

## RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SIRIP ROKET BAGIAN RUDDER MENGUNAKAN KONTROL PID

**Khairul Anwar, Anggraini Puspita Sari, Desyderius Minggu**

**Abstrak :** Pengendalian Rudder Roket Menggunakan Kontrol PID bagi TNI sangat bermanfaat. Dengan menggunakan kontrol PID akan mempercepat respon pergerakan sirip roket. Sehingga pada saat Roket diluncurkan dapat mencapai hasil yang maksimal. Perencanaan dan pembuatan alat dibangun dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu Modul GY 52, mikrokontroler ATmega8, motor servo dan mekanik. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan yaitu software sebagai alat pengendali. Dalam pembuatan alat yang dimaksud supaya dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dan cara kerja komponen-komponen yang digunakan. Hal ini perlu dikuasai sebaik-baiknya untuk menghindari kesalahan penggunaan komponen yang mengakibatkan kegagalan dalam pembuatan alat. Pada perencanaan hardware akan meliputi seluruh perihal yang digunakan pada sistem. Pada perencanaan software merupakan piranti lunak meliputi flowchart dan software secara umum. Perangkat tersebut saling terintegrasi sehingga dalam kerjanya dapat maksimal sesuai apa yang diharapkan.

**Kata Kunci :** ATmega8, modul gy 52, motor servo.

### PENDAHULUAN

Roket merupakan wahana luar angkasa, peluru kendali, atau kendaraan terbang yang mendapatkan dorongan melalui reaksi pembakaran dari pembakaran *propellant*. Dorongan ini terjadi karena reaksi cepat pembakaran atau ledakan dari satu atau lebih bahan bakar yang dibawa dalam *chamber* roket. Bahan bakar *propellant* merupakan bahan bakar sebagai sumber tenaga penggerak pada roket yang mengalami proses pembakaran di dalam ruang bakar. Hasil dari proses pembakaran *propellant* didalam ruang bakar menghasilkan tekanan dan panas yang sangat tinggi selanjutnya dikeluarkan melalui *nozzle* yang terletak di bagian belakang roket. Akibatnya terjadi gaya dorong yang menggerakkan roket kedepan[1]. Definisi roket sering digunakan untuk merujuk kepada mesin roket. Roket bermula untuk penggunaan militer pada abad 13 masehi. Penggunaan roket secara intensif untuk militer, industri dan ilmu pengetahuan dimulai pada awal abad 20. Roket digunakan untuk persenjataan, kendaraan peluncur luar angkasa untuk Satelit buatan, dan eksplorasi ke planet lain.

Kebanyakan roket saat ini adalah roket kimia. Mesin roket ini memerlukan bahan bakar padat atau cair, seperti bahan bakar cair *Booster / penguat Pesawat ulang-alik* dan mesin utamanya digunakan untuk melepaskan diri dari gravitasi bumi. Reaksi kimia dimulai dengan bahan bakar (dengan udara atau oksigen bila di ruang angkasa) dan gas panas yang dihasilkan mengalir dengan tekanan tinggi keluar melalui saluran yang menuju ke arah belakang roket. Tekanan gas yang menyembur keluar inilah yang menghasilkan gaya dorong bagi roket sehingga roket dapat bergerak maju atau ke atas.

Roket 90R adalah roket *subsonic* roket anti kapal selam dengan jarak luncur 600 - 4000m. Untuk jarak efektif sasaran 130m. Untuk jenis roket 90R mempunyai kecepatan 15m/s. Pada roket ini muncul berbagai permasalahan diantaranya adalah kurang stabilnya roket saat diluncurkan dan tidak sesuainya jarak yang ditentukan dengan isian *propellant* pada roket. Dalam permasalahan ini sistem sirip pada roket yang awalnya

tetap dijadikan bisa bergerak karena diberikan sistem kontrol sirip actuator roket kendali. Pada actuator ini digunakan sirip untuk mengatur pergerakan arah dari roket.

Pembahasan tentang pengendalian roket khususnya pada sirip sebelumnya pernah dibahas oleh Rika Andiarti dan Edi Sofyan pada tahun 2010 yaitu tentang Sistem Kendali Roket Untuk Gerak *Unpitching* masih mengalami kendala yaitu untuk sasaran atau target belum sesuai dan uji kontrol PID dengan mekanik masih banyak *error*. Kemudian Angger Panji Nirwana pada tahun 2016, yaitu tentang Desain Sistem kontrol Posisi dan Keseimbangan Roket Dalam Menjaga Sudut Luncur tetapi masih memiliki kekurangan yaitu untuk respon masih kurang dan pergerakan sirip saat roket diluncurkan masih belum stabil. Selanjutnya, penulis akan membahas mengenai pengendalian sirip roket bagian *rudder*. Sirip *rudder* merupakan kendali yang dapat membelokkan hidung roket ke kiri dan ke kanan atau yang disebut dengan gerak *yaw*. Pada perancangan pengendalian sirip roket ini digunakan jenis pengendalian kontrol PID (*Proportional Integral Derivative controller*). PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi dan akselerasi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh besar dari ketiga parameter P, I dan D. Pemilihan konstanta  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diatur lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan [2]. Penggunaan kontrol PID diharapkan mampu memberikan respon kestabilan yang baik untuk roket saat diluncurkan.

Pada kendali ini digunakan sirip untuk mengatur pergerakan arah dari roket. Sirip ini dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan data serial dari pusat kendali berupa besaran sudut yang diinginkan sehingga pergerakan dari sirip ini akan menstabilkan arah dari roket. Sebagai penggeraknya digunakan motorservo. Motorservo adalah sebuah motor dengan system *closed feedback* dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali kerangkaian control yang ada di dalam motor servo [3].

Untuk menghasilkan respon system yang baik, maka motor servo yang dikontrol oleh mikrokontroler harus menggunakan sistim control *closed-loop* (lingkar tertutup) yaitu menggunakan kontrol PID. Parameter – parameter control PID ditentukan dengan cara mencari nilai parameter PID secara teoritis. Penentuan nilai parameter yang tepat akan menghasilkan respon yang baik. Dengan harapan akan memperkesil semaksimal mungkin *error* yang terjadi.

## **METODE**

### **Kemiringan Sudut**

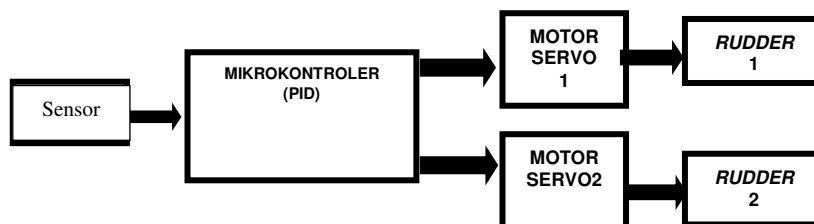
Dalam perancangan ini digunakan *accelerometer type MPU 6050* yang memiliki sensitivitas 0.66V/g. Metode yang digunakan untuk mengukur sudut kemiringan ini adalah dengan memanfaatkan percepatan statik akibat gaya gravitasi bumi. *Accelerometer* akan berinteraksi dengan gravitasi bumi, pada kondisi tegak lurus accelerometer mengalami percepatan sebesar 1 g [4].

### **Kecepatan Sudut**

Untuk mengatur kecepatan sudut diperlukan sebuah sensor. Sensor tersebut dapat digunakan untuk mengkompensasi kecepatan yang berlebihan. Salah satu sensor yang digunakan adalah *Gyroscope*. Kecepatan sudut ini akan terjadi saat kontroler berusaha untuk membuat kemiringan sistem menjadi  $0^\circ$  pada sirip roket [5].

### **Blok Diagram**

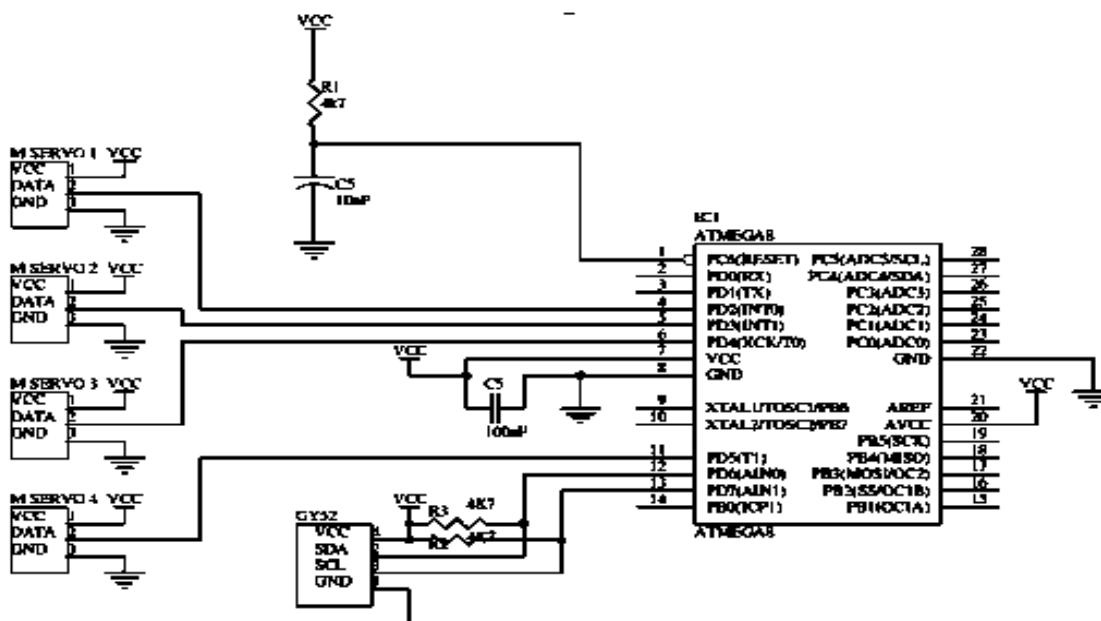
Dalam pembuatan sistem kendali roket 90R bagian *rudder* ditunjukkan dengan blok diagram alat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram sistem

### Perancangan rangkaian Keseluruhan

Pada sistem perancangan rangkaian keseluruhan menggunakan mikrokontroler ATmega8 seperti Gambar 2.

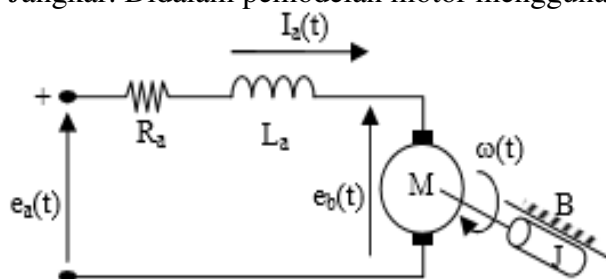


Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan

### Pemodelan Sistem

Pada perancangan sistem kontrol PID menggunakan pemodelan sistem sebagai berikut:

Pemodelan Motor Jangkar. Didalam pemodelan motor menggunakan kontrol PID.



Gambar 3. Pemodelan Motor Jangkar

Berdasarkan rangkaian dasar pada Gambar 3.3. maka dapat ditentukan analisis secara elektrik, mekanik, sifat motor dan sifat generator.

Bagian Elektrik

$$e_a(t) - e_b(t) = L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) \quad (1)$$

Bagian Mekanik

$$T(t) = I \cdot a \quad (2)$$

Sifat Motor

$$T(t) = K_m \cdot i_a \quad (3)$$

Sifat Generator

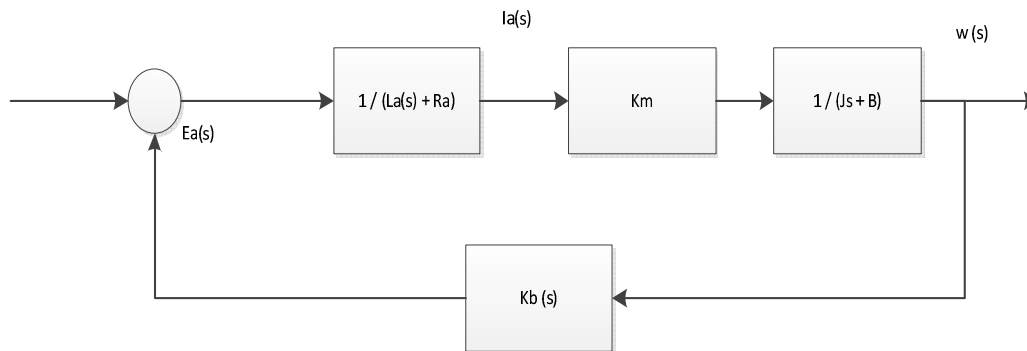
$$e_b(t) = K_b \cdot w(t) \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka didapat:

$$\begin{aligned} \frac{di_a(t)}{dt} &= 1/L (e_a(t) - e_b(t) - R_a I_a) \\ \frac{dw(t)}{dt} &= 1/J (K_m \cdot I_a(t) - Bw(t)) \end{aligned} \quad (5)$$

### Fungsi Alih

Setelah menentukan pemodelan motor selanjutnya menentukan pemodelan fungsi alih seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Fungsi Alih

Dalam pemodelan fungsi alih dari Gambar 4. maka didapatkan hasil

$$H(s) = \frac{I_s + B}{L_a J s^2 + (R_a J + B L_a) s + B \cdot R_a + K_m K_B} \quad (6)$$

Spesifikasi motor yang digunakan pada sistem.

$e_a(t)$  = input = tegangan jangkar = 5 V

$I_a(t)$  = arus jangkar = 35 A

$w(t)$  = output

$R_a$  = tahanan jangkar = 0,33  $\Omega$

$L_a$  = induktansi jangkar = 0,009 H

$I(J)$  = momen inersia = 0,1433 N.m.s<sup>2</sup> / rad

$T$  = 61,95 N.m

$B$  = beban (friction) = 0,5144 N.m.s/ rad

$K_m$  = 1,7699 N.m / A

$K_b$  = 1,897 V.s/ rad

$$H(s) = \frac{0,1433s + 0,5144}{0,0013 s^2 + (0,047 + 0,0046)s + 0,169 + 3,39}$$

Dari hasil fungsi alih tersebut dapat ditentukan parameter PID yang ditunjukkan pada Gambar 5.

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.
>> s = tf ('s');
>> sys = ((0.143*s) + 0.51) / ((0.0013* s^2) + (0.083*s) + 3.39)

sys =

      0.143 s + 0.51
-----
      0.0013 s^2 + 0.083 s + 3.39

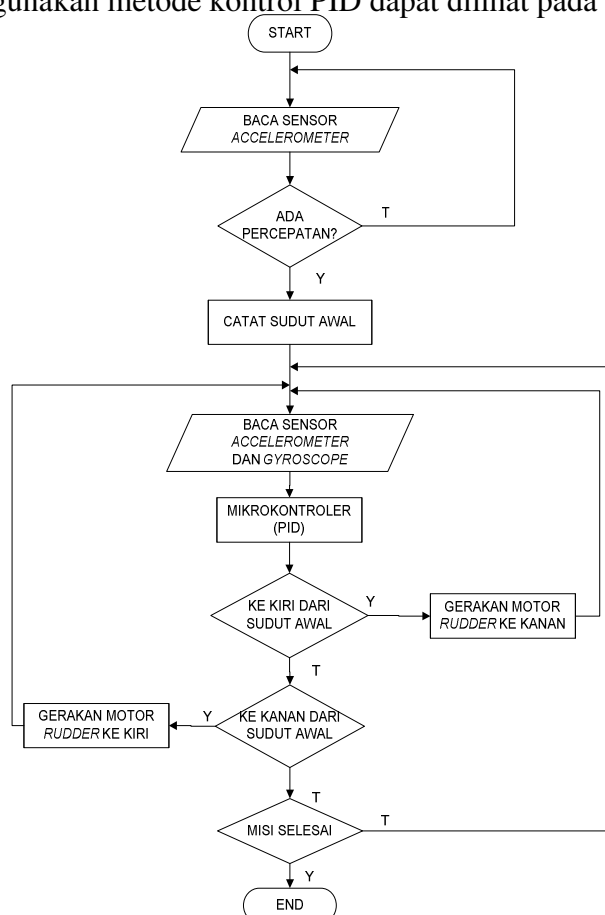
Continuous-time transfer function.

>> pidtool (sys)
fx
  
```

**Gambar 5.** Penentuan Parameter PID

### Desain Software

Diagram alir (*Flowchart*) perencanaan *software* yang akan dibuat yaitu *flowchart* sistem secara keseluruhan yang menggambarkan cara kerja secara keseluruhan dari sistem yang dibuat. *Flowchart* yang digunakan dalam penelitian kendali sirip roket bagian *rudder* menggunakan metode kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Flowchart Keseluruhan

Penjelasan tentang *flowchart* :

Pada saat posisi roket tidak seimbang, sensor *accelerometer* dan *gyroscope* membaca data dari gerakan roket. Kemudian data tersebut di kirim ke mikrokontroler

ATmega8 untuk diolah. Dari mikrokontroler data di kirim ke driver selanjutnya driver memerintahkan motor untuk menggerakkan sirip *rudder* sesuai program yang telah di berikan dan di bantu oleh kontrol PID agar respon yang di hasilkan baik. Ketika roket bergerak ke kanan maka sirip *rudder* akan bergerak ke kiri apabila roket bergerak kekiri maka sirip *rudder* bergerak kekanan sampai diperoleh ke stabilan.

## PENGUJIAN DAN ANALISIS

### Pengujian Sensor

Pengujian ATmega8 dengan Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Tabel 1. menunjukkan data dari pengujian sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope* dengan menggunakan mikrokontroler.

**Tabel 4.1.** Data Sensor

NO	Sudut Sensor (°)	Data Sensor (°/s)
1	0	0000
2	±5	±0650
3	±10	±1300
4	±15	±1950
5	±20	±2600
6	±25	±3250
7	±30	±3900
8	±35	±4550
9	±40	±5200
10	±45	±5850

Dari hasil pengujian sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dengan rangkaian ATmega8 dapat memperoleh data yang ditampilkan pada LCD ukuran 16x4 dengan cara menggerakkan sensor dari sudut 0° sampai 45°. Tanda ± adalah menandakan apabila + berarti menggerakkan sensor ke kanan dari 0° dan – adalah menggerakkan sensor ke kiri dari 0°.

### Hasil Pengujian motor Servo

Dari hasil pengujian motor servo dengan rangkaian ATmega8 dapat diperoleh data pada LCD ukuran 16x4 dengan cara memasukkan nilai PWM, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 4.2.** Data Servo

NO	PWM	SUDUT SERVO (°)
1	1	0
2	1,25	45
3	1,5	90
4	1,75	135
5	2	180

Dari hasil pengujian Tabel 4.2 didapat data motor servo, yaitu dengan memberi nilai PWM 1-2 maka motor servo bergerak antara sudut 0° sampai 180°.

### Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian bertujuan untuk mengetahui proses kerja alat apakah sudah berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Tabel 4.3. Hasil Pengujian Data Keseluruhan.

**Tabel 4.3.** Data Keseluruhan

NO	SUDUT SENSOR (°)	SUDUT SERVO (°)
1	0	0
2	10	-10
3	20	-20
4	30	-30
5	40	-40
6	-5	5
7	-15	15
8	-25°	25°
9	-35°	35°
10	-45°	45°

Tabel 4.3. dapat dilihat hasil dari sudut sensor dan sudut servo, bahwa pergerakan sudut sensor berbanding terbalik terhadap sudut motor servo.

#### **Pengujian Menggunakan Wind Tunnel**

Pada pengujian menggunakan *wind tunnel* dilakukan untuk menguji sirip roket bagian *rudder*. Pengujian dilakukan dengan memberikan kecepatan yang berbeda beda pada *wind tunnel* dari 8 – 14 m/s.

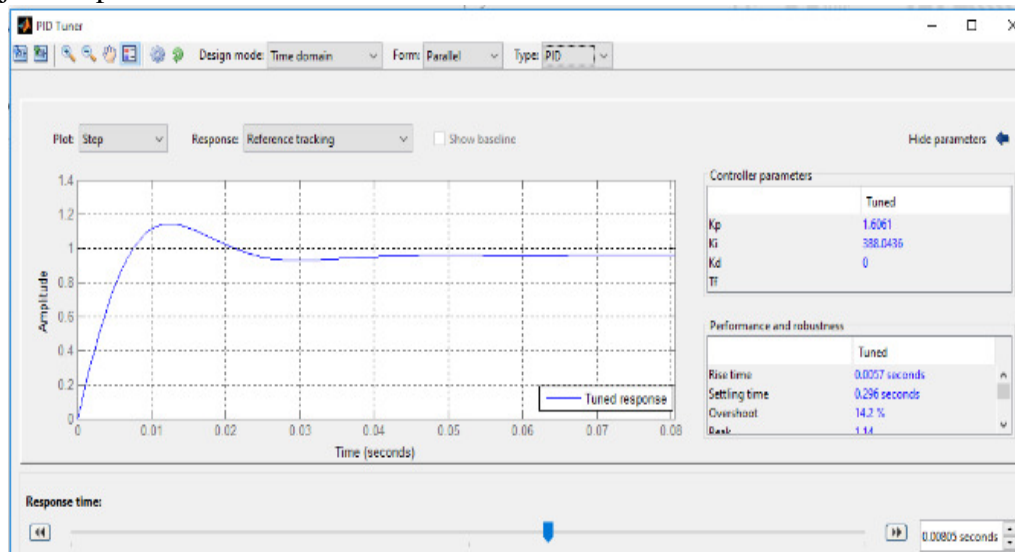
**Tabel 4.4.** Data *Wind Tunnel*

NO	KECEPATAN (m/s)	SUDUT (°)	WAKTU RESPON (ms)			RATA-RATA (ms)
			UJI 1	UJI 2	UJI 3	
1	8	20	60	71	70	67
	8	40	185	203	197	195
	8	60	380	377	374	377
2	9	20	132	140	133	135
	9	40	200	208	204	204
	9	60	377	392	380	383
3	10	20	281	269	263	271
	10	40	355	370	373	366
	10	60	435	458	436	443
4	11	20	325	332	339	332
	11	40	420	433	425	426
	11	60	560	575	602	579
5	12	20	397	405	398	400
	12	40	454	465	437	452
	12	60	600	605	610	605
6	13	20	400	415	412	409
	13	40	469	482	483	478
	13	60	700	712	709	707
7	14	20	440	429	433	434
	14	40	580	575	582	579
	14	60	776	782	770	776

Berdasarkan hasil Tabel 4.4. dapat dilihat pengujian dengan sudut 20°, 40°, 60° dengan kecepatan 8-14m/s pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Setiap pengambilan data waktu respon dihasilkan nilai yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan pada saat menggerakkan sensor menghasilkan kecepatan pergerakan yang tidak sama ke sudut yang diinginkan.

## Kontrol PID

Untuk melihat hasil respon dari fungsi alih yang telah dimodelkan pada Bab 3 ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Simulasi Fungsi Alih

Dari hasil simulasi fungsi alih pada Gambar 7. diperoleh dari nilai  $k_p$ -1,60 kemudian nilai  $k_i$ -388 dan  $k_d$ -0 dan menghasilkan waktu 0,067 detik untuk menuju ke *steady state*.

### Analisis

Berdasarkan hasil analisis percobaan dan pengujian keseluruhan, pergerakan sirip roket dengan menggunakan kontrol PID hasil respon telah memenuhi syarat, diperoleh nilai dari PID tuner untuk *settling time* adalah 0.296 detik, *risetime* pada 0.0057 detik, *overshoot* sebesar 14.2%, *peak time* pada 1.14, *delay time* diperoleh 0.48 detik dan *steady state* selama 0.067 detik. Jadi waktu yang diperlukan sirip roket bagian *rudder* pada saat ada pergerakan sudut dari roket dan untuk menstabilkan membutuhkan waktu selama 0.067 detik.

## KESIMPULAN

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem kerja yang dilanjutkan pada tahap pengujian untuk mendapat hasil dan dianalisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancangan kontrol PID untuk mengendalikan pergerakan sirip roket yaitu dengan menggunakan Pemodelan sistem, penentuan fungsi alih dan menentukan parameter PID kemudian disimulasikan ke matlab.
2. Parameter PID yang digunakan sudah sesuai dan diperoleh nilai  $k_p$ -1,60 ;  $k_i$ -388 dan  $k_d$ -0 telah cukup untuk menghasilkan respon pada sirip roket bagian *rudder*.
3. Perancangan *hardware* dan *software* telah sesuai sehingga waktu yang diperoleh sirip untuk kembali ke posisi awal selama 0,067 detik dengan menggunakan kontrol PID.

## DAFTAR RUJUKAN

Arief Mardiyanto, “Analisis *Random Noise* Pada Proses Pembakaran Motor Roket”, Teknik Elektro Politeknik Negri Lhokseumawe, Jurnal Litek volume 5 nomor 2, September 2008: hal. 46-48.



- Vikram Balaji, “*Optimization of PID Control for High Speed Line Tracking Robots*”, *Procedia of Science* Vol. 76, Department of ECE, Government College of Engineering Salem, 2015 Of India.
- Adam Kurnia, Oetomo, “Perancangan Antarmuka instrumentasi Dan Pengendali Motor Servo Berbasis Oktave”, *Teknologi Informasi, Jurnal Telematika*, Vol.10, No.1, Institute Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, Agustus 2015, ISSN : 1858-2516.
- Mochammad Rif’an, Waru Djuriatno, Nanang Sulistyanto, Ponco Siwindarto, Vita Nurdinawati, “Pemanfaatan 3 Axis *Gyroscope* L3G4200D Untuk Pengukuran Sudut Muatan Roket”, *Jurnal EECCIS* Vol. 6, No. 2, Desember 2012.
- Eric Strake, “*Lumped Circuid Model For Gyro Sensor Incorporating Coriolis And Centri Fugal Force*”, *Procedia Engineering* Vol. 87, p. 432- 435, Institute Of Light Weight Engineering And Polymer Technology, Technische University 2014 Of Germany