

**KONTROL DAYA DORONG PESAWAT TERHADAP
PERUBAHAN FLOW UDARA**

**MAKALAH SEMINAR HASIL
KONSENTRASI TEKNIK SISTEM KONTROL**



Disusun Oleh :

**HERNAWAN KRISTIANTO
NIM : 0710630028 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

**KONTROL DAYA DORONG PESAWAT TERHADAP
PERUBAHAN FLOW UDARA**

**MAKALAH SEMINAR HASIL
KONSENTRASI TEKNIK SISTEM KONTROL**



Disusun Oleh :

**HERNAWAN KRISTIANTO
NIM : 0710630028 - 63**

TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. Purwanto, M.T.
NIP. 19540424 198601 1 001**

**Ir. Bambang Siswojo, M.T.
NIP. 19621211 198802 1 001**

KONTROL DAYA DORONG PESAWAT TERHADAP PERUBAHAN FLOW UDARA

Hernawan Kristianto¹, Purwanto, Ir., MT.², Bambang Siswojo, Ir., MT.³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: nandhapamadyaputra@ymail.com

Abstrak— Pesawat tanpa awak atau yang dikenal juga dengan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dewasa ini sangat gencar dikembangkan, karena berpotensi untuk membantu eksplorasi, penjelajahan, dan pertambangan

Salah satu yang mejadi masalah utama untuk pesawat tanpa awak seperti UAV ini adalah bentuknya yang biasanya lebih kecil daripada pesawat pada umumnya sehingga adanya perubahan tekanan udara sedikit saja mampu untuk mengganggu laju terbang pada UAV ini.

Salah satu solusi dari permasalahan diatas adalah dengan menambahkan sensor tekanan yang berhubungan langsung dengan propeller dan dikendalikan secara otomatis menggunakan metode kontrol PID. Karena keunggulan dari PID adalah memiliki respon yang halus dan sangat cepat. Dan terbukti dengan setelan PID terbaiknya $K_p = 2$, $K_d = 3,5$ dan $K_i = 1,2$ hal ini menunjukkan sistem dapat memberikan respon yang baik dengan toleransi 5% dari setpoint yang ditentukan dan mampu kembali steady ketika mendapatkan gangguan melalui pengujian windtunnel/ terowongan angin

Kata Kunci : PID, Daya Dorong, Load Cell,

I. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak (Unmanned Aerial Vehicle atau yang disingkat UAV) saat ini gencar digunakan untuk mengeksplorasi hasil tambang, mineral, dan tempat - tempat yang tidak dapat dijangkau oleh manusia. Ada beberapa macam gaya yang bekerja pada UAV. Gaya-gaya ini meliputi gaya angkat (lift), gaya dorong (thrust), gaya berat (weight), dan gaya hambat udara (drag). Gaya-gaya inilah yang mempengaruhi performa UAV untuk dapat terbang.

Pada penerbangan yang stabil, jumlah gaya yang berlawanan adalah sama dengan nol. Tidak ada ketidak seimbangan dalam penerbangan yang stabil dan lurus (hukum ketiga newton). Hal ini berlaku pada penerbangan yang mendarat, mendaki, dan menurun.

Pada umumnya kecepatan baling – baling UAV adalah konstan tergantung dari kecepatan motor DC yang menggerakannya. Sehingga dihasilkan gaya dorong (thrust) yang konstan hal ini berbanding terbalik dengan gaya hambat udara (drag) yang berubah – ubah. Hal ini dapat menyebabkan kondisi pesawat menjadi tidak stabil. Untuk itu diperlukan sebuah pengaturan pada kecepatan motor baling – baling pesawat sehingga menghasilkan gaya dorong

(thrust) yang dapat menyesuaikan dengan kondisi di sekitarnya.

Terutama ketika pesawat akan mengudara (take off) ataupun ketika akan mendarat (landing) . dibutuhkan sebuah kemampuan daya dorong pesawat yang dapat mengimbangi gangguan flow dari tekanan angin di sekitar pesawat. Diharapkan kepekaan daya dorong yang dihasilkan pesawat dalam mengimbangi flow udara yang berbeda dapat menjaga kestabilan pesawat mengudara ataupun ketika pesawat mendarat sehingga dapat meminimalisir resiko pesawat akan jatuh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Load Cell

Load cell adalah alat yang mengeluarkan sinyal listrik yang proporsional dengan gaya yang diterima. Load cell terdiri dari strain gauge yang dipasang sedemikian rupa sehingga membentuk jembatan wheatstone. Strain gauge diletakkan pada dua sisi dari load cell dan dikalibrasi dengan amperemeter. Dua strain gauge yang dipasang berbalikan akan memberikan reaksi sesuai dengan perubahan pada panjang kolom. saat mengalami keadaan “gendut/gembung”. Panjang pada sepasang Strain Gauge memendek, diameter kawatnya membesar dan hambatannya berkurang. Sementara sepasang yang lain jadi memanjang, diameter kawatnya mengecil dan hambatannya bertambah. Ketika kita kalibrasi dengan amperemeter maka sinyal listrik tadi akan dapat kita baca.

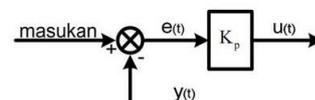
2.2 Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

2.2.1 Kontroler Proporsional

kontrol proporsional berfungsi untuk memperkuat sinyal kesalahan penggerak (sinyal error), sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik referensi. Hubungan antara input kontroler $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada persamaan 1 berikut:

$$u(t) = K_p e(t) \dots \dots \dots$$

K_p adalah konstanta proporsional. Diagram blok kontrol proporsional ditunjukkan pada gambar berikut:



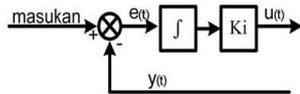
Gambar 2.1. Diagram blok kontrol proporsional

2.2.2 Kontroler Integral

Kontrol integral pada prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan kesalahan keadaan tunak (offset) yang biasanya dihasilkan oleh kontrol proporsional. Hubungan antara output kontrol integral $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada persamaan 2 berikut:

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) dt \dots \dots \dots$$

K_i adalah konstanta integral. Diagram blok kontrol integral ditunjukkan pada gambar berikut:



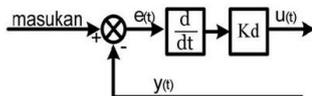
Gambar 2.2 Diagram blok kontrol integral

2.2.3 Kontroler Differensial

Kontrol differensial dapat disebut pengendali laju, karena output kontroler sebanding dengan laju perubahan sinyal error. Hubungan antara output kontrol derivatif $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada persamaan 3 berikut:

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots$$

Blok kontrol derivatif ditunjukkan pada Gambar dibawah ini. Kontrol derivatif tidak akan pernah digunakan sendirian, karena kontroler ini hanya akan aktif pada periode peralihan. Pada periode peralihan, kontrol derivatif menyebabkan adanya redaman pada sistem sehingga lebih memperkecil lonjakan. Seperti pada kontrol proporsional, kontrol derivatif juga tidak dapat menghilangkan offset.



Gambar 2.3 Diagram blok kontrol derivatif

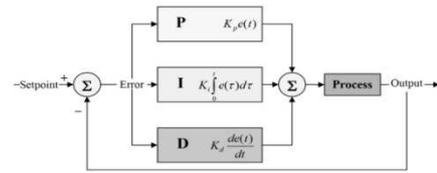
2.2.4 Kontroler PID

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P,I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional integral differensial (PID). Elemen-elemen kontroler P,I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar (Gunterus, 1994, 8-10). Kontroler PID memiliki digaram kendali seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

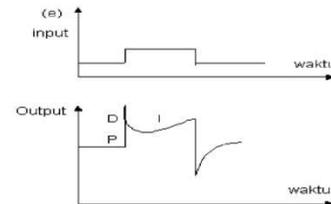
$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kesetabilan.



Gambar 2.4 Blog diagram kontroler PID

Keluaran kontroler PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, integral dan differensial. Gambar 2 menunjukkan hubungan tersebut. karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P,I dan D. penyetelan konstanta K_p , T_i dan T_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.



Gambar 2.5 Hubungan fungsi waktu antara sinyal keluaran dan sinyal masukan kokontroler PID

Sumber: Gunterus, 1994:8-11

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 Mhz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset.

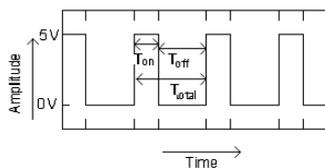
Arduino Uno mengambil daya melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya ini akan dipilih secara otomatis. Catu daya eksternal (non-USB) dapat juga dicatu melalui AC- DC adaptor atau baterai. board dapat mulai beroperasi jika dicatu dengan daya eksternal sebesar 6 sampai 20 volt. Tapi jika disuplai dengan daya kurang dari 7V, masukannya akan kurang dari 5V sehingga menyebabkan board menjadi tidak stabil. Tapi jika dicatu menggunakan daya yang lebih dari 12V, voltaase regulator akan overheat and dapat menyebabkan kerusakan pada board. Direkomendasikan isaran daya adalah sekitar 7 to 12 volts.

2.4 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM (Pulse Width Modulation) digunakan ntuk mengatur kecepatan dari motor DC. Dimana kecepatan motor DC tergantung pada besarnya duty cycle yang diberikan pada motor DC tersebut.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan duty cycle bervariasi dari 0%-10%. Dengan mengatur duty cycle akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Pada AVR ATmega16 duty cycle ditentukan oleh Outpun Compare Match A (OC1A).

Sinyal PWM (pulse width modulation) secara umum dapat dilihat dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 sinyal PWM secara umum

III. METODE PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, dan bertujuan untuk Mengatur daya dorong / Thrust pada pesawat menggunakan kontroler Proporsional Integral Derferensial (PID). Tujuannya agar memperoleh daya dorong yang mampu mengimbangi drag dari udara sekitar saat pesawat berada di udara. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi alat
2. Studi literatur
3. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
4. Pengujian alat
5. Pengambilan kesimpulan

IV. PERHITUNGAN dan ANALISIS

Perancangan dan pembuatan dalam skripsi ini bertujuan untuk merancang beberapa perangkat secara keseluruhan terkait dengan sistem kontrol daya dorong Gas Engine 2 tak. Perancangan perangkat tersebut meliputi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak. Sedangkan pembuatan bertujuan untuk menghasilkan semua perangkat pendukung maupun alat secara keseluruhan

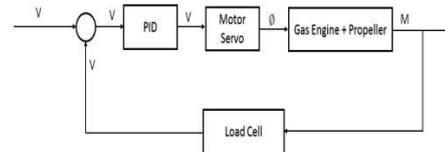
4.1 Spesifikasi Sistem

Spesifikasi alat yang di rancang adalah sebagai berikut:

1. Gas Engine 2 tak dengan displacement sebesar 9 CC
2. CDI (Capacitor Discharge Ignition) sebagai alat bantu sistem pengapian pada mesin pembakaran dalam.
3. UBEC (Universal Battery Elimination Circuit) sebagai pengkondisi sinyal tegangan masukan CDI sebesar 4,8-6 V.
4. Putaran Gas Engine didapatkan dari proses pembakaran dalam melalui campuran udara dan bahan bakar cair (oktan 90).
5. Daya Dorong yang dihasilkan Gas Engine yaitu 0-3Kg
6. Propeller pada ujung shaft motor menggunakan Type S2 Series 11 x 5 inch.
7. Arduino Uno berbasis mikrokontroler ATmega328.
8. Menggunakan sensor Load Cell.
9. Motor Servo dengan maksimum tegangan masukan 4,8 V dan memiliki torsi sebesar 3,1 kg-cm.
10. Windtunnel sebagai alat pengujian sistem.

4.1 Diagram Blok Sistem

Dalam skripsi ini dibuat diagram blok agar dalam pengerjaan dapat dilakukan sesuai dengan rancangan sistem. Adapun diagram blok tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

4.2 Perancangan Perangkat keras

Perangkat keras terdiri dari Gas Engine, sensor load cell, CDI (Capacitor Discharge Ignition), UBEC (Universal Battery Elimination Circuit), propeller (baling-baling), motor servo, dan Windtunnel (terowongan angin), penentuan parameter penguatan kontroler, modul Arduino Uno.

4.2.1 Gas Engine

Gas Engine merupakan motor yang menghasilkan putaran melalui proses pembakaran dalam, yaitu pencampuran antara bahan bakar cair (oktan 90) dengan udara. Pada dasarnya putarannya dikendalikan dengan mengatur buka-tutup katup melalui throttle-nya. Spesifikasi yang dipilih berdasarkan kebutuhan standar untuk aeromodelling, mesin dengan tipe 2 tak, kapasitas displacement 9cc ini memiliki kekuatan maksimal 0,8 HP/ 15.000 RPM.

4.2.2 Sensor Load Cell

Sensor load cell terdiri dari sensor Load Cell dan pengkondisi sinyal untuk mengubah daya dorong menjadi tegangan analog. Sensor Load Cell yang memiliki kemampuan maksimal 10Kg.

4.2.3 CDI (Capacitor Discharge Ignition)

CDI atau Capacitor Discharge Ignition disini digunakan untuk membantu sistem pengapian pada proses pembakaran dalam, sehingga semakin maksimal pengapian maka busi juga akan memantik campuran gas dalam ruang bakar secara maksimal juga. Bekerja pada tegangan 4,8 – 6 V.

4.2.4 Universal Battery Elimination Circuit

UBEC (Universal Battery Elimination Circuit) berfungsi sebagai pengondisi sinyal tegangan agar lebih stabil ketika disalurkan pada CDI. Rangkaian ini bekerja pada tegangan 6 - 23V dan menghasilkan output 5,1 atau 6,1 V.

4.2.5 Pemilihan Propeller

Propeller yang digunakan pada ujung shaft motor adalah propeller tipe S2 series 11 x 5 inch. Pemilihan ini didasarkan pada rekomendasi pabrik yaitu propeller 11 x 5 inch atau 11 x 6 inch jika digunakan pada Gas Engine displacement 9cc.

4.2.6 Windtunnel (Terowongan Angin)

Windtunnel/ terowongan angin ini memiliki fungsi untuk menguji Gas Engine apakah dapat stabil ketika mendapatkan gangguan perubahan aliran angin. Selain itu juga mempunyai fungsi sebagai peyangga

Gas Engine saat melakukan penyalaan mesin ataupun saat melakukan setting. Spesifikasi Windtunnel/ terowongan angin ini memiliki diameter dalam 32 cm dan panjang 70 cm.

V. PENGUJIAN ALAT

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah:

1. Pengujian sensor load cell
2. Pengujian tanpa kontroler
3. Pengujian keseluruhan sistem

5.1 Pengujian Load Cell

5.1.1 Tujuan

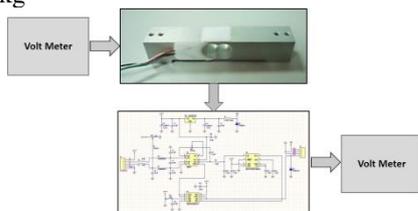
Pengujian ini bertujuan untuk menguji tegangan keluaran pengkondisi sensor load cell terhadap gaya dorong yang diberikan.

5.1.2 Peralatan yang digunakan

1. Multimeter
2. Gas Engine dan windtunnel

5.1.3 Langkah pengujian

1. Ilustrasi pengujian seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5.1
2. Pasang catu daya DC 9V
3. Beri beban pada load cell
4. Ukur tegangan yang keluar dari rangkaian pengkondisi sinyal load cell
5. Catat tegangan keluaran yang ditampilkan voltmeter
6. Ulangi langkah nomer 3 setiap tambahan beban 0.5kg



Gambar 5.1 Ilustrasi pengujian load cell

5.1.4 Hasil Pengujian

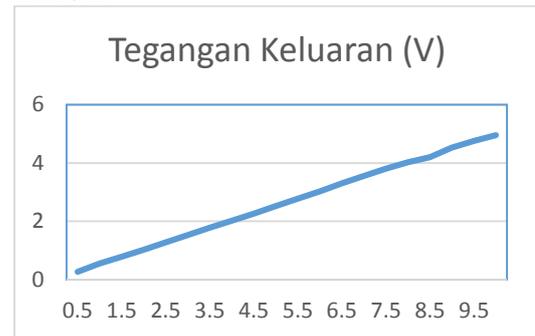
Adapun hasil pengujian load cell diperlihatkan dalam tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil pengujian Load Cell

No.	Beban (Kg)	Tegangan Keluaran (V)
1	0,5	0,26
2	1	0,55
3	1,5	0,78
4	2	1,02
5	2,5	1,27
6	3	1,52
7	3,5	1,78
8	4	2,02

9	4,5	2,26
10	5	2,52
11	5,5	2,77
12	6	3,02
13	6,5	3,3
14	7	3,55
15	7,5	3,8
16	8	4,02
17	8,5	4,2
18	9	4,53
19	9,5	4,76
20	10	4,95

Hasil pengujian secara grafik diperlihatkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Hasil pengujian load cell secara grafik

Dari tabel 5.1 akan dihitung besarnya tegangan keluaran per kilogram beban. Sebagai contoh data 1 dengan beban 0,5kg diperoleh tegangan keluaran sebesar 0,26V, dengan demikian diperoleh keluaran:

$\frac{0,26V}{0,5kg} = 0,52V/kg$. Dengan cara yang sama, hasil perhitungan secara keseluruhan diperlihatkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil perhitungan keluaran load cell V/Kg

No	Beban (Kg)	Tegangan Keluaran (V)	V/Kg
1	0,5	0,26	0,5200
2	1	0,55	0,5500
3	1,5	0,78	0,5200
4	2	1,02	0,5100
5	2,5	1,27	0,5080
6	3	1,52	0,5067
7	3,5	1,78	0,5086
8	4	2,02	0,5050
9	4,5	2,26	0,5022
10	5	2,52	0,5040
11	5,5	2,77	0,5036
12	6	3,02	0,5033
13	6,5	3,3	0,5077
14	7	3,55	0,5071
15	7,5	3,8	0,5067
16	8	4,02	0,5025
17	8,5	4,2	0,4941

18	9	4,53	0,5033
19	9,5	4,76	0,5011
20	10	4,95	0,4950
Total =			10,158 9
Rata-rata =			0,5079

Dengan demikian karakteristik load cell adalah 0,5079 Volt/Kg.

5.2 Pengujian tanpa kontroler

5.2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk melihat hubungan bukaan throttle (derajat) terhadap daya dorong yang dihasilkan oleh gas engine (kg). Gaya dorong diperoleh dari pembacaan tegangan keluaran pengkondisi sinyal load cell dengan karakteristik 0,5079 Volt/Kg.

5.2.2 Peralatan yang digunakan

1. Multimeter
2. Gas Engine dan windtunnel

5.2.3 Langkah pengujian

1. Gas Engine dihidupkan dengan dengan posisi idle.
2. Naikkan sudut throttle sebesar 2 derajat melalui remote radio kontrol.
3. Baca tegangan keluaran pengkondisi sinyal load cell
4. Ulangi point 2 sampai 44 derajat

5.2.4 Hasil pengujian

Adapun hasil pengujiannya diperlihatkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil pengujian tanpa kontroler

No.	Sudut Throttle	Tegangan keluaran (V)
1	0	0,0408
2	2	0,06222
3	4	0,08721
4	6	0,11934
5	8	0,15861
6	10	0,204
7	12	0,2448
8	14	0,2958
9	16	0,357
10	18	0,408
11	20	0,4998
12	22	0,5865
13	24	0,66555
14	26	0,7395
15	28	0,8415
16	30	0,9282
17	32	1,071
18	34	1,173
19	36	1,275
20	38	1,4025
21	40	1,5045
22	42	1,632

23	44	1,7595
----	----	--------

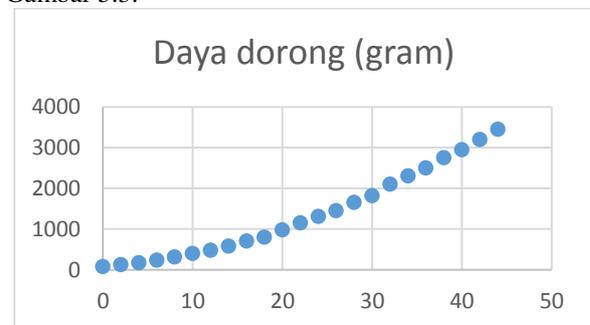
Berdasarkan tabel 5.3 daya dorong dapat dihitung berdasarkan hasil pengujian tabel 5.2. Sebagai contoh untuk data 5 tabel 5.3 daya dorong diperoleh sebesar: $0,15861/0,5079 = 0,3123$ Kg atau 312,3 gram.

Dengan cara yang sama untuk data yang lain, hasilnya diperlihatkan dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan gaya dorong

N o.	Sudut Throttle	Tegangan keluaran (V)	Daya dorong (gram)
1	0	0,0408	80
2	2	0,06222	122
3	4	0,08721	171
4	6	0,11934	234
5	8	0,15861	311
6	10	0,204	400
7	12	0,2448	480
8	14	0,2958	580
9	16	0,357	700
10	18	0,408	800
11	20	0,4998	980
12	22	0,5865	1150
13	24	0,66555	1305
14	26	0,7395	1450
15	28	0,8415	1650
16	30	0,9282	1820
17	32	1,071	2100
18	34	1,173	2300
19	36	1,275	2500
20	38	1,4025	2750
21	40	1,5045	2950
22	42	1,632	3200
23	44	1,7595	3450

Secara grafik hubungan sudut throttle terhadap gaya dorong yang dihasilkan diperlihatkan dalam Gambar 5.3.

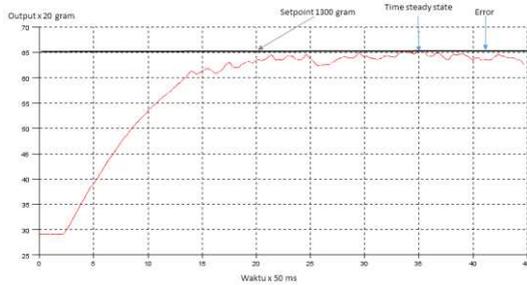


Gambar 5.3 Hasil pengujian tanpa kontroler

5.3 Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian keseluruhan sistem untuk melihat respon sistem dengan $K_p = 2$, $K_d = 3.5$ dan $K_i = 1.2$.

Setelan kontroler ini merupakan respon yang terbaik, hasilnya diperlihatkan dalam gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil pengujian sistem secara keseluruhan

Dari hasil pengujian yang diperlihatkan dalam gambar 5.4 diperoleh:

$$Error = \frac{1300 - (63 \cdot 20)}{1300} \cdot 100\% = 3,08\%$$

Sedangkan Time Steady state = 35 x 50 ms = 1,75 detik.

VI. KESIMPULAN dan SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian daya dorong pesawat menggunakan Gas Engine 2 tak displacement 9 CC didapatkan parameter terbaik dengan $K_p=2$, $K_i=1.2$ $K_d=3.5$. Setelah diimplementasikan pada sistem, respon sistem secara keseluruhan dapat mempertahankan daya dorong pada batas toleransi 5% dari setpoint yang ditentukan.
2. Hasil pengujian dengan menggunakan windtunnel/ terowongan angin terhadap kontroler PID menggunakan Arduino Uno berbasis ATmega328 menunjukkan bahwa respon sistem dapat kembali pada keadaan steady setelah terjadinya gangguan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah :

1. Meminimalisir gangguan internal seperti distribusi dan pencampuran bahan bakar, serta pengaturan angin yang lebih baik
2. Untuk pengembangan lebih lanjut agar dapat melanjutkan nya sampai uji terbang karena implementasi dari alat ini akan sangat berguna untuk kedepannya

REFERENSI

- ATMEL.2007.ATmega16/ATmega16L, *8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash*.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta.
<http://www.grc.nasa.gov/WWW/k12/airplane/thrsteq.html>
<http://maskub.wordpress.com/2009/12/20/perhitungan-pesawat-terbang/>

Reza,Kurnia.http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/452/jb-ptunikompp-gdl-kurniareza-22560-2-unikom_k-i.pdf

Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Smith, L. C. 1979. *Fundamentals of control theory*. Deskbook issue.

Astrom, K. J, & Hagglund, Tore. 1995. *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*. Research Triangle Park: Instrument Society of America.

Frans. 1994. *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: Elex Media Komputindo.