

KENDALI DAN VISUALISASI GIMBAL KAMERAPAN-TILT VIA KOMUNIKASI RADIO SERIAL

Ardian Umam
Pusat Teknik Penerbangan / LAPAN
ardianumam@gmail.com

Abstrak

UAV banyak digunakan baik untuk keperluan sipil maupun militer, seperti untuk monitoring bencana alam dan untuk *surveillance* area-area yang dikehendaki. Kebanyakan dari operasi seperti ini memerlukan *realtime video recording* yang dikirimkan dari UAV ke GCS (*Ground Control Station*). Dari sini kemudian dibutuhkan sistem kendali pada gimbal kamera yang mampu mengarahkan ke objek yang dikehendaki. Paper ini menyajikan arsitektur sistem gimbal kamerapan-tilt yang akan diusulkan sebagai purwarupa pada LSU-03 (LAPAN *Surveillance UAV*). Sistem mekanik gimbal menggunakan dua motor servo 180° yang masing-masing digunakan untuk arah rotasi *pan* dan *tilt* dari kamera. *Input* servo berupa sinyal PWM yang dibangkitkan oleh arduino sebagai mikroprosesornya. *Input* besaran sudut hadap *pan-tilt* yang dikehendaki dikirimkan dari GCS melalui komunikasi radio, yang kemudian diubah nilainya menjadi besaran sinyal PWM untuk *input* kendali servo *pan-tilt* dari kamera. Untuk mengukur performa gimbal, digunakan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) sebagai *output* sudut gerak gimbal *pan* yang mengambil nilai *yaw*, dan gerak *tilt* yang mengambil nilai *roll*. Sedangkan untuk keperluan visualisasi arah hadap gerak gimbal kamera secara *realtime*, di GCS dibuat sebuah indikator untuk mengetahui arah hadap saat ini di IDE Visual Studio, yang disitu juga terdapat fitur untuk menginputkan nilai arah hadap *pan* dan *tilt* gimbal sesuai yang diinginkan. Setelah diuji untuk gerak *pan* dan *tilt* dari gimbal, *error* maksimal untuk sudut gerak *pan* dan *tilt* berturut-turut sebesar $1,64^\circ$ dan $3,9^\circ$. Oleh karena itu nilai *error* yang relatif kecil, maka visualisasi gimbal dapat langsung menggunakan nilai *pan* dan *tilt* untuk menggerakkan indikator nilai arah hadap *pan* dan *tilt*.

Kata kunci : gimbal, kendali, *pan-tilt*, kamera, *surveillance*

Abstract

UAV is used in many civilian or military purposes, such as disaster monitoring system and surveillance system for desired areas. Most this task requires a real-time video recording which is sent from UAV to GCS (Ground Control System). With respect to it, a control system for the camera gimbal is needed that is capable of directing the camera's heading to the desired object. This paper presents an architecture of gimbal camera system that will be proposed as a prototype for LSU-03. The mechanical system is used two 180° motor servos for *pan* and *tilt* rotation of the camera. Servo input is a PWM signal that is generated by arduino as the microprocessor in this system. As for the desired *pan-tilt* input of the camera, it is sent from GCS via radio communication, then converted into PWM value. To measure gimbal's performance, IMU is used as the output of gimbal's *pan* that takes from IMU's *yaw* value, and gimbal's *tilt* that takes from IMU's *roll* value. Whereas, for the real-time visualization purpose, it is made an indicator that imitates the gimbal camera using IDE Visual Studio in GCS, where the user can input desired *pan* and *tilt* there as well. From the data measurement of *pan* and *tilt* testing of the gimbal, the error of the *pan* and *tilt* respectively are equal to $1,64^\circ$ and $3,9^\circ$. Thus, because of the small error, it can use the desired *pan* and *tilt* input for the indicator of gimbal's movement in the GCS directly.

Keywords : gimbal, control, *pan-tilt*, camera, *surveillance*

1. PENDAHULUAN

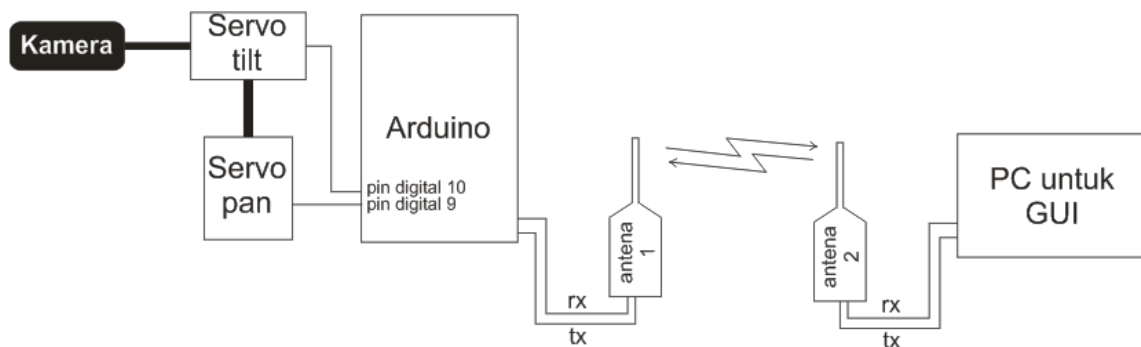
UAV banyak digunakan baik untuk keperluan sipil maupun militer, seperti untuk monitoring bencana alam dan untuk *surveillance* area-area yang dikehendaki. Kebanyakan dari operasi seperti ini memerlukan *realtime video recording* yang dikirimkan dari UAV ke GCS (*Ground Control Station*)[1]. Dari sini kemudian dibutuhkan sistem kendali pada gimbal kamera yang mampu mengarahkan ke objek yang dikehendaki.

Ada beberapa metode yang saat ini digunakan untuk kendali gimbal pada kamera *surveillance*. Diantaranya adalah kendali *open loop* menggunakan *input* sinyal kendali secara langsung, dan kendali *closed loop* dengan *feed back* dari sensor *vision*[2][3][4] atau sensor kedudukan p[5]. Kendali *open loop* memiliki kelebihan diantaranya adalah komputasinya yang ringan, akan tetapi memiliki kelemahan dengan berpotensi memberikan nilai *steady state error*[6]. Sedangkan sistem kendali *closed loop* memiliki kelebihan untuk meminimalisir nilai *steady state error* dengan mengevaluasi nilai *output* sebagai *feed back*-nya. Adapun tantangan dalam kendali *closed loop* adalah algoritma yang lebih kompleks, seperti menggunakan algoritma *fuzzy logic*[7] dan estimasi nilai *output* sebagai nilai *feed back*-nya[8].

Pustekbang (Pusat Teknologi Penerbangan)LAPAN sebagai salah satu institusi riset di Indonesia memiliki salah satu program pengembangan UAV yang ditujukan untuk kegiatan *surveillance*, yakni LSU (LAPAN *Surveillance UAV*). Sampai saat ini, konfigurasi gimbal yang tersedia yakni berupa *fixed gimbal*, sehingga tidak bisa dikendalikan arah *heading* kameranya. Dalam paper ini, akan diusulkan rancangan gimbal kamera yang dikendalikan menggunakan kendali *open loop*. Paper ini akan membahas seputar sistem yang diusulkan, yang mencakup algoritma perangkat lunak dan juga sistem mekanis yang digunakan.

2. METODOLOGI

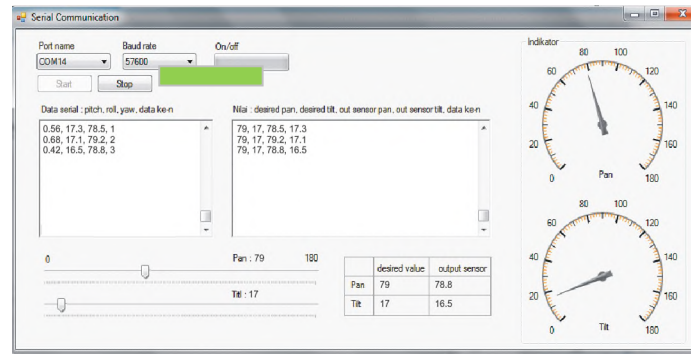
Berikut ini adalah konfigurasi *controllable gimbal* yang diusulkan.



Gambar 2-1. Konfigurasi *controllable gimbal*

Penggerak kamera menggunakan dua buah servo 180°, masing-masing untuk penggerak sudut putar *pan* dan *tilt*. Servo ini digerakkan menggunakan sinyal PWM (*pulse width modulation*) yang dibangkitkan oleh arduino. Arduino sendiri sudah memiliki *class* khusus untuk kendali servo yang akan membangkitkan nilai PWM servo sesuai sudut putar yang diinginkan, sehingga dapat langsung di *input*-kan nilai sudut putar servo tersebut.

GUI (*General Pengguna Interface*) dibuat untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan sistem gimbal ini. GUI ini dibuat menggunakan bahasa C# menggunakan IDE (*Integrated Development Environment*) Visual Studio, dimana pengguna dapat mengendalikan arah hadap gimbal dengan mengatur nilai *pan dan tilt* yang diinginkan. Gambar 2-2 berikut adalah tampilan untuk GUI.



Gambar 2-2. GUI controllable gimbal

Pada penelitian ini, performa gimbal diukur dengan membandingkan antara nilai *pandangan tiltyang* dinginkandengan *output* sensor secara *realtime*. Adapun untuk *output* nilai *pandangan tilt* dari arah hadap gimbal diukur dengan memanfaatkan sensor GY801 10-dof yang terdiri dari accelerometer, gyroscope, magnetometer dan barometer. Sudut *tilt* diukur menggunakan nilai sudut *roll* dari accelerometer dan gyroscope, dan sudut *pan* diukur menggunakan nilai *yaw* dari magnetometer. Nilai *roll* diestimasi menggunakan rumus trigonometri seperti pada Persamaan (1) dari nilai *accelerometer* arah x dan z, dan juga menggunakan Persamaan (2), yakni dengan mengintegrasikan nilai kecepatan angular dari *gyroscope*[9]. Kemudian hasilnya dikombinasikan, dengan dibobot masing - masing sebesar 0,5[10]. Sedangkan untuk nilai *yaw*, langsung diambil dari *output* sensor magnetometer yang dikonversi ke dalam satuan derajat sudut.

$$roll_{acc} = \arctan\left(\frac{acc_x}{acc_z}\right) \quad (1)$$

$$roll_{gyro} = \int \omega dt \quad (2)$$

Selanjutnya, *output* nilai *roll* dan *yaw* dari sensor dilakukan kalibrasi dengan menggunakan busur derajat.

Tabel 2-1. Data Kalibrasi Output Pan Dan Tilt Sensor Dengan Busur Derajat

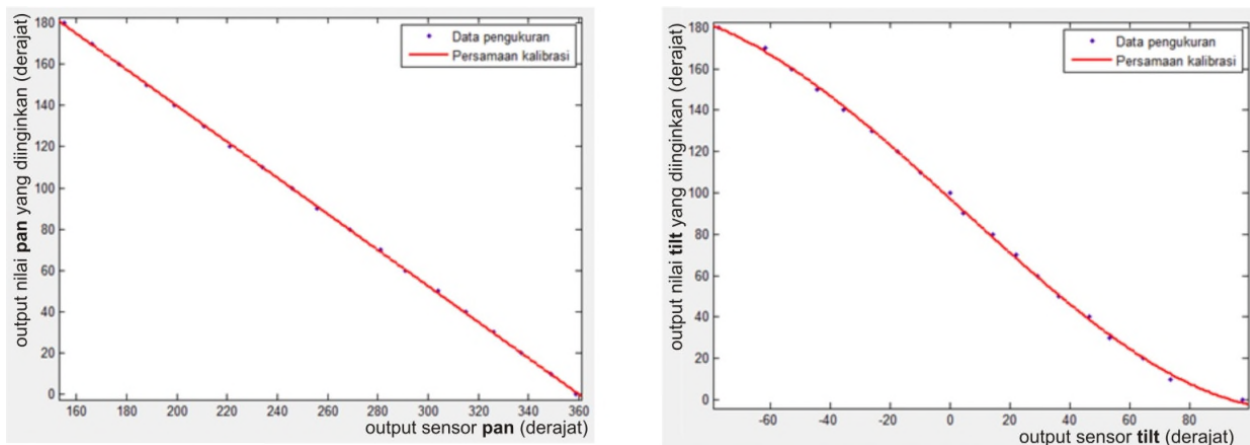
Sudut busur	Kalibrasi nilai sudut pan			Kalibrasi nilai sudut yaw			
	Output sensor	Output model	Error	Output sensor	Output model	Error	
0	359.76	0.63	0.63	97.81	-1.63	1.63	
10	349.08	9.39	0.62	73.50	12.70	2.70	
20	337.72	19.89	0.11	64.33	20.58	0.58	
30	326.41	29.51	0.49	53.42	31.37	1.37	
40	315.26	39.14	0.86	46.61	38.78	1.22	
50	304.18	48.77	1.23	36.23	50.86	0.86	
60	291.93	60.16	0.16	29.21	59.48	0.52	
70	281.56	68.91	1.09	22.20	68.35	1.65	
80	269.21	79.42	0.58	14.33	78.53	1.47	
90	256.60	90.79	0.79	4.70	91.18	1.18	
100	246.37	99.55	0.45	0.20	97.10	2.90	
110	234.08	110.06	0.06	-9.85	110.23	0.23	
120	221.61	121.44	1.44	-17.62	120.20	0.20	
130	211.09	130.19	0.19	-26.09	130.72	0.72	
140	199.12	140.69	0.69	-35.50	141.87	1.87	
150	7.56	150.32	0.32	-44.15	151.45	1.45	
160	177.64	159.95	0.05	-52.87	160.32	0.32	
170	166.43	169.58	0.42	-61.66	168.30	1.70	
180	155.12	179.21	0.79	-77.23	179.66	0.34	
Errorpanmaksimal			1.44	Errortilt maksimal			2.90
Errorpanminimal			0.05	Errortiltminimal			0.20
Errorpanrata-rata			0.58	Errortiltrata-rata			1.21

Dari data Tabel 2-1, dicari model persamaan yang paling mendekati antara nilai *output* sensor sebagai *input* model, dan nilai yang diinginkan sebagai *output* model. Model persamaan kalibrasi untuk nilai *tilt* dan *pan* secara berturut-turut tampak pada Persamaan (3) dan Persamaan (4). Adapun Gambar 2-3 adalah plot antara data pengukuran dan *output* model persamaan.

$$Out_{kalibrasi\ tilt} = 0.00003614 \times Out_{tilt}^3 - 0.0004377 \times Out_{tilt}^2 - 1.315 \times Out_{tilt} + 97.36 \quad (3)$$

$$Out_{kalibrasi\ pan} = -0.8754 \times Out_{pan} + 314.9 \quad (4)$$

Persamaan tersebut dihitung menggunakan *curve fitting tool* dari Matlab 2010. Model persamaan dipilih yang memberikan nilai *error* paling kecil. Pada penelitian ini, dipilih model persamaan linear untuk nilai *pan*, dan persamaan polinomial pangkat tiga untuk nilai *tilt*. Gambar 2-3 adalah plot untuk data pengukuran dan *output* model persamaan.



Gambar 2-3. Plot data pengukuran dan *output* model persamaan kalibrasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

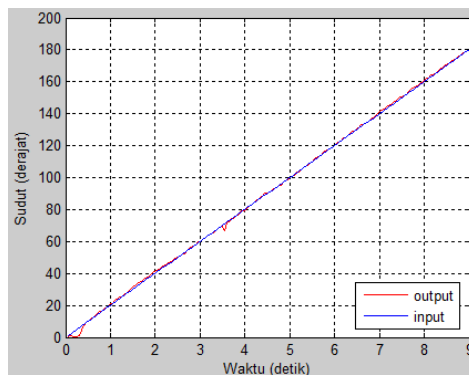
Arduino sudah menyediakan *class* untuk membangkitkan PWM yang digunakan sebagai sinyal kendali servo. *Class* tersebut parameternya langsung berupa besaran sudut antara 00-3600. Mengingat operasi Arduino adalah 10 bit atau setara 1024 desimal, maka resolusi perubahan sudutnya adalah $\frac{360^\circ}{104} = [$

Pada penelitian ini, performa gimbal kamera *pan* dan *tilt* yang diusulkan, diukur dengan membandingkan antara nilai *input* arah hadap yang diinginkan dengan nilai *output*-nya. Tabel 3-1 menunjukkan nilai *output* sudut arah hadap *pan* terhadap nilai *input pan* yang diinginkan. Nilai *input* diberikan mulai dari 00 hingga 1800, dengan kenaikan nilai per 10 per selang waktu 50 ms. Untuk akurasi pengambilan data, maka dilakukan tiga kali pengambilan data, kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Tabel 3-1. Nilai Pengujian *Input* Dan *Output* Pan

In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error
1	0.58	0.42	37	37.92	0.92	73	72.61	0.39	109	109.00	0.00	145	145.59	0.59
2	1.59	0.41	38	38.94	0.94	74	73.96	0.04	110	110.28	0.28	146	146.64	0.64
3	3.11	0.11	39	40.31	1.31	75	74.54	0.46	111	111.74	0.74	147	147.46	0.46
4	3.30	0.70	40	40.89	0.89	76	75.62	0.38	112	112.27	0.27	148	148.92	0.92
5	4.67	0.33	41	41.71	0.71	77	76.41	0.59	113	113.26	0.26	149	150.32	1.32
6	5.82	0.18	42	42.65	0.65	78	78.19	0.19	114	114.25	0.25	150	150.67	0.67
7	6.25	0.75	43	43.43	0.43	79	79.18	0.18	115	115.60	0.60	151	151.05	0.05
8	7.83	0.17	44	44.72	0.72	80	79.62	0.38	116	116.47	0.47	152	152.30	0.30
9	9.12	0.12	45	46.29	1.29	81	80.61	0.39	117	117.35	0.35	153	153.85	0.85
10	10.08	0.08	46	46.56	0.56	82	81.92	0.08	118	118.16	0.16	154	155.31	1.31
11	11.45	0.45	47	47.61	0.61	83	82.77	0.23	119	119.30	0.30	155	155.98	0.98
12	12.09	0.09	48	48.36	0.36	84	84.58	0.58	120	120.09	0.09	156	156.91	0.91
13	13.67	0.67	49	49.71	0.71	85	85.28	0.28	121	121.46	0.46	157	157.35	0.35
14	14.78	0.78	50	50.44	0.44	86	86.21	0.21	122	122.28	0.28	158	159.04	1.04
15	15.95	0.95	51	50.93	0.07	87	87.44	0.44	123	123.30	0.30	159	159.54	0.54
16	16.56	0.56	52	52.27	0.27	88	88.34	0.34	124	125.05	1.05	160	160.39	0.39
17	17.46	0.46	53	52.77	0.23	89	89.89	0.89	125	125.40	0.40	161	162.37	1.37
18	18.66	0.66	54	54.29	0.29	90	90.06	0.06	126	126.45	0.45	162	162.63	0.63
19	18.98	0.02	55	55.31	0.31	91	90.94	0.06	127	127.70	0.70	163	164.06	1.06
20	21.11	1.11	56	56.53	0.53	92	92.48	0.48	128	128.96	0.96	164	164.47	0.47
21	21.29	0.29	57	57.21	0.21	93	93.27	0.27	129	129.05	0.05	165	165.49	0.49
22	23.12	1.12	58	58.17	0.17	94	93.89	0.11	130	131.03	1.03	166	166.86	0.86
23	23.68	0.68	59	59.51	0.51	95	95.49	0.49	131	131.26	0.26	167	167.54	0.54
24	25.08	1.08	60	60.42	0.42	96	95.55	0.45	132	132.52	0.52	168	168.50	0.50
25	25.08	0.08	61	61.03	0.03	97	97.18	0.18	133	133.66	0.66	169	169.49	0.49
26	26.68	0.68	62	61.85	0.15	98	97.88	0.12	134	134.50	0.50	170	170.42	0.42
27	27.15	0.15	63	63.19	0.19	99	98.93	0.07	135	135.26	0.26	171	171.30	0.30
28	29.02	1.02	64	63.86	0.14	100	99.84	0.16	136	136.49	0.49	172	172.61	0.61
29	29.69	0.69	65	64.56	0.44	101	100.86	0.14	137	137.63	0.63	173	173.17	0.17
30	31.64	1.64	66	65.43	0.57	102	101.79	0.21	138	138.68	0.68	174	173.98	0.02
31	32.37	1.37	67	67.34	0.34	103	103.25	0.25	139	140.14	1.14	175	175.38	0.38
32	33.13	1.13	68	68.12	0.12	104	103.89	0.11	140	141.33	1.33	176	175.88	0.12
33	34.07	1.07	69	68.53	0.47	105	104.68	0.32	141	141.97	0.97	177	177.16	0.16
34	34.77	0.77	70	69.72	0.28	106	105.82	0.18	142	142.79	0.79	178	178.13	0.13
35	36.25	1.25	71	70.16	0.84	107	106.84	0.16	143	143.96	0.96	179	178.71	0.29
36	37.19	1.19	72	71.74	0.26	108	108.10	0.10	144	145.13	1.13	180	180.14	0.14

Dari Tabel 3-1 di atas, nilai maksimal *error* antara *output* dan *input pan*-nya adalah sebesar 1.640, yakni pada *input* 300. Sedangkan untuk nilai *error* minimal dan rata-ratanya, secara berturut turut adalah 00 dan 0,50. Nilai *error* tersebut sangat kecil, yakni hanya 0.9% dari rentang sudut *pan* 1800. Selanjutnya, plot grafik untuk nilai *input* dan *output pan* terhadap waktunya tampak pada Gambar 3-1 di bawah ini.

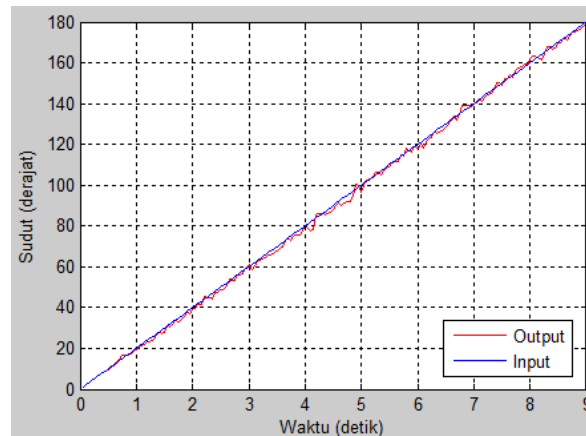
**Gambar 3-1. Grafik pengujian *input* dan *output pan* gimbal**

Selanjutnya adalah pengujian untuk pergerakan *tilt*. Tabel 3.2 menunjukkan data *input* yang diinginkan dan nilai *output tilt*-nya. Sama dengan pengujian *pan*, pergerakan *tilt* diuji dari sudut 0° hingga 180° , dengan kenaikan nilai per 1° perselang waktu 50 ms.

Tabel 3.2. Nilai Pengujian *Input* Dan *Output Tilt*

In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error	In	Out	Error
1	0.97	0.03	37	35.46	1.54	73	72.73	0.27	109	108.11	0.89	145	144.53	0.47
2	1.99	0.01	38	37.67	0.33	74	73.67	0.33	110	109.19	0.81	146	145.29	0.71
3	2.88	0.12	39	37.07	1.93	75	72.66	2.34	111	110.64	0.36	147	147.01	0.01
4	3.97	0.03	40	38.88	1.12	76	74.98	1.02	112	111.60	0.40	148	150.34	2.34
5	5.00	0.00	41	39.68	1.32	77	75.80	1.20	113	111.64	1.36	149	150.02	1.02
6	6.28	0.28	42	41.49	0.51	78	75.85	2.15	114	114.89	0.89	150	149.12	0.88
7	6.83	0.17	43	41.55	1.45	79	77.30	1.70	115	113.98	1.02	151	152.38	1.38
8	8.00	0.00	44	45.18	1.18	80	80.05	0.05	116	118.03	2.03	152	152.26	0.26
9	9.16	0.16	45	45.16	0.16	81	78.92	2.08	117	116.81	0.19	153	153.84	0.84
10	9.48	0.52	46	44.72	1.28	82	79.39	2.61	118	116.02	1.98	154	152.62	1.38
11	11.64	0.64	47	44.47	2.53	83	80.69	2.31	119	118.97	0.03	155	156.51	1.51
12	11.72	0.28	48	47.63	0.37	84	85.14	1.14	120	117.89	2.11	156	157.10	1.10
13	13.31	0.31	49	47.64	1.36	85	86.27	1.27	121	120.35	0.65	157	158.14	1.14
14	14.17	0.17	50	48.94	1.06	86	86.05	0.05	122	120.12	1.88	158	159.63	1.63
15	16.97	1.97	51	49.06	1.94	87	85.12	1.88	123	121.60	1.40	159	158.76	0.24
16	16.98	0.98	52	51.02	0.98	88	85.83	2.17	124	122.67	1.33	160	162.23	2.23
17	16.91	0.09	53	54.08	1.08	89	86.97	2.03	125	123.56	1.44	161	163.61	2.61
18	17.42	0.58	54	53.66	0.34	90	87.84	2.16	126	125.91	0.09	162	163.17	1.17
19	18.76	0.24	55	53.41	1.59	91	90.00	1.00	127	125.66	1.34	163	162.04	0.96
20	19.34	0.66	56	55.88	0.12	92	91.24	0.76	128	126.23	1.77	164	161.36	2.64
21	20.53	0.47	57	56.02	0.98	93	89.91	3.09	129	127.02	1.98	165	164.39	0.61
22	21.39	0.61	58	56.38	1.62	94	91.16	2.84	130	128.39	1.61	166	167.63	1.63
23	21.87	1.13	59	59.38	0.38	95	92.05	2.95	131	130.02	0.98	167	168.00	1.00
24	23.33	0.67	60	60.88	0.88	96	95.25	0.75	132	132.75	0.75	168	166.53	1.47
25	23.40	1.60	61	58.27	2.73	97	94.79	2.21	133	133.64	0.64	169	167.48	1.52
26	24.38	1.62	62	60.59	1.41	98	100.39	2.39	134	131.60	2.40	170	169.38	0.62
27	26.58	0.42	63	62.49	0.51	99	99.81	0.81	135	134.49	0.51	171	169.76	1.24
28	27.98	0.02	64	63.21	0.79	100	98.01	1.99	136	138.94	2.94	172	172.19	0.19
29	27.06	1.94	65	64.05	0.95	101	100.03	0.97	137	139.08	2.08	173	170.95	2.05
30	28.11	1.89	66	64.35	1.65	102	102.50	0.50	138	139.25	1.25	174	173.14	0.86
31	30.83	0.17	67	65.73	1.27	103	103.14	0.14	139	138.49	0.51	175	174.97	0.03
32	30.21	1.79	68	65.79	2.21	104	103.81	0.19	140	139.89	0.11	176	175.01	0.99
33	31.43	1.57	69	67.21	1.79	105	106.64	1.64	141	140.23	0.77	177	175.88	1.12
34	33.41	0.59	70	67.60	2.40	106	106.58	0.58	142	142.60	0.60	178	176.34	1.66
35	33.25	1.75	71	69.02	1.98	107	105.12	1.88	143	141.38	1.62	179	177.45	1.55
36	34.60	1.40	72	69.96	2.04	108	107.10	0.90	144	142.77	1.23	180	178.43	1.57

Pada pengujian sudut hadap gimbal *tilt* pada Tabel 3.2, didapatkan nilai maksimal *error* sebesar $3,9^{\circ}$. Sedangkan untuk nilai *error* minimal dan rata-ratanya, berturut-turut sebesar 0° dan $1,15^{\circ}$. Nilai maksimal *error* $3,9^{\circ}$ jika dinyatakan dalam persentase terhadap rentang sudut putar *tilt* adalah sebesar 2,16%. Nilai ini lebih besar $2,26^{\circ}$ dibanding dengan nilai *error* maksimal pada pengujian sudut putar *pan*. Hal ini dapat dikarenakan karena *error* model yang lebih besar dari model persamaan kalibrasi *tilt* dibandingkan dengan *pan*, yang tampak pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.3. Untuk plot grafik pengujian *tilt*, tampak pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2. Grafik pengujian *input* dan *output tilt* gimbal

4. KESIMPULAN

Dari beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, baik untuk arah gerak *pandan tilt* memiliki nilai *error* maksimal yang relatif kecil, yakni $1,64^0$ untuk *errorpan* dan $3,9^0$ untuk *errortilt*. Dari nilai yang relatif kecil tersebut, untuk keperluan gimbal kamera yang dapat mengarahkan sudut hadap kamera *pandan tilt* dapat langsung menggunakan kendali *open loop*. Sedangkan untuk indikator arah hadap gimbal, dapat langsung menggunakan nilai *input* dari *pandan tilt* sebagai *input* penggerak indikatornya

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya tujukan kepada Kepala Pusat Teknik Penerbangan LAPAN yang telah menyediakan fasilitas untuk kegiatan penelitian ini, dan juga segenap keluarga bidang avionik Pustekbang LAPAN atas kerjasamanya selama ini.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggungjawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Jakobsen, Johnson, 2015, *Control Architecture for a UAV-Mounted Pan/Tilt/Roll Camera Gimbal* Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- 2) Zhang, Wang, 2014, "UAV Surveillance Mission with Gimballed Sensors", IEEE International
- 3) Conference on Control & Automation (ICCA), Taiwan : Taichung
- 4) Farras, Trilaksono, Putra, 2015, "Implementation of Image-Based Autopilot Controller using Command Filtered Backstepping for Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle", IEEE : The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics

- 5) Prabowo, Trilaksono, Triputra, 2015, *Hardware In-the-Loop Simulation for Visual Servoing of Fixed Wing UAV*, IEEE : The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics
- 6) Bederson, 1994, *A Miniature Pan-Tilt Actuator: The Spherical Pointing Motor*, IEEE Transactionson Roboticsand Automation, vol. 10, no. 3, June 1.
- 7) N. S. Nise, 2004, *Control System Engineering Fourth Edition*, Pomona, John Wiley & Sons, Inc.,
- 8) Sharma. Patel. dkk, 2015, *Development of Self-Stabilizing 3-DOF -RRR Camera System using Fuzzy logic*, IEEE Joural, India
- 9) K. Ogata, 2010, *Modern Control Engineering Fifth Edition*, New Jersey: Pearson Education, Inc.,
- 10) Halliday. Resnick, 2011, *Fundamentals of Physics 9Ed*, John Wiley & Sons, Inc., United States.
- 11) Labayrade, Aubert, 2003, *A single framework for vehicle roll, pitch, yaw estimation and obstacles detection by stereovision* , Proceedings. IEEE : Intelligent Vehicles Symposium.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



DATA UMUM

Nama Lengkap : Ardian Umam
Tempat &Tgl. Lahir : Klaten, 14 Juli 1991
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknik Penerbangan - LAPAN
NIP. / NIM. : -
Pangkat / Gol.Ruang : -
Jabatan Dalam Pekerjaan : Staff Avionik
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMA N 2 Klaten Tahun: 2006 - 2009
STRATA 1 (S.1) : UGM/Teknik Elektro Tahun: 2009 - 2014

ALAMAT

Alamat Rumah : Karang (02/01), Mutihan, Gantiwarna, Klaten
Alamat Kantor / Instansi : Pusat Teknik Penerbangan, Jl. Raya LAPAN Sukamulya, Rumpin,
Bogor 16350, Jawa Barat
HP. : 081278964221
Telp. : -
Email : ardianumam@gmail.com

RIWAYAT SINGKAT PENULIS



Ardian Umam, S.T, lahir di kota Klaten (Jawa Tengah) pada tanggal 14 Juli 1991, dan merupakan lulusan jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada pada tahun 2014 dengan predikat *cumlaude*. Saat ini aktif bekerja sebagai peneliti bidang avionik di Pustekbang (Pusat Teknologi Penerbangan) - Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional. Sebelum di Pustekbang LAPAN, pernah bekerja di PT. Pertamina EP sebagai *surface facility engineer* di Field Pendopo, Sumatra Selatan. Selain itu, merupakan kandidat Master di National Chiao Tung University – Taiwan untuk jurusan *Electrical Engineering and Computer Science Departement* dengan Beasiswa Pendidikan Indonesia LPDP – Kementerian Keuangan Republik Indonesia.