOLOGI PENELITIAN

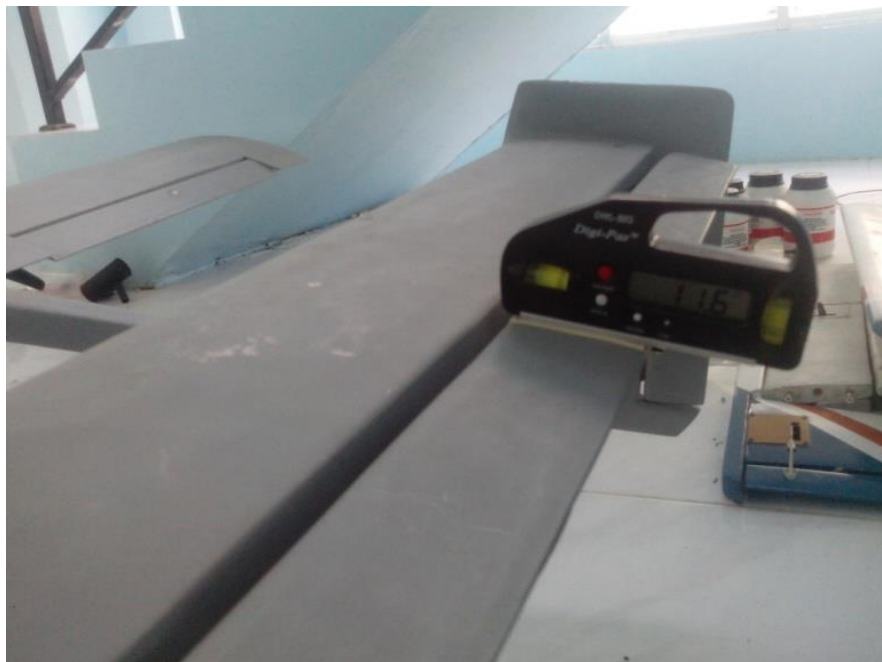
Penelitian mengenai hubungan nilai Pulse Wave Modulation ini metode empiris. Pengukuran dilakukan dengan memberikan sinyal Pulse Wave Modulation(PWM) kepada motor servo tipe S3305 keluaran Futaba yang dipasangkan pada *horizontal tail* LSU02. Servo ini di hubungkan dengan kawat dan *control horn* elevator. Kawat dipasang pada lubang nomer 2 dari ujung lengan servo dan lubang ke

dua dari ujung pada *control horn* elevator. Posisi ini ditetapkan sebagai kombinasi hubungan servo dan elevator yang akan diukur. Posisi hubungan servo pada *horizontal tail* dengan *control horn* di tampilkan pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1 Posisi hubungan servo pada *horizontal tail* dengan *control horn* untuk menggerakkan elevator

Ketika diberi masukan sinyal PWM dengan nilai tertentu, servo akan bergerak dan menggerakkan elevator sehingga elevator akan membentuk sudut terhadap posisi *horizontal tail*. Sudut ini diukur dengan inklinometer dengan acuan posisi 0 derajat pada saat elevator sejajar dengan *horizontal tail*. Posisi pengukuran dengan inklinometer di tampilkan pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2 Pengukuran sudut elevator dengan inklinometer

Nilai besaran sinyal PWM yang dimasukan ke Servo diberikan dengan program Mission Planer dengan nilai sesuai rencana pengukuran seperti pada Tabel 3-1. Proses pengukuran yang pertama dilakukan dengan memeberi nilai PWN berurutan naik dari yang terkecil ke yang besar. Kemudian tahap kedua pengukuran dilakukan dengan pemberian nilai PWM turun dari yang terbesar menuju yang nilainya kecil. Sehingga bila ada Histerisis akan dapat diketahui.

Tabel 3-1 Besaran Nilai PWM yang diberikan ke servo

No	Nilai PWM
1	1050
2	1100
3	1150
4	1200
5	1250
6	1300
7	1350
8	1400
9	1450
10	1500
11	1550
12	1600
13	1650
14	1700
15	1750
16	1800
17	1850
18	1900
19	1950

Nilai besaran PWM ini di berikan pada servo untuk elevator satu demi satu kemudian dicatat nilai sudut yang terukur pada inklinometer. Hasil pengukuran ini kemudian diolah sehingga didapatkan hubungan besaran nilai PWM terhadap besaran defleksi elevator.

4. HASIL

Dari hasil pengukuran didapatkan data besaran nilai PWM yang diberikan pada servo dan nilai sudut yang terbaca oleh inklinometer. Karena posisi landing gear depan lebih tinggi dari landing gear belakang maka posisi sejajar elevator dengan *horizontal tail* (defleksi 0 derajat) menunjukkan nilai sudut 12,5° terhadap permukaan bumi datar. Hasil pengukuran yang terbaca inklinometer di kalibrasi terhadap posisi sejajar sudut elevator dengan *horizontal tail*. Sehingga didapatkan nilai defleksi sudut elevator yang benar. Data pengukuran defleksi elevator didapatkan pada saat nilai PWM naik maupun turun. Dari dua tahap pengukuran dijumlahkan pada masing masing nilai PWM yang sama dan hasilnya dibagi 2 sehingga didapat nilai rata-rata nilai defleksi elevator. Dari nilai rata-rata ini dibuat hubungan antara besarnya nilai PWM masukan terhadap besarnya defleksi elevator pada LSU 02. Hasil pengolahan data pengukuran ditampilkan pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Hasil pengolahan data pengukuran.

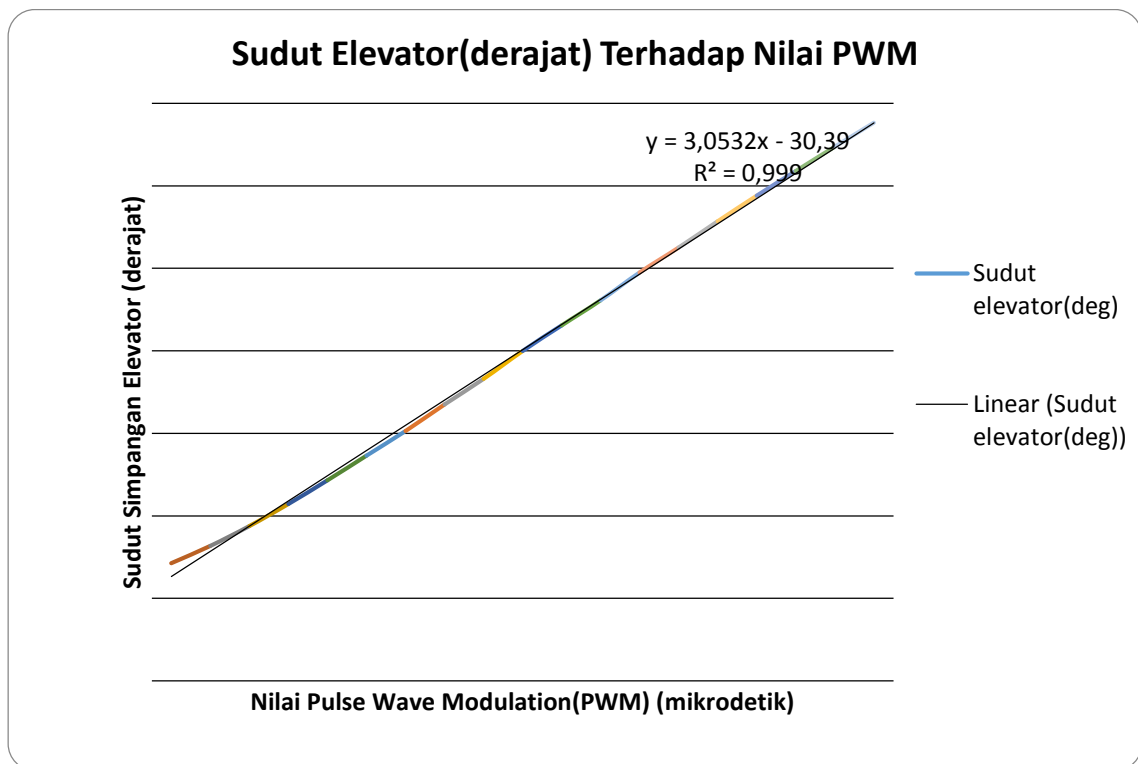
PWM*	Sudut** Inklinometer (arah turun)	Sudut** Elevator (arah turun)	Sudut** Inklinometer (arah naik)	Sudut** Elevator (arah naik)	Sudut** Rata-Rata Elevator	Histerisis (deg)	Histerisis (%)
1050	-13,4	-25,9	-13,1	-25,6	-25,75	-0,3	-0,6
1100	-11,2	-23,7	-11,1	-23,6	-23,65	-0,1	-0,2
1150	-8,8	-21,3	-8,7	-21,2	-21,25	-0,1	-0,2
1200	-6,1	-18,6	-6	-18,5	-18,55	-0,1	-0,2
1250	-3,2	-15,7	-3,2	-15,7	-15,7	0	0,0
1300	-0,2	-12,7	-0,2	-12,7	-12,7	0	0,0
1350	2,7	-9,8	2,9	-9,6	-9,7	-0,2	-0,4
1400	5,9	-6,6	6,1	-6,4	-6,5	-0,2	-0,4
1450	9	-3,5	9,2	-3,3	-3,4	-0,2	-0,4

1500	12,5	0	12,5	0	0	0	0,0
1550	15,6	3,1	15,6	3,1	3,1	0	0,0
1600	18,4	5,9	18,8	6,3	6,1	-0,4	-0,7
1650	21,8	9,3	22,2	9,7	9,5	-0,4	-0,7
1700	24,8	12,3	25,2	12,7	12,5	-0,4	-0,7
1750	28	15,5	28,4	15,9	15,7	-0,4	-0,7
1800	31,2	18,7	31,4	18,9	18,8	-0,2	-0,4
1850	34,1	21,6	34,5	22	21,8	-0,4	-0,7
1900	37,1	24,6	37,4	24,9	24,75	-0,3	-0,6
1950	40	27,5	40,3	27,8	27,65	-0,3	-0,6

Keterangan tabel : * satuan dalam mikrodetik

** satuan dala derajat (deg)

Nilai PWM yang diberikan dan nilai defleksi sudut elevator yang terukur digrafikkan dan ditampilkan pada Gambar 3. Dari grafik ini dibuat persamaan linier yang mendekati grafik nilai PWM terhadap sudut simpangan elevator sehingga didapatkan hasil persamaan linier $y = 0,0628x - 94,2$. Nilai histerisis dari pengukuran dengan pendekatan naik dan pendekatan turun didapatkan nilai terbesar yaitu -0,4. Nilai ini bernilai 0,7 % terhadap simpangan total terukur.



Gambar 4-1 Grafik hubungan Nilai Pulse Wave Modulation terhadap sudut defleksi elevator

5. PEMBAHASAN

Pada pengukuran sudut defleksi elevator LSU-02 posisi simpangan sudut 0° merupakan titik tengah pada simpangan gerak elevator. Dari posisi 0° ini sudut yang dibentuk elevator bernilai positif ketika simpangannya ke bawah dan negatif ketika simpangannya ke atas. Kondisi ini berlawanan dengan arah pengendalian elevator untuk gerak *pitch* pesawat secara umum yaitu sudut positif defleksi elevator merupakan sikap sudut yang menyebabkan gerakan *pitch* pesawat positif. Untuk penerapannya dalam sistem kendali sinyal PWM yang diberikan ke servo harus kondisi dibalik (*reverse*).

Dari Tabel 1 dapat di ketahui sudut inklinometer memberikan nilai yang linier sesuai perubahan sudut elevator. Dengan posisi simpangan elevator 0° sejajar dengan *horizontal tail* sudut inklinometer

menunjukkan nilai 12,5°. Dengan nilai ini maka simpangan sebenarnya pada elevator bisa di ketahui dengan tepat. Dari data Tabel 1 dapat diketahui simpangan total elevator yang terjadi yaitu 53,4°. Hal ini lebih sempit daripada simpangan maksimum motor servo futaba S3305 yang sampai 90° karena adanya batasan manufaktur pemasangan servo dalam hal ini lubang gerak servo.

Hubungan kombinasi posisi kawat pada lengan servo dan pada *control horn* di buat fix pada pengambilan data. Posisi fix ini ditentukan dahulu karena posisi pemasangan servo pada posisi sudut tengahnya secara real terhubung pada elevator dengan posisi tengah juga. Pada kombinasi hubungan ini pengukuran dilakukan pada sudut defleksi elevator terhadap masukan PWM yang bervariasi sehingga didapatkan hubungan persamaan $y = 0,0628x - 94,2$ dimana y adalah sudut defleksi elevator dan x adalah nilai PWM ke servo. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa defleksi elevator pada nilai PWM 1500 mikrodetik tepat pada nilai 0 derajat. Karena terdapat histerisis 0,7% maka terdapat nilai simpangan dari persamaan yang didapat terhadap nilai hasil pengukuran.

Dari hasil tersebut dapat diketahui kesalahan yang terjadi relatif kecil. Sehingga hasil persamaan ini dapat memberikan nilai persamaan yang relatif akurat. Dengan mengubah persamaan yaitu nilai x terhadap y maka diketahui hubungan sebaliknya dari sudut dan nilai PWM. Nilai ini bisa langsung diterapkan pada sistem kendali yang memiliki keluaran berupa sudut dan terhubung aktuator servo yang masukannya PWM. Hal ini akan menyokong sistem pengendalian gerakan *pitch* yang baik dan tepat.

6. KESIMPULAN

Hubungan besarnya nilai Pulse Wave Modulation (PWM) terhadap sudut defleksi elevator pada pesawat tanpa awak LSU-02 telah diukur dengan kombinasi koneksi pada posisi lubang kedua dari ujung pada lengan servo dan lubang kedua dari ujung pada lengan *control horn*. Dari pengolahan data didapatkan nilai persamaan $y = 0,0628x - 94,2$. Dengan nilai ini maka sistem kendali LSU-02 bisa memberikan nilai sudut elevator yang benar berdasarkan nilai PWM pada masukan servo. Dengan nilai histerisis yang kecil yaitu 0,7% maka persamaan tersebut memberikan nilai yang akurat pada sudut defleksi elevator.

UCAPAN TERIMAKASIH

Disampaikan ucapan terimakasih kepada kepala Pusat Teknologi Penerbangan Bapak Gunawan S.P. dan Kepala Bidang Avionik Bpk Ari Sugeng B. yang telah memberikan arahan dan dukungan sehingga bisa terlaksananya penelitian ini.

PERNYATAAN PENULIS

Isi makalah sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Anonim. *Lapan Surveillance UAV 02 (LSU 02)*. <http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2013/332/Lapan-Surveillance-UAV-02-LSU-02>. 2013. Di akses 12 Maret 2015.
- 2) Bayu Pamungkas. *LSU-02 LAPAN : UAV Pertama yang Take Off dari Kapal Perang TNI AL*. <http://lapan.go.id/index.php/subblog/read/2015/1167/LSU-02-LAPAN-UAV-Pertama-yang-Take-Off-dari-Kapal-Perang-TNI-AL/951>. 2015. Di akses 13 Mei 2015
- 3) Eko Budi P. *Pemodelan Sistem Dan Analisis Kestabilan Dinamik Pesawat UAV (Modeling System And Dynamic Stability Analysis Of UAV)* . Jurnal Teknologi Dirgantara. Vol. 10 No. 1 Juni 2012.
- 4) Eko Budi P. *Analisis dan Perbandingan Kestabilan Sistem Lingkaran Terbuka dan Lingkaran Tertutup pada LSU-01*. Buku Bunga Rampai Hasil Penelitian dan Pemikiran Ilmiah tentang Teknologi Pesawat Terbang Tanpa Awak , Roket, serta Satelit 2014. Indonesia Book Project. Jakarta . 2014.
- 5) Servodatabase. *Futaba S3305 - High-Torque Standard Servo w/Metal Gears*. <http://www.servodatabase.com/servo/futaba/s3305>. 2015. Di akses 27 Mei 2015.
- 6) Ananda S, Sentosa J, Augusta B. *Studi Penggunaan Magnet Servo Motor Tegangan 460 V DC 1850 Rpm Pada Mesin Potong Karton*. Jurnal Teknik Elektro Vol 2, No.2 September 2002. Universitas Kristen Petra. Surabaya. 2002

- 7) Syahrul. 2011. *Karakteristik dan Pengontrolan Servomotor*. Jurnal majalah Ilmiah Unikom Vol. 8 No.2 . Bandung
- 8) Shruti Shrivastava dkk. *Controlling DC Motor using Microcontroller (PIC16F72) with PWM*. International Journal of Engineering Research. Volume No.1, Issue No.2, pp : 45-47. 2012
- 9) Hendra Agus. *Simulasi dan Analisa Autopilot Longitudinal LSU 01 dengan simulink Matlab*. Buku Bunga Rampai Penelitian dan Kajian Teknologi Pesawat Terbang. Indonesia Book Project. Jakarta. 2014
- 10) Pakpahan S. *Kontrol Otomatik Teori dan Terapan*. Erlangga . Jakarta. 1994