BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Sebelum *payload* diterbangkan bersama roket, *payload* mengalimi beberapa tahap pengujian untuk mengetahui tingkat kehandalan *payload*, mulai dari kontruksi bahan yang digunakan, sistem komunikasi, serta kekuratan pembacaan sensor. Dalam pengujian kali ini *payload* banyak diuji untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor *accelerometer* dalam mengukur percepatan gerak *payload*. Data kemudian diubah menjadi bentuk rotasi sudut lalu diubah ke-percepatan sudut untuk mempermudah dalam melakukan analisis data.

Beberapa tahap perhitungan simpangan *payload* dimulai dari *output* sensor *accelerometer* yang berupa data percepatan terhadap grafitasi kemudian diubah menjadi bentuk rotasi sudut, dengan pendekatan aturan tangensia maka kemiringan sudut dapat dihitung dengan menggunakan rumus

Untuk rotasi pada arah *pitch*, $\beta = \arctan\frac{Ax}{\sqrt{Ay^2+Az^2}}$

Untuk rotasi pada arah *roll*, $\alpha = \arctan\frac{Ay}{\sqrt{Ax^2+Az^2}}$

α = Kemiringan sudut arah *pitch*

β = Kemiringan sudut arah *roll*

Az = Data percepatan sumbu z

Ay = Data percepatan sumbu y

Ax = Data percepatan sumbu x

Sebagai contoh ketika sensor *accelerometer* membaca data percepatan dalam bentuk 3axis yaitu

$$Gp=\begin{bmatrix} 0{,}324322 \\ -0{,}653423 \\ 0{,}684234 \end{bmatrix}$$

Maka dapat dihitung rotasi sudut pada arah *pitch* dan *roll* sebagai berikut

a. Untuk rotasi pada arah *pitch*,

$\alpha = \arctan\frac{Ax}{\sqrt{Ay^2+Az^2}}$

$\alpha = \arctan\frac{0{,}324322}{\sqrt{-0{,}653423^2+0{,}684234^2}}$

$$\alpha = \arctan\frac{0{,}324322}{\sqrt{0{,}426961616929 + 0{,}468176166756}}$$

$$\alpha = \arctan\frac{0{,}324322}{\sqrt{0.895137783685}}$$

$$\alpha = \arctan\frac{0{,}324322}{0.946117}$$

$$\alpha = \arctan 0{,}34279$$

$$\alpha = 18{,}92°$$

$$\alpha = 0{,}33 \text{ rad}$$

b. Untuk rotasi pada arah *roll*:

$$\beta = \arctan \frac{-0{,}653423}{\sqrt{0{,}324322^{\,2} + 0{,}684234^{\,2}}}$$

$$\beta = \arctan \frac{-0{,}653423}{\sqrt{0{,}105184759684 + 0{,}468176166756}}$$

$$\beta = \arctan \frac{-0{,}653423}{\sqrt{0{,}57336092644}}$$

$$\beta = \arctan \frac{-0{,}653423}{0{,}757206}$$

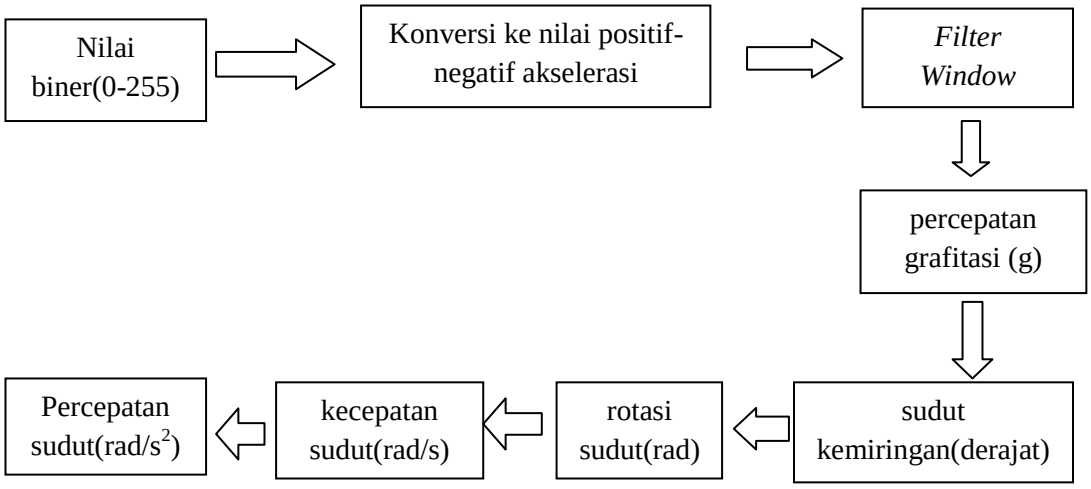
$$\beta = \arctan -0{,}86293954$$

$$\beta = -40{,}79°$$

$$\beta = 0{,}7119 \text{ rad}$$

4.1 Tahapan Pengujian

Beberapa pengujian dilakukan di laboratorium divisi roket Unikom. Pada tiap pengujian didapat data percepatan *payload* pada sumbu x, y dan z. Gambar 4.1 menunjukan diagram alir proses pengolahan data sensor *accelerometer* pada *ground segment*.



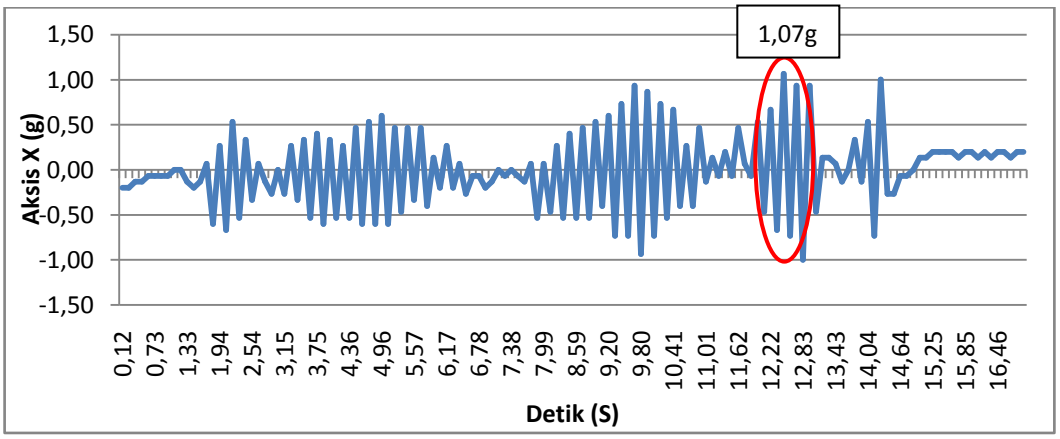
Gambar 4.1. Proses Pengolahan Data *Accelerometer*

Data yang diterima dari *payload* masih berupa data biner 8 bit, data ini kemudian oleh *ground segment* diubah dalam bentuk nilai akselerasi *payload* pada arah positif maupun negatif. Nilai positif apabila data yang diterima adalah kurang atau sama dengan 127, sedangkan negatif apabila data lebih besar dari 127. Setelah data akselerasi didapatkan maka perlu diberikan filter *window* yang bertujuan untuk menetralisasi nilai akselerasi yang muncul ketika *payload* dalam keadaan diam akibat sensitivitas pembacaan sensor *accelerometer*. Data yang telah difilter kemudian diudah dalam bentuk percepatan grafitasi dengan satuan g.

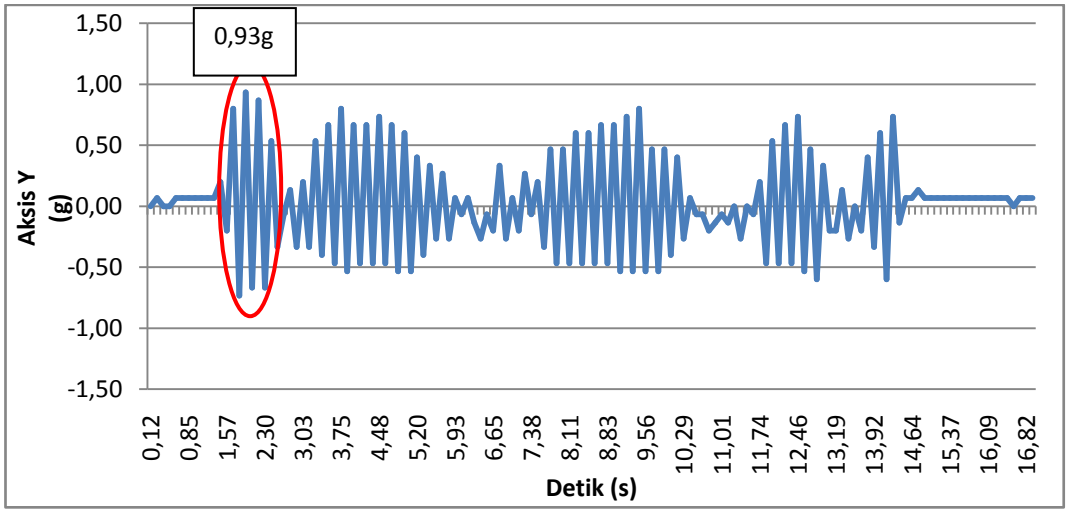
Tahap selanjutnya adalah merubah dalam bentuk rotasi sudut dengan satuan radian(rad). Rotasi sudut yang dianalisis adalah rotasi sudut *pitch* yang mempengaruhi gerakan atau ayunan *payload* kearah depan dan belakang, karena pada desain *payload* diasumsikan bagian aksis yang paling dominan akan mengalami perubahan sudut adalah pada sumbu X berdasarkan perancangan yang dibuat.

4.1.1. Pengujian *Vibrasi* dan Analisa

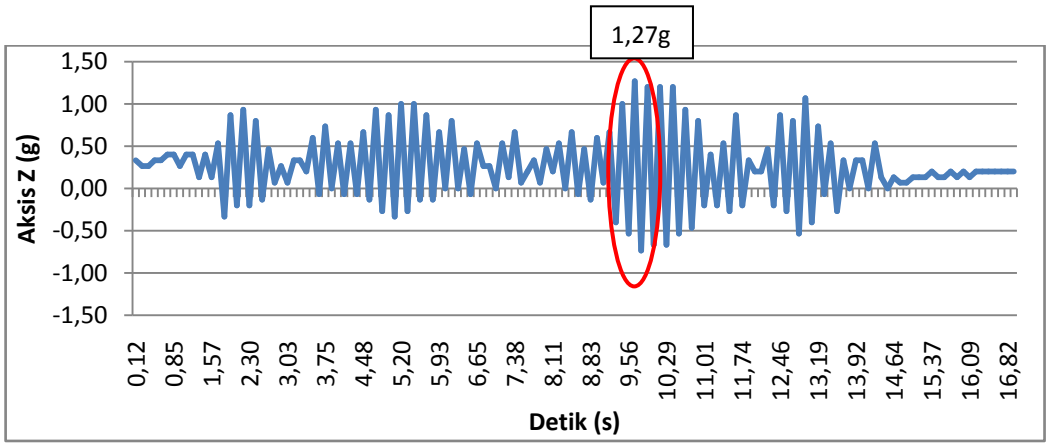
Pengujian ini dilakukan dengan cara menggetarkan *payload* secara manual menggunakan tangan selama beberapa detik. Gambar 4.2 menujukkan hasil pengolahan data *accelelometer* yang digambarkan dalam bentuk grafik. Sumbu y grafik mewakili nilai percepatan terhadap grafitasi bumi dan berubah berdasarkan domain waktu dalam satuan detik pada sumbu x grafik.



(a)



(b)



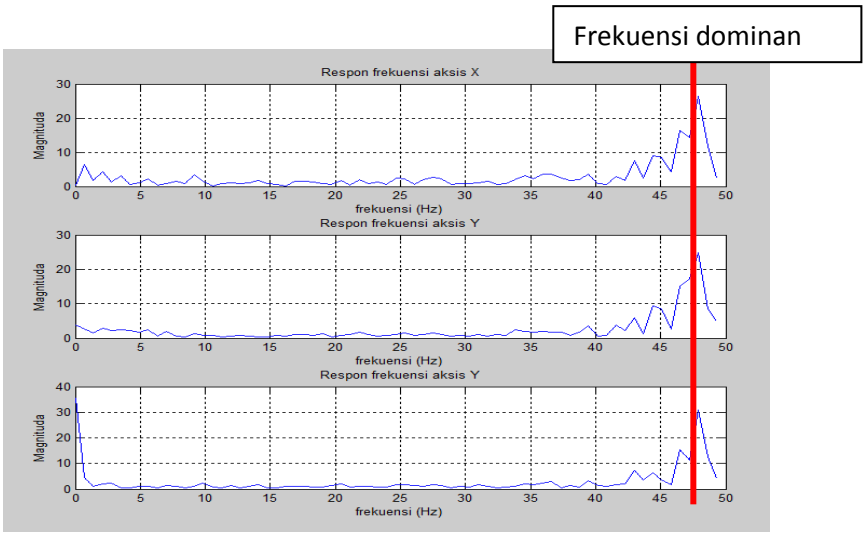
(c)

Gambar 4.2 (a) Ploting Aksis X, (b) Aksis Y, (c) Aksis Z Pengujian *Vibrasi*

Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian *Vibrasi* pada *payload* dengan posisi aksis Z menghadap permukaan bumi. Dari data yang diperoleh diketahui nilai vibrasi terbesar dari aksis X,Y,Z adalah pada aksis Y. Data ini dapat dilihat pada lampiran Tabel 1 pengujian vibrasi. Meskipun aksis Z yang menghadap perkukaan bumi namun dapat terlihat bahwa pada sumbu X dan Y masih dapat mengukur getaran yang terjadi. Selain itu getaran yang terukur selalu berubah, artinya disini membuktikan bahwa pada pengujian vibrasi frekuensi yang terukur adalah frekuensi yang tidak tunggal.

Terlihat pada gambar 4.3 maksimum frekuensi yang terjadi kurang lebih sebesar 48Hz. Data ini merupakan grafik respon frekuensi pada pengujian *Vibrasi* dalam tiga aksis. Dengan memanfaatkan persamaan *Fast Fourier Transform* yaitu

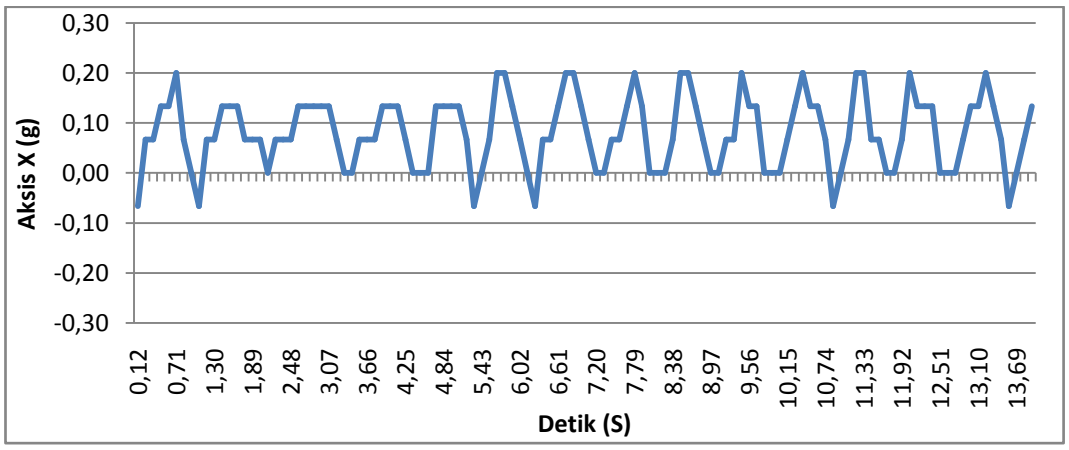
fungsi *fft()* yang tersedia pada Matlab, data pada domain waktu diubah menjadi domain frekuensi untuk melihat magnituda atau kekuatan dari *Vibrasi* yang terjadi.



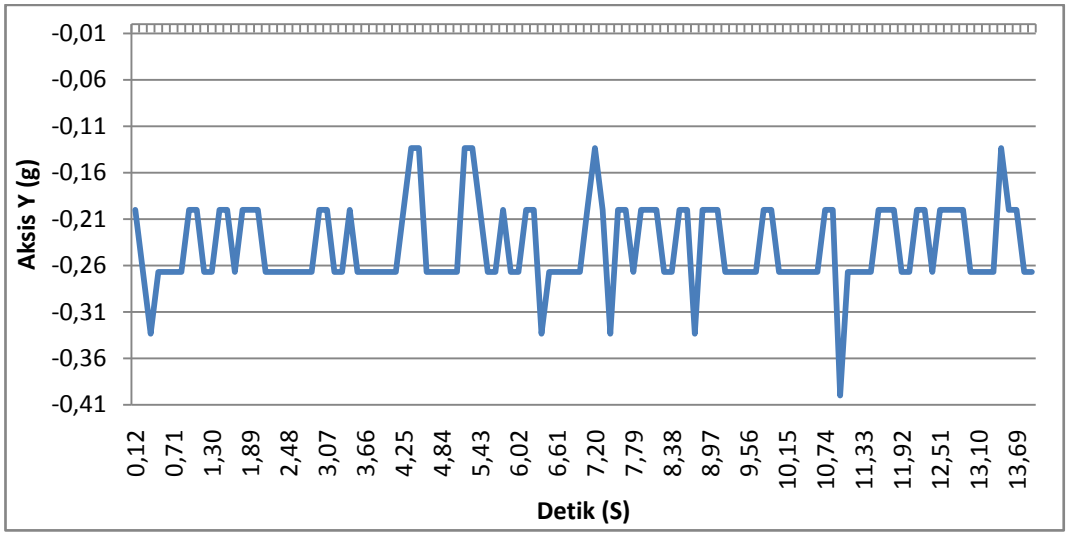
Gambar 4.3 Grafik respon frekuensi pada pengujian *Vibrasi* aksis X,Y,Z

4.1.2. Pengujian *G-force* dan Analisa

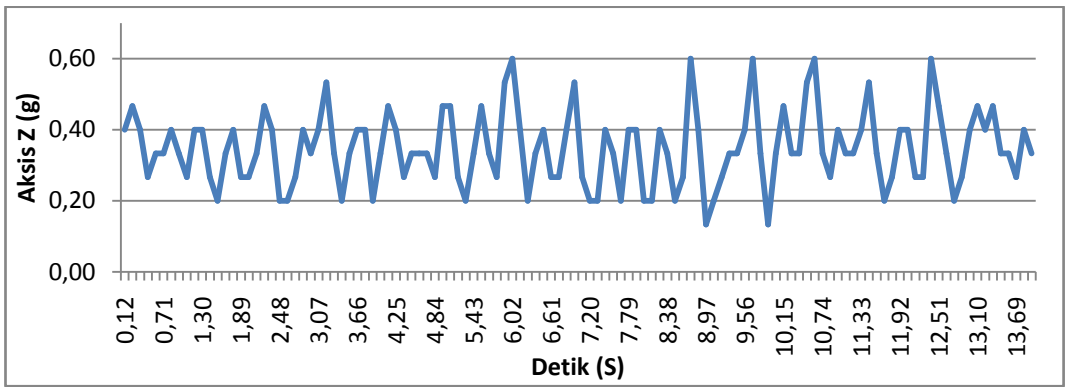
Pengujian *G-force* dilakukan dengan memutarkan *payload* dengan alat tertentu atau menggunakan sebuah tali kemudian diputar serarah jarum jam dengan kecepatan tertentu, dapat juga diputar berlawanan dengan arah jarum jam. Tujuannya untuk mengukur perubahan akselerasi dari setiap aksis *payload* saat berputar. Setiap sumbu Y pada grafik mewakili pembacaan nilai akselerasi yang terukur oleh setiap aksis *payload*.



(a)



(b)

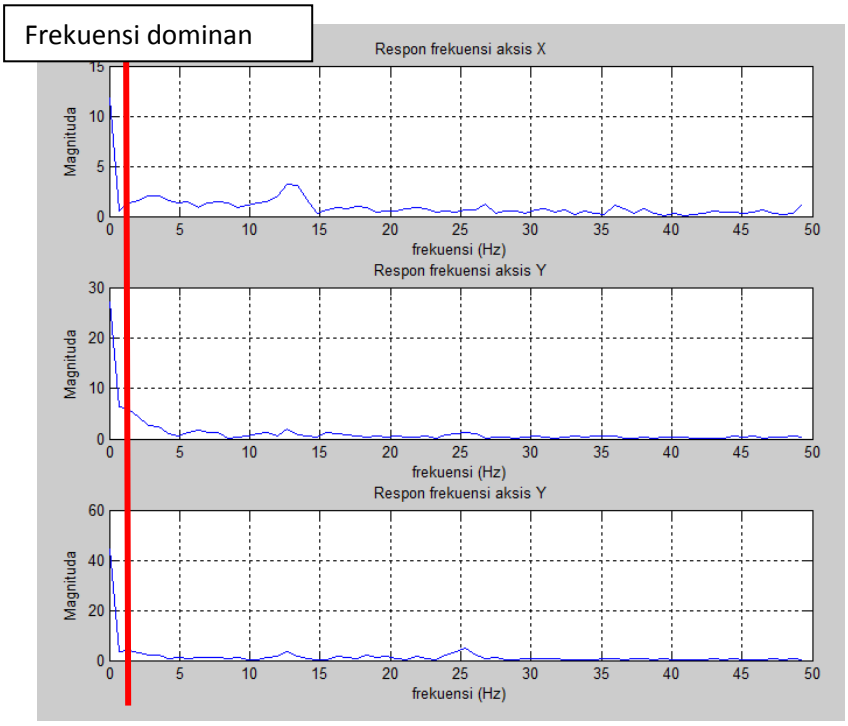


(c)

Gambar 4.4 (a) Ploting Aksis X, (b) aksis Y, (c) Aksis Z pengujian *G-force*

Grafik pengujian *G-force* menunjukan bahwa data tersebut sesuai dengan prinsip kerja sensor *accelerometer*, dimana ketika sensor *accelerometer* digunakan untuk mengukur sebuah akselerasi atau percepatan gerak maka aksis yang paling dominan adalah aksis yang menghadap arah pergerakan tersebut. Ketika dilakukan pengujian *G-force* tersebut data aksis Y selalu berada pada nilai negatif, karena pengujian *G-force* dilakukan memutar *payload* berlawanan arah jarum jam yang mana aksis Y negatif dimanfaatkan sebagai aksis yang dominan dalam pengukuran.

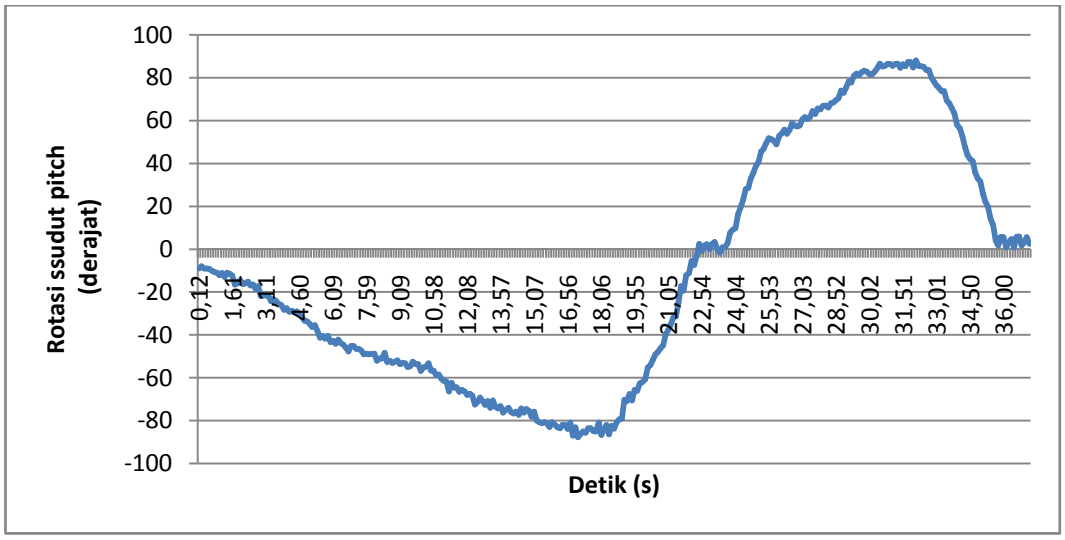
Frekuensi yang terjadi pada pengujian ini adalah frekuensi rendah kurang dari 5Hz, seperti terlihat pada gambar 4.5 yang merupakan grafik respon frekuensi pengujian *G-force.*



Gambar 4.5 Respon frekuensi pengujian *G-force* pada aksis X,Y dan Z *payload*

4.1.3. Pengujian Rotasi *PitchPayload*

Payload diputar perlahan pada arah *pitch* positif maupun negatif, dimana arah *pitch* disini adalah arah pada aksis X *payload*, sementara aksis Z *payload* menghadap vertikal ke arah permukaan bumi. Data yang didapat terlihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Ploting kemiringan sudut *pitch payload*

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa sensor *accelerometer* mampu mengukur rotasi sudut *pitch* pada arah negatif yaitu -87,83 derajat dan arah positif 87,97 derajat. Data ini masih memiliki *error* yaitu:

a. Akurasi arah negatif $\frac{87,83}{90}\ x\ 100\% = 97,58\%$

Error= 100% - 97,58%= 2,42%

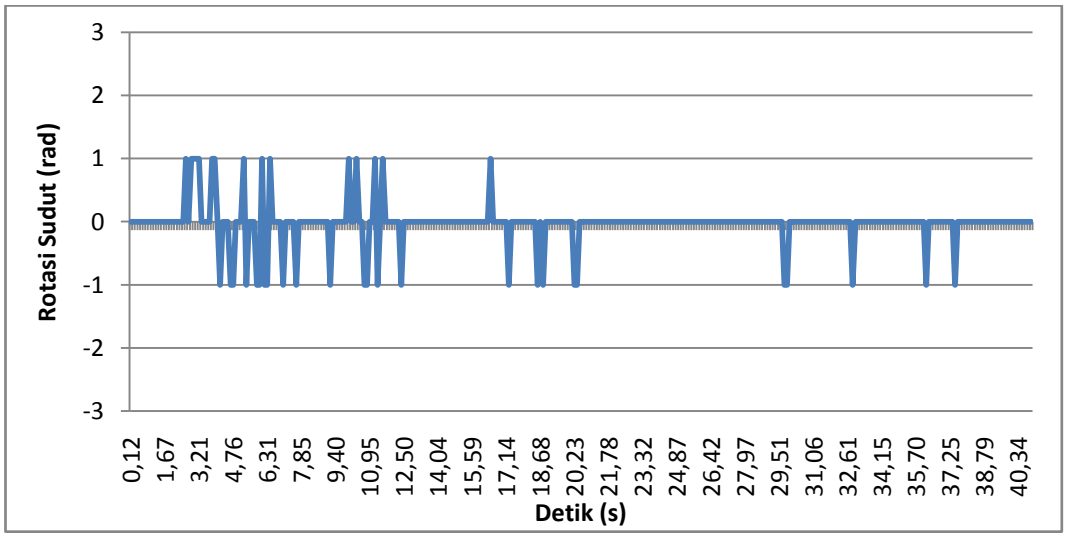
b. Akurasi arah positif $\frac{87,97}{90}\ x\ 100\% = 97,58\%$

Error= 100% - 97,74%= 2,26%

Adanya error akurasi pengukuran lebih disebabkan karena posisi pengujian yang kurang akurat saat menguji rotasi pada *payload.*

4.1.4. Pengujian Ayunan dan Analisa

Payload diuji dengan ayunan untuk memakili misi sesungguhnya di udara setelah separasi. Pada pengujian ayunan *payload* diberikan gaya dorong tertentu kemudian sensor *accelerometer* akan mengukur setiap dinamika yang terjadi pada *payload*. Data yang terukur kemudian dikirim ke *ground segment* dan dihitung untuk menentukan besarnya percepatan sudut yang terjadi pada *payload*.



Gambar 4.7 Ploting rotasi *pitch saat* pengujian ayunan

Untuk mempermudah analisis data, percepatan grafitasi diubah menjadi besaran rotasi sudut, data awal yang diperoleh masih dalam satuan *degrees* maka

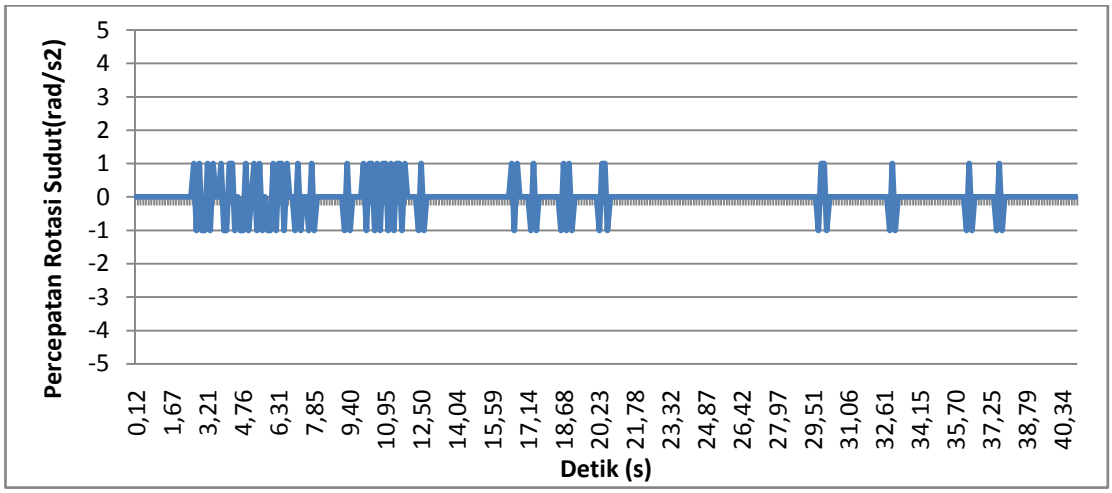
perlu diubah dalam satuan *radian* dengan cara mengalikan hasil perhitungan nilai rotasi sudut dengan $\frac{\pi}{180}$.

Hasil pengujian ayunan terlihat seperti pada gambar 4.7, data tersebut merupakan data rotasi sudut. Data ini akan diubah dalam bentuk percepatan sudut dengan cara melakukan penurunan data rotasi sebanyak dua kali terhadap selisih waktu pengambilan data. penurunan pertama akan menghasilkan kecepatan dan penurunan keduan menghasilkan data percepatan rotasi sudut. Bila dituliskan dalam persamaan adalah sebagai berikut,

$$\text{Kecepatan sudut}=\omega=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}=\frac{\theta-\theta(n-1)}{\Delta t}$$

$$\text{Percepatan sudut}=\alpha=\frac{\Delta\omega}{\Delta t}=\frac{\omega-\omega(n-1)}{\Delta t}$$

Grafik hasil perhitungan dinamika *payload* saat berayun diudara adalah seperti pada gambar 4.8 yang merupakan data percepatan sudut *payload* dalam bentuk grafik berdasarkan selisih waktu pembacaan data sensor.

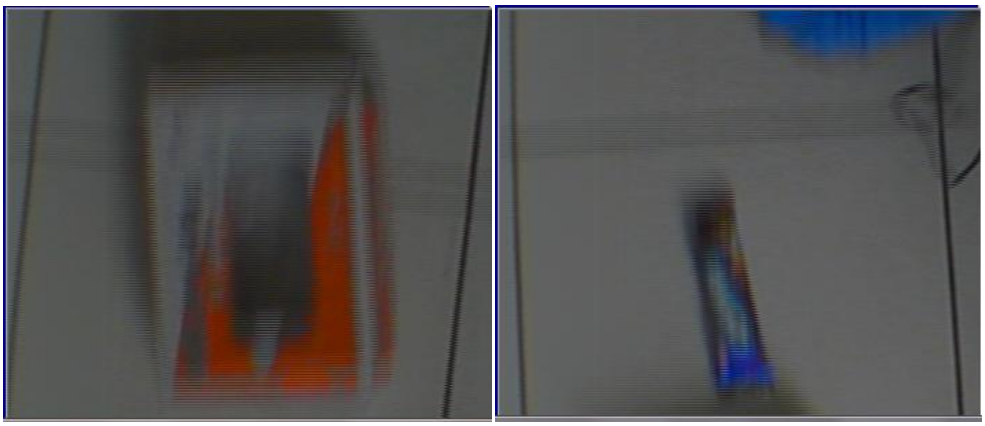


Gambar 4.8 Percepatan sudut saat pengujian ayunan

Percepatan dinamika yang terukur hampir selalu dalam kedaan konstan sehingga sulit menemukan saat yang tepat untuk mengambil gambar dengan hasil yang baik. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh akselerasi atau percepatan pada aksis X pada saat berayun.

Ketika berayun kearah aksis X positif, aksis X positif mengalami penambahan percapatan ketika diberikan gaya dorong, namun aksis X negatif juga mengalami penambahan percepatan terhadap grafitasi bumi karena mengahadap

permukaan bumi. Perilaku sebaliknya juga terjadi ketika berayun pada arah negatif. Akibatnya pembacaan sensor *accelerometer* menjadi tidak stabil dan selalu meniadakan sehingga selalu mendekati nilai nol atau seperti tidak mengalami akselerasi. Sementara pada gambar 4.9 adalah hasil pengambilan gambar oleh *payload* ketika sedang berayun. Hasil gambar terlihat blur, hal ini juga disebabkan karena kualitas kamera yang digunakan.



Gambar 4.9 Hasil pengambilan gambar oleh *payload*

4.2 Rata-Rata Pengiriman Data

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan kecepatan pengiriman data oleh *payload* ke *ground segment* dapat diketahui yaitu dari jumlah data yang diterima serta lama waktu yang dibutuhkan dalam pengiriman data tersebut, rata-rata kecepatan pengiriman data dihitung dengan cara sebagai berikut:

a. Pengujian *Vibrasi* : $\frac{Jumla\ h\ data}{lama\ \ waktu} = \frac{141}{16} = 8{,}81 data/s$

b. Pengujian *G-Force* : $\frac{Jumla\ h\ data}{lama\ \ waktu} = \frac{118}{14} = 8{,}43 data/s$

c. Pengujian Kemiringan : $\frac{Jumla\ h\ data}{lama\ \ waktu} = \frac{141}{16} = 8{,}81 data/s$

Dari rata-rata kecepatan pengiriman data pada ketiga pengujian diatas maka didapatkan rata-rata pengiriman data secara keseluruhan adalah

$$\frac{8{,}81 + 8{,}43 + 8{,}81}{3} = 8{,}68 data/s$$