

Sistem Monitoring Sudut Hadap *Payload* terhadap Titik Peluncuran Roket

Cholik Hari Wahyudi, Mochammad Rif'an, ST., MT., dan Ir. Nurussa'adah, MT.

Abstrak— *Payload* atau muatan roket merupakan salah satu produk elektronika yang sangat bermanfaat dalam bidang teknologi dirgantara. *Payload* tersusun atas beberapa sensor yang berfungsi untuk mengetahui keadaan lingkungan. Selain itu *payload* juga dibekali sensor-sensor yang digunakan sebagai monitor pergerakan *payload*. Sensor kompas digital merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah *payload*. Sedangkan modul GPS merupakan modul yang dapat menunjukkan koordinat titik peluncuran serta posisi *payload* saat bergerak di udara. Sensor kompas digital CMPS10 dan modul GPS SKM-53 dapat diimplementasikan pada *payload* sehingga dapat menunjukkan sudut hadap *payload* terhadap titik peluncurannya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul kompas digital CMPS10 memiliki akurasi sebesar $+1^\circ$. Modul GPS receiver SKM-53 memiliki akurasi sebesar 6,63 meter (radius). Modul RF transceiver YS-1020 mampu melakukan transmisi data hingga radius 270 meter. Sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran mampu menunjukkan besarnya sudut hadap dengan akurasi sebesar 1° pada jarak lebih dari 50 meter, dan akurasi berubah hingga 15° pada jarak kurang dari 50 meter.

Kata Kunci— Kompas Digital CMPS10, Modul GPS SKM-53, Sudut Hadap *Payload*.

I. PENDAHULUAN

PAYLOAD atau muatan roket merupakan salah satu objek elektronika yang saat ini tengah berkembang melalui sebuah kompetisi yang dibangun oleh Dikti bersama LAPAN yaitu Komurindo. Muatan roket (*payload*) adalah substansi yang dibawa di dalam roket, dapat sebagai *payload* pengindera dinamik roket itu sendiri atau sebagai misi tertentu, misalnya muatan sensor meteorologi (sonda) [1]. Dalam kompetisi Komurindo, terdapat dua opsi yang dapat dipilih oleh peserta, yaitu opsi homing dan tanpa homing. *Payload* dengan fungsi homing didesain khusus agar *payload* dapat kembali ke tempat peluncuran. Sedangkan *payload* tanpa fungsi homing didesain hanya untuk memonitor keadaan lingkungan saja.

Payload dengan fungsi homing memerlukan sensor tambahan yang berfungsi sebagai monitor arah pergerakan *payload* serta aktuator berupa motor sebagai penggerak *payload* menuju titik peluncurannya kembali.

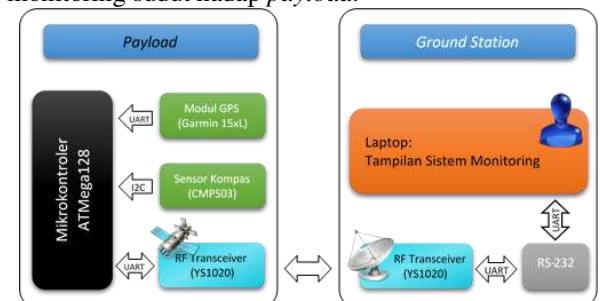
Cholik Hari Wahyudi adalah mahasiswa program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (penulis dapat dihubungi melalui email: cholik@rocketmail.com).

Untuk kembali ke titik peluncuran, *payload* perlu mengetahui posisi titik peluncuran serta posisi *payload* itu sendiri saat berada di udara.

Untuk mengatasi masalah tersebut, sistem monitoring yang efektif dalam memantau pergerakan *payload* dapat menggunakan kombinasi sensor kompas serta modul GPS receiver. Sensor kompas berfungsi sebagai penunjuk arah hadap *payload* terhadap arah utara, sedangkan modul GPS receiver berfungsi sebagai penunjuk koordinat titik peluncuran serta koordinat *payload* saat bergerak di udara. Data dari sensor kompas dan modul GPS tersebut diolah di dalam sebuah mikrokontroler. Fungsi mikrokontroler adalah sebagai pengolah data sehingga diperoleh data keluaran berupa sudut hadap *payload* terhadap titik peluncurannya, selanjutnya data tersebut dikirim menuju ground segment menggunakan modul RF transceiver.

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dimulai dengan membuat blok diagram sistem. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem monitoring sudut hadap *payload*.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Monitoring Sudut Hadap *Payload*

Penjelasan mengenai blok diagram di atas adalah sebagai berikut:

- 1) Data dari sensor kompas digital CMPS03 dan modul GPS SKM53 diproses mikrokontroler.
- 2) Data keluaran berupa sudut hadap ditransmisikan melalui modul RF YS-1020.
- 3) Data diterima oleh *ground segment* menggunakan modul RF YS-1020 dan ditampilkan dalam program visual.

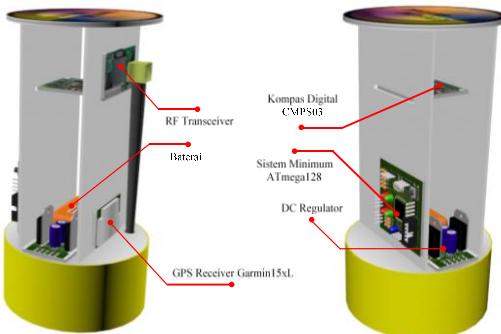
A. Perancangan Sistem Mekanik

Sistem mekanik dirancang sebagai penopang komponen elektrik, serta melindunginya saat roket terjadi firing dan saat *payload* separasi. *Payload*

Mochammad Rif'an, ST., MT. dan Ir. Nurussa'adah, MT adalah staf pengajar program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email: rif_an91@yahoo.com; rossaa@brawijaya.ac.id).

dirancang agar dapat menahan gaya hingga sebesar 10g.

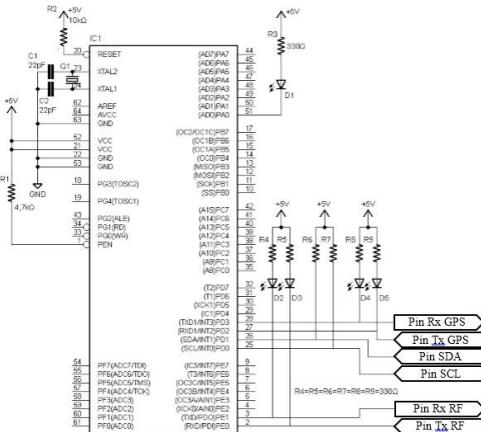
Dalam pembuatan sistem sistem mekanik digunakan bahan acrylic dengan ketebalan 3mm. Bahan tersebut memiliki karakter ringan, kuat, serta tidak mempengaruhi pembacaan sensor kompas. *Payload* yang dirancang dengan dimensi panjang 17cm dan diameter 10cm. Desain sistem mekanik yang dirancang ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Desain Sistem Mekanik Payload

B. Rangkaian Sistem Minimal ATmega128

Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data dari sensor CMPS03 dan modul GPS SKM53. Dalam perancangannya, terdapat beberapa pin yang diperlukan guna menerima data dari sensor kompas dan modul GPS. Rangkaian sistem minimum ATmega128 ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Minimum ATmega128

Pada perancangan alat ini, port yang digunakan adalah PORTD dan PORTE sebagai jalur komunikasi data. Pembagian pin mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah:

- PORTD.0 digunakan sebagai jalur SCL untuk sensor kompas
- PORTD.1 digunakan sebagai jalur SDA untuk sensor kompas
- PORTD.2 digunakan sebagai penerima data serial dari modul GPS
- PORTE.0 digunakan sebagai jalur penerima data serial (Rx) dari RF
- PORTE.1 digunakan sebagai jalur pengirim data serial (Tx) kepada RF

C. Perancangan Antarmuka Sensor CMPS10

Modul kompas CMPS10 dalam alat ini digunakan

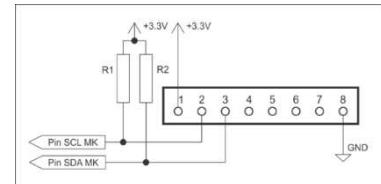
untuk menentukan arah *payload* terhadap titik utara. Alamat register yang digunakan dalam sensor kompas adalah 0x02 dan 0x03. Alamat register ini akan menghasilkan data 0-3599 dalam putaran penuh yang dapat merepresentasikan sudut 0°-359,9° [2]. Alamat *slave* dari sensor kompas digital CMPS10 adalah 0x60.

Pin SCL dan SDA dihubungkan ke PD.0 dan PD.1 mikrokontroler dengan resistor *pull-up*. Berdasarkan datasheet mikrokontroler ATmega128 ($V_{OL(TWI)} = 0,4$ volt dan *sink current* = 3 mA) [3], sehingga nilai $R_{pull-up}$ minimum didapatkan:

$$R_{pull-up \ min} = \frac{V_{CC} - 0,4}{3mA}$$

$$= \frac{3,3 - 0,4}{3mA} = 3.166,67\Omega = 3,167k\Omega$$

Dalam perancangan ini digunakan resistor 4,7kΩ. Skema rangkaian antarmuka CMPS10 dengan ATmega128 ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Antarmuka Sensor CMPS10 dengan ATmega128

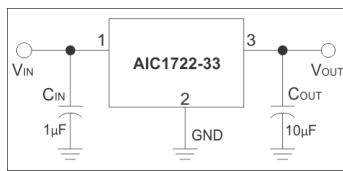
D. Perancangan Catu Daya Payload

Catu daya dirancang berdasarkan kebutuhan daya dari masing-masing komponen. Agar komponen dapat bekerja dengan baik, maka catu daya yang dirancang harus dapat mengkompensasi daya maksimum yang dibutuhkan masing-masing komponen dengan rincian sebagai berikut:

- Mikrokontroler bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus maksimum 400mA. Daya mikrokontroler sebesar $3,3V \times 0,4A = 1,32W$
- Modul RF YS-1020 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus 55mA. Daya yang dibutuhkan modul RF YS-1020 sebesar $3,3V \times 0,055A = 0,1815W$
- Sensor kompas digital CMPS10 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus 25mA. Daya yang dibutuhkan CMPS10 sebesar $3,3V \times 0,025A = 0,0825W$
- Modul GPS Receiver SKM-53 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus maksimum 55mA. Daya yang dibutuhkan SKM-53 sebesar $3,3V \times 0,055A = 0,1815A$
- 5 buah indikator (resistor dan LED) dengan arus pada masing-masing indikator 15mA. Daya yang dibutuhkan untuk indikator adalah $5 \times 3,3 \times 0,015 = 0,2475W$

Dari rincian tersebut diperoleh daya maksimum yang dibutuhkan rangkaian adalah sebesar 2,013W.

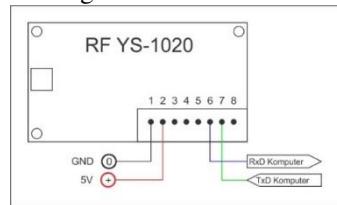
Rangkaian catu daya menggunakan IC regulator LM1117-3.3 yang dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3,3V dengan arus maksimal sebesar 800mA. Daya maksimum yang dapat dihasilkan adalah sebesar 2,64W, sehingga rangkaian catu daya mampu memenuhi kebutuhan daya sistem. Rangkaian catu daya 3,3V ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Catu Daya 3,3V

E. Perancangan Sistem Elektrik Ground Segment

Ground Segment memiliki rangkaian elektrik yang berupa modul RF Transceiver YS-1020 yang berfungsi menerima data yang dikirim oleh *payload* menuju komputer. Komputer menerima data melalui komunikasi serial (RS232). Sehingga digunakan pin 6 dan pin 7 untuk menghubungkan modul RF *transceiver* YS-1020 dengan komputer. Rangkaian Sistem Elektrik Ground Segment ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian RF Transceiver pada Ground Segment

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk menganalisis apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan.

A. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya bertujuan untuk mengetahui kesesuaian tegangan keluaran alat dengan sistem yang telah dirancang. Sebagai masukan catu daya digunakan baterai Li-Po 7,2V 1100mAh yang diproses oleh rangkaian regulator untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3,3V. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *voltmeter* sebanyak dua kali, yaitu saat rangkaian catu daya tanpa beban dan saat rangkaian catu daya mendapat beban elektrik dari sistem.

Hasil pengujian rangkaian catu daya ditunjukkan dalam tabel 1.

TABEL 1
HASIL PENGUJIAN CATU DAYA

Pengujian	Tegangan (V)
Tanpa Beban	3.28
Dengan Beban	3.27

B. Pengujian Mikrokontroler

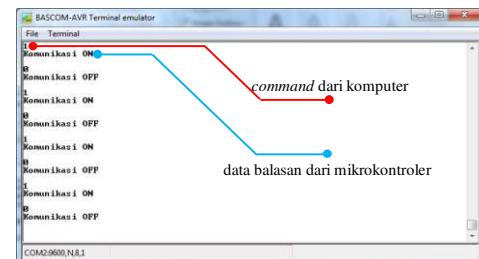
Pengujian mikrokontroler ini bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler bekerja dengan baik dalam menerima command dan mengirimkan data melalui komunikasi serial.

Komputer digunakan sebagai pengirim perintah (*command*) berupa karakter kepada mikrokontroler, kemudian mikrokontroler akan mengirimkan data berupa teks sesuai dengan perintah yang diberikan oleh komputer.



Gambar 6. Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler

Pada komputer digunakan *software* BASCOM-AVR *Terminal Emulator* untuk mengirim serta menerima data dari mikrokontroler. Hasil pengujian mikrokontroler ditunjukkan dalam gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Pengujian Komunikasi Data Mikrokontroler dengan Komputer

Dari pengujian mikrokontroler yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dapat menerima perintah (*command*) serta mengirimkan data dengan baik.

C. Pengujian Sensor Kompas CMPS10

Pengujian sensor kompas bertujuan untuk mengetahui apakah sensor kompas CMPS10 dapat berfungsi dengan baik sebagai penunjuk *payload* heading saat kondisi *payload* datar maupun mengalami kemiringan tertentu.

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian sesuai diagram blok yang ditunjukkan dalam gambar 8. Proses pengambilan data sudut dilakukan oleh mikrokontroler melalui komunikasi I2C, selanjutnya data diproses dan dikirimkan ke komputer melalui komunikasi UART.



Gambar 8. Diagram Blok Pengujian Sensor Kompas

Hasil pengujian sensor kompas pada bidang datar dan pada kemiringan tertentu secara berturut-turut ditunjukkan dalam tabel 2, tabel 3, dan tabel 4.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN SENSOR KOMPAS CMPS10
PADA BIDANG DATAR

No	Arah Sebenarnya (°)	Arah Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	0	0
2	30	30	0
3	60	60	0
4	90	91	1
5	120	120	0
6	150	151	1
7	180	181	1
8	210	211	1
9	240	240	0
10	270	270	0
11	300	300	0
12	330	330	0

Gambar 6. Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN PENG-KOMPENSASI KEMIRINGAN
(GERAK ROLL)

Sudut Referensi = 270°

No	Kemiringan (°)	Sudut Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	270	0
2	30	270	0
3	60	270	0
4	90	270	0
5	120	270	0
6	150	270	0
7	180	270	0
8	210	270	0
9	240	270	0
10	270	271	1
11	300	269	1
12	330	270	0

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN PENG-KOMPENSASI KEMIRINGAN
(GERAK ROLL)

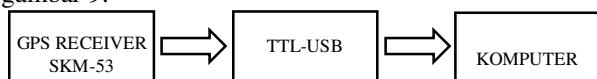
Sudut Referensi = 179°

No	Kemiringan (°)	Sudut Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	179	0
2	10	179	0
3	20	179	0
4	30	178	1
5	35	179	0
6	40	179	0
7	45	179	0
8	50	180	1
9	60	180	1
10	70	180	1
11	75	180	1
12	80	180	1
13	85	180	1
14	90	7	162

Dari pengujian sensor kompas CMPS10, dapat disimpulkan bahwa sensor kompas CMPS10 dapat menunjukkan hasil pengukuran dengan kesalahan terbesar 1° , dengan kata lain sensor kompas CMPS10 memiliki akurasi sebesar $\pm 1^\circ$. Dalam pengujian peng-kompensasi kemiringan, sensor kompas digital CMPS10 mampu menunjukkan hasil pengukuran dengan baik hingga kemiringan 85° .

D. Pengujian Modul GPS Receiver SKM-53

Pengujian modul GPS *receiver* SKM-53 bertujuan untuk mengetahui akurasi serta ketepatan (presisi) dari penentuan posisi yang dilakukan oleh modul tersebut. Dalam melakukan pengujian modul GPS *receiver* SKM-53 dibutuhkan sistem minimum yang terdiri atas modul GPS *receiver* SKM-53, kabel konverter USB-TTL, serta komputer untuk mengamati hasil pengujian melalui tampilan software Bascom Terminal Emulator. Diagram blok pengujian modul GPS *receiver* ditunjukkan dalam gambar 9.



Gambar 9. Diagram Blok Pengujian Modul GPS *receiver*
Data hasil pengujian akurasi dan ketepatan (presisi)

dari modul GPS *receiver* SKM-53 ditunjukkan dalam tabel 5 dan tabel 6.

TABEL 5
HASIL PENGUJIAN AKURASI MODUL GPS *RECEIVER* SKM-53

Koordinat	UTC	Lintang	Bujur	Error (m)
Acuan	01:52:48	07°57,15595'	112°36,81186'	-
P1	01:55:49	07°57,1571'	112°36,8115'	2.23
P2	01:56:51	07°57,1574'	112°36,8149'	6.19
P3	01:59:23	07°57,1534'	112°36,8123'	4.79
P4	02:02:24	07°57,1586'	112°36,8109'	5.21
P5	02:05:17	07°57,1584'	112°36,8107'	5.01
P6	02:07:55	07°57,1562'	112°36,8153'	6.33
P7	02:11:39	07°57,1582'	112°36,8124'	4.29
P8	02:15:27	07°57,1591'	112°36,8123'	5.89
P9	02:18:33	07°57,1553'	112°36,8129'	2.26
P10	02:21:50	07°57,1524'	112°36,8123'	6.63

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, nilai kesalahan terbesar adalah 6,63m. Hasil ini lebih buruk daripada yang tercantum pada *datasheet* yaitu sebesar 5m [4]. Hal ini dapat terjadi karena alat ukur yang digunakan sebagai referensi juga memiliki kesalahan yang hampir sama.

TABEL 6
HASIL PENGUJIAN KETEPATAN MODUL GPS *RECEIVER* SKM-53

No	UTC	Lintang	Bujur
1	01:55:49	07°57,1571'	112°36,8115'
2	01:56:51	07°57,1574'	112°36,8149'
3	01:59:23	07°57,1534'	112°36,8123'
4	02:02:24	07°57,1586'	112°36,8109'
5	02:05:17	07°57,1584'	112°36,8107'
6	02:07:55	07°57,1562'	112°36,8153'
7	02:11:39	07°57,1582'	112°36,8124'
8	02:15:27	07°57,1591'	112°36,8147'
9	02:18:33	07°57,1553'	112°36,8129'
10	02:21:50	07°57,1524'	112°36,8123'

Dari data di atas, selanjutnya ditentukan besarnya simpangan (meter) antara titik koordinat pada masing-masing percobaan terhadap nilai rata-rata dari hasil percobaan. Berdasarkan persamaan 1, dapat diketahui besarnya ketepatan hasil pengukuran dari modul GPS *receiver* SKM-53.

$$Ketepatan = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad (1)$$

dengan:

X_n : hasil dari pengukuran ke-n

\bar{X}_n : nilai rata-rata dari n pengukuran

Hasil penghitungan besarnya simpangan dan ketepatan ditunjukkan dalam tabel 7.

TABEL 7
NILAI KETEPATAN DAN BESAR SIMPANGAN
PADA TITIK PENGUJIAN

No	Koordinat	Simpangan (m)	Ketepatan
1	P1	2.56	0.55
2	P2	4.12	0.88
3	P3	6.00	0.71
4	P4	5.09	0.91
5	P5	5.10	0.91
6	P6	4.64	1.00
7	P7	3.05	0.66
8	P8	5.79	0.76
9	P9	2.41	0.52
10	P10	7.83	0.32

Tingkat ketepatan pada pengukuran titik koordinat yang terburuk adalah 0,32 dengan besarnya simpangan 7,83m.

E. Pengujian Modul RF Transceiver YS-1020

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis keberhasilan proses transmisi data antara komputer pada *ground segment* dengan *payload* pada jarak tertentu. Dari pengujian ini akan didapatkan jarak terjauh yang dapat dijangkau oleh modul RF *transceiver* YS-1020 untuk melakukan transmisi data dengan baik. Blok diagram pengujian transceiver radio frekuensi YS-1020 ditunjukkan dalam gambar 10.



Gambar 10. Blok Diagram Pengujian Transceiver RF YS-1020

Modul GPS receiver akan mengirimkan data dalam format NMEA melalui modul RF YS-1020 (pemancar) dan diterima oleh modul RF YS-1020 (penerima) yang terhubung dengan komputer, kemudian menampilkan data tersebut melalui *software* Bascom-AVR Terminal Emulator.

Hasil pengujian transmisi data pada pemancar dan penerima YS-1020U, titik koordinat modul penerima RF adalah 07°42,1405'LS, 112°58,9381'BT, dan koordinat terjauh modul pemancar RF dapat mengirim data dengan baik adalah 07°42,2766'LS, 112°58,9322'BT. Dengan menggunakan bantuan *software* Google Earth, jarak antara kedua titik koordinat tersebut dapat diketahui yaitu sebesar 270m.

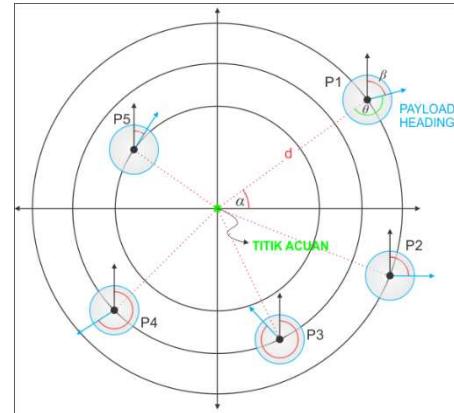
Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa modul RF *Transceiver* YS-1020 dapat melakukan komunikasi data dengan baik hingga radius 270 meter. Hasil ini lebih buruk dari *datasheet* yang menyatakan bahwa modul RF *transceiver* dapat mengirimkan data hingga radius 800 meter [5].

F. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pengukuran dalam penunjukan sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran dari sistem yang telah dibuat.

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan pada

beberapa titik secara acak, yaitu dengan mengubah jarak antara *payload* terhadap titik acuan dan atau mengubah arah *payload* (*payload heading*). Skema dan ilustrasi pengujian sistem keseluruhan ditunjukkan dalam gambar 11.



Gambar 11. Skema Pengujian Sistem Keseluruhan

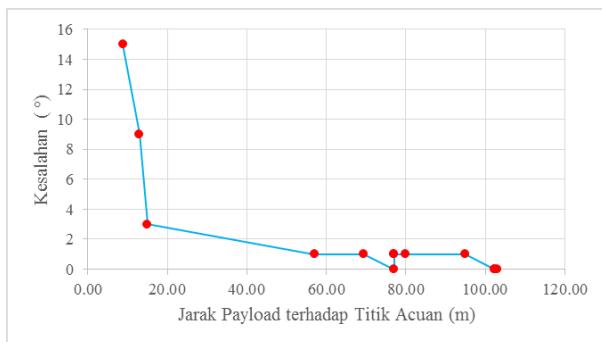
Besarnya *payload heading* (β) dan *bearing* yang terjadi antara titik acuan dengan *payload* (α) diproses di dalam mikrokontroler. Sehingga parameter yang dapat diubah dalam pengujian ini adalah sudut hadap *payload* terhadap titik acuan (θ) dan jarak antara *payload* dengan titik acuan (d). Pengujian dilakukan sebanyak 13 kali pada posisi acak (P1-P13). Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam tabel 8.

TABEL 8
HASIL PENGUJIAN SISTEM SECARA KESELURUHAN

Titik	d (m)	θ (°)	θ' (°)	Error
P1	102.37	-156	-155	1
P2	102.37	0	0	0
P3	95.00	-42	-41	1
P4	13.00	0	-9	9
P5	77.05	-90	-90	0
P6	77.05	-131	-132	1
P7	77.05	130	131	1
P8	103.08	109	109	0
P9	79.98	113	114	1
P10	69.49	34	35	1
P11	57.03	99	98	1
P12	15.00	-165	-162	3
P13	8.79	-115	-100	15

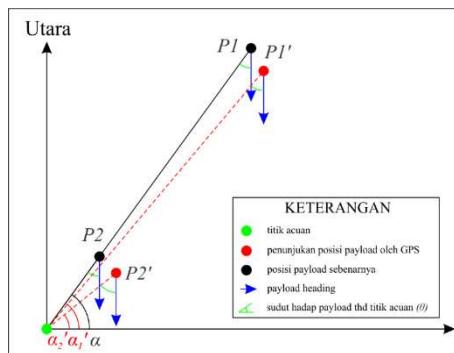
d = jarak antara *payload* dengan titik acuan, θ = sudut hadap *payload* terhadap titik acuan (sebenarnya), θ' = sudut hadap *payload* terhadap titik acuan (hasil pengukuran)

Berdasarkan data hasil pengujian, dapat diketahui bahwa besarnya kesalahan pengukuran dipengaruhi oleh jarak antara *payload* dengan titik acuan. Makin dekat posisi *payload* dengan titik acuan, makin besar nilai kesalahan pengukuran yang dihasilkan. Grafik pengaruh jarak *payload* terhadap besarnya nilai kesalahan hasil pengukuran ditunjukkan dalam gambar 12.



Gambar 12. Grafik Pengaruh Jarak Payload - Titik Acuan terhadap Besarnya Kesalahan Pengukuran

Besarnya kesalahan pengukuran yang bertambah saat *payload* makin mendekat ke titik acuan disebabkan oleh kesalahan pembacaan titik koordinat (posisi *payload*) oleh modul GPS *receiver*. Hal tersebut dikarenakan GPS *receiver* SKM-53 memiliki kesalahan pengukuran posisi hingga 6,63m (hasil pengujian). Besarnya simpangan pengukuran tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai *bearing* dari *payload* terhadap titik acuan (sudut α), makin dekat posisi *payload* terhadap titik acuan makin besar pula simpangan yang terjadi pada penghitungan sudut α . Dengan demikian dalam penunjukan sudut θ juga akan terjadi kesalahan. Ilustrasi pengaruh jarak *payload* terhadap hasil pengukuran sudut θ ditunjukkan dalam gambar 13.



Gambar 13. Ilustrasi Pengaruh Jarak Payload terhadap Hasil Pengukuran Sudut θ

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor kompas digital CMPS10 memiliki akurasi sebesar $\pm 1^\circ$, serta dapat melakukan pengukuran dengan baik hingga kemiringan 85° .
2. Modul GPS *receiver* SKM-53 memiliki akurasi sebesar 6,63 meter (radius).
3. Modul RF *transceiver* YS-1020 mampu melakukan transmisi data dengan baik hingga radius 270 meter.
4. Sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran mampu menunjukkan hasil pengukuran sudut hadap dengan akurasi $\pm 1^\circ$ pada saat jarak *payload* lebih dari 50 meter terhadap titik peluncuran roket. Nilai akurasi menjadi lebih buruk saat *payload* makin dekat dengan titik

peluncuran, yaitu $\pm 15^\circ$. Rendahnya akurasi GPS *receiver* menjadi faktor penyebab kesalahan pengukuran yang makin besar pada jarak dekat.

B. Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan tingkat akurasi pengukuran sudut hadap *payload* dengan menggunakan GPS *receiver* dengan akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi.
2. Sistem yang telah dirancang hanya menitikberatkan pada sistem monitoring saja. Dalam hal ini *payload* belum dapat dikontrol pergerakannya untuk kembali menuju titik peluncuran. Oleh karena itu pada pengembangan selanjutnya dapat menggunakan motor pendorong agar muatan roket dapat dikendalikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Buku Panduan KOMURINDO 2012, 2011, halaman 5.
- [2] Robot-electronics. 2013. CMPS10 – Tilt Compensated Compass Module. <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cmps10.html>
- [3] Atmel. 2010. 8-bit AVR Microcontroller with 128Kbyte in System Programmable Flash. <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf>
- [4] Skylab. 2008. Skynav SKM-53 Series – Ultra High Sensitivity and Low Power, The Smart Antenna GPS Module. <http://www.robotshop.com/content/PDF/datasheet-skgps-53.pdf>
- [5] ShenZen Yishi Electronic Technology Development. 2000. YS-1020UB RF Data Transceiver. <http://lapan.te.ugm.ac.id/download.php?f=YS1020UB%20manual.pdf>

Cholik Hari Wahyudi, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2013, Sistem Monitoring Sudut Hadap *payload* terhadap Titik Peluncuran Roket, Dosen Pembimbing: Mohammad Rif'an, ST., MT. dan Ir. Nurussa'adah, MT.