

## RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI POSISI, KESETIMBANGAN DAN NAVIGASI UNTUK PROTOTIPE NANO SATELIT

Agus Mulyana<sup>1)</sup>, Andriyana Subhan<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Komputer - FTIK – UNIKOM-Bandung

Jl.Dipati Ukur-112-116,Kampus IV.Lt 5 UNIKOM,Telp (022) 2504119, Bandung 40132  
bagus081@gmail.com, yana\_8809@yahoo.co.id

### ABSTRAK

*Sebuah satelit memerlukan sistem pengendalian yang berguna untuk mengejar setpoint agar satelit dapat berada pada orbit yang telah ditentukan. Seiring adanya rotasi pada satelit maka berpotensi menyebabkan perubahan posisi satelit tersebut. Untuk memperbaiki kondisi itu, maka diperlukan suatu mekanisme pengontrolan posisi, untuk menjaga posisi dan kesetimbangan satelit tersebut. Pada perancangan ini digunakan sensor kompas dan akselerometer untuk memantau perubahan posisi ataupun arah gerak satelit jika keluar dari setpoint yang telah ditentukan. Data dari sensor ini akan diolah oleh mikrokontroler untuk mengatur gerak satelit tersebut. Teknik kendali yang digunakan adalah PID, yang bertujuan untuk mengurangi overshoot serta mempertahankan sistem jika terdapat pemicu perubahan lingkungan sehingga satelit tetap mampu berada pada orbit yang benar. Dengan adanya pengendalian diharapkan posisi satelit stabil dan mampu memberikan informasi yang diperlukan ke ground segment melalui komunikasi radio*

*Kata Kunci— Posisi satelit, Sensor kompas, Sensor accelerometer, Kontrol PID*

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi satelit merupakan salah satu teknologi yang mendapatkan informasi di angkasa. Untuk mendapatkan informasi dibutuhkan teknologi kendali pada satelit agar titik koordinat dan orbit yang diinginkan tidak berubah-ubah, sehingga penentuan arah gerak atau kendali posisi sangat diperlukan dalam teknologi satelit agar mengarah kepada posisi atau titik koordinat dengan benar. Dalam menentukan arah gerak atau kendali posisi diudara sangat sulit, untuk mencapainya diperlukan kendali yang benar. Bahkan dalam mencapai kesetimbangan saja sangat sulit, karena beban dan gangguan dari luar seperti angin. Kesetimbangan merupakan keadaan dimana 2 proses yang berlawanan terjadi dengan laju yang sama, akibatnya tidak terjadi perubahan.

Selain menentukan arah gerak dan kesetimbangan, dalam teknologi satelit sistem navigasi juga sangat penting, karena navigasi dalam satelit merupakan sistem yang menggunakan sinyal radio yang disalurkan ke penerima dipermukaan tanah untuk menentukan lokasi sebuah titik dipermukaan bumi. Sehingga penentuan arah gerak, kesetimbangan, dan kecepatan sesuai dengan

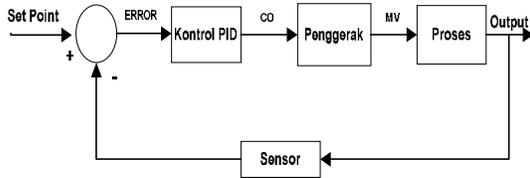
setpoint atau posisi yang dibutuhkan merupakan hal yang ingin dicapai.

Untuk mencapai hal tersebut, dapat diimplementasikan pada sebuah prototipe satelit. Manfaat prototipe satelit dapat digunakan sebagai pengendalian posisi dari udara yang diperlukan oleh user seperti pada payload roket atau mikro satelit dengan. Sebagai pengendali atau kontrol dari prototipe satelit di gunakan kontrol PID. Pengontrolan PID merupakan perpaduan dari pengontrol proposional (untuk mempercepat respon), pengontrol integral (untuk menghilangkan *error steady*) dan pengontrol derivatif (untuk memperbaiki sekaligus mempercepat respon transien).

### 2. LANDASAN TEORI

Sistem kontrol merupakan proses pengendalian *error* dengan cara memasukkan nilai *error* tersebut kedalam input yang akan dibandingkan dengan sistem pengendalian. Tujuan untuk mengurangi *error* tersebut dan menghasilkan output atau keluaran yang sesuai dengan setpoint yang dicapai. PID merupakan salah satu sistem kontrol, berikut gambar kontrol PID secara *close loop* :

## Rancang Bangun Sistem Kendali Posisi, Kesetimbangan Dan Navigasi Untuk Prototipe Nano Satelit



Gambar 2.1 Kontrol PID Secara *Close Loop*

persamaan dalam kontrol PID sebagai berikut:

$$CO(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \dots\dots\dots 2.1$$

Dari persamaan kontrol PID di atas dapat dijabarkan menjadi :

$$CO(t) = K_p e(t) \quad \dots\dots\dots 2.2$$

$$CO(t) = K_i \int_0^t e(t) dt = K_i * [e(0) + e(1) + \dots + e(t-1) + e(t)] \quad \dots\dots 2.3$$

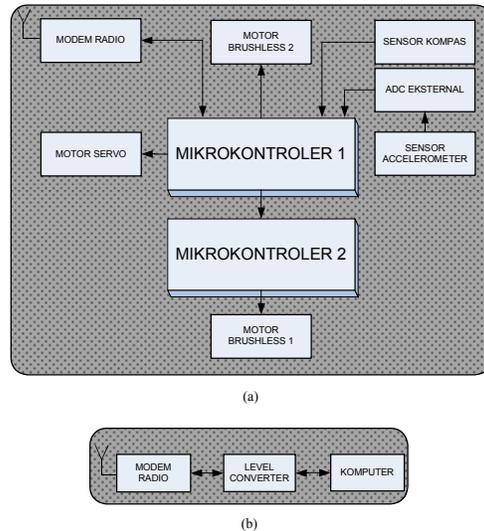
$$CO(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} = K_d \frac{e(t) - e(t-1)}{dt} \quad \dots\dots 2.4$$

Sebagai acuan dari *error* pada gambar 2.1 menggunakan Sensor kompas hitachi HM55B. Sensor kompas HM55B merupakan salah satu kompas digital yang dikembangkan oleh *parallax* yang mempunyai keluaran digital sebanyak 2 axis yaitu axis X dan axis Y. Pada saat program dijalankan kecepatan sensitivitas sensor kompas ini antara 30-40 ms. Aktuator merupakan hal terpenting dalam kontrol PID karena sebagai penggerak dari sistem yang dikontrol jika terjadi *error*.

Dalam prototipe satelit selain mengejar *setpoint* dengan menggunakan sensor kompas hitachi HM55B juga mengejar kesetimbangan. Dalam mengejar kesetimbangan digunakan sensor *accelerometer* MMA3201EG. Sensor ini merupakan salah satu sensor *accelerometer* yang mengeluarkan data analog. Sensor ini memiliki kisaran pengukuran (-40 hingga 40) g, dimana 1(satu) g = 9,8 m/s<sup>2</sup>. Dalam pengontrolan kedua sensor tersebut menggunakan mikrokontroler *basic stamp* BS2P40. Pengiriman data dari prototipe satelit ke *ground segment* menggunakan komunikasi radio yaitu pengiriman data melalui udara. Radio komunikasi yang dipakai adalah YS-UB1020B yang memiliki jarak jangkauan 800 meter. Radio ini berkomunikasi secara *Half duplex* merupakan komunikasi dua arah, data dapat

mengalir kedua arah secara bergantian, hanya satu arah saja pada suatu saat.

### 3. PERANCANGAN



Gambar 3.1 Diagram Blok Prototipe Satelit

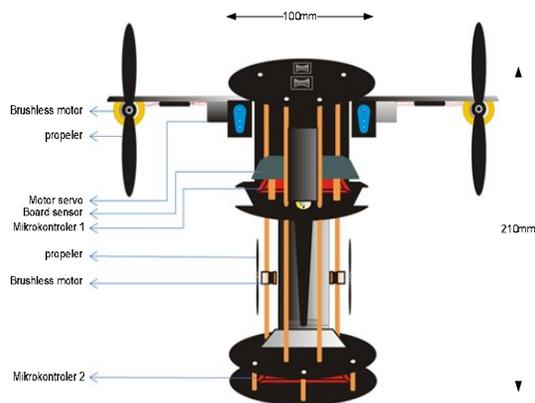
Berikut penjelasan blok-blok yang terdapat pada gambar 3.1 :

1. Mikrokontroler 1  
Blok ini merupakan mikrokontroler *Basic stamp* bs2p40 yang berfungsi mengolah data dari yang diterima dari sensor kompas dan *accelerometer*. Blok ini mengatur komunikasi antara mikrokontroler 2 dan komunikasi dengan PC.
2. Mikrokontroler 2  
Blok ini memuat mikrokontroler *Basic stamp* bs2p40 yang berfungsi menerima data sensor kompas dan mengolahnya untuk mengontrol *actuator* 1 sehingga dapat mengejar *setpoint* yang diinginkan.
3. Sensor Kompas  
Blok ini memuat sensor Hitachi HM55B yang berfungsi mengetahui arah gerak prototipe satelit dan datanya dikirimkan mikrokontroler 2 agar dapat diolah.
4. Sensor *Accelerometer*  
Blok ini memuat sensor MMA3201EG yang berfungsi untuk mengetahui kemiringan yang dialami oleh prototipe satelit dan datanya diubah oleh ADC eksternal lalu diolah oleh mikrokontroler 1.
5. ADC Eksternal  
Blok ini memuat IC ADC0832 yang berfungsi mengubah data analog dari sensor *accelerometer* menjadi data digital.

6. Modem Radio  
Blok ini memuat YS-1020UB yang berfungsi untuk mengirimkan data sensor yang diolah mikrokontroler 1 melalui sinyal radio.
7. Motor *Brushless* 1  
Blok ini memuat motor *brushless* besar yang berfungsi sebagai penggerak dari prototipe satelit agar dapat mengejar dan mempertahankan *setpoint*, dengan data kompas yang diterima dari mikrokontroler 1.
8. Motor *Brushless* 2  
Blok ini memuat motor *brushless* kecil yang berfungsi sebagai penggerak agar kesetimbangan pra prototipe satelit tetap pada posisinya.
9. Motor *Servo*  
Blok ini memuat motor *servo* Hitec HS-5245MG yang berfungsi menggerakkan dan mempertahankan sayap pada prototipe agar saat mengejar *setpoint* dapat berjalan.
10. Komputer  
Blok ini berfungsi menampilkan *interface* agar pengiriman dan penerimaan data dapat dilakukan dengan baik dan menyimpan data yang diterima dari prototipe satelit.

Bentuk dari prototipe satelit menyerupai tabung dengan spesifikasi sebagai berikut :

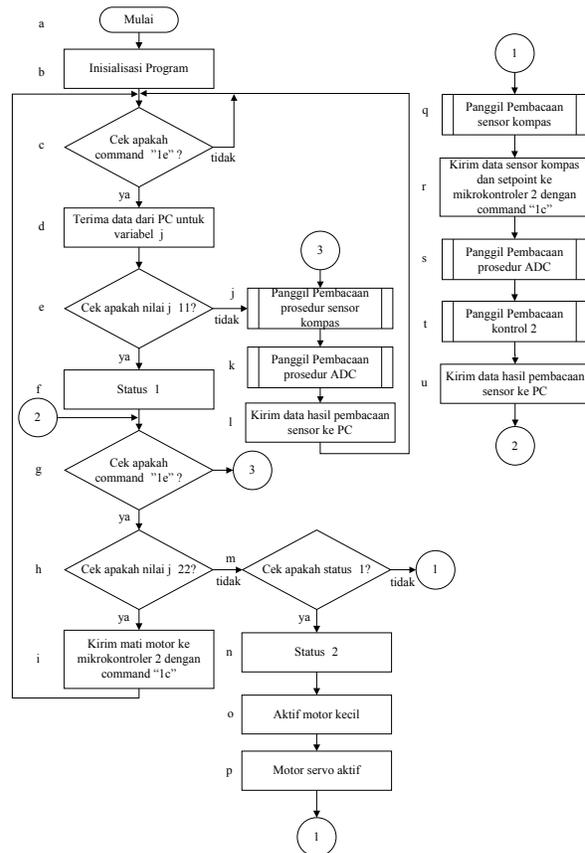
1. Diameter = 100mm
2. Panjang = 210mm
3. Berat = 1200 g



Gambar 3.2 Bentuk Prototipe Satelit Dalam 3D

Perancangan algoritma sangat penting untuk setiap sistem kendali. Sehingga dibuat algoritma keseluruhan untuk sistem kendali prototipe satelit agar dapat berfungsi dengan benar.

Berikut adalah algoritma dalam bentuk *diagram alir* :

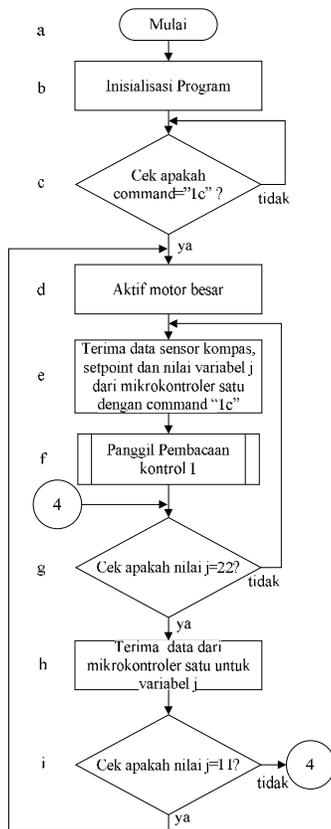


Gambar 3.3 Diagram Alir Mikrokontroler Satu

Diagram alir gambar 3.3 merupakan algoritma pada mikrokontroler satu. Mikrokontroler satu menunggu *command* dari *ground segment* untuk mengaktifkan telemetri, mengaktifkan motor *brushless* kecil dan motor *servo*. Setelah *command* diterima oleh prototipe satelit maka akan membaca sensor kompas dan mengirimkan data sensor kompas ke mikrokontroler dua. Mikrokontroler satu juga mengirimkan semua data sensor ke *ground segment*.

Mikrokontroler satu selain membaca sensor kompas juga membaca data yang dikeluarkan sensor *accelerometer* dan menjalankan program untuk mengejar kesetimbangan.

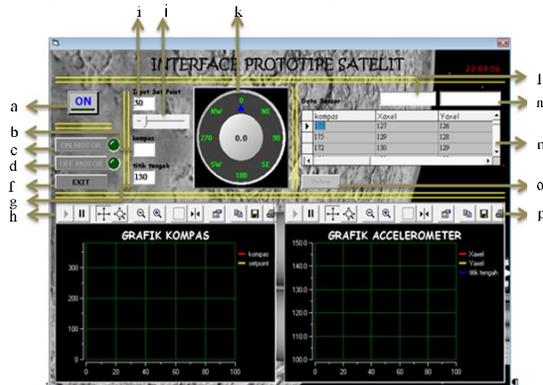
## Rancang Bangun Sistem Kendali Posisi, Keseimbangan Dan Navigasi Untuk Prototipe Nano Satelit



Gambar 3.4 Diagram Alir Mikrokontroler Dua

Pada gambar 3.4 merupakan diagram alir mikrokontroler dua yang berfungsi untuk mengendalikan motor *brushless* besar untuk mengejar *setpoint*. Data sensor kompas akan diterima mikrokontroler dua yang dikirim dari mikrokontroler satu dan diolah datanya dengan sistem kontrol PID. Data *setpoint* baru juga akan ditetrima oleh mikrokontroler dua.

Dalam Perancangan *Interface* untuk prototipe satelit menggunakan *visual basic 6.0*. *Interface* yang ditampilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Interface Protipe Satelit

Prototipe akan menunggu *command* dari *ground segment* yaitu membuka sayap, mengaktifkan motor. Data yang dikirim prototipe satelit akan di terima *ground segment* dan ditampilkan seperti gambar 3.5 .

### 4. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian berguna untuk mengukur kehandalan dari sistem atau alat yang dibuat mulai dari hardware sampai software. Sehingga hasil yang diharapkan bisa tercapai dengan baik. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari pengukuran dari alat yang dipakai sampai dengan pengujian integrasi.

#### 4.1. Pengujian hitachi HM55B dengan kompas Analog

Pengujian ini berguna untuk mengetahui hitachi HM55B bekerja dengan baik atau tidak dan seberapa besar *error* yang dialami hitachi HM55B terhadap kompas analog.

Tabel 4.1 Pengujian Hitachi HM55B Dengan Kompas Analog

No	Kompas Analog	Kompas HM55B	Keterangan (error)
1	0°	8°	8
2	30°	28°	2
3	45°	42°	3
4	90°	87°	3
5	135°	140°	5
6	180°	188°	8
7	225°	230°	5
8	270°	270°	0
9	315°	307°	8
10	330°	332°	2
Rata-rata error			7,2



Gambar 4.1 Pengujian Hitachi HM55B Dengan Kompas Analog

Dari hasil tabel 4.1 didapatkan hasil data sensor kompas hitachi HM55B dengan maksimal *error* 8 dan rata-rata *error* 7,2 terhadap kompas analog. Data sensor kompas HM55B berpengaruh terhadap keadaan sekitarnya yang akan mengganggu data sensor tersebut seperti medan magnet dan besi.

**4.2. Pengujian Radio Komunikasi**

Pengujian ini berguna untuk seberapa jauh jarak didapat untuk melakukan komunikasi.

Tabel 4.2 Pengujian Radio YS-1020UB

No	Jarak (meter)	Keterangan (data terkirim)
1	50	berhasil
2	100	berhasil
3	150	berhasil
4	200	berhasil
4	250	berhasil
5	300	berhasil
6	400	tidak berhasil
7	500	tidak berhasil
8	600	tidak berhasil
9	700	tidak berhasil
10	800	tidak berhasil

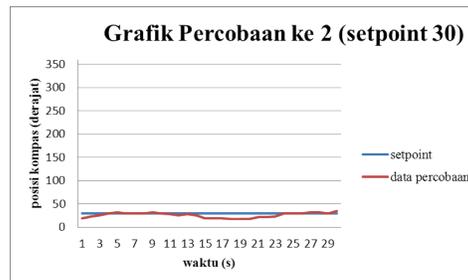
Berdasarkan hasil tabel 4.2 yang didapatkan dari pengujian modul YS1020UB jarak komunikasi adalah 300 meter namun maksimal jarak jangkauan dari modul YS1020UB hingga 800 meter. Dalam hal ini data yang diterima oleh *ground segment* dari prototipe satelit tidak mencapai 800 meter, itu dikarenakan kekuatan radio dalam berkomunikasi berkurang atau melemah yang disebabkan gangguan atau penghalang.

**4.3. Pengujian Mengejar Posisi Terhadap Arah Gerak Prototipe satelit**

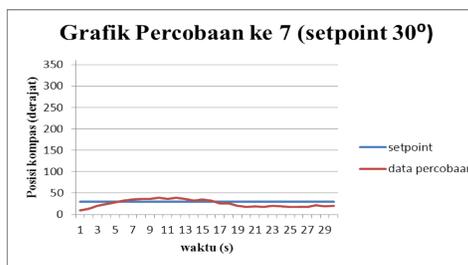
Pengujian ini dilakukan dengan menggantungkan prototipe satelit dengan tujuan dapat mengejar *setpoint* atau arah gerak berupa derajat kompas.

Tabel 4.3 Pengujian Pencarian Arah Gerak Dengan Setpoint 30<sup>0</sup> Pertama

No	Setpoint 30 <sup>0</sup>									
	Percobaan ke -									
1	19	19	14	11	4	5	9	19	0	9
2	21	23	16	12	8	5	14	22	1	12
3	23	26	19	12	15	11	21	18	11	15
4	22	30	25	14	21	15	25	18	16	21
5	26	32	25	21	21	14	29	21	25	21
6	26	30	23	23	25	18	32	19	25	28
7	29	30	25	25	29	23	35	19	29	28
8	28	30	30	26	35	25	37	19	35	28
9	30	32	32	26	37	25	37	21	36	35
10	30	30	30	29	35	25	39	21	39	32
11	30	28	26	26	37	28	37	23	39	36
12	30	26	26	25	39	28	39	25	42	35
13	32	28	28	25	39	28	37	25	42	35
14	35	25	25	25	39	28	33	26	45	32
15	32	19	25	25	39	30	35	25	42	32
16	35	19	23	25	36	30	32	23	42	32
17	32	19	25	25	35	30	26	23	42	29
18	33	18	19	25	29	32	26	25	40	29
19	32	18	23	25	28	29	21	21	37	28
20	29	18	23	21	25	30	18	21	32	26
21	30	21	21	22	22	25	19	23	29	25
22	32	22	25	23	21	28	18	21	29	28
23	28	23	22	21	21	25	21	22	26	30
24	32	29	23	22	21	25	19	25	28	30
25	30	29	21	25	23	25	18	22	28	33
26	32	30	21	23	23	25	18	19	29	32
27	26	32	18	25	23	25	18	18	29	36
28	29	32	21	25	28	21	22	16	32	37
29	29	30	19	23	30	23	19	18	32	40
30	29	35	23	23	32	21	21	18	35	39
banyaknya data mendekati setpoint	29	23	23	26	27	24	20	20	20	27
waktu penetapan (s)	17,2	15,3	12,5	13,9	30,0	20,6	12,0	22,3	13,3	68,3
tingkat keberhasilan (%)	96,6	76,6	76,6	86,6	90	80	66,6	66,6	66,6	90



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Mengejar Setpoint 30<sup>0</sup> Pada Percobaan Ke 2



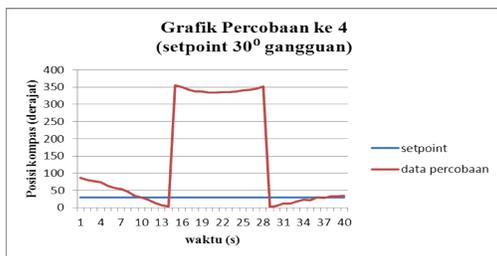
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Mengejar Setpoint 30<sup>0</sup> Pada Percobaan Ke 7

Untuk penetapan waktu terkecil adalah 13,3 detik. Dari 10 kali percobaan diambil 2 percobaan terbaik yang dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3

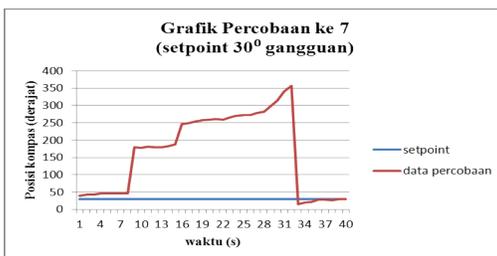
## Rancang Bangun Sistem Kendali Posisi, Kesetimbangan Dan Navigasi Untuk Prototipe Nano Satelit

Tabel 4.4 Pengujian Pencarian Arah Gerak Dengan Setpoint 30<sup>0</sup> Kedua Dengan Gangguan

No	Setpoint 30 <sup>0</sup>									
	Percobaan ke-									
1	45	49	14	87	23	84	39	49	32	39
2	36	45	12	80	22	77	43	45	37	32
3	30	36	8	77	22	71	42	35	40	22
4	21	30	4	73	26	67	46	23	45	19
5	9	21	1	63	26	60	45	14	49	5
6	5	18	357	57	28	52	45	2	50	0
7	357	12	354	54	32	47	45	355	50	348
8	354	8	351	45	33	39	46	347	181	343
9	347	0	348	35	33	29	180	336	149	334
10	340	357	348	30	32	21	177	329	126	326
11	340	355	347	23	2	11	181	323	106	322
12	333	355	351	14	351	5	180	319	87	319
13	329	354	350	7	343	355	180	315	71	316
14	329	350	350	4	337	350	182	310	52	317
15	329	354	355	355	326	343	187	309	28	313
16	330	354	355	350	320	336	247	305	1	313
17	333	357	4	343	312	333	250	306	237	316
18	333	357	5	338	305	327	254	306	233	316
19	338	5	12	337	302	323	258	309	237	316
20	337	9	15	334	300	316	260	309	233	313
21	345	16	18	334	293	316	261	313	233	316
22	348	19	28	336	295	316	260	316	233	319
23	352	25	33	336	293	316	265	322	232	327
24	357	35	35	337	299	323	271	324	239	333
25	4	36	40	340	298	323	272	333	255	340
26	7	39	45	343	298	330	272	338	272	344
27	14	45	45	345	299	334	279	341	293	350
28	18	47	47	352	298	338	282	351	54	0
29	21	49	47	1	298	344	298	355	59	5
30	25	53	46	5	299	348	315	1	57	8
31	29	56	45	11	300	355	340	5	59	12
32	28	56	45	12	298	1	357	11	57	19
33	30	56	36	18	303	7	15	11	60	22
34	33	56	32	23	320	15	19	16	57	26
35	35	56	30	21	336	19	22	23	57	30
36	32	53	32	29	2	25	28	25	57	32
37	33	54	29	28	18	28	28	29	54	35
38	32	53	30	32	30	36	26	32	54	35
39	30	52	32	33	39	35	30	30	53	37
40	28	47	36	35	39	37	30	32	52	30
banyaknya data mendekati setpoint waktu penetapan (s)	30,4	40,1	41,9	21,8	37,0	31,5	21	28,1	64	23,3
tingkat keberhasilan %	32,5	17,5	25	20	27,5	15	12,5	15	7,5	22,5



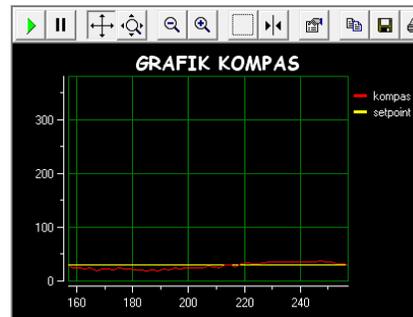
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Mengejar Setpoint 30<sup>0</sup> Pada Percobaan Ke 4 Dengan Gangguan Dari Luar



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Mengejar Setpoint 30<sup>0</sup> Pada Percobaan Ke 7 Dengan Gangguan Dari Luar

Pengujian saat mengejar setpoint 30<sup>0</sup> dengan gangguan dari luar pada tabel 4.3 diambil 40 data kompas dengan percobaan sebanyak 10 kali. Waktu penetapan setpoint terkecil adalah 21 detik, sedangkan waktu penetapan terbesar adalah 64 detik.

Posisi kompas selalu berubah-ubah itu dikarenakan nilai sensor kompas hitachi HM55B yang tidak konstan walaupun dalam keadaan diam.



Gambar 4.6 Grafik Menggunakan Dua Mikrokontroler

Tabel 4.5 Pengujian Kemiringan Sensor Accelerometer MMA3201EG (Xaxis)

No	Data MMA3201EG (Xaxis)						
	0 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>		60 <sup>0</sup>		90 <sup>0</sup>	
		Tengah	Kanan	Kiri	Kanan		Kiri
1	130	128	131	127	132	127	132
2	130	128	131	127	132	127	132
3	130	128	131	127	132	127	132
4	130	128	131	127	132	127	132
5	130	128	131	127	132	127	132
6	130	128	131	127	132	127	132
7	130	128	131	127	132	127	132
8	130	128	131	127	132	127	132
9	130	128	131	127	132	127	132
10	130	128	131	127	132	127	132

Tabel 4.6 Pengujian Kemiringan Sensor Accelerometer MMA3201EG (Yaxis)

No	Data MMA3201EG (Yaxis)						
	0 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>		60 <sup>0</sup>		90 <sup>0</sup>	
		Tengah	Kanan	Kiri	Kanan		Kiri
1	130	129	127	130	126	131	125
2	130	129	127	130	126	131	125
3	130	129	127	130	126	131	125
4	130	129	127	130	126	131	125
5	130	129	127	130	126	131	125
6	130	129	127	130	126	131	125
7	130	129	127	130	126	131	125
8	130	129	127	130	126	131	125
9	130	129	127	130	126	131	125
10	130	129	127	130	126	131	125



Gambar 4.7. Pengujian Waktu Mengejar Kesetimbangan

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari bab-bab sebelumnya, penelitian ini akhirnya dapat diambil beberapa simpulan :

1. Berdasarkan tabel 4.2 modul radio YS-1020UB yang digunakan hanya berkomunikasi dengan jarak sampai 300 meter, itu dikarenakan pelemahan sinyal yang disebabkan gangguan atau penghalang.
2. Berdasarkan tabel 4.1 pengujian data sensor kompas hitachi HM55B dengan maksimal rata-rata *error* 7,2 terhadap kompas analog. Pengujian tersebut penting karena sebagai acuan dari prototipe satelit.
3. Berdasarkan tabel 4.7 pengujian mengejar *setpoint* atau pencarian arah gerak terhadap prototipe satelit berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan 79,62% dari jumlah rata-rata keberhasilan dari tiap percobaan tanpa gangguan dari luar dengan rentang *error* yaitu  $10^0$  dari *setpoint*. Jika terjadi gangguan dari luar tingkat keberhasilannya adalah 19,5% dari jumlah rata-rata keberhasilan dari tiap percobaan
4. Berdasarkan tabel 4.7 pengujian waktu mengejar kesetimbangan mendapatkan hasil rata-rata waktu dari sebelah kanan 7,11 detik sedangkan jika dari sebelah kiri 14,92. Pemakaian sensor *accelerometer* MMA3201EG kurang maksimal dalam mendeteksi kemiringan untuk mengejar kesetimbangan

## 6. REFERENSI

- [1] Kurnia, Adi. (2004). *Pemrograman Microsoft Visual Basic 6.0*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [2] LAPAN, (2010), *Buku Panduan Perlombaan KORINDO 2010*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.

- [3] Setiawan, Iwan. (2008). *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [4] Varberg, Dale., Purcell, Edwinj., & Rigdon, Steven E. (2003). *Kalkulus*. Jakarta: Erlangga
- [5] Alldatasheet. *ADC0831/ADC0832/ADC0834/ADC0830 8-Bit Serial I/O A/D Converters with Multiplexer Options*. Diakses 05 Juli 2011, dari <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/158139/NSC/ADC0832/+04J2WAV1RwawGG-Dvv+/datasheet.pdf>
- [6] Alldatasheet. *Surface Mount Micromachined Accelerometer*. Diakses 05 Juli 2011, dari <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/188044/FREESCALE/MMA3201EG/+07JQ57VDPE.T.EOIFTuIDDCDSu+/datasheet.pdf>
- [7] Alldatasheet. *Hitachi HM55B Compass Module (#29123)*. Diakses 05 Juli 2011, dari <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/228104/ETC2/HM55B/+Q2J227VwSw9bIPvzH+/datasheet.pdf>.

**Penulis** – Dosen Jurusan Teknik Komputer-FTIK-UNIKOM Bandung. Aktif dalam Riset Robot Cerdas sejak 2005 – 2009, khususnya untuk KRCI, dan sejak 2009-sekarang aktif dalam riset *Payload* Roket, khususnya untuk KOMURINDO. Bidang minatnya pada Elektronika, Instrumentasi, Interfacing dan Robotika.