

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan mengenai pengujian dan juga analisis sistem yang telah dibuat seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Adapun pengujian dan analisisnya adalah sebagai berikut.

4.1 Pengujian Sudut Orientasi

Pengujian orientasi didapatkan dari pengolahan data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dalam sensor *Inertia Measurement Unit* (IMU) terhadap orientasi sudut untuk sumbu *roll* dan *pitch*. Kondisi pengukuran nilai untuk *roll* dan *pitch* menggunakan bantuan busur dengan nilai sudut seperti pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan sudut orientasi dan orientasi sensor.

<i>Pitch</i> (derajat)	Sensor <i>Pitch</i> (derajat)	<i>Error</i> (%)	<i>Roll</i> (derajat)	Sensor <i>Roll</i> (derajat)	<i>Error</i> (%)
0	0,68	0,37	0	0,45	0,25
10	10,75	0,41	10	10,49	0,5
20	20,43	0,23	20	20,89	0,49
30	30,52	0,28	30	30,86	0,47
40	40,73	0,40	40	40,84	0,46
50	50,68	0,37	50	50,98	0,54
60	60,88	0,48	60	60,97	0,53
70	70,59	0,32	70	70,79	0,43
80	80,79	0,43	80	80,93	0,51
90	89,52	0,26	90	90,98	0,54

Pada tabel 4.1 hasil pengujian dengan membandingkan orientasi sensor terhadap sudut orientasi, data yang dihasilkan masih memiliki nilai *error*. Untuk menghitung nilai *error*(%) pada sumbu *pitch* dan *roll* digunakan persamaan berikut:

$$Error = \frac{Abs(Pitch - sensor\ pitch)}{180} \times 100 \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Error = \frac{Abs(roll - sensor_roll)}{180} \times 100 \dots\dots\dots(4.2)$$

Berdasarkan hasil dari tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa sensor *Inertia Measurement Unit* (IMU) memiliki *error* sebesar:

- sumbu *pitch* sebesar 0,23% - 0.48%
- sumbu *roll* sebesar 0.25% - 0,54%

Nilai yang didapat oleh sensor masih menghasilkan nilai *error*, tetapi nilai *error* yang didapat tidak terlalu jauh dengan nilai sebenarnya. Nilai *error* yang terjadi karena faktor kalibrasi sensor dan gangguan dari getaran yang dirasakan oleh sensor karena sensor sangat sensitif terhadap getaran yang terjadi disekitarnya.

4.2 Pengamatan dan Uji Terbang Roket Dengan *Firmware* Kestabilan Roket

Pengujian *firmware* ini dilakukan di Landasan Udara Sulaiman, Margahayu, Bandung, Jawa Barat. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian terbang, berikut tampilan GCS ketika melakukan uji terbang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan pada GCS saat uji terbang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sikap roket pada sumbu *roll* dan sikap roket pada sumbu *pitch*. Data yang diambil adalah sikap *roll* , sikap *pitch* dan data ketinggian pada saat roket melakukan *cruising* secara *horizontal*. Berikut data yang diambil dimasukkan pada Tabel 4.2.

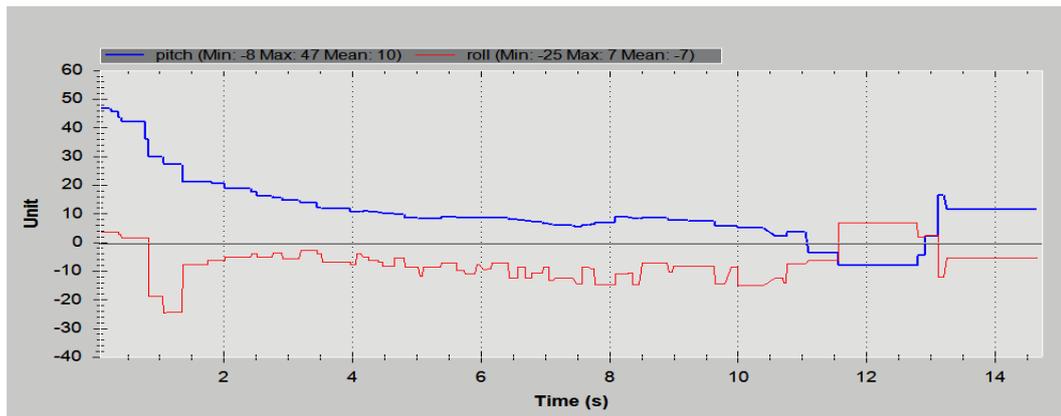
Tabel 4.2 Data sikap *roll*, sikap *pitch* dan ketinggian dari *firmware default*.

No	Data sudut <i>pitch</i> ($^{\circ}$)	Data sudut <i>roll</i> ($^{\circ}$)	Data ketinggian
1	45,46	2,06	0,72
2	45,38	-0,76	0,85
3	45,85	1,17	1,44
4	46,53	-0,36	1,44
5	43,39	2,51	1,44
6	42	3,15	1,44
7	35,79	3,53	1,44
8	29,66	3,61	2,31
9	27,45	2,53	2,31
10	26,98	1,34	2,31
11	21,08	1,43	2,31
12	20,27	-18,94	2,31
13	18,67	-24,87	2,31
14	17,54	-24,38	2,31
15	16,02	-7,94	2,31
16	15,33	-6,5	2,31
17	14,56	-5,28	6,98
18	13,7	-3,95	8,26
19	11,92	-5,26	9,56
20	11,56	-3,84	9,56
21	10,48	-5,62	9,56
22	10,52	-2,96	9,56
23	10,13	-4,18	9,56
24	9,92	-6,89	9,56
25	8,47	-3,99	13,17
26	8,28	-5,27	15,45
27	8,67	-6,49	15,45
28	8,55	-6,91	15,45
29	8,36	-8,4	18,48
30	7,21	-5,49	19,44
31	6,95	-8,85	21,15
32	6,16	-11,91	21,15
33	5,4	-8,76	21,15
34	6,57	-7,39	21,15
35	8,68	-9,96	21,15
36	8,44	-11,14	21,15
37	7,58	-7,92	21,15

No	Data sudut <i>pitch</i> ($^{\circ}$)	Data sudut <i>roll</i> ($^{\circ}$)	Data ketinggian
38	7,31	-9,59	21,15
39	5,68	-7,18	21,15
40	5,01	-12,52	21,15
41	1,93	-8,6	21,15
42	2,19	-12,48	21,15
43	3,41	-10,77	27,14
44	-0,75	-8,66	27,68
45	-3,76	-12,54	26,68
46	-8,04	-14,41	23,68
47	-4,73	-8,73	23,68
48	1,96	-14,95	23,68
49	16,29	-11,13	14,59
50	11,34	-10,77	13,26
51	5,34	-14,87	13,19
52	-4,37	-14,87	13,19
53	-1,75	-7,22	13,19
54	-1,83	-10,33	13,19
55	-2,7	-8,4	13,19
56	-2,65	-8,54	6,14
57	-2,65	-14,41	6,14
58	-2,65	-8,7	6,14
59	-2,65	-15,2	6,14

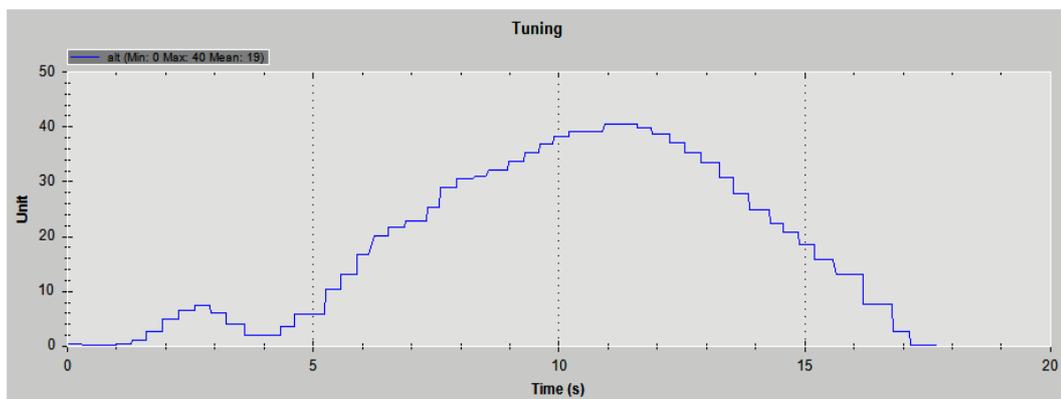
Pada gambar 4.2 grafik warna merah sebagai pergerakan sikap roket pada sumbu *roll* dan grafik warna biru sebagai pergerakan sikap roket pada sumbu *pitch*, pada saat roket melakukan *cruising* menggunakan *firmware default* yang ditampilkan pada grafik gambar 4.2 menunjukkan pergerakan sikap roket pada sumbu *pitch* butuh waktu 4 detik untuk mendekati nilai stabil yaitu pada nilai 0. Sedangkan sikap roket pada sumbu *roll* menunjukkan pergerakan yang terus mendekati nilai stabil, pergerakan pada sumbu *roll* sangat dipengaruhi dengan gangguan eksternal berupa kecepatan angin, arah angin dan gangguan internal dari motor pendorong roket yang menyebabkan roket dapat terbang tidak stabil, dengan

adanya gangguan eksternal maupun internal sistem kendali pada roket berusaha untuk menstabilkan sikap roket seperti yang ditunjukkan grafik pergerakan sikap *roll* pada gambar 4.2. Berikut grafik pada gambar 4.2 dari sikap roket saat melakukan *cruising* secara *horizontal* dengan menggunakan *firmware default* yang ada pada *flightcontroller*.



Gambar 4.2 Grafik sikap *roll* dan sikap *pitch* saat *cruising* dengan *firmware default*

Pada pengujian *firmware default* terdapat data ketinggian yang diambil saat pengujian terbang roket secara *horizontal* ditunjukkan pada garis berwarna biru seperti pada grafik gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik ketinggian pada saat *cruising* dengan *firmware default*

Pengujian pada *firmware* yang dibuat dilakukan untuk mengetahui sikap roket pada sumbu *roll* dan sikap roket pada sumbu *pitch*. Data yang diambil adalah sikap *roll* , sikap *pitch* dan data ketinggian pada saat roket melakukan *cruising* secara *horizontal*. Berikut data yang diambil dimasukkan pada Tabel 4.3.

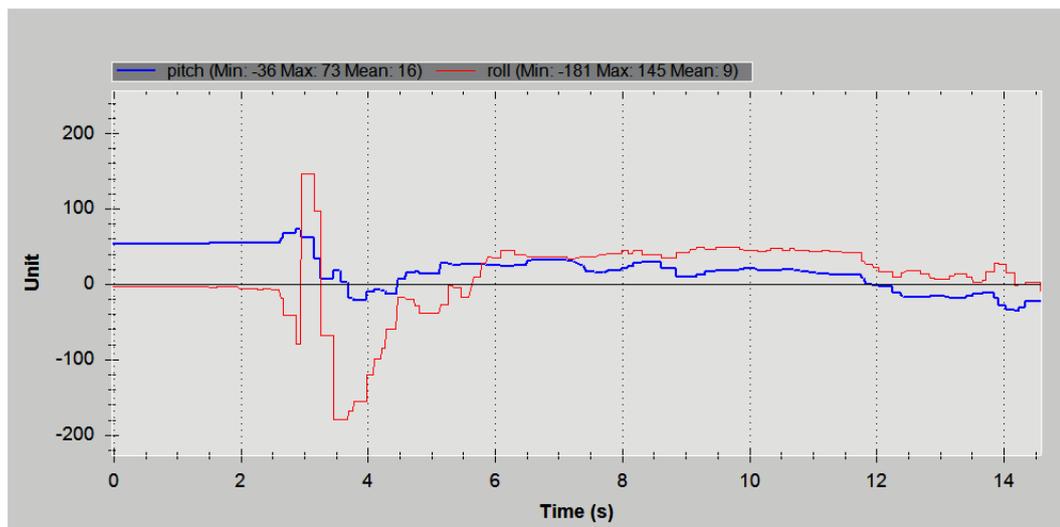
Tabel 4.3 Data sikap *roll*, sikap *pitch* dan ketinggian dari *firmware* yang dibuat.

No	Data sudut <i>pitch</i> ($^{\circ}$)	Data sudut <i>roll</i> ($^{\circ}$)	Data ketinggian
1	52,96	-4,17	0,18
2	53,42	-3,45	0,22
3	54,35	-5,93	1,08
4	53,68	-7,35	2,5
5	66,8	-19,46	4,73
6	73,02	-41,59	6,52
7	61,13	-80,12	7,29
8	33,53	-145,16	5,99
9	6,47	96,45	3,88
10	18,05	-68,55	1,98
11	1,35	-179,86	3,48
12	-19,67	-169,32	5,64
13	-21,91	-156,18	5,64
14	-10,19	-120,49	5,64
15	-9,78	-100,15	10,16
16	5,8	-85,77	13,01
17	14,64	-59,94	16,68
18	13,08	-17,68	19,94
19	27,75	-20,42	21,7
20	25,71	-28,6	22,62
21	24,49	-38,51	25,23
22	25,94	-28,34	28,82
23	24,76	-2,95	30,47
24	24,16	-4,73	30,79
25	30,72	-17,93	32
26	31,68	8,88	32
27	30,55	27,73	33,62
28	24,19	35,41	35,25

No	Data sudut <i>pitch</i> ($^{\circ}$)	Data sudut <i>roll</i> ($^{\circ}$)	Data ketinggian
29	16,5	33,82	36,73
30	14,01	43,6	38,04
31	17,28	38,84	39,08
32	20,42	35,2	39,08
33	26,98	35,47	39,08
34	29,09	35,27	39,08
35	20,5	35,12	40,73
36	8,74	38,86	40,73
37	12,08	40,13	40,73
38	16,58	43,89	40,73
39	17,46	40,35	40,73
40	18,53	44,68	40,73
41	17,43	38,41	40,73
42	18,23	34,51	39,76
43	16,1	41,58	38,53
44	12,94	45,38	37,02
45	11,3	48,16	35,2
46	7,41	45,6	33,27
47	-0,25	48,26	30,61
48	-2,34	45,83	27,79
49	-4,11	44,15	24,8
50	-11,4	44,81	22,31
51	-18,14	42,47	20,69
52	-16,84	44,9	15,73
53	-18,62	47,36	12,9
54	-16,71	44,63	7,49
55	-13,8	46,78	2,51
56	-11,98	44,89	0,05
57	-12,71	43,39	0,05
58	-19,38	42,95	0,05
59	-28,36	43,99	0,05

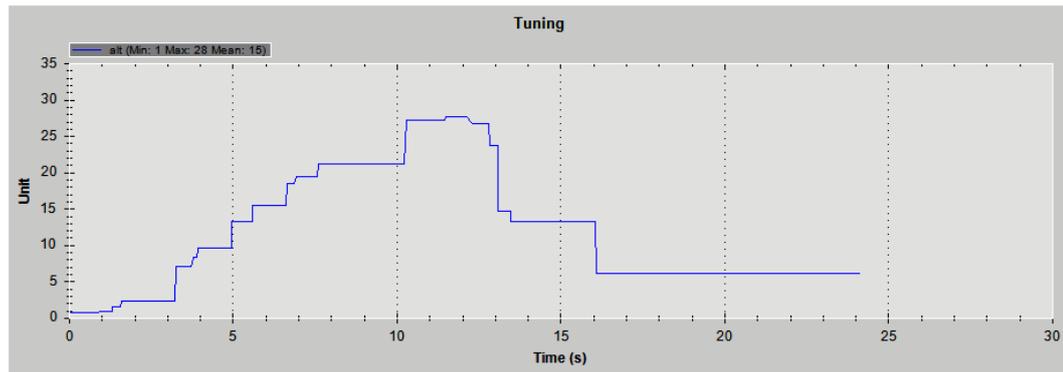
Pada gambar 4.4 grafik warna merah sebagai pergerakan sikap roket pada sumbu *roll* dan grafik warna biru sebagai pergerakan sikap roket pada sumbu *pitch*, pada saat roket melakukan *cruising* menggunakan *firmware* yang dibuat yang ditampilkan pada grafik gambar 4.4 menunjukkan pergerakan sikap roket pada

sumbu *pitch* butuh waktu 3,5 detik untuk mendekati nilai stabil yaitu pada nilai 0. Sedangkan sikap roket pada sumbu *roll* membutuhkan waktu 5 detik untuk mendekati nilai stabil seperti yang ditunjukkan grafik pada gambar 4.4, pergerakan pada sumbu *roll* sangat dipengaruhi dengan gangguan eksternal berupa kecepatan angin, arah angin dan gangguan internal dari motor pendorong roket yang menyebabkan roket dapat terbang tidak stabil, dengan adanya gangguan eksternal maupun internal sistem kendali pada roket berusaha untuk menstabilkan sikap roket seperti yang ditunjukkan grafik pergerakan sikap *roll* pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik sikap *pitch* pada saat *cruising* dengan *firmware* yang dibuat *default*

Pada pengujian *firmware default* terdapat data ketinggian yang diambil saat pengujian terbang roket secara *horizontal* ditunjukkan dengan garis berwarna biru pada grafik seperti pada grafik gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik ketinggian pada saat *cruising* dengan *firmware* yang dibuat

4.3 Analisis

Berdasarkan dari data pengujian terbang roket EDF yang di ditunjukkan grafik yang terdapat pada gambar 4.2 sistem kendali sikap roket EDF pada sumbu *roll* dan sumbu *pitch* dengan menggunakan *firmware default* pada *flightcontroller* memberikan hasil sikap roket pada sumbu *roll* dan *pitch* ketika roket terbang *cruising* dapat menstabilkan sikap roket dengan mendekati sudut *set point* yang ditentukan yaitu 0 derajat dan mampu meredam gangguan eksternal dan internal dengan baik dan cepat ketika melakukan *cruising* dan pada grafik gambar 4.4 menunjukkan sistem kendali pada roket EDF dengan menggunakan *firmware* yang dibuat memberikan hasil yang kurang baik karena sikap yang dihasilkan pada sumbu *roll* dan *pitch* jauh pada *set point* yang ditentukan yaitu pada nilai sudut 0 derajat pada sumbu *roll* maupun pada sumbu *pitch* namun mampu meredam efek dari gangguan angin disekitar area peluncuran dan efek gangguan dari motor EDF sebagai pendorong roket sehingga roket mampu terbang cukup stabil ketika melakukan *cruising*, meskipun respon yang dihasilkan kurang cepat dibandingkan dengan respon yang dihasilkan pada saat menggunakan *firmware default*.