

**Alat Uji Muatan Roket KOMURINDO Berbasis FPGA
(Field Programable Gate Array) Bagian Pengujian**

Fungsional G-Force

PROPOSAL SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**OLEH:
DENNY SATRIO N.
NIM. 0810630042**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2012**

I. Judul

Alat Uji Muatan Roket KOMURINDO Berbasis FPGA (*Field Programmable Gate Array*) Bagian Pengujian Fungsional *G-Force*.

II. Latar Belakang

Teknologi peroketan di Indonesia terus berkembang seiring dengan perkembangan zaman. Teknologi roket merupakan salah satu wahana dirgantara yang memiliki makna strategis. Wahana ini mampu digunakan untuk melaksanakan misi perdamaian maupun pertahanan, misalnya sebagai roket peluncur satelit (RPS), roket penelitian cuaca, roket kendali, roket balistik, yaitu dari darat ke darat, darat ke udara dan udara ke udara. Dengan kata lain, roket juga bisa berfungsi sebagai peralatan untuk menjaga kedaulatan dan meningkatkan martabat bangsa, baik didarat, laut maupun udara sampai dengan antariksa. Oleh karena itu, negara yang menguasai kemandirian teknologi peroketan dengan baik, akan disegani oleh negara-negara lain di seluruh dunia.

Dalam Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO), terdapat 2 bagian utama dari penyusun roket, yaitu peluncur roket dan muatan roket. Peluncur roket berfungsi untuk memberikan daya dorong roket agar dapat meluncur ke udara, peluncur roket disiapkan oleh panitia KOMURINDO. Muatan roket berfungsi untuk mengirim data dari hasil pemantauan udara yang dibuat oleh para peserta KOMURINDO dari berbagai universitas di Indonesia.

Terdapat 2 pengujian dalam KOMURINDO, yaitu pengujian darat dan udara. Pengujian darat meliputi pengujian vibrasi, pengujian *G-force* dan pengujian *G-Shock*.

Berdasarkan pengujian kompetisi tersebut, maka disusunlah penelitian, yang akan membahas secara rinci mengenai segala komponen yang dibutuhkan dalam alat uji tersebut. Tetapi dalam penelitian ini, hanya dibahas mengenai pengujian *G-force* muatan roket. Tidak termasuk perancangan muatan roket.

III. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat disusun rumusan masalah yang akan dijadikan pokok pembahasan penelitian ini, yaitu :

- 1) Bagaimana merancang dan memprogram rangkaian pada FPGA.
- 2) Bagaimana mengkalibrasi data sensor hingga menjadi data *G-force* yang diinginkan.
- 3) Bagaimana merancang system antarmuka FPGA dengan PC/laptop, driver motor, dan *rotary encoder*

IV. Ruang Lingkup

Pada penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) Maksimum gaya yang dapat diberikan dan diukur adalah 20g.
- 2) Data pada muatan roket adalah data random.
- 3) Alat yang dirancang hanya alat uji roket, tidak termasuk muatan roketnya.

V. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat suatu alat uji *G-force* untuk muatan roket yang dapat digunakan untuk menentukan *G-force* yang diinginkan, mengamati hasil pengiriman data saat pengujian, pengujian kekuatan/ketahanan mekanik dan elektrik muatan roket KOMURINDO.

VI. Tinjauan Pustaka

Dalam perancangan alat untuk dapat mengetahui *G-force* muatan roket dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung perancangan. Pemahaman ini akan bermanfaat untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak model alat ini. Beberapa teori pendukung yang perlu dibahas dalam pembuatan sistem ini meliputi :

- FPGA (*Field Programable Gate Array*) Nexys 2
- Motor DC
- Driver motor IC L298
- LCD 2x16
- *Rotary encoder*

- Gaya G atau *G-force*
- Gaya sentrifugal dan sentripetal

6.1. FPGA (*Field Programmable Gate Array*) Nexys 2

FPGA (*Field Programmable Gate Array*) adalah komponen elektronika dan semikonduktor yang mempunyai komponen gerbang terprogram (*Programmable Logic*) dan sambungan terprogram. Komponen gerbang yang dimiliki meliputi jenis gerbang logika biasa (*AND, OR, XOR, NOT*) maupun jenis fungsi matematis dan kombinatorik yang lebih kompleks (*decoder, adder, subtractor, multiplier* dan lain-lain). Blok-blok komponen didalam FPGA bisa juga mengandung berupa elemen memory (*register*) mulai flip-flop sampai pada RAM (*Random Acces Memory*).

Standart IEEE diskripsi VHDL adalah bahasa pemrograman yang digunakan. Menggunakan VHDL karena mempunyai sebuah intregeted design dan dokumentasi bahasa untuk komunikasi desain data antara level abstrak yang bervariasi. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik FPGA Nexys 2.



Gambar 1. FPGA Nexys 2

Sumber: <http://www.rrsge.ee.uct.ac.za/courses/EEE4084F/Hardware.html>

6.2. Motor DC

Motor Dc adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan yang diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Gambar 2 menunjukkan bentuk fisik motor DC.

Dasar Persamaan motor DC adalah:

$$\bullet \quad V = E + I_a R_a \quad (1)$$

$$\bullet \quad E = k_1 N \Phi \quad (2)$$

$$\bullet \quad T = k_2 I_a \Phi \quad (3)$$

$$\bullet \quad \Phi = k_3 I_f \quad (4)$$

Keterangan:

- V = Tegangan terminal
- E = Medan Magnet
- T = Torsi
- Φ = Fluksi
- K_1 = Konstanta persamaan 1
- K_2 = Konstanta persamaan 2
- I_a = Arus dinamo



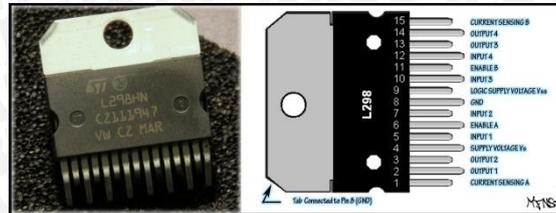
Gambar 2. Motor DC

Sumber: <http://www.asia.ru/en/ProductInfo/893657.html>

6.3. Driver motor IC L298

IC L298 adalah driver motor berbasis H-bridge, mampu menangani beban hingga 4A pada tegangan 6V – 46V. Dalam chip tersebut terdapat 2 rangkaian H-Bridge. Untuk mengatur kecepatan motor menggunakan PIN Enable 1/Enable 2

sebagai PWM (*Pulse Width Modulation*). Gambar 3 menunjukkan bentuk fisik IC L298.



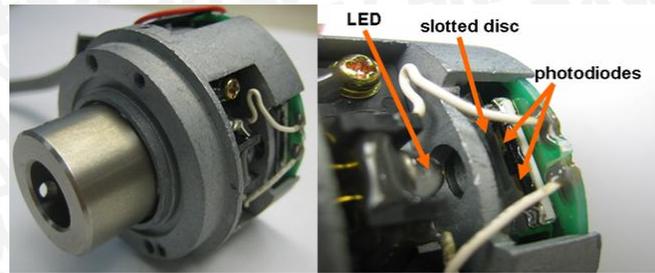
Gambar 3. IC L298

Sumber: http://ini-robot.blogspot.com/2012_06_01_archive.html

6.4 Rotary Encoder

Rotary encoder adalah divais elektromagnetik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Rotary encoder umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor drive, dan sebagainya.

Rotary encoder tersusun atas suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu photo-transistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi rotary encoder tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi rotary encoder tersebut. Gambar 7 menunjukkan bentuk fisik *rotary encoder*.



Gambar 7. Rotary Encoder

Sumber: <http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/File:Gray.jpg>

Terdapat dua jenis rotary encoder yang digunakan, absolute rotary encoder dan incremental rotary encoder. Masing-masing rotary encoder ini akan dipaparkan pada bagian berikutnya.

6.4.1 ABSOLUTE ROTARY ENCODER

Absolute encoder menggunakan piringan dan sinyal optik yang diatur sedemikian sehingga dapat menghasilkan kode digital untuk menyatakan sejumlah posisi tertentu dari poros yang dihubungkan padanya. Piringan yang digunakan untuk absolut encoder tersusun dari segmen-segmen cincin konsentris yang dimulai dari bagian tengah piringan ke arah tepi luar piringan yang jumlahnya selalu dua kali jumlah segmen cincin sebelumnya. Cincin pertama di bagian paling dalam memiliki satu segmen transparan dan satu segmen gelap, cincin kedua memiliki dua segmen transparan dan dua segmen gelap, dan seterusnya hingga cincin terluar. Sebagai contoh apabila absolut encoder memiliki 16 cincin konsentris maka cincin terluarnya akan memiliki 32767 segmen. Gambar 8 menunjukkan pola cincin pada piringan absolut encoder yang memiliki 16 cincin.

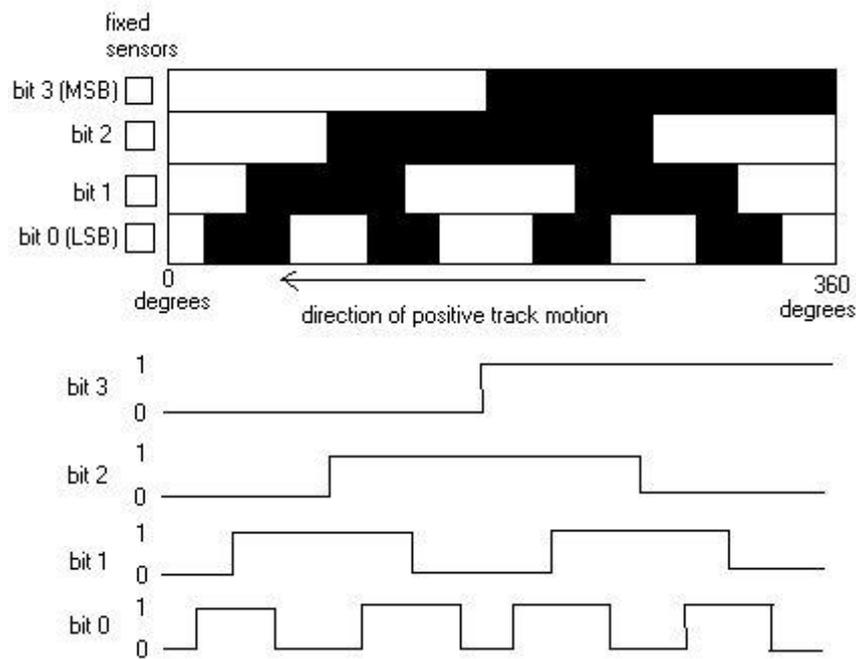


Gambar 8. Contoh susunan pola 16 cincin konsentris pada absolut encoder

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

Karena setiap cincin pada piringan absolute encoder memiliki jumlah segmen kelipatan dua dari cincin sebelumnya, maka susunan ini akan membentuk suatu sistem biner. Untuk menghasilkan sistem biner pada susunan cincin maka diperlukan pasangan LED dan photo-transistor sebanyak jumlah cincin yang ada pada absolut encoder tersebut.

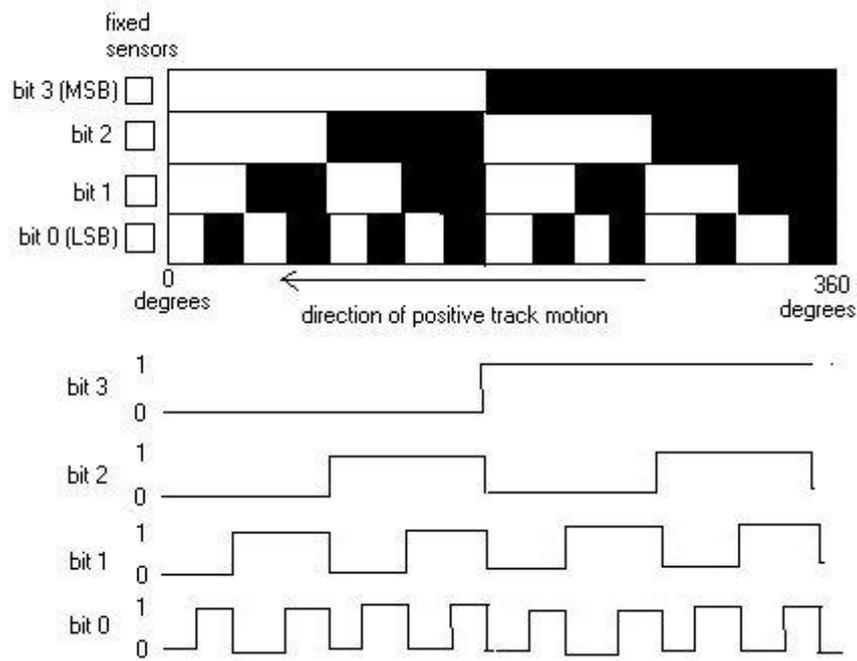
Sistem biner yang untuk menginterpretasi posisi yang diberikan oleh absolute encoder dapat menggunakan kode gray atau kode biner biasa, tergantung dari pola cincin yang digunakan. Untuk lebih jelas, kita lihat contoh absolute encoder yang hanya tersusun dari 4 buah cincin untuk membentuk kode 4 bit. Apabila encoder ini dihubungkan pada poros, maka photo-transistor akan mengeluarkan sinyal persegi sesuai dengan susunan cincin yang digunakan. Gambar 9 dan 10 menunjukkan contoh perbedaan diagram keluaran untuk absolute encoder tipe gray code dan tipe binary code.



Gambar 9. Contoh diagram keluaran absolut encoder 4-bit tipe gray code

Sumber: <http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/File:Gray.jpg>

Dengan absolute encoder 4-bit ini maka kita akan mendapatkan 16 informasi posisi yang berbeda yang masing-masing dinyatakan dengan kode biner atau kode gray tertentu. Tabel 1 menyatakan posisi dan output biner yang bersesuaian untuk absolute encoder 4-bit. Dengan membaca output biner yang dihasilkan maka posisi dari poros yang kita ukur dapat kita ketahui untuk diteruskan ke rangkaian pengendali. Semakin banyak bit yang kita pakai maka posisi yang dapat kita peroleh akan semakin banyak.



Gambar 10. Contoh diagram keluaran absolute encoder 4-bit tipe binary code

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

Tabel 1. Output biner dan posisi yang bersesuaian pada absolute encoder 4-bit

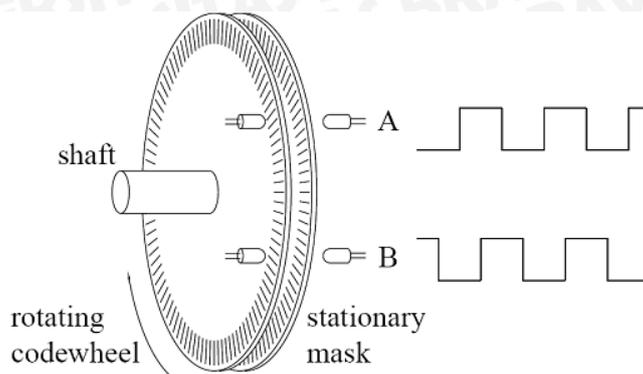
Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

Desimal	Rentang Putaran (°)	Kode Biner	Kode Gray
0	0-22,5	0000	0000
1	22,5-45	0001	0001
2	45-67,5	0010	0011
3	67,5-90	0011	0010
4	90-112,5	0100	0110
5	112,5-135	0101	0111
6	135-157,5	0110	0101
7	157,5-180	0111	0100
8	180-202,5	1000	1100

9	202,5-225	1001	1101
10	225-247,5	1010	1111
11	247,5-270	1011	1110
12	270-292,5	1100	1010
13	292,5-315	1101	1011
14	315-337,5	1110	1001
15	337,5-360	1111	1000

6.4.2 INCREMENTAL ROTARY ENCODER

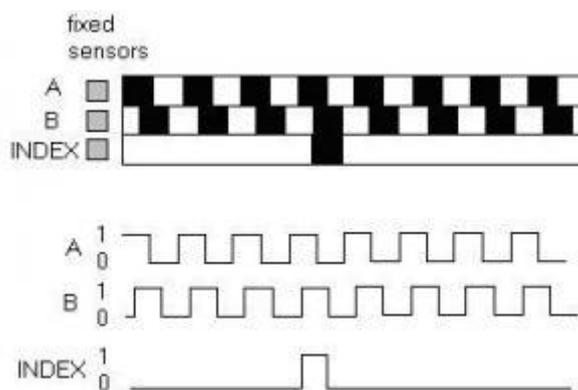
Incremental encoder terdiri atas dua track atau single track dan dua sensor yang disebut channel A dan B. Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-masing channel pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara channel A dan B menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur. Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui channel mana yang leading terhadap channel satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua channel tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (quadrature signal). Seringkali terdapat output channel ketiga, disebut INDEX, yang menghasilkan satu pulsa per putaran berguna untuk menghitung jumlah putaran yang terjadi. Bentuk susunan piringan untuk *incremental encoder* ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. susunan piringan untuk incremental encoder

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

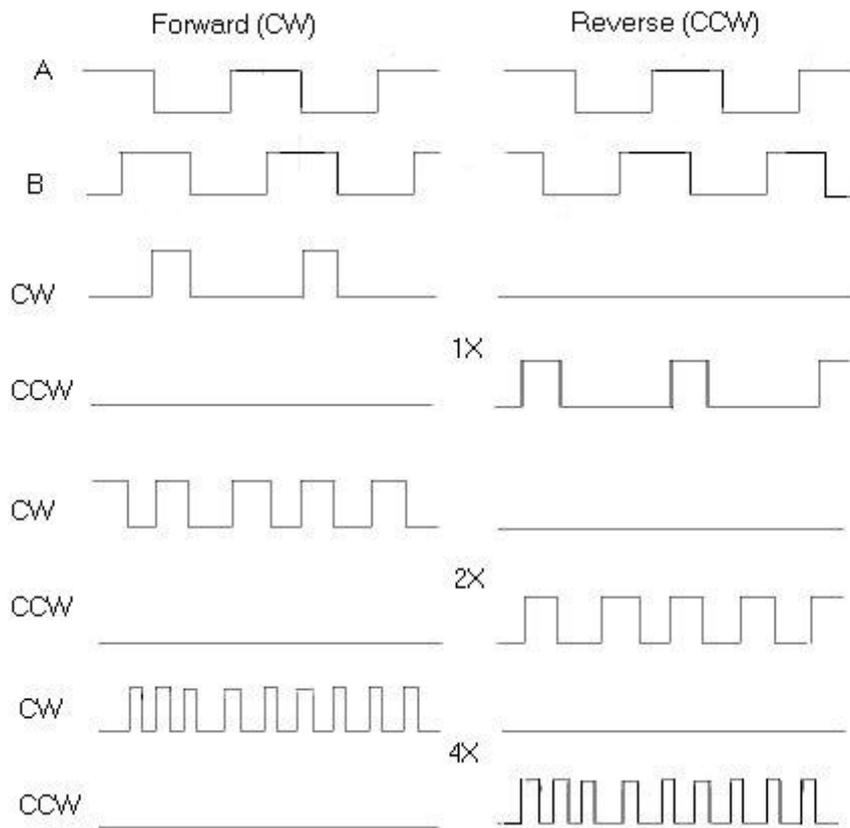
Resolusi keluaran dari sinyal quadrature A dan B dapat dibuat beberapa macam, yaitu 1X, 2X dan 4X. Resolusi 1X hanya memberikan pulsa tunggal untuk setiap siklus salah satu sinyal A atau B, sedangkan resolusi 4X memberikan pulsa setiap transisi pada kedua sinyal A dan B menjadi empat kali resolusi 1X. Arah putaran dapat ditentukan melalui level salah satu sinyal selama transisi terhadap sinyal yang kedua. Pada contoh resolusi 1X, A = arah bawah dengan B = 1 menunjukkan arah putaran searah jarum jam, sebaliknya B = arah bawah dengan A = 1 menunjukkan arah berlawanan jarum jam. Contoh pola keluaran *incremental encoder* ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12 Contoh pola keluaran *incremental encoder*

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>





Gambar 13. output dan arah putaran pada resolusi yang berbeda-beda
 Sumber: <http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/File:Quadrature.jpg>

Pada incremental encoder, beberapa cara dapat digunakan untuk menentukan kecepatan yang diamati dari sinyal pulsa yang dihasilkan. Diantaranya adalah menggunakan frequencymeter dan periodimeter. Gambar 13 menunjukkan output dan arah putaran pada resolusi yang berbeda-beda.

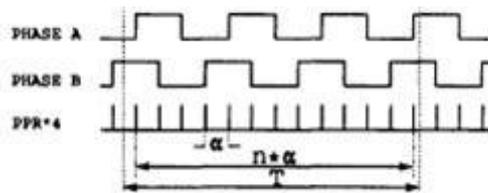
Cara yang sederhana untuk menentukan kecepatan dapat dengan frequencymeter, yakni menghitung jumlah pulsa dari encoder, n , pada selang waktu yang tetap, T , yang merupakan periode loop kecepatan. Apabila α adalah sudut antara pulsa encoder, maka sudut putaran pada suatu periode adalah:

$$\alpha_f = n\alpha_f \quad (5)$$

Sehingga kecepatan putar akan kita dapatkan sebagai:

$$\omega_f = \frac{\alpha_p}{T_p} \quad (6)$$

Kelemahan yang muncul pada cara ini adalah pada setiap periode sudut α_f yang didapat merupakan kelipatan integer dari α . Ini akan dapat menghasilkan quantification error pada kecepatan yang ingin diukur. Gambar 14 menunjukkan sinyal keluaran encoder untuk pengukuran kecepatan dengan frequencymeter.



Gambar 14. Sinyal keluaran encoder untuk pengukuran kecepatan dengan frequencymeter

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

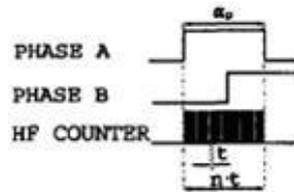
Cara yang lain adalah dengan menggunakan periodimeter. Dengan cara ini kita akan mengukur kecepatan tidak lagi dengan menghitung jumlah pulsa encoder tetapi dengan menghitung clock frekuensi tinggi (HF Clock) untuk sebuah pulsa dari encoder yaitu mengukur periode pulsa dari encoder. Apabila α_p adalah sudut dari pulsa encoder, t adalah periode dari HF clock, dan n adalah jumlah pulsa HF yang terhitung pada counter. Maka waktu untuk sebuah pulsa encoder, T_p , adalah:

$$T_p = nt \quad (7)$$

Sehingga kecepatan yang akan kita ukur dapat kita peroleh dengan:

$$\omega_f = \frac{\alpha_p}{T_p} \quad (8)$$

Seperti halnya pada frequencymeter, disini juga muncul quantification error karena waktu T_p akan selalu merupakan perkalian integer dengan t . Gambar 15 menunjukkan pengukuran kecepatan dengan menggunakan periodometer.



Gambar 15. Pengukuran kecepatan dengan menggunakan Periodimeter

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

6.5 Gaya G atau G-force

G adalah singkatan dari gravitasi, sehingga G-force dapat diartikan sebagai gaya gravitasi. Suatu benda jika mendapat gaya sebesar $2g$, artinya benda tersebut mendapat 2 kali gaya gravitasi. Benda diam memiliki gaya g sebesar $1g$ yang didefinisikan memiliki nilai $9,80665 \text{ m/s}^2$. Nilai g tersebut diperoleh dari persamaan:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = G \frac{M}{r^3} \vec{r} \quad (9)$$

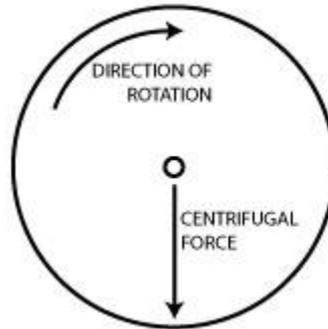
Keterangan:

- G = konstanta grafitasi terminal
- M = Massa bumi
- m = masa obyek
- r = jarak antara titik pusat massa bumi dengan pusat mass obyek

6.6 Gaya sentrifugal dan sentripetal

Suatu benda yang bergerak dengan kecepatan yang teratur baik dengan kecepatan yang berubah-ubah maupun dengan kecepatan yang konstan, maka benda tersebut akan mempunyai suatu bentuk lintasan tertentu, baik lintasan yang teratur bentuknya maupun lintasan yang acak atau

random. Salah satu dari lintasan yang teratur bentuknya adalah lintasan dengan bentuk lengkung.



Gambar 16. Benda yang mengalami gaya sentrifugal

Sumber: <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>

Gambar 16 menunjukkan sebuah benda yang mengalami gaya sentrifugal dengan jari-jari R dan berputar di dalam lingkaran horisontal terhadap sebuah titik tertentu. Besarnya gaya berat adalah:

$$W = m \cdot g \quad (10)$$

Besarnya F_r dapat juga ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_r = m \cdot a_r \quad (11)$$

$$a_r = \frac{v^2}{R} \quad \Leftrightarrow \quad F_r = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (12)$$

$$v = \omega \cdot R \quad \Leftrightarrow \quad F_r = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R^2}{R} \\ = m \cdot \omega^2 \cdot R \quad (13)$$

Menurut persamaan diatas, gaya g dapat dituliskan sebagai:

$$g = \omega^2 \cdot R \quad (14)$$

kecepatan sudut dalam satuan RPM (*Revolutions Per Minute*)/putaran per menit dinyatakan sebagai:

$$\omega = \frac{2 \pi \text{ rpm}}{60} \quad (15)$$

Sehingga gaya sentrifugal dalam pola g adalah:

$$g = \omega^2 \cdot R \quad (16)$$

$$g = \frac{(2 \pi \text{ rpm})^2 \cdot R}{3600} \quad (17)$$

Selama gerak melingkar percepatan adalah perkalian jari-jari dengan kuadrat dari kecepatan sudut. Hubungan antara percepatan dengan “g” secara relative adalah RCF (*Relative Centrifugal Force*). Percepatan tersebut diukur dalam kelipatan “g” atau x “g” yang merupakan percepatan gravitasi bumi. Tabel 3 menunjukkan nilai konversi RCF ke RPM. RCF dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{RCF} = \frac{F_c}{F_g} \quad (18)$$

$$\text{RCF} = \frac{m \cdot (\omega)^2 \cdot R}{m \cdot g}$$

$$\text{RCF} = \frac{(\omega)^2 \cdot R}{g} \quad (20)$$

$$\text{RCF} = \frac{(2 \pi N)^2 \cdot R}{3600 \cdot 9,8 \cdot 100}$$

$$\text{RCF} = \frac{4 \pi^2 (N)^2 \cdot R}{3600 \cdot 9,8 \cdot 100}$$

$$\text{RCF} = 1,118 \cdot 10^{-5} \cdot R (N)^2 \quad (21)$$

Keterangan:

- g = gaya gravitasi bumi = $9,8 \text{ m/s}^2$
- m = massa benda
- ω = Kecepatan sudut (rad/s)
- R = jari-jari benda ke pusat rotor
- N = putaran per menit (RPM)
- RCF = gaya sentrifugal relatif (x “g”)

Tabel 3. Contoh Nilai konversi RCF ke RPM

R (cm)	RCF (x “g”)	RPM
15	0	0
15	1	77,22
15	2	109,20
15	3	133,75
15	4	154,44
15	5	172,67
15	6	189,15
15	7	204,30

VII. Metode Penelitian

Penyusunan proposal ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

7.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- 1) Ukuran dan berat muatan roket mengacu pada aturan resmi KOMURINDO.
- 2) FPGA nexys 2 digunakan sebagai controller utama system.
- 3) Motor DC diberi Torsi kurang lebih 1 kg.
- 4) Driver motor yang digunakan adalah IC L298.
- 5) Rotary encoder yang digunakan adalah jenis incremental rotary encoder dengan 500 pulsa/data dalam setiap putaran.
- 6) G-force yang diberikan oleh alat adalah 1g sampai dengan 20g.
- 7) Program untuk memprogram FPGA menggunakan ISE 4.1.
- 8) Catudaya motor menggunakan transformator 12V dan sebuah baterai *lead-acid* 12V 1,2 Ah tegangan dan voltage regulator 5V dan 3V.

7.2 Studi Literatur

Dalam penyusunan karya tulis ini, pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (*library research*), penelusuran informasi digital, dan wawancara narasumber dengan sasaran tinjauan antara lain :

- Informasi internet.
- Pustaka-pustaka referensi.
- Pustaka penunjang.

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan perealisasiian alat. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

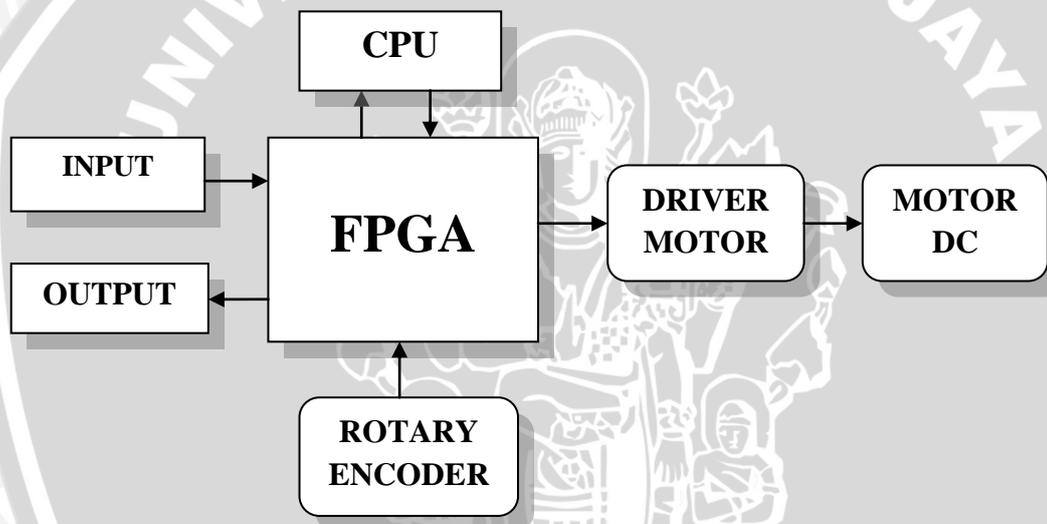
- Teori mengenai rangkaian sensor yang berfungsi merubah besaran fisik menjadi besaran elektrik.
- Sistem FPGA Nexys 2.
- Aplikasi perangkat lunak ISE 4.1 yang digunakan untuk memprogram FPGA.

- Teori mengenai sensor-sensor yang digunakan, yaitu *accelerometer* dan *rotary encoder*.
- Teori mengenai komunikasi antarmuka antara FPGA dengan unit I/O.
- Teori mengenai metode integrasi secara numerik.

7.3 Perancangan Alat

7.3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan perealisasiian alat berjalan secara sistematis. Gambar 17 menunjukkan diagram blok alat.



Gambar 17 Diagram Blok Alat

Penjelasan mengenai diagram blok rancangan elektronik di atas adalah sebagai berikut:

1. Nilai G-force yang diinginkan dimasukkan melalui input berupa keypad.
2. FPGA sebagai pemroses akan memberikan sinyal pada driver motor melalui sinyal PWM.
3. Motor menggerakkan lengan putar untuk memberikan kecepatan putar pada muatan roket
4. Nilai cacahan putaran dapat diperoleh melalui *rotary encoder*

5. Nilai cacahan per putaran diberikan ke FPGA untuk diproses sebagai data rpm untuk di konversi menjadi data *G-force*.
6. Data yang dihasilkan dari sensor ke FPGA diteruskan ke output LCD 2x16 untuk ditampilkan.

Penjelasan mengenai masing-masing komponen penyusun rangkaian adalah sebagai berikut:

- 1) Input

Input atau masukan yang dipergunakan dalam rangkaian ini adalah keypad dan tombol pada FPGA, data yang akan diberikan ke FPGA adalah berupa data Digital.

- 2) Output

Output atau keluaran yang dipergunakan dalam rangkaian ini adalah LCD 2x16 dan layar dari CPU/laptop. Output ini berfungsi untuk menampilkan data yang telah diproses oleh FPGA.

- 3) CPU/laptop

CPU/laptop dipergunakan untuk menuliskan program ke FPGA dan menampilkan hasil percobaan dalam bentuk grafik dengan menggunakan software Matlab.

- 4) Driver motor

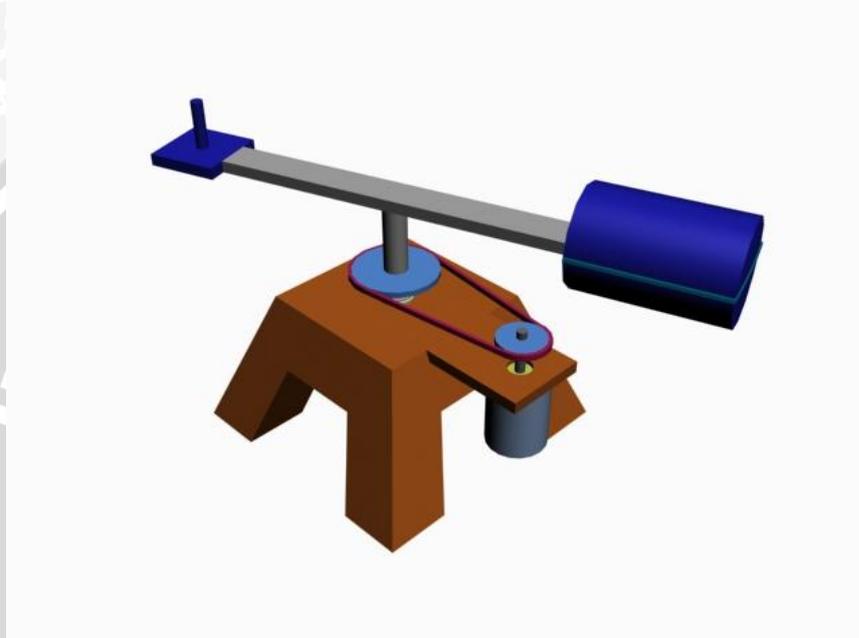
Driver motor berfungsi untuk mengatur kecepatan motor dengan cara memberi sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Driver motor yang digunakan adalah IC L298 yang memiliki beberapa fungsi di setiap kaki-kaki IC sesuai dengan *datasheet* yang tersedia.

- 5) Motor DC

Motor DC dipergunakan untuk menggerakkan lengan putar dari mekanik alat. Kecepatan Motor DC ini di atur oleh driver motor. Motor DC yang dipergunakan membutuhkan torsi kurang lebih 2 kg yang merupakan berat dari lengan putar dan muatan roket

6) Rotary encoder

Rotary encoder berfungsi untuk mengukur kecepatan sudut dari gerak lengan putar. Data yang dihasilkan dari rotary encoder adalah berupa pulsa 0 dan 1 yang akan diproses oleh FPGA. Semakin banyak pulsa yang dihasilkan dalam satu kali putaran, maka data akan semakin akurat.



Gambar 18. Desain mekanik alat

Gambar 18 menunjukkan desain mekanik alat dengan menggunakan software 3D max.

7.3.2 Deskripsi Cara Kerja Sistem

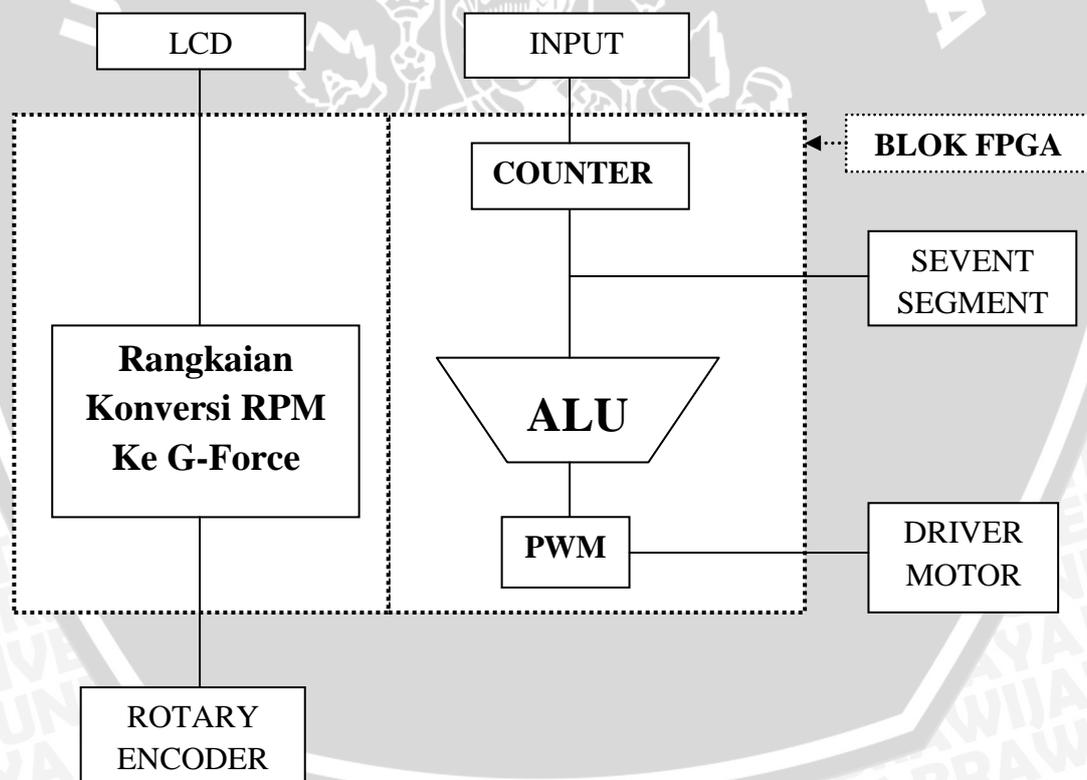
Nilai *G-force* yang diberikan untuk muatan roket dimasukkan melalui input dengan batas maksimal 20G. Nilai input yang diberikan sesuai dengan besarnya nilai frekuensi pada PWM yang dihasilkan FPGA. Sinyal PWM diterima driver motor L298 untuk mengatur dan meningkatkan kecepatan motor DC. Kecepatan sudut pada lengan putar akan diperoleh melalui *rotary encoder* dengan data cacahan.

Data cacahan dari *rotary encoder* tersebut akan diproses FPGA untuk ditampilkan di output LCD. Data tersebut akan dikalibrasi dengan data input untuk

menyesuaikan nilai PWM dengan hasil pengamatan sensor agar data input sesuai dengan data *G-force* yang diinginkan.

7.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan komputer (PC) dan FPGA untuk mengendalikan perangkat keras. Ada dua macam perangkat lunak yang dipakai, yaitu pertama adalah perangkat lunak untuk FPGA yang dilakukan dengan pembuatan *flowchart* terlebih dahulu kemudian pembuatan programnya. Software yang dipakai untuk memprogram FPGA adalah ISE 4.1 dengan bahasa pemrograman VHDL. Kedua adalah menggunakan software Matlab yang bertujuan untuk memantau hasil kecepatan putar dan *G-force* yang diinginkan melalui grafik dimana data kecepatan sudut akan diubah menjadi gaya *g*. Gambar 19 menunjukkan Diagram Blok Pemrograman FPGA Sistem.



Gambar 19. Diagram Blok Pemrograman FPGA Sistem

7.4 Pengujian Sistem

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan kemudian secara keseluruhan sistem. Secara garis besar pengujian dilakukan sebagai berikut:

1) Pengujian Input/Output

Pengujian input/output berfungsi untuk mengetahui data yang akan dimasukkan ke FPGA dan sinyal yang dikeluarkan oleh FPGA. Tegangan dan arus I/O harus sesuai dengan karakteristik FPGA.

2) Pengujian FPGA

Pengujian FPGA dilakukan dengan membuat blok-blok system secara bertahap. Dimulai dari pembuatan blok input/output, komparator, pembangkit sinyal untuk driver motor, dan PWM.

3) Pengujian driver motor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari *driver motor L298* terhadap sinyal masukan dari FPGA dan menguji sinyal keluaran dari *L298* terhadap sinyal PWM FPGA.

4) Pengujian *rotary encoder*

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati sinyal yang dihasilkan oleh *rotary encoder*. Sinyal yang dihasilkan adalah berupa sinyal kotak. Dalam satu kali putaran, terdapat beberapa jumlah sinyal yang dihasilkan sesuai dengan tipe dan jenis *rotary encoder*. Sinyal tersebut diukur tegangan dan arus agar sesuai dengan karakteristik tegangan input dari FPGA. Apabila tegangan dari *rotary encoder* kurang atau melebihi dari karakteristik input FPGA, perlu ditambahkan *voltage regulator*.

5) Pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian sistem dilakukan dengan merangkai secara keseluruhan masing-masing blok hardware dan software yang dibuat kemudian diuji di laboratorium untuk mengetahui kerja alat.

VIII. Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terdiri atas enam bagian dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan

Berisi tentang uraian latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat serta sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan sistem.

Bab III: Metodologi Penelitian

Membahas tentang metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

Bab IV: Perancangan

Berisi perancangan dan perealisasi sistem yang meliputi spesifikasi, perencanaan diagram blok, prinsip kerja dan realisasi sistem.

Bab V: Pengujian dan Analisis

Membahas tentang proses pengujian dan analisis data yang diperoleh dari sistem yang telah dibuat.

Bab VI: Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut sistem yang telah dibuat.

IX. Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Jadwal kegiatan

No	Kegiatan	Sept.				Okt.				Nov.				Des.			
		2012				2012				2012				2012			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Seminar proposal																
2	Studi literatur																
3	Pembuatan alat																
4	Pengujian alat																
5	Penyusunan laporan																
6	Seminar hasil																

X. DAFTAR PUSTAKA

Digilent. 2011. *Digilent nexys2 Board Reference Manual*.

<http://www.digilentinc.com/Products>

Lelono, J. 2012. *Rangkaian Driver Motor*. <http://jhorobin.blogspot.com/2012/rangkaian-driver-motor-dc.html>. Diakses tanggal: 07 September 2012

Lander, C.W. 1993. *Power Electronics*. McGraw-Hill United (UK) limited. London.

Maxfield, C. 2009. *FPGAs World Class Designs*. Elsevier. Oxford.

McComb G. 2012. *2x16 Serial LCD (Backlit) with Speaker*. <http://learn.parallax.com/kickstart/27977>. Diakses tanggal: 05 September 2012

Navabi, Z. 2007. *Embedded Core Design with FPGAs*. McGraw-Hill United (UK) limited. London.

Navabi, Z. 1993. *VHDL Analysis and Modeling of Digital Systems*. McGraw-Hill United (UK) limited. London.

Rizqiawan, A. 2009. *Sekilas Rotary Encoder*. <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>. Diakses tanggal: 07 September 2012

Smith, R.S. 2010. *FPGAs 101-Everything you need to know to get started*. Elsevier. Oxford.

Sutrisno. 1987. *Elektronika, Teori dan Penerapannya*. Bandung:ITB

www.xilinx.com/products/design-tools/ise-design-suite/index.htm. Diakses tanggal: 07 September 2012