
ESTIMASI JARAK CAPAI ROKET ROLEX DENGAN KONTROL SIRIP

Hendro Purnomo Basuki, Nachrowie, Muhammad Ansori

Abstrak: Pengembangan penelitian roket di Indonesia sedikit demi sedikit telah menunjukkan hasil yang cukup memuaskan. Dengan perkembangan teknologi roket yang cukup dewasa ini, juga tidak ketinggalan dalam bidang militer dimana roket digunakan sebagai media penghantar bahan peledak kepada sasaran yang dituju dengan daya hancur yang hebat. Masalah yang paling mendasar dalam roket adalah tentang kestabilan terbang roket tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan sensor accelerometer dan giroskop. Dengan merancang sensor accelerometer dan giroskop sebagai penyetabil gerakan serta dihubungkan dengan motor servo mg90s sebagai penggerak sirip roket. Setelah masalah kestabilan roket tersebut teratasi maka dapat digambarkan Estimasi jarak capai roket tersebut dengan menggunakan skenario terbang roket berupa grafik yang diberi gangguan dari beban. Diharapkan dengan ini dapat diperkirakan sejauh mana roket kendali ini dapat terbang jika mendapat gangguan dari beban.

Kata kunci: accelerometer, giroskop, mg90s, estimasi, beban.

Pengembangan penelitian roket di Indonesia sedikit demi sedikit telah menunjukkan hasil yang cukup memuaskan. Hal ini didukung oleh perkembangan sistem telemetri, sensor navigasi dan system aktuatornya. Dengan perkembangan teknologi roket yang cukup dewasa ini, juga tidak ketinggalan dalam bidang militer dimana roket digunakan sebagai media penghantar bahan peledak kepada sasaran yang dituju dengan daya hancur yang hebat. Sehingga militer khususnya di satuan-satuan TNI-AD sedikit demi sedikit mulai mengganti alutsista mereka dari yang konvensional menjadi roket.

Roket merupakan wahana terbang luar angkasa, peluru kendali, atau kendaraan terbang yang mendapatkan dorongan melalui reaksi roket terhadap keluarnya secara cepat bahan fluida dari keluaran mesin roket. Salah satu konsep dasar dari suatu wahana terbang adalah wahana ini harus sekuat dan seringan mungkin (Errya, 2013). Masalah yang paling mendasar dalam roket khususnya pada saat terbang adalah tentang kestabilan terbang roket tersebut. Kestabilan terbang roket banyak dipengaruhi oleh bentuk roket contohnya seperti bentuknya yang tumpul dan kurang aerodinamis sehingga tidak bisa memecah udara saat terbang, serta ukuran roket yang kadang tidak sesuai dengan besar sirip pengendali roket. Jumlah propelan yang tidak sesuai dengan besar badan roket juga sangat mempengaruhi kestabilannya. Namun dari semua masalah kestabilan roket tersebut yang paling mempengaruhi terbang roket adalah gerakan dari sirip pengendali roket yang tidak mampu merespon gerakan roket agar kembali pada kondisi stabil saat di udara sesuai arah yang telah ditentukan.

Untuk mengatasi permasalahan gerakan sirip tersebut digunakan sensor *accelerometer* dan giroskop. *Accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek baik percepatan *dynamic* dan *static*. Pengukuran *dynamic* adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran *static* adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi, dan pengukuran sudut kemiringan (*tilt*). Sedangkan giroskop adalah sensor yang digunakan untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil.

Gabungan sensor accelero-gyro dapat mengatasi permasalahan gerakan sirip roket terhadap gerakan roket. Setelah masalah kestabilan roket tersebut teratasi maka dapat digambarkan Estimasi jarak capai roket tersebut dengan menggunakan skenario terbang roket berupa grafik yang di beri gangguan dari beban. Diharapkan dengan ini dapat

diperkirakan sejauh mana roket kendali ini dapat terbang jika mendapat gangguan dari beban.

Estimasi jarak capai roket rolex dengan kontrol sirip dengan rumusan masalah yaitu berapa jarak capai roket rolex tersebut jika di ganggu dengan beban mulai dari 100 gram sampai dengan 1000 gram.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilaksanakan adalah untuk mengetahui estimasi jarak capai roket rolex yang di kontrol dengan sirip dan mendapat gangguan dari beban.

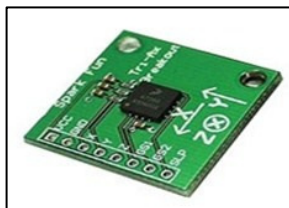
Batasan Masalah

Batasan masalah dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan mikrokontroler Atmega8.
2. Menggunakan modul sensor gy-52 MPU 6050 Gyroscope + Triaxial Accelerometer 6 axis stance sebagai penyetabil gerakan roket.
3. Menggunakan beban dari 100 gram sampai 1000 gram.

Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur akselerasi atau getaran dari pergerakan sebuah benda dan memiliki satuan m/s Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur tingkat kemiringan sebuah benda maupun keadaan arah gerak benda (apakah benda bergerak datar, menanjak, atau menurun) (Dave, 2013). Accelerometer merupakan sensor percepatan, dengan keluaran berupa tegangan per gravitasi bumi (mV/g). Sensor accelerometer mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya. Pada saat diam percepatan suatu benda nol (tegangan accelerometer nol), ketika digerakkan percepatan positif (tegangan accelerometer relatif positif dibandingkan tegangan offsetnya) dan kemudian negatif (tegangan accelerometer relatif negatif dibandingkan tegangan offset-nya), sehingga pada saat berhenti percepatannya kembali nol (Wahyudi, 2009). Accelerometer melihat akselerasi terkait dengan fenomena berat yang dialami oleh massa uji pada kerangka acuan perangkat accelerometer. Sebagai contoh, accelerometer di permukaan bumi akan mengukur akselerasi $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ lurus ke atas karena beratnya. Sebaliknya, accelerometer jatuh bebas atau di luar angkasa akan mengukur nol. Istilah lainnya untuk jenis akselerasi yang bisa diukur oleh accelerometer adalah akselerasi gaya-g. Gambar sensor accelerometer ditunjukkan pada Gambar 1 (Iwan, 2012).



Gambar 1. Sensor Accelerometer

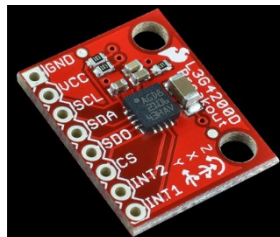
Prinsip kerja accelerometer ini berdasarkan hukum fisika, apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. Accelerometer yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka accelerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Prinsip percepatan (acceleration) yaitu sebuah per dengan beban dan dilepaskan, beban bergerak dengan suatu percepatan

sampai kondisi tertentu akan berhenti. Bila ada sesuatu yang menggoncangkannya maka beban akan berayun kembali.

Sensor Gyroscope

Gyroscope adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. *Gyroscope* menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Keluaran sensor gyroscope berupa tegangan yang sebanding dengan kecepatan sudut ($\text{mV}/^\circ/\text{s}$), sehingga dengan melakukan integral sekali terhadap isyarat keluaran sensor didapatkan data sudut (Wahyudi, 2011).

Sensor *gyroscope* satu alat navigasi dari banyak alat bantu lain semisal kompas dan GPS. *Gyroscope* gimbal (gimbal *gyro*) bekerja atas dasar prinsip kelembapan massa yang berputar. Suatu massa yang berputar cenderung mempertahankan posisi awanya. Acuan *Gyroscope* adalah posisi awalnya ketika diputar dan cenderung mempertahankan posisi itu selama berputar. Sensor gyroscope dapat mengukur sudut dari proses integral kecepatan sudut, tetapi dipengaruhi oleh sinyal *drift* yang tidak stabil. *Gyroscope* ditunjukkan pada Gambar 2. (Wahyu, 2015).



Gambar 2. *Gyroscope*

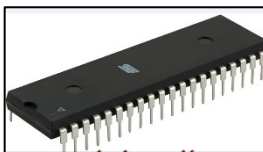
Gyroscope adalah roda berat yang berputar pada jari-jarinya. Sebuah *gyroscope* mekanis terdiri dari sebuah roda yang diletakkan pada sebuah bingkai. Roda ini berada di sebuah batang besi yang disebut dengan poros roda. Ketika *gyroscope* digerakkan, maka ia akan bergerak mengitari poros tersebut. Poros tersebut terhubung dengan lingkaran-lingkaran yang disebut gimbal. Gimbal tersebut juga terhubung dengan gimbal lainnya pada dasar lempengan. Jadi saat piringan itu berputar, unit *gyroscope* itu akan tetap menjaga posisinya saat pertama kali dia diputar. Penggunaan *Gyroscope*. Pada kapal dan pesawat, girokompas digunakan untuk navigasi. *Gyroscope* dipasang khusus sehingga tidak terpengaruh pada jatuhnya, bergulungnya, atau berputarnya kapal atau pesawat. *Gyroscope* juga digunakan untuk menjaga peralatan navigasi lainnya pada posisi yang tenang dan stabil. Sekarang *gyroscope* diaplikasikan bersama-sama dengan *accelerometer*. Ketika pengukuran *accelerometer* rudal dikombinasikan dengan pengukuran *gyroscope*, pengembang dapat merasakan gerak pada enam-sumbu yaitu atas dan bawah, kiri dan kanan, maju dan mundur, serta rotasi *roll*, *pitch* dan *yaw*.

Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya) dan perlengkapan *input output*. Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Andapun

bisa pula menulis hal-hal sebaliknya. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Anda pun bisa pula menulis hal-hal sebaliknya. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” yaitu sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler.

AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8K byte *In-System Programmable Flash*. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8L perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L bekerja dengan tegangan antara 2.7 – 5.5 V. Sedangkan untuk tegangan kerja ATmega8 tegangan antara 4.5 – 5.5 V (Rif'an, 2012). Mikrokontroler Atmega8 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remot kontrol, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem *clock* dan *reset*, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem *clock* internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal mikrokontroler sudah beroperasi. Yang dimaksud dengan sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimal mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama.

CodeVisionAVR

CodeVision AVR adalah cross-compiler berbasis bahasa C, Integrated Development Environment (IDE) dan Program Generator otomatis yang khusus dirancang untuk mikrokontroler keluarga Atmel AVR Mikrokontroler . Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini yaitu Compiler C, IDE dan Program generator. Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, Compiler C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator dan library fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, compiler C untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*).

Khusus untuk *library* fungsi, disamping *library* standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi *String*, pengaksesan memori dan sebagainya), *CodeVisionAVR* juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi *library* yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu LM75, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, *CodeVisionAVR* juga dilengkapi IDE yang sangat *user friendly*. Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis *Windows*, *CodeVisionAVR* ini telah mengintegrasikan perangkat lunak downloader (*in system programmer*) yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi kedalam sistem memori *microcontroller* AVR yang sedang diprogram.

Motor Servo mg90s

Motorservo mg90s adalah sebuah motor dengan system *closed feedback* dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali kerangkaian control yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensio meter dan rangkaian kontrol. Potensio meter berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Semakin lebar pulsa *OFF* maka akan semakin besar gerakan sumbu kearah jarum jam dan semakin kecil pulsa *OFF* maka akan semakin besar gerakan sumbu kearah yang berlawanan dengan jarum jam.

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotor nya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor Servo mg90s ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Motor Servo mg90s

Motor Servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian control elektronik dan internal gear untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Sistem Mekanik Motor Servo ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanik Motor Servo

Torsi Pada Motor

Torsi adalah kemampuan puntir yang diberikan pada suatu benda, sehingga menyebabkan benda tersebut berputar. Torsi di rumuskan dengan $T = F \times r$ dimana T (Torsi, N.m), F (Gaya, N), r (jarak, m). Yang artinya gaya dikali dengan jarak yang ditunjukkan dalam satuan Kg.m (Kg/m), Kg.cm (Kg/cm), atau N.m (N/m). Sedangkan hubungan torsi (*Torque*) terhadap daya (*power*) pada sebuah motor adalah :

$$P = \omega \cdot t$$

dimana :

ω = Kecepatan sudut, radian/detik (*Rad/s*)

P = daya atau *power*, watt (*W*)

Untuk motor listrik, rumusan untuk kecepatan sudut adalah :

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

dimana:

n = Kecepatan putaran motor (*rpm*)

Dari ketiga persamaan diatas dapat dilihat bahwa power yang dibutuhkan oleh motor sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan pada kecepatan putaran tertentu.

Rumus Gerak Fisika.

Gerak Lurus Berubah Beraturan.

Gerak lurus berubah beraturan atau GLBB adalah gerak lurus yang kecepatannya berubah secara teratur. Sebenarnya gerak lurus berubah beraturan tidak terlalu berbeda dengan gerak lurus beraturan. Yang berbeda hanya harga percepatannya saja. Pada gerak lurus berubah terdapat tiga rumus utama yang harus dipahami yaitu :

$$V_t = V_o \pm a \times t$$

$$V_t^2 = V_o^2 \pm 2 \times a \times s$$

$$S = V_o \times t \pm \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

dengan :

V_t = Kecepatan sesaat pada detik ke t (m/s)

V_o = kecepatan awal (m/s)

S = Jarak (m)

t = Waktu (s)

a = Percepatan (m/s^2)

Tanda $\pm$ bergantung pada a , jika merupakan percepatan maka gunakan tanda tambah (+), jika merupakan perlambatan maka gunakan tanda kurang (-)

Gerak Melingkar.

Gerak melingkar (atau *gerak sirkuler*; bahasa Inggris: *circular motion*) adalah gerak suatu benda yang membentuk lintasan berupa lingkaran mengelilingi suatu titik tetap.

Nilai kecepatan sudut dapat dicari jika diketahui frekuensi ataupun periodenya.

Untuk mencari nilai kecepatan sudut (ω) dipakai rumus:

$$\omega = 2 \times \pi \times f \text{ atau } \omega = 2 \times \pi / T$$

Dimana:

ω = kecepatan sudut (rad/s)

$$\pi = 22/7 \text{ atau } 3,14$$

Estimasi.

Estimasi adalah suatu metode dimana kita dapat memperkirakan nilai dari suatu populasi dengan menggunakan nilai dari sampel. Estimator adalah nilai pendugaan/suatu data statistic, sebagai sampel yang digunakan untuk mengisi suatu parameter.

METODE

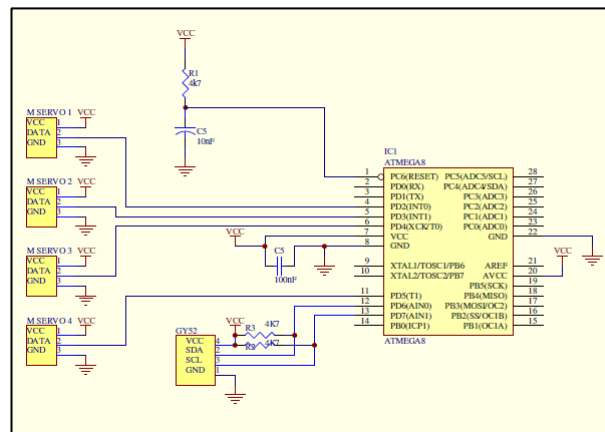
Parameter Penelitian

Pada penelitian ini akan dicari error dari perhitungan matematika dengan pengujian sebenarnya dan pada pengujian akan digunakan beban statis mulai dari 100 gram sampai dengan 1000 gram.

Skema Perancangan

Perancangan Roket

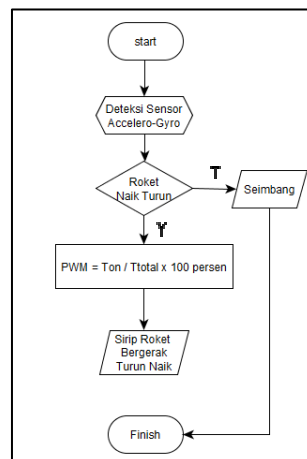
1. Alat dan Bahan
 - a. Sensor *accelerometer* dan *gyroscope*.
 - b. Mikrokontroler Atmega8
 - c. Motor Servo
 - d. CodeVision AVR
2. Sistem Keseluruhan



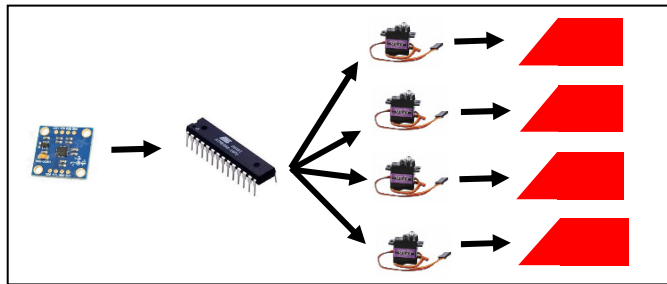
Gambar 6. Perancangan Sistem

Rancangan Penelitian

Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 7. Flowchart

Blok Diagram**Gambar 8.** Blok Diagram Sistem**PEMBAHASAN****Hasil Pengujian Motor Servo****Tabel 1.** Hasil pengujian motor servo

No	Pulsa (ms)	Sudut motor (°)
1	1,5	0
2	1,37	-22
3	1,62	+22
4	1,25	-45
5	1,75	+45
6	1,12	-67
7	1,87	+67
8	1	-90
9	2	+90

Dari tabel diatas di peroleh motor servo dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan sudut gerakan motor dengan cara membagi pulsa pada motor servo tersebut. Dengan hasil ini dapat di ambil kesimpulan jika motor servo dapat digunakan dalam pengujian ini.

Hasil Pengujian Sirip Terhadap Beban Dengan Perhitungan.

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &\rightarrow t = F \times l \\
 &= m \times g \times l \\
 \text{Torsi}_{100\text{gr}} &= 0,1 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 0,981 \times 0,04 \\
 &= 0,03924 \text{ Nm} \\
 &= 0,4001366419725 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{250\text{gr}} &= 0,25 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 2,4525 \times 0,04 \\
 &= 0,0981 \text{ Nm} \\
 &= 1,00341604931 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{450\text{gr}} &= 0,45 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 4,4145 \times 0,04 \\
 &= 0,17658 \text{ Nm} \\
 &= 1,800614888876 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{500\text{gr}} &= 0,5 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 4,905 \times 0,04 \\
 &= 0,1962 \text{ Nm} \\
 &= 2,000683209863 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{600\text{gr}} &= 0,6 \times 9,81 \times 0,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,886 \times 0,04 \\
 &= 0,23544 \text{ Nm} \\
 &= 2,400819851835 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{700\text{gr}} &= 0,7 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 6,867 \times 0,04 \\
 &= 0,27468 \text{ Nm} \\
 &= 2,800956493808 \text{ kgf/cm} \\
 \text{Torsi}_{1000\text{gr}} &= 1 \times 9,81 \times 0,04 \\
 &= 9,81 \times 0,04 \\
 &= 0,3924 \text{ Nm} \\
 &= 4,001366419725 \text{ kgf/cm}
 \end{aligned}$$

Hasil Pengujian Sirip Terhadap Beban Statis

Tabel 2. hasil pengujian sirip terhadap beban statis dengan pulsa 1 ms, 1,2 ms dan 1,4 ms.

No	Beban		Sudut Motor (°)
	gram (g)	Newton (N)	
1	100	0,981	± 20
2	250	2,4525	± 20
3	450	4,4145	± 20
4	500	4,905	± 20
5	600	5,886	-20
6	700	6,867	-20
7	1000	9,81	-20

Dari hasil pengujian dengan beban statis diperoleh sirip masih dapat bergerak maksimal yaitu 20° ke kiri dan 20° ke kanan pada beban 50 sampai 500 tapi pada beban 500 ke atas sirip sudah tidak mampu bergerak lagi.

Hasil Pengujian Waktu Respon Sirip

Dengan Perhitungan.

Pengujian terhadap waktu respon sirip selanjutnya akan dibuktikan dengan perhitungan matematika yang dikaitkan dengan rumus kecepatan sudut.

$$\begin{aligned}
 \omega &= 2 \times \pi \times f \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \\
 &= 314 \text{ rad/s} \\
 \Theta &= \omega \times t \\
 t &= \Theta / \omega \\
 &= 20 / 314 \\
 &= 0,0636943 \text{ s} \rightarrow 63,6943 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Hasil Pengujian Waktu Respon Sirip Dengan Beban.

Tabel 3. hasil pengujian waktu respon sirip terhadap beban.

No	Beban		Sudut Motor (°)	Time Respon (ms)			Rata-rata (ms)
	gram (g)	Newton (N)		1	2	3	
1	100	0,981	± 20	153	179	204	178
2	250	2,4525	± 20	281	307	350	312
3	450	4,4145	± 20	383	409	460	417
4	500	4,905	± 20	588	537	563	562
5	600	5,886	-20	639	614	691	648
6	700	6,867	-20	706	742	767	738
7	1000	9,81	-20	895	819	844	852

Estimasi Jarak Capai Roket.

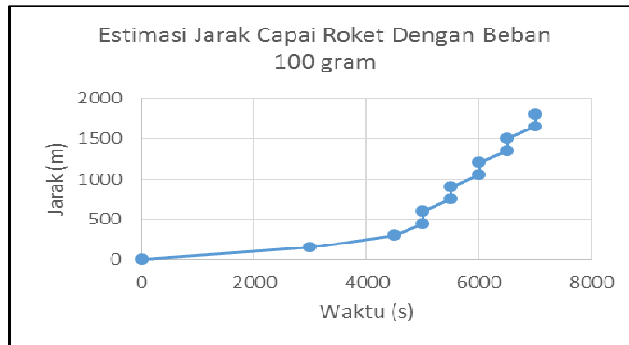
Kecepatan roket = 1 mach = 340 m/s

$$S = V_0 \times t - \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$S = 340 \times 7 - \frac{1}{2} \times 9,81 \times 7^2$$

$$= 2380 - 240,345$$

$$= 2139,655 \text{ m}$$



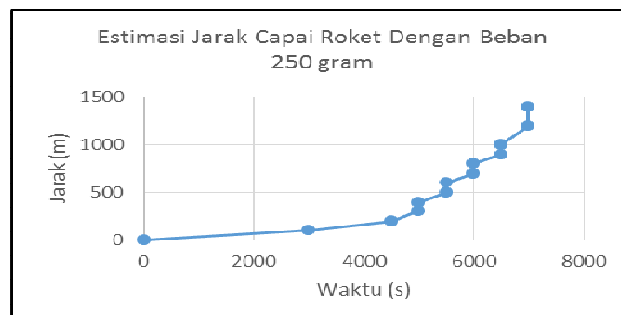
Gambar 9. Estimasi jarak capai roket dengan beban 100 gram

$$S = V_0 \times t - \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$S = 340 \times \{7000 - (178 \times 11)\} - \frac{1}{2} \times 9,81 \times \{7000 - (178 \times 11)\}^2$$

$$S = 1714,28 - 124,69375$$

$$S = 1589,5863 \text{ m}$$



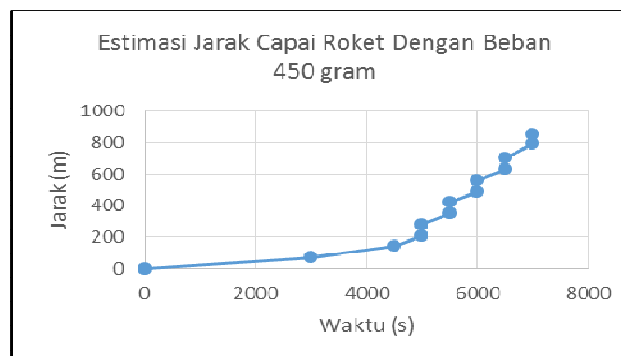
Gambar 10. Estimasi jarak capai roket dengan beban 250 gram

$$S = V_0 \times t - \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$S = 340 \times \{7000 - (312 \times 11)\} - \frac{1}{2} \times 9,81 \times \{7000 - (312 \times 11)\}^2$$

$$S = 1213,12 - 6,365312$$

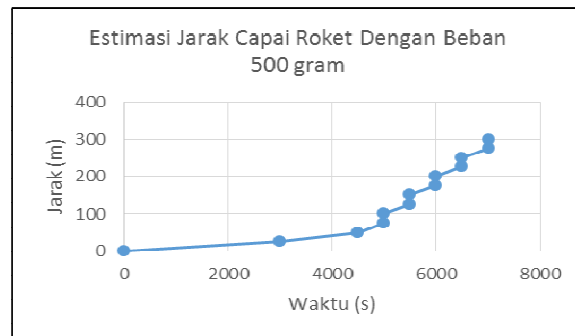
$$S = 1206,7547 \text{ m}$$



Gambar 11. Estimasi jarak capai roket dengan beban 450 gram

$$S = V_0 \times t - \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$\begin{aligned}
 S &= 340 \times \{7000 - (417 \times 11)\} - \frac{1}{2} \times 9,81 \times \{7000 - (417 \times 11)\}^2 \\
 S &= 820,42 - 28,559701 \\
 S &= 791,8603 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 12. Estimasi jarak capai roket dengan beban 500 gram

$$\begin{aligned}
 S &= V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2 \\
 S &= 340 \times \{7000 - (562 \times 11)\} + \frac{1}{2} \times 9,81 \times \{7000 - (562 \times 11)\}^2 \\
 S &= 278,12 + 3,2820532 \\
 S &= 274,83795 \text{ m}
 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil dan pembahasan di atas adalah sebagai berikut :

1. Torsi motor dari hasil pengujian dan perhitungan matematika sesuai dengan yang tertera pada *datasheet* motor.
2. Semakin berat beban yang diberikan pada sirip semakin lama juga waktu respon sirip tersebut untuk kembali stabil.
3. Semakin berat beban yang diberikan pada roket semakin lama juga waktu respon sirip untuk kembali stabil sehingga menyebabkan jarak capai roket semakin dekat.

Saran

Ada beberapa saran yang dapat saya berikan agar dikemudian hari alat ini dapat bekerja lebih maksimal.

1. Agar diperhitungkan untuk ukuran roket agar dapat memuat motor yang lebih besar serta memiliki torsi yang kuat.
2. Agar dapat dilakukan uji di wind tunnel supersonic untuk mengetahui gerakan roket.

Daftar Pustaka

- Dave Emmanuel, M. Ichwan, Noviyantoro S., "Perancangan dan Implementasi Alat Bantu Sistem Navigasi Menggunakan Modul Navigasi Berbasis Sistem Operasi Android", Jurnal Elka Rekomika, ITENAS vol.1, No.1, januari 2013.
- Errya Satrya, Holder Simorangkir, "Kajian Tentang Rancangan Motor Roket Rx100 Menggunakan Pendekatan Gaya Dorong Optimal", Jurnal Mat Stat, Vol.13, No.1, Januari 2013.
- Iwan Tirta, Romi Wiryadinata, "Signal Conditioning Test for Low-Cost Navigation Sensor", Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia, SETRUM vol.1, No.1, juni 2012.
- Mochammad Rif'an, Waru Djuriatno, Nanang Sulistiyanto, Ponco Siwindarto Nurdinawati, Ponco Siwindarto, M Aswin Dan Vita, "Pemanfaatan 3 Axis

- Gyroscope L3g4200d Untuk Pengukuran Sudut Muatan Roket”,. Jurnal Eeccis Vol. 6, No. 2, Desember 2012.
- Wahyudi, Adhi Susanto, Sasongko P. Hadi, Wahyu Widada, “Penentuan Faktor Kalibrasi Accelerometer Mma7260q Pada Ketiga Sumbu”, Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Jilid 11, No.1, Maret 2009.
- Prisko Ketaren, Lio, (2015), *Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metoda Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif*, Jurnal ELEMENTER. Vol. 1, No. 2.
- Wahyudi, Wahyu Widada, “Perbandingan Antara Tapis Kalman Dan Tapis Eksponensial Pada Sensor Accelerometer Dan Sensor Gyroscope”, Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011) Isbn 979-26-0255-0.
- Wahyu Widada,” Metode Adaptif Frekuensi-*Cutoff* Untuk *Complementary Filter* Pada *Accelerometer* Dan *Gyroscope* Untuk Sudut *Pitch* Dan *Roll* Wahana Terbang”, Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 13, No. 1, Juni 2015.