

## PENINGKATAN PERFORMA KESTABILAN HEXACOPTER DENGAN SISTEM MRAC

IKHWAN HIDAYATULLAH

Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang  
want12251@gmail.com

**Abstract:** *This research studies the control of a hexacopter type aircraft using an adaptive PID system. To improve the stability performance of the hexacopter. Increase the stability of the hexacopter type by tuning the PID constant. PID constant tuning automatically by applying the reference adaptive control (MRAC) method. The results of the hexacopter stability system research use static PID constants with  $K_p = 1.45$ ,  $K_i = 1.30$  and  $K_d = 0.34$ . Not yet able to adapt to environmental changes and component characteristics. After testing the MRAC combination PID, the hexacopter system was able to adapt to the constants  $K_p = 1.455$ ,  $K_i = 1.3045$  and  $K_d = 0.34$ . Environmental changes and component characteristics with system performance values rise time = 0.006 mS, Settling time = 0.0012.5 mS, overshoot = 5%, error study state = 0%, Delay time = 0.0038 mS, and Peak time = 0.0068 mS.*

**Keywords:** *Hexacopter, PID-Controller-MRAC*

**Abstrak:** Penelitian ini mempelajari kendali pesawat jenis hexacopter dengan menggunakan sistem PID adaptif, untuk meningkatkan performa kestabilan hexacopter. Meningkatkan kestabilan hexacopter dengan melakukan tuning konstanta PID. Pen-tuningan konstanta PID secara otomatis dengan menerapkan metode reference adaptif control (MRAC). Hasil penelitian sistem kestabilan hexacopter menggunakan konstanta PID statis dengan  $K_p = 1,45$ ,  $K_i = 1,30$  dan  $K_d = 0,34$ . Belum mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan serta Karakteristik komponen. Setelah dilakukan pengujian PID kombinasi MRAC, sistem hexacopter mampu beradaptasi dengan konstanta  $K_p = 1,455$ ,  $K_i = 1,3045$  dan  $K_d = 0,34$ . Perubahan lingkungan dan karakteristik komponen dengan nilai performa sistem rise time = 0,006 mS, Settling time = 0,0012,5 mS, overshoot = 5%, error study state = 0%, Delay time = 0,0038 mS, dan Peak time = 0,0068 mS.

**Kata kunci :** Hexacopter, PID-Kontroller-MRAC

### A. Pendahuluan

Hexacopter merupakan salah satu unmanned aerial vehicle (UAV) yang memiliki enam baling-baling yang di gerakkan enam *brushless* motor. Ke enam motor ini bisa di kendalikan kecepatannya secara terpisah tiga motor berputar searah jarum jam tiga motor lagi berlawanan dengan arah jarum jam sistem keseimbangan pesawat hexacopter terdiri dari tiga gerakan *pitch* (bergerak maju- mundur) *roll* (bergerak ke kiri dan kanan) dan *yaw* (rotasi kiri dan kanan) kontrol sistem yang tidak stabil adalah masalah utama bagi banyak masalah kontrol. UAV memiliki stabilitas yang dinamis dari pada helikopter, karena itu jenis pesawat ini tidak memerlukan pilot khusus untuk mengoperasikannya. Sebagian besar jenis pesawat seperti hexacopter ini banyak di gunakan dalam kepentingan yang berbeda-beda seperti tujuan logistik, pertanian, latihan militer dan lain-lain.

Pada saat menggunakan PID untuk mengendalikan hexacopter akan terjadi overshoot yang relatif besar. Untuk mengurangi overshoot tersebut maka dirancang PID yang dapat beradaptasi dengan nilai error dan delta error sistem, sehingga dapat mengurangi overshoot. telah menggunakan PID dengan tuning fuzzy *Ziegler-Nichols* dan mereka dapat mengurangi overshoot. Dimana mereka memperoleh nilai performa sistem dengan roll dan pitch  $K_p = 8,5$ ,  $K_i = 0$ , dan  $K_d = 4$  menghasilkan respon dengan settling time 1,419 detik, overshoot 2,8% dan error saat detik ke tiga adalah 0,603% (rata-rata). Pada sistem yaw  $K_p = 14$ ,  $K_i = 0$ , dan  $K_d = 10$  menghasilkan respon dengan settling time 2.327 detik, overshoot 3,7%, error saat detik ke 8,34 adalah rata-rata 0.49%.

Hexacopter menggunakan sistem kendali terbang otomatis yang disebut UAV (Unmanned Aerial Vehicle) yaitu sistem kendali terbang yang sudah tidak membutuhkan

remote control untuk mengendalikannya, namun cukup mengatur koordinat dan mengatur navigasi pada pesawat atau helikopter dengan menggunakan sistem navigasi mandiri. Pada dasarnya pesawat atau helikopter dapat di pertimbangkan untuk menjadi kendaraan udara yang dapat melakukan misi yang berguna dan dapat dikendalikan dari jauh atau memiliki kemampuan terbang secara otomatis. Selain itu hexacopter dirancang dengan design yang ringan, kuat dan fleksibel untuk dibawa kemanapun. Hal tersebut dapat di pertimbangkan dalam dunia penerbangan pesawat udara.

Hexacopter dalam industri banyak digunakan untuk mengangkut barang-barang ke tempat yang lebih tinggi contohnya: kabel ke atas tiang listrik serta untuk biaya misi dengan menggunakan hexacopter jauh lebih murah dan aman dibandingkan dengan pesawat berawak. Dan juga tidak membahayakan pilot yang mengendalikan hexacopter dari jarak jauh dengan radio control Selain untuk industri adapun beberapa manfaat yang lain dari hexacopter untuk kepentingan kemanusiaan adalah sebagai berikut: 1) Pencarian orang hilang pada daerah daerah yang sulit dijangkau oleh manusia seperti hutan belantara, pegunungan sehingga pencarian lebih efisien dan tidak membahayakan tim pencari; dan 2) Pemantauan lalu lintas jalan raya yang rawan akan kemacetan dan kecelakaan sehingga pihak kepolisian dapat cepat tanggap jika kecelakaan lalu lintas terjadi.



Gambar 1 Hexacopter Pada Stand Uji

## B. Metodologi Penelitian

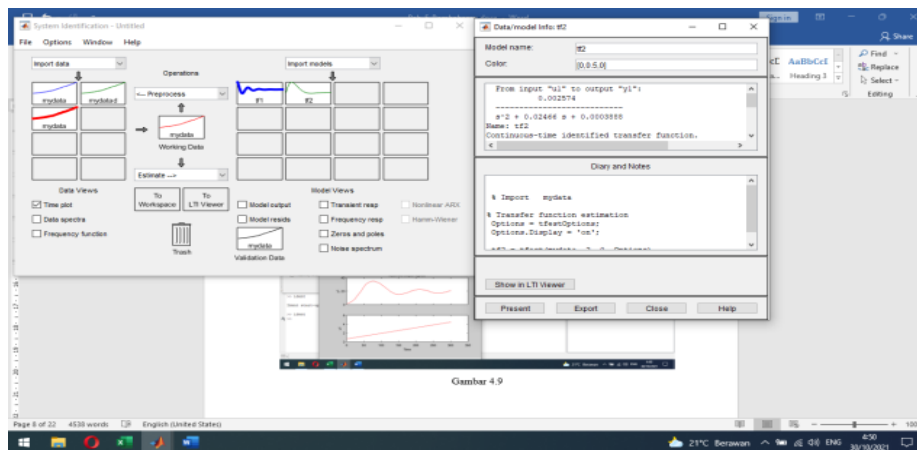
1. Lokasi tempat penelitian dilakukan di laboratorium teknik elektro institut teknologi padang.
2. Alat dan Bahan.
  - Software mission planner
  - Matlab
  - Motor BLDC
  - Frame Tarot680PRO
  - ESC (*Elektronik speed controller*)
  - Baterai lipo 7.200 Mah
  - Ardupilot 2.6
  - Stand pengujian
3. Tahap-tahap Penelitian
  - Perancangan alat
  - Mendapatkan gerakan respon open loop menggunakan mission planner
  - Respon open loop yang didapat dari mission planner dipindahkan kedalam matlab untuk membuat model matematik.
  - Untuk membuat model matematik digunakan sistem identifikasi toolbox (SIT). dengan cara respon open loop di import data ke SIT.
  - Nilai matematik yang didapat melalui SIT, kemudian dilakukan simulasi di matlab Simulink untuk mendapatkan nilai PID-MRAC, kemudian hasil simulasi di import ke matlab.

- Untuk menampilkan nilai PID-MRAC menggunakan fitur plant pada matlab
- Setelah nilai PID-MRAC didapat, kemudian diinputkan kedalam mission planner pada bagian extended tuning.
- Tahapan selanjutnya pengaturan hardware dan kalibrasi hexacopter pada mission planner seperti upload firmware, kalibrasi accelerometer, kalibrasi kompas, kalibrasi radio control dan pengaturan flight mode.
- Langkah selanjutnya pengujian hexacopter pada stand uji
- Untuk mengetahui kestabilan hexacopter dilakukan download data flash log pada mission planner
- Riview data flash log pada mission planner untuk menampilkan gerakan hexacopter.
- Analisa gerakan kestabilan hexacopter gerakan *Roll, pitch* dan *yaw*.

### C.Hasil dan Pembahasan

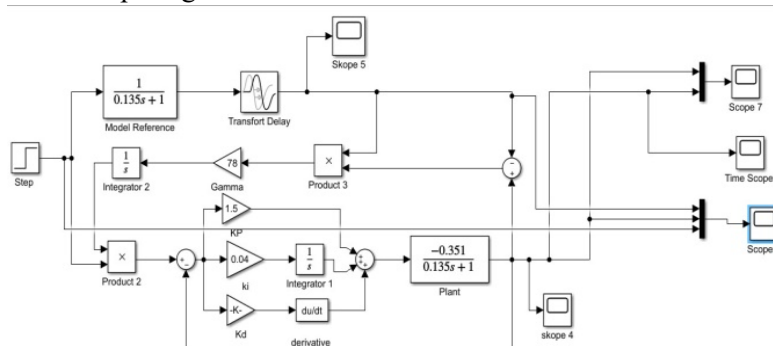
Dengan menggunakan data respon open loop dilakukan identifikasi model matematika system dengan bantuan sistem identifikasi toolbox (SIT) Matlab. Identifikasi ini dilakukan dengan pendekatan sistem orde dua. Dengan menuliskan perintah `fx>> ident` pada windows matlab dan di dapat nilai  $1 \quad 1m$  maka kerja SIT akan seperti gambar 1 dibawah ini:

$$0.135s+1$$



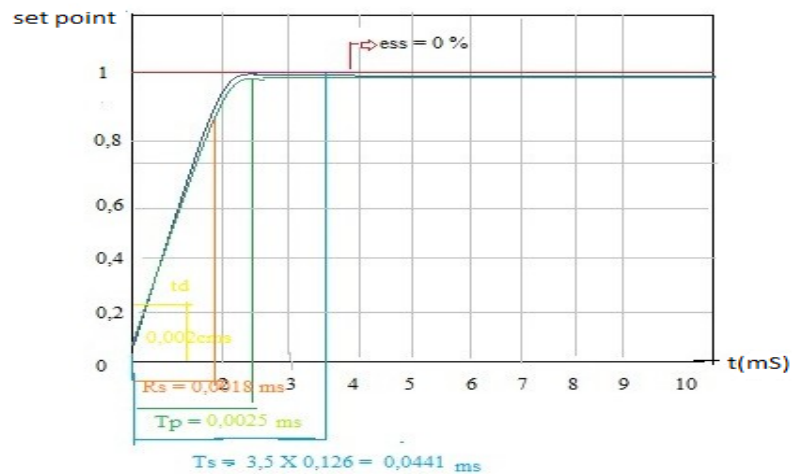
Gambar 1 Model Matematik Sistem

Sistem Selanjutnya model matematika sistem ini digunakan untuk melakukan simulasi pada matlab simulink seperti gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2 Blog Diagram Simulasi

Pada simulasi seperti gambar 2 digunakan nilai konstanta yang dihitung dengan menggunakan metode ziegler nichols, pada perhitungan tersebut di peroleh nilai  $K_p = 1,45$  ,  $K_i = 1,30$  , dan  $K_d = 0,34$ . Berikut hasil simulasi seperti pada gambar dibawah 3.3 dibawah ini:



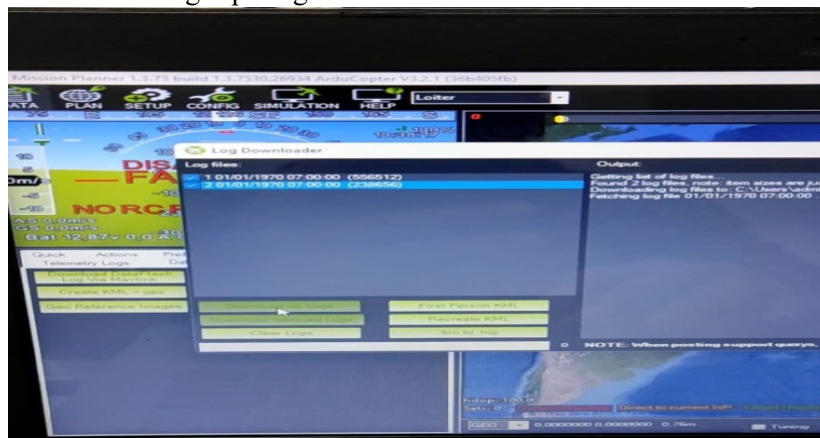
Gambar 3 Hasil Simulasi MRAC-PID

Setelah hasil simulasi nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  yang didapat dengan menggunakan bantuan matlab. Kemudian diinput kedalam mission planner pada bagian extended tuning seperti gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 4 Input Nilai PID

Setelah melakukan pemilihan tipe frame yang akan digunakan dan menguji system hexacopter pada stan, kemudian data atau gerakan system hexacopter dapat dilihat pada bagian download data flash log seperti gambar 5 dibawah ini:



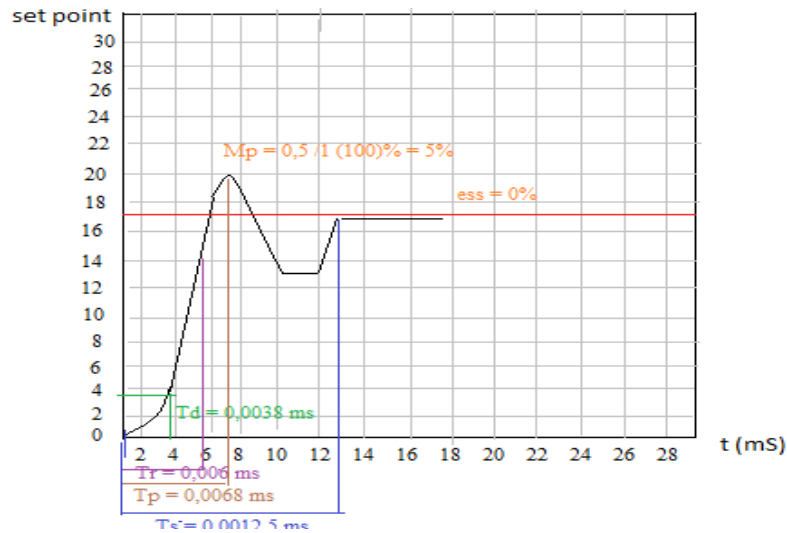
Gambar 5 Download Data Log

Setelah melakukan download data flash log kemudian log tersebut masuk kebagian riview log, dimana log tersebut dapat dilihat gerakan system hexacopter, seperti gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 6 Riview Log

Berikut ini grafik roll system kestabilan hexacopter pada mission planner seperti dibawah ini:

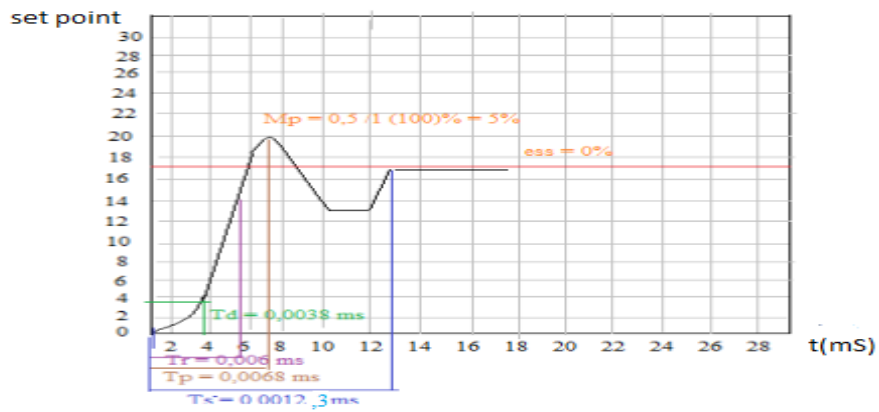


Gambar 7 Grafik Gerakan Roll

Tabel 1 Respon Sistem Roll

Sudut pitch (Deg)	Rise Time (s)	Settling Time (s)	Ovbershoot (%)	Study State Error (%)	Delay Time (s)	Peak Time (s)
17 <sup>0</sup>	0,006 ms	0,0012,5 ms	5 %	0 %	0,0038 ms	0,0068 ms

Berikut ini grafik Pitch system kestabilan gexacopter pada mission planner seperti dibawah ini:

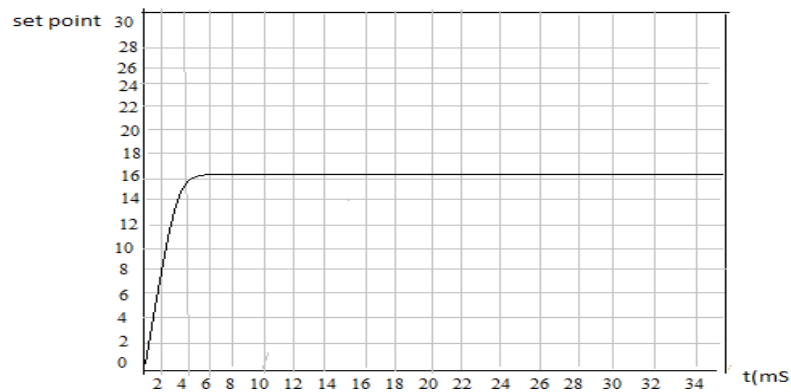


Gambar 8 Grafik Gerakan *Pitc*

Tabel 2 Respon Sistem *Pitch*

Sudut pitch (Deg)	Rise Time(s)	Settling Time (s)	Ovhershoot(%)	Study State Error (%)	Delay Time(s)	Peak Time (s)
17 <sup>0</sup>	0,0065 ms	0,0012,3 ms	5 %	0 %	0,0038 ms	0,0068 ms

Berikut ini grafik Yaw system kestabilan gexacopter pada mission planner seperti dibawah ini:



Gambar 9 Grafik Gerakan *Yaw*

Tabel 3 Grafik Gerakan *Yaw*

Sudut yaw ( Deg)	Rise Time (s)	Settling Time (s)	Ovhershoot (%)	Study State Error (%)	DelayTime(s)
16 <sup>0</sup>	0,0065 ms	0,006 ms	0 %	0 %	0,002 ms

#### D. Penutup

Menggunakan PID mendapatkan parameter sistem sudah mencapai nilai-nilai : settling time  $t_s = 0,063s$  ; Peak time  $t_p = 0,022s$  ; rise time =  $0,010s$  ; delay time =  $0,005s$  ;  $m_p = 10\%$  ;  $ess = 0\%$  . Pada hasil analisa parameter respon Gambar 4.14 waktu respon dan error steady state sudah baik, namun overshootnya masih  $10\%$ , ini masih perlu dicarikan solusi lagi, yaitu dengan menggunakan model reference adaptive control .MRAC digunakan untuk men-tuning secara otomatis konstanta PID, sesuai besarnya nilai error dan delta-error sesaat. Menggunakan MRAC tuning PID mendapatkan bahwa respon sistem sudah semakin baik, dimana sudah diperoleh terutama persen overshoot ( $\%M_p$ ) sudah  $0\%$  dan Error steady state ( $Ess$ ) =  $0.2\%$  . Sedangkan nilai parameter respon sistem yang lain adalah: Settling time =  $0,0041ms$  ; peak time  $t_p = 0,0025ms$  , rise time =  $0,0018ms$  ; delay time  $t_d = 0,002ms$  . Pada percobaan pengujian hexacopter menggunakan misiion planner mampu terbang stabil pada sudut roll dan step response nilai konstanta PID-nya adalah  $K_p = 1,455$  ;  $K_i = 1,3045$  dan  $K_d = 0,34849$  dengan nilai rise time =  $0,006ms$  , settling time =  $0,0012,5ms$  , overshoot sebesar =  $0\%$  dan nilai study state error  $0\%$  . Pada sudut pitch diinputkan konstanta PID-nya yaitu  $K_p = 1,455$  ;  $K_i = 1,3045$  dan  $K_d = 0,34849$  dari grafik terlihat bahwa sistem mampu bergerak stabil dengan nilai rise time =  $0,0065ms$  , settling time =  $0,0012,3ms$  , overshoot =  $0\%$  dan study state error =  $0\%$  . Pada pergerakan yaw konstanta yang diinputkan yaitu  $K_p = 1,455$  ;  $K_i = 1,3045$  dan  $K_d = 0,34849$  dengan nilai rise time =  $0,0065ms$  , settling time =  $0,006ms$  , overshoot  $0\%$  dan study state error =  $0\%$  .

#### Daftar Pustaka

- Amelia, S., Astrowulan, K., & Iskandar, E. (2014). *Perancangan dan Simulasi MRAC PID Control untuk P roses Pengendalian Temperatur pada Continuous Stirred Tank Reactor ( CSTR )*. 3(1), 128–133.
- Budiyanto (n.d.). *Kontrol Ketinggian Quadrotor menggunakan Fuzzy Self Tuning PID Controller*.
- Dinansyar, F. (2016). Menggunakan Kontroler Fuzzy Berbasis Fuzzy Based on Linear Quadratic Regulator. *Jurnal Teknik ITS*.
- Ferdaus (2020). (n.d.). *Generik Berkembang Self-Organizing Neuro- a y a*. 1–31. Prastiyanto. (2019). *Performance Evaluation of Balancing Bicopter using*. 11(2).
- Prayogo, R. A. (2016). *Perancangan Sistem Kendali Gerak Lateral Way-To-Way Point UAV Quadcoptermenggunakan Kontroler PID Fuzzy Way-To-Way Point UAV Quadcopter Using PID*.
- Santoso, F., Garratt, M. A., & Anavatti, S. G. (2018). A self-learning TS-fuzzy system based on the C-means clustering technique for controlling the altitude of a hexacopter unmanned aerial vehicle. *Proceeding - ICAMIMIA 2017: International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation*, 46–51. =
- Sudewo. (2012). Disain dan implementasi kontrol PID model reference adaptive control untuk automatic safe landing pada pesawat UAV quadcopter. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A78– A83.
- SUMATERA UTARA. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Susanto, E. S. E. (2008). *Kendali Adaptif Model Reference Adaptive Controller (MRAC) Pada Servo DC Menggunakan Estimator Recursive Least*.
- Umam, A., Cahyadi, A. I., & Herdjunto, S. (2014). *Sistem kendali pid dan adaptif untuk pengendalian kecepatan motor dc berbasis plc*. 1(0274), 111–116.
- Yuda, Y. P. (2019). Analisa Pengaruh PID Pada Pengendali Mrac dengan Penambahan Nilai Gamma Pada Sistem Pendingin Jamur Merang Untuk Mengendalikan Temperatur. *Jurusan Teknik Elektro UIN Suska Riau*.