BAB IV
HASIL DAN BAHASAN

Bab ini membahas tentang pengujian-pengujian yang dilakukan beserta analisanya, antara lain:

4.1 Pengujian Terpisah

4.1.1 Pengujian Sensor Percepatan

Berikut ini merupakan data hasil uji modul sensor percepatan MMA7260. Pengujian ini dilakukan dengan memposisikan axis z agar dapat mengukur nilai gravitasi bumi yaitu sebesar 1g (9,8 m/s^2)

Tabel IV.1 Hasil uji sensor percepatan dalam kondisi 0g dan 1g

Selektor 2	Selektor 1	0g (V)	1g (V)	Besar perubahan (mV)
0	0	1,622	1,828	206
0	1	1,626	1,933	307
1	0	1,659	2,255	596
1	1	1,686	2,467	781

Berdasarkan hasil pengujian di atas terbukti bahwa jumlah pertambahan nilai tegangan telah sesuai dengan besaran sensitifitas yang terdapat pada *datasheet* sensor MMA7260QT yaitu sebesar ≈200mV/g ketika selektor-1 dan selektor-2 bernilai 0 ataupun pada kondisi selektor lainnya yaitu sebesar 300mV/g, 600mV/g, dan 800mV/g.

Setelah membandingkan hasilnya dengan yang terdapat pada datasheet, ternyata kondisi nilai selektor tidak sesuai, dengan kata lain terbalik. Jika pada datasheet selektor 2 dan selektor 1 bernilai 0 maka nilai sensitifitasnya adalah 800mV/g dan jika kondisi selektor 2 dan selektor 1 bernilai 1 maka sensitifitasnya bernilai 200mV/g. Hasil pengujian sederhana yang terdapat pada tabel di atas dapat diketahui besaran percepatannya dengan menggunakan persamaan

$$a = \frac{v_{out} - v_{0g}}{sensitifitas} \quad \text{.....(4.1)}$$

dimana

v_{out} = nilai tegangan yang terukur (mV)

v_{0g} = nilai tegangan ketika tidak mendapat percepatan (mV)

Sensitifitas = besaran resolusi yang dipilih (mV/g)

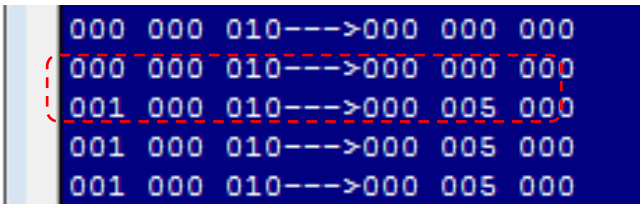
Contoh hasil konversi besaran nilai tegangan yang terukur pada akselerometer ke besaran nilai percepatan dengan menggunakan persamaan 4.1 dapat dilihat pada *Tabel IV.2*. Sedangkan daftar lengkap nilai sensitifitas yang bergantung pada nilai selektor terdapat pada *Tabel II.3*

Tabel IV.2 Hasil konversi nilai terukur ke satuan percepatan (g)

Nilai terukur (v_{out})	**Besaran nilai percepatan (satuan "g")**	**Kesimpulan**
1,622	-0,14	≈0g
1,626	-0,08	≈0g
1,659	0,015	≈0g
1,686	0,045	≈0g
1,828	0,89	≈1g
1,933	0,94333	≈1g
2,255	1,008333	≈1g
2,467	1,020125	≈1g

4.1.2 Pengujian Tilt Measuring

Berikut merupakan contoh hasil pengujian pemanfaatan nilai sensor percepatan MMA7260 untuk mendapatkan data kemiringan (*tilt*)/ sudut. Nilai-nilai ditampilkan menggunakan terminal Basic Stamp dengan urutan nilai dari kiri ke kanan adalah: percepatan axis x, percepatan axis y, percepatan axis z, sudut alpha, sudut beta, dan sudut gamma.



Gambar IV.1 Tampilan pengujian tilt pada terminal Basic Stamp

Bagian yang ditandai pada gambar di atas menunjukkan bahwa hasil perubahan percepatan mempengaruhi nilai sudut/ kemiringan objek. Pada nilai percepatan x, y, dan z sebesar 1(0,1g), 0, dan 10(1g) diperoleh nilai sudut α=0°, β=5°, dan γ=0°. Bila dibuktikan sudut β menggunakan persamaan x hasilnya adalah

$$\beta = tan^{-1}\left(\frac{a_x}{a_z}\right) = tan^{-1}\left(\frac{1}{10}\right) = 5{,}7105° \quad \text{.....(4.2)}$$

Hasil pada terminal mikrokontroler Basic Stamp menunjukkan nilai 5 karena Basic Stamp tidak bisa melakukan operasi bilangan *float*. Tingkat akurasi dari pengolahan nilai-nilai inersia akan mempengaruhi akurasi dari koordinat/ posisi yang didapat pada saat penentuan trajektori.

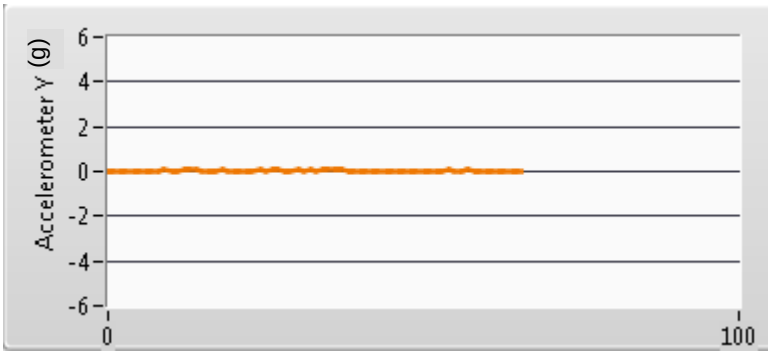
4.1.3 Pengujian Mechanical Filtering Window

Mechanical Filtering Window digunakan dengan tujuan agar nilai percepatan yang muncul pada saat perangkat diam dapat difilter. Berikut ini hasil jika tanpa menggunakan *Mechanical Filtering Window*.

Tabel IV.3 Nilai percepatan tanpa mechanical filter

Nilai di axis x	Nilai di axis y	Nilai di axis z
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	**101**	100
100	100	100
100	100	100
100	**101**	100
100	**101**	100
100	**101**	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	**101**	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	**101**	100
100	100	100
100	**101**	100
100	**101**	100
100	100	100
100	100	100

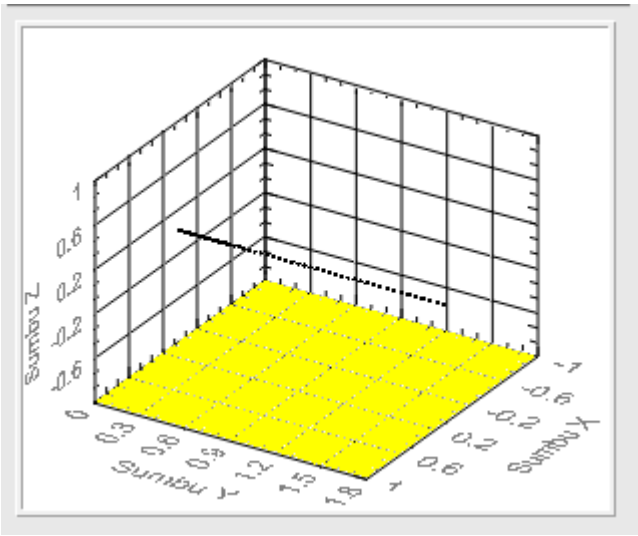
Nilai 100 mengindikasikan muatan roket tidak bergerak. Sedangkan nilai-nilai yang ditandai cetak "**tebal**" merupakan nilai yang tidak seharusnya terjadi karena payload berada dalam keadaan diam (tidak bergerak).



Gambar IV.2 Grafik percepatan tanpa mechanical filtering window

Nilai percepatan yang tidak konstan pada saat payload dalam keadaan statis tersebut akan mengakibatkan proses integral akan menghasilkan nilai koordinat yang baru dan akan terus terakumulasi sehingga akan didapatkan error yang besar

Berikut ini merupakan gambar trajektori yang didapatkan dari hasil percobaan ketika tidak menggunakan *Mechanical Filtering Window*. Nilai error yang terakumulasi mengakibatkan trajektori yang salah.



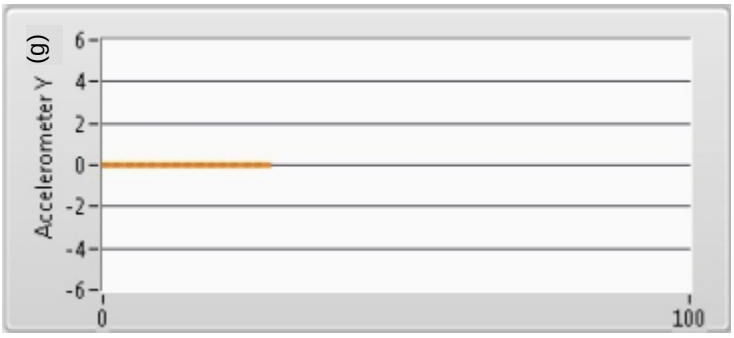
Gambar IV.3 Trajektori data Tabel IV.3

Setelah digunakan Mechanical Filtering Window nilai percepatan kecil yang muncul pada saat payload dalam keadaan statis telah berhasil difilter. Sehingga nilai yang didapat seperti tampak pada tabel berikut.

Tabel IV.4 Nilai percepatan menggunakan mechanical filtering window

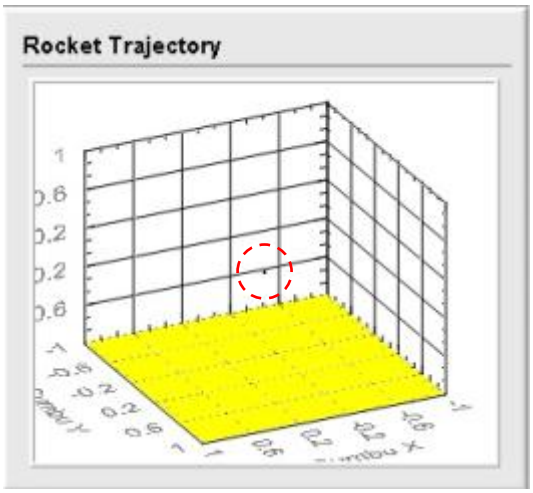
Nilai di axis x	Nilai di axis y	Nilai di axis z
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100

Dari nilai-nilai yang terdapat pada tabel dapat dilihat bahwa *minor error* seperti data pada *Tabel IV.3* dapat diatasi sehingga nilai error tersebut tidak mempengaruhi proses pengukuran nilai kemiringan (*tilt measuring*) payload.



Gambar IV.4 Grafik percepatan dengan mechanical filtering

Sehingga ketika dilewatkan ke prosedur integral, koordinat/ posisi akan tetap di tempat. Hasil trajektorinya tampak pada gambar berikut.



Gambar IV.5 Trajektori data tabel IV.4

4.1.4 Pengujian Komunikasi Perangkat-Ground Station

Pengujian komunikasi antara alat dengan software ground station yaitu menguji fungsi telemetri ON dan OFF. Fungsi ini telah berhasil hasilnya terbukti pada pengujian G-Shock, G-Force dan Vibrasi (Subbab IV.2) telemetri data dapat dimulai/ diberhentikan.



Gambar IV.6 Tampilan tombol telecommand ON/OFF

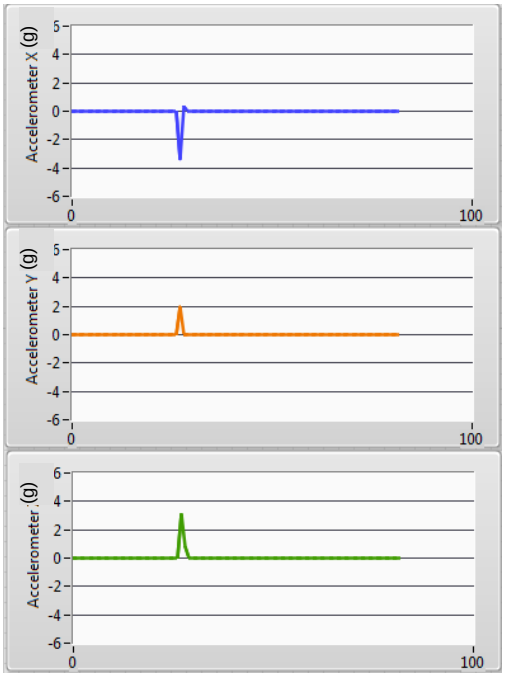
4.2 Uji Ketahanan Alat

4.2.1 Uji G-Shock

Uji G-Shock dilakukan dengan memberi hentakan pada muatan roket yang dibuat. Untuk persiapannya muatan roket terlebih dahulu diletakkan pada sebuah alat uji yang berfungsi untuk menjaga agar muatan tetap di tempat ketika dihentak.



Gambar IV.7 Persiapan sebelum melakukan uji G-Shock



Gambar IV.8 Tampilan grafik hasil Uji G-Shock

Berdasarkan grafik di atas, terjadi hentakan pada ketiga sumbu, hal ini dikarenakan pengait/ penjepit pada alat uji yang digunakan tidak kuat, sehingga payload mengalami hentakan di semua-axis. Walaupun demikian payload tetap dapat berfungsi dengan baik.

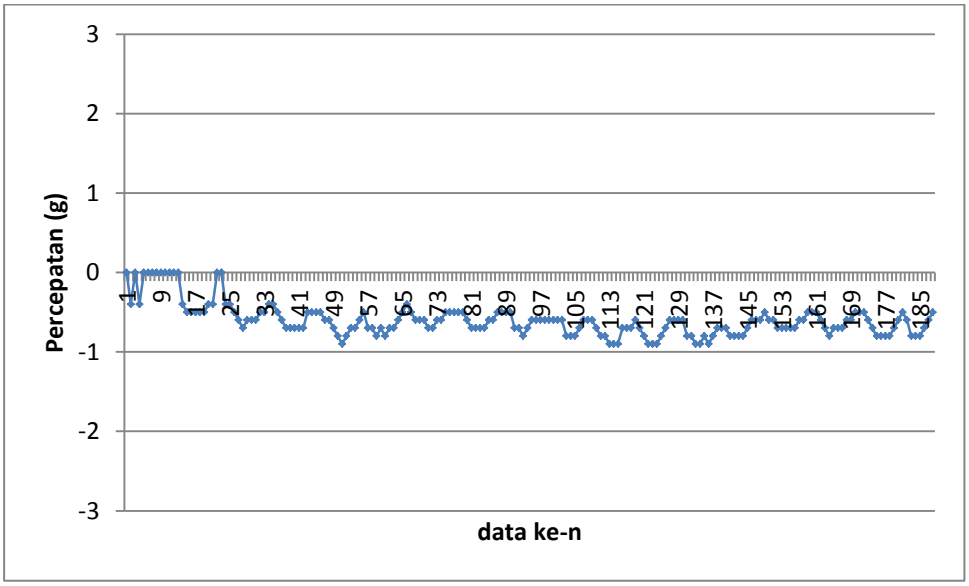
4.2.2 Uji G-Force

Uji G-force dilakukan dengan memutarkan payload pada sebuah alat uji sederhana. Kemudian alat uji diputar dengan kecepatan tertentu sehingga sensor akan mendeteksi adanya percepatan pada axis tertentu.



Gambar IV.9 Persiapan sebelum melakukan pengujian G-Force

Tampilan grafik hasil pengujian berikut merupakan percepatan pada axis-x, axis-x mengalami percepatan sentripetal sekitar 1g (9,8 m/s^2). Pada kedua axis-lainnya yaitu axis-z dan axis-y tidak mengalami percepatan. Hal ini dikarenakan axis-y mengarah ke bawah sedangkan axis-z tidak mengalami percepatan kemungkinan dikarenakan pemutaran alat uji yang cukup pelan.

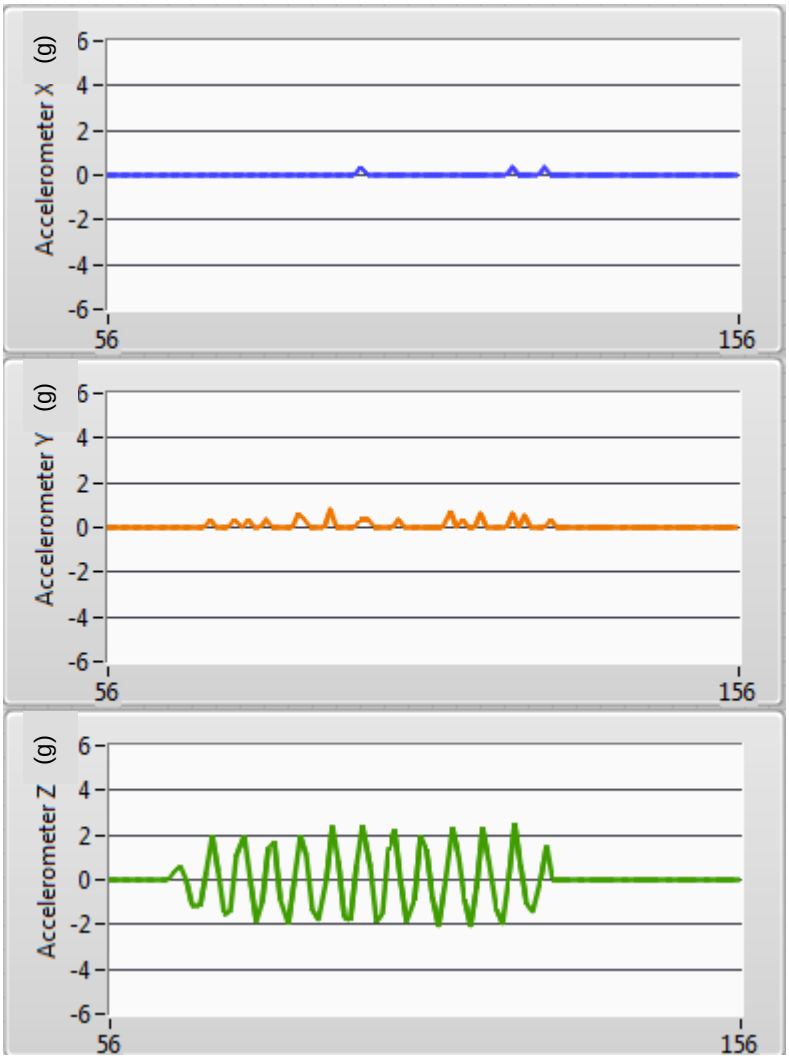


Gambar IV.10 Grafik hasil uji G-Force pada axis-x

4.2.3 Uji Vibrasi

Uji vibrasi skala lab dilakukan dengan menggoyangkan payload secara turun naik selama beberapa detik. Payload mula-mula digoyangkan selama beberapa saat kemudian diberhentikan. Pada grafik tampak percepatan terbesar terlihat pada axis-z. Selain itu data terlihat tetap dapat diterima dengan baik pada aplikasi Ground Station.

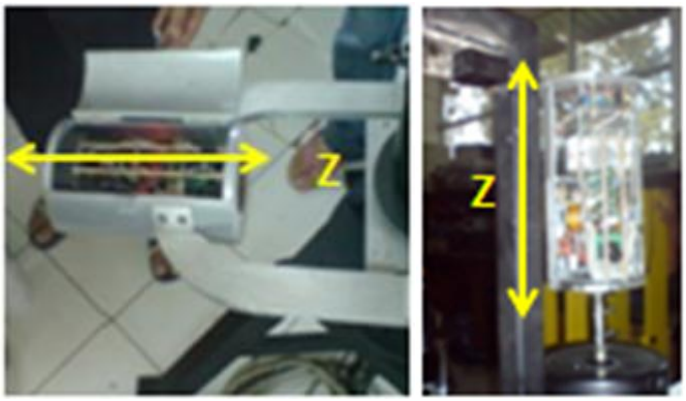
Pada grafik percepatan di axis-x dan y terlihat juga mengalami percepatan, walaupun demikian terlihat lebih kecil dari percepatan pada axis-z. Hal ini dikarenakan pada saat menggoyangkan payload ke atas dan ke bawah, payload tidak lagi dalam posisi sejajar dengan kondisi awalnya sehingga sensor mendeteksi adanya percepatan pada axis lain.



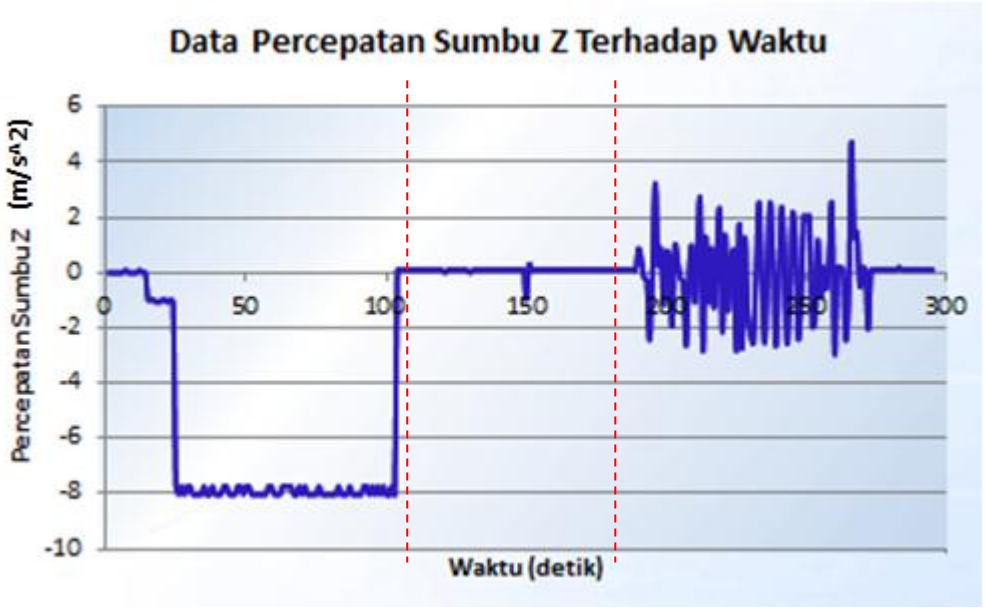
Gambar IV.11 Tampilan grafik uji vibrasi yang dilakukan di lab

4.2.4 Hasil Pengujian di KOMURINDO

Berikut ini merupakan tampilan persiapan uji ketahanan alat yang dilakukan pada saat lomba KOMURINDO 2012. Komponen-komponen yang digunakan pada payload ini sama dengan rancang bangun alat yang dibuat untuk penelitian tugas akhir ini. Namun, payload di bawah ini memiliki sistem yang lebih lengkap seperti sistem aktuator, sensor separasi, maupun sistem *surveillance*.



Gambar IV.12 Pemasangan payload ke alat Uji Fugsional



Gambar IV.13 Grafik data hasil Uji Fungsional

Gambar di atas merupakan grafik hasil uji pada uji ketahanan alat. Bagian sebelah kiri merupakan pengujian G-Force, bagian tengah adalah uji G-Shock, dan bagian kanan adalah uji vibrasi. Nilai-nilai yang ditampilkan dalam sumbu z dikarenakan penempatan posisi axis-z yang selalu mengarah ke arah terjadinya percepatan sehingga axis-z inilah yang memiliki nilai percepatan terbesar diantara kedua axis-lainnya.

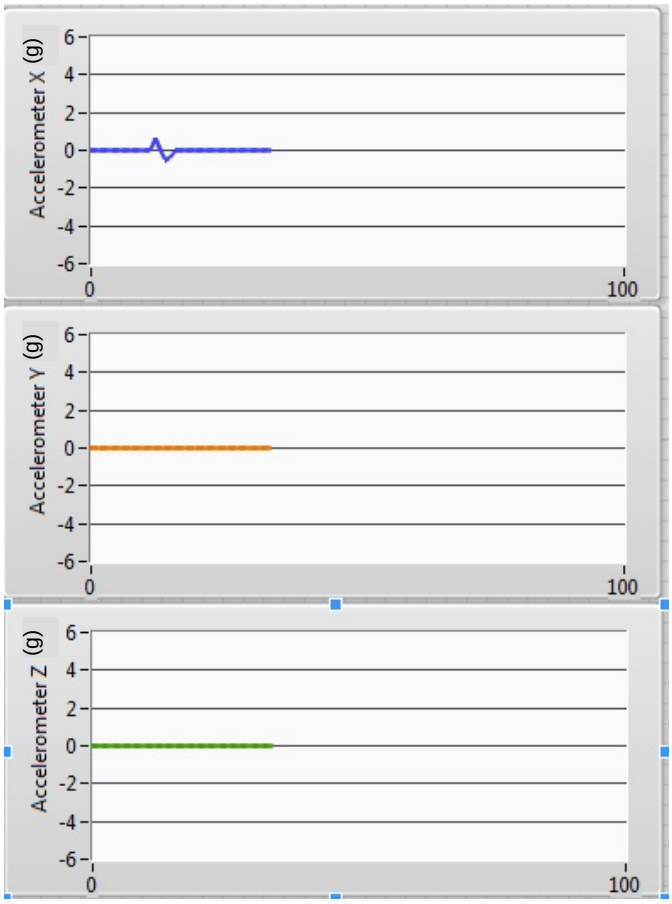
4.3 Pengujian Aplikasi

4.3.1 Pengujian 1

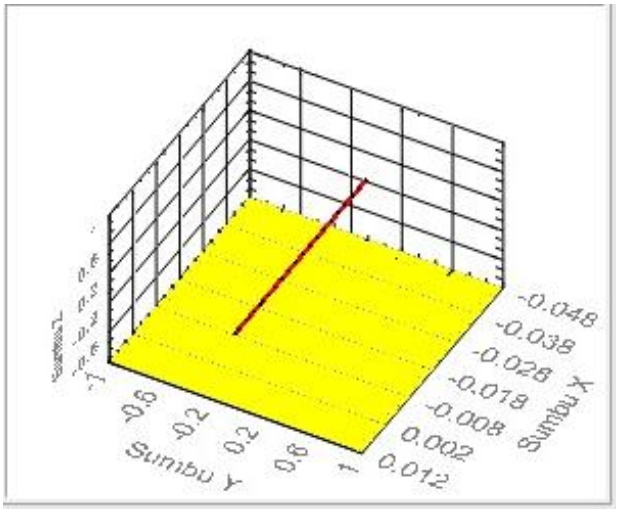
Hasil berikut ini merupakan contoh pengujian trajektori payload yang digeser ke arah axis-x positif. Data pada *Tabel IV.5* merupakan penggalan hasil pengujian 1. Terlihat bahwa nilai percepatan terjadi hanya pada axis-x

Tabel IV.5 Hasil Pengujian 1

Percepatan Axis-x	Percepatan Axis-y	Percepatan Axis-z
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
105	100	100
104	100	100
100	100	100
92	100	100
96	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100
100	100	100



Gambar IV.14 Grafik percepatan pengujian 1

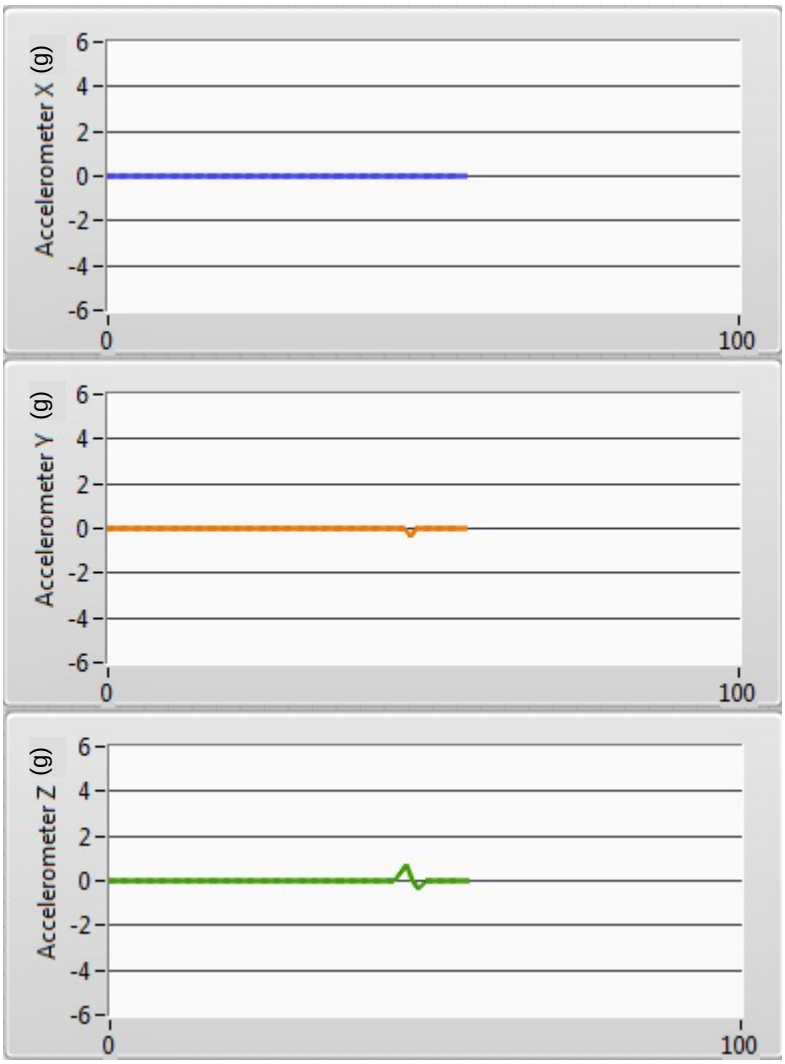


Gambar IV.15 Hasil Trajektori pengujian 1

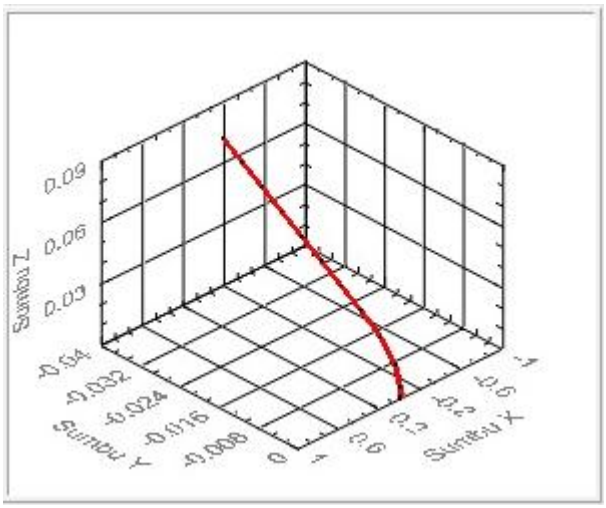
Dari hasil pengujian di atas nilai perpindahan yang didapat sejauh ≈ 4 cm. Pada pengujian payload digeser sejauh ≈ 5 cm.

4.3.2 Pengujian 2

Hasil berikut ini merupakan contoh pengujian trajektori payload yang diarahkan ke arah negatif axis-z namun posisi payload tidak tegak lurus dengan titik acuan global. Pada grafik terlihat terjadi percepatan juga pada axis-y. Ini dikarenakan pergeseran payload ke arah axis-z global dan juga axis-y global.



Gambar IV.16 Grafik percepatan pengujian 2



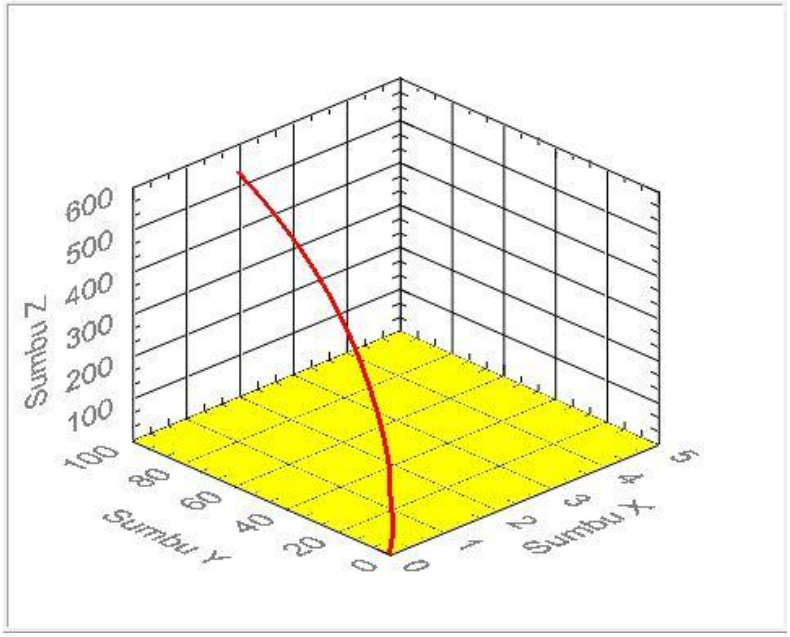
Gambar IV.17 Trajektori pengujian 2

Dari gambar trajektori hasil pengujian di atas dapat dilihat bahwa tidak terjadi pergerakan pada axis-y. Sedangkan pada axis-z global terjadi perpindahan ≈ 8,5 cm dan axis x-global sebesar ≈ 4 cm. Pada kenyataannya payload memang diarahkan ke arah kedua axis tersebut dengan nilai perkiraan nilai perpindahan sebenarnya sekitar ≈ 10-15 cm pada axis-z dan ≈ 5-10 cm pada axis x.

4.3.3 Hasil data KOMURINDO

Berikut ini merupakan tampilan hasil trajektori data yang diambil pada saat perlombaan KOMURINDO 2012 di Pantai Congot Kulonprogo pada tanggal 10 Juni 2012. Algoritma yang diimplementasikan ke rancang bangun alat yang dibuat sama dengan algoritma pada payload yang dilombakan. Hanya saja tidak menggunakan prosedur pendeteksian separasi, ataupun algoritma untuk proses *surveillance*.

Namun, proses integral dilakukan manual dengan memanfaatkan fasilitas aplikasi Microsoft Excel 2007. Selain itu juga dilakukan filter terhadap nilai-nilai yang dianggap telah melewati batas ukur sensor ataupn kalibrasi, misalnya nilai percepatan yang mencapai 80g. Hasilnya menunjukkan roket mencapai ketinggian di atas 500 meter



Gambar IV.18 Hasil trajektori data lomba KOMURINDO 2012