

# IMPLEMENTASI 3-AXIS ACCELEROMETER UNTUK MONITORING LINTASAN GERAK LAJU ROKET

Ahmad Fahriannur<sup>1</sup>, Alex Taufiqurrohman Zain<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik, <sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Jember  
<sup>1</sup>ahmad\_fahriannur@polije.ac.id , <sup>2</sup>alextaufiqurrohman@polije.ac.id

## Abstrak

Sistem ini terdiri atas 3-axis accelerometer MMA7260Q sebagai sensor percepatan, mikrokontroler, radio frekuensi, dan perangkat lunak penampil posisi muatan. Sistem melakukan pembacaan sinyal dengan waktu sampling 100ms. Data berupa posisi diperoleh dari hasil proses integral ganda terhadap keluaran accelerometer yang berupa percepatan (gravitasi). Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa sensor memiliki kesalahan pengukuran percepatan kurang dari 8%. Sistem secara keseluruhan dapat mengukur percepatan dan diubah kedalam bentuk jarak pada 3 sumbu dengan kesalahan pengukuran jarak 3,061% pada sumbu x dan 0,36% pada arah sumbu y, serta 1,023% pada arah sumbu z. Jarak tersebut ditampilkan pada Komputer dalam bentuk grafik 3 sumbu, sehingga akan tampil sebuah garis yang merepresentasikan posisi muatan roket,

**Kata kunci :** accelerometer, Integral Ganda, Posisi

## 1. Pendahuluan

Teknologi dalam bidang roket di Indonesia terus-menerus dikembangkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang diimplementasikan untuk meningkatkan pertahanan dan alat komunikasi di Indonesia. Pada bulan desember tahun 2021, dilakukan uji terbang roket RX-1220 oleh Pusat Teknologi Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa di Garut, Jawa Barat. Roket ini nantinya akan diaplikasikan menjadi booster atau roket pendorong dan diproyeksikan menjadi cikal bakal pengembangan Roket Pengorbit Satelit pada tahun mendatang.

Teknologi roket ini sangat penting sekali untuk terus dikembangkan. Oleh karena itu diperlukan pengenalan sejak dini kepada mahasiswa yang diwujudkan dalam sebuah kompetisi roket nasional. Kompetisi ini diselenggarakan oleh LAPAN yang memiliki beberapa kategori, salah satunya adalah kategori muatan roket. Muatan roket dimasukkan kedalam Roket berukuran Panjang 1230 mm dan diameter 76 mm. (Komurindo-Kombat, 2018)

Muatan berisi GPS, accelerometer sebagai sensor percepatan, system transmisi dan mikrokontroler yang digunakan untuk monitoring roket jarak jauh selama peluncuran. Keterbatasan pengukuran sensor percepatan mengakibatkan sulitnya mengetahui koordinat posisi roket.

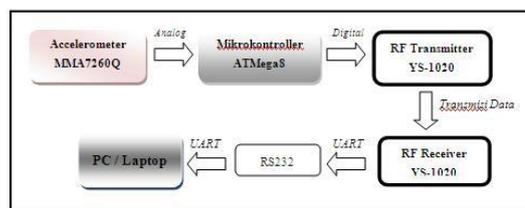
Oleh karena itu, diperlukan pengembangan algoritma untuk bisa mengetahui posisi roket dan membentuk trajektori lintasan muatan roket dalam bentuk 3D berdasarkan pada data dari sensor yang dipakai.

## 2. Metoda

### 2.1 Perancangan Hardware

Sistem dirancang seperti yang ditunjukkan dalam blok diagram Gambar 1. Sensor yang dipakai adalah Accelerometer tipe MMA7260Q (Freescale Semiconductor, 2008), digunakan untuk mengukur besar percepatan yang terjadi dalam 3 derajat kebebasan / 3 sumbu (sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z). Nilai percepatan (AM. Pendrill, 2019 dan Rybarczyk, 2021) masing-masing sumbu tersebut tidak selalu sama, tetapi nilainya berbeda-beda tergantung dari posisi sensor tersebut.

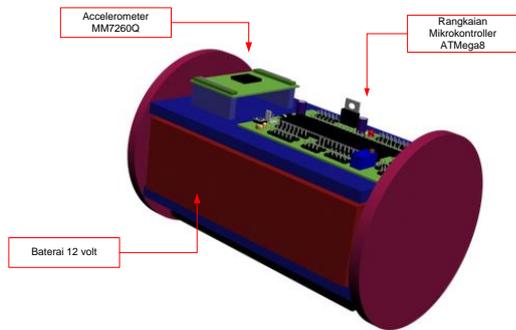
Mikrokontroler mengkalibrasi data yang masuk menjadi nilai percepatan yang kemudian diproses dengan cara mengintegalkan dua kali sehingga menjadi nilai posisi. Kemudian, data tersebut dikirim ke Komputer melalui modul pemancar dan penerima RF tipe YS-1020 untuk ditampilkan secara real time dalam bentuk grafik 3D.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Accelerometer, mikrokontroler dan RF Transmitter diletakkan ke Badan muatan roket terbuat dari bahan mika acrylic berbentuk tabung dengan diameter 9 cm dan tinggi 13 cm. Pada bagian tengah muatan terpasang baterai 12 volt yang diapit oleh lempengan mika acrylic, dimana di kedua lempengan

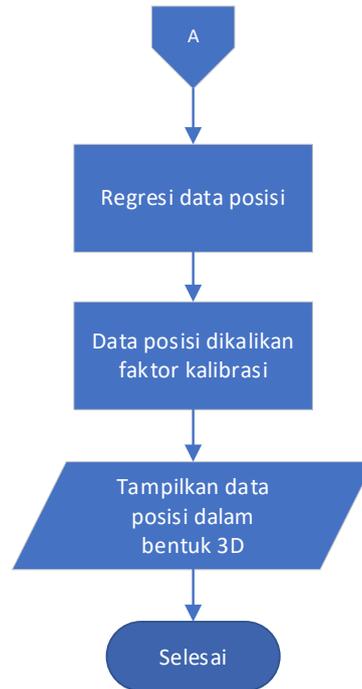
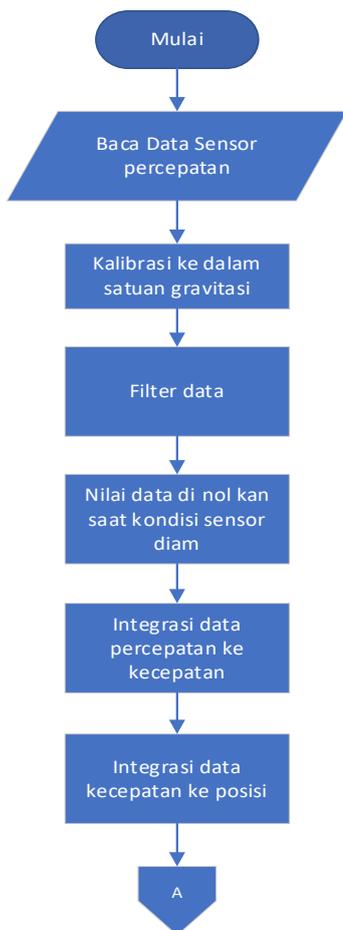
tersebut terdapat dua buah board elektrik. Board 1 adalah board utama yang terdiri dari rangkaian mikrokontroler, catu daya, dan sensor, sedangkan board 2 adalah board yang berisi RF Transmitter. Bentuk mekanik muatan ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk mekanik muatan roket

**2.2. Perancangan Software**

Perangkat lunak disini dibagi menjadi dua yaitu perangkat lunak untuk mikrokontroller dan untuk tampilan grafik di Komputer. Algoritma perancangan program system ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Flowchart program keseluruhan

Mikrokontroler mengolah data dari accelerometer sebagai sensor percepatan menggunakan fitur ADC, kemudian data di filter dan dikurangi dengan kondisi gravitasi terukur saat sensor tidak bergerak / diam. Target akhir dari algoritma ini adalah menampilkan posisi pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z kedalam bentuk 3D koordinat kartesian.

Informasi posisi diperoleh dari data percepatan yang di integral kan sebanyak 2 kali (integral ganda). Integral pertama menggunakan persamaan 1 berikut. (Sri, P dan SD. Vionanda)

$$v(t) = v(0) + at \tag{1}$$

Dimana:

- v(t) = kecepatan saat ini (m/s)
- v(0) = kecepatan sebelumnya (m/s)
- a = percepatan (m/s<sup>2</sup>)
- t = detik (detik)

Integral pertama menghasilkan kecepatan, Integral dilakukan setiap *sampling* pengambilan data yaitu setiap 100 ms. Selanjutnya dilakukan integral kedua yang menghasilkan posisi seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.

$$x(t) = x(0) + v(0)t + \frac{1}{2}at^2 \tag{2}$$

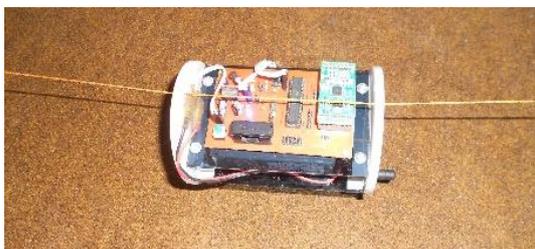
Dimana:

- x(t) = posisi saat ini (m)
- x(0) = posisi sebelumnya (m)
- a = percepatan (m/s<sup>2</sup>)
- t = detik (detik)

### 3. Hasil Pengujian

#### 3.1 Pengujian Integral

Accelerometer bekerja dalam 3 sumbu, yaitu sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z. Hasil Integrasi data sensor diuji pada setiap sumbu dengan cara membandingkan antara hasil pengukuran penggaris pada bentangan tali dengan pengukuran sensor. Gambar 4 menunjukkan bentuk muatan roket yang disambungkan dengan tali sebagai lintasan. Muatan digerakan searah dengan sumbu-x sejauh jarak tertentu yang bervariasi yaitu 0,6 meter, 1,2 meter, 1,8 meter, 2,4 meter, dan 3 meter. Metode ini juga berlaku untuk pengujian pada sumbu-y dan sumbu-z dengan arah gerak yang disesuaikan tiap sumbunya.



Gambar 4. Pengujian Pengukuran Sensor pada arah sumbu-x

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa hasil pengukuran dengan penggaris dengan sensor mempunyai selisih lebih dari 50%. Sehingga diperlukan adanya factor pengali untuk pengukuran tiap sumbu sensor menggunakan persamaan 3.

$$J = K \times s$$

$$K = \frac{J}{s} \tag{3}$$

Dimana :

- J = Posisi sebenarnya (m)
- K = Faktor Pengali
- s = Posisi actual terbaca dari sensor (m)

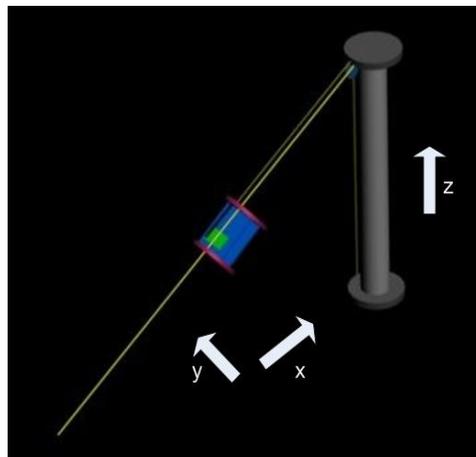
Variable K pada persamaan 3 digunakan sebagai factor pengali pada *output* sensor sebelum ditampilkan ke dalam Grafik. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran setelah dikalikan dengan variable K pada sumbu-x. Dapat dianalisis bahwa *error* rata-rata memiliki persentase ± 5 %.

Tabel 1. Hasil pengukuran jarak pada sumbu -x

No.	Jarak terukur (m)	Jarak Sebenarnya (m)	Error Jarak (m)	Persentase Error (%)
1	0,528	0,60	0.072	11,974
2	1,194	1,20	0.006	0,519
3	1,859	1,80	0.059	3,300
4	2,525	2,40	0.125	5,209
5	3,191	3	0.191	6,355
Rata-rata error			0,090	5,471

#### 3.2 Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat keberhasilan perancangan algoritma, dan system elektrik. Muatan roket pada gambar 2 diletakkan pada bidang miring seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Skenario pengujian keseluruhan

Tali dibentangkan miring pada sebuah tiang, sehingga membentuk segitiga siku-siku. Muatan roket bergerak dari bawah ke atas sesuai lintasan tali tersebut. Pada Gambar 5, terdapat arah kerja sensor untuk sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z. Oleh karena muatan roket hanya bergerak pada jalur tersebut, dapat diperkirakan bahwa nilai posisi yang terukur pada sumbu-y adalah mendekati nol.

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan dalam table 2, dapat dianalisis bahwa persentase kesalahan pengukuran pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z, berturut-turut adalah sebesar 3,061 %, 0,36 %, dan 1,023 %.

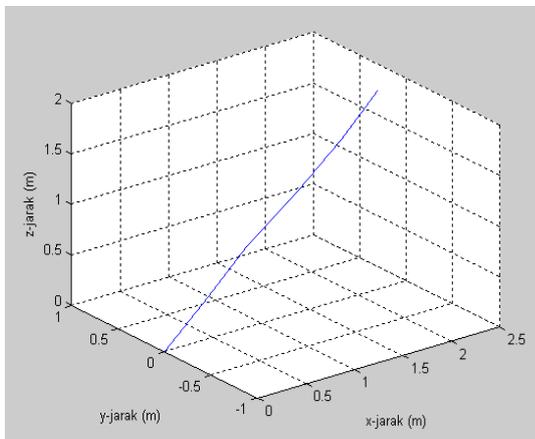
Tabel 2. Hasil Pengujian Keseluruhan

No	Jarak (m)	Jarak sebenarnya (m)	Jarak terukur (m)	Persentase Error (%)
1	Sumbu x	0,446	0,41	6,835
		0,892	0,88	0,421
		1,338	1,36	1,737
		1,784	1,83	2,812
		2,229	2,30	3,503
Rata-rata				3,061
2	Sumbu y	0	0,006	0,600
		0	0,003	0,300
		0	0,000	0,000
		0	0,003	0,300
		0	0,006	0,600
Rata-rata				0,36
3	Sumbu z	0,401	0,405	0,893
		0,802	0,803	0,128
		1,204	1,201	0,858
		1,605	1,600	1,423

	2,007	1,998	1,811
	Rata-rata		1,023

Muatan roket pada mulanya berada diposisi koordinat (x,y,z) yaitu (0,0,0). Kemudian di dorong ke atas pada pada bidang miring sampai pada koordinat koordinat akhir (2.3, 0.006, 1.998) sesuai data yang ditunjukkan dalam table 2. Pergerakan muatan roket pada posisi awal sampai posisi koordinat akhir digambarkan dalam bentuk grafik 3D seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6.

Grafik ditampilkan secara *real time* dengan waktu pencuplikan 100 ms. Bentuk lintasan muatan roket dalam grafik tergambar garis miring yang bentuk lintasannya mendekati dengan bentuk lintasan yang sebenarnya pada gambar 5.



Gambar 6. Hasil Tampilan Grafik 3D

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pergerakan muatan roket berhasil termonitoring dalam bentuk lintasan yang tergambar dalam bentuk grafik 3D dengan tingkat persentase kesalahan posisi kurang dari 4%.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah Pengujian dilakukan dengan cara diluncurkan dengan roket, untuk mengetahui lintasan parabola roket dan ketahanan sistem.

#### Daftar Pustaka:

Buku Panduan Komurindo-Kombat. 2018. Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

Freescale Semiconductor. 2008. *Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer*. [www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MMA7260QT.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7260QT.pdf)

Mudarris. & Satria G.Z. (2020). *Implementasi Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) untuk*

*Monitoring Perilaku Roket*. AVITEC, Vol. 2, No. 1. Hal. 55-64

Pendrill, A.M. (2019). *Understanding acceleration: An interplay between different mathematics and physics representations* Journal of Physics.: Conference. Series. 1286 012070. Pp. 1- 6

Rybarczyk, D. (2021). *Application of the MEMS Accelerometer as the Position Sensor in Linear Electrohydraulic Drive*. Sensors, 21, 1479. Pp. 1 -15

Sri P, Wahyuni H, Rena D.A. (2017). Identifikasi Faktor Perpindahan Terhadap Waktu Yang Berpengaruh Pada Kinematika Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), Journal of Teaching and Learning Physics 2, Vol. 2. Hal. 13-20.

S.D. Vionanda, Ihamsyah, Dedi T. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) Pada Bidang Miring Berbasis Arduino. Jurnal Coding Sistem Komputer Untan, Vol. 5. No. 2. Hal. 47-56.