

# RANCANG BANGUN ROBOT TERBANG MODEL TRICOPTER MENGUNAKAN STM32F

Indra Krista <sup>1)</sup>, Elang Derdian M, ST, MT <sup>2)</sup>, Dr. Dedy Suryadi, ST, MT <sup>3)</sup>  
E-mail : [indrakrista19@gmail.com](mailto:indrakrista19@gmail.com) <sup>1)</sup>, [elangdm@yahoo.co.id](mailto:elangdm@yahoo.co.id) <sup>2)</sup>, [ddysuryadi@gmail.com](mailto:ddysuryadi@gmail.com) <sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Elektro (Sistem Kendali)  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Tanjungpura

## Abstrak

Robot terbang tricopter dirancang dengan menggunakan flight controller SP-Racing F3 10DOF (*Degree Of Freedom*) yang sudah memiliki mikrokontroler STM32F, dilengkapi dengan sensor gyroscope dan sensor accelerometer yang berfungsi untuk menstabilkan posisi robot. Robot terbang tricopter terdiri dari motor *brushless*, *electronic speed control* (ESC), mikrokontroler STM32F, sensor gyroscope, sensor accelerometer, *propeller*, *remote control*, penerima (*receiver*) *remote control* dan menggunakan sumber energy berupa baterai Li-Po 2200mAh dengan tegangan 11,1 volt. Pembuatan frame dengan menggunakan akrilik transparan untuk bagian atas dan bagian bawah dengan ketebalan 4mm, panjang 25cm dan lebar 15cm. Untuk bagian lengan tricopter, digunakan aluminium batang sepanjang 35cm, lebar 2cm dan tinggi 1cm. Hasil pengujian yang dilakukan bahwa tricopter mampu mengangkat beban maksimum 3.105kg dengan resultan gaya sebesar 30.429N. Jarak jangkauan RC saat dilakukan pengujian dibatasi dengan jarak 100 meter. Pada saat pengujian, tricopter diterbangkan dengan ketinggian 50 meters ampai 80 meter dari permukaan tanah dan hasil yang didapatkan sangat memuaskan, karena tricopter terbang dengan sangat stabil.

*Kata kunci:* Tricopter, RC, *flight controller*, STM32F dan Sensor gyroscope

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang robotika mengalami kemajuan yang sangat pesat, begitu banyak jenis robot yang dikembangkan seperti robot *mobile* (bergerak), robot *manipulator* (lengan), robot *humanoid* (berbentuk manusia utuh), *flying robot* (robot terbang), robot berkaki, robot jaringan, robot animalia (berbentuk hewan), dan robot *cyborg* menjadi tolak ukur bahwa dibidang robotika telah mengalami kemajuan baik bagi masyarakat umum sebagai hobi atau penelitian dibidang pendidikan. Pada awal perkembangannya, robot hanya digunakan pada ruang lingkup industri untuk melakukan proses produksi, sehingga robot didesain dalam bentuk yang disesuaikan dengan kebutuhan pabrik. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan robot semakin meluas dan tidak hanya digunakan dalam bidang industri, tetapi juga digunakan untuk keperluan lain seperti rumah tangga, perkantoran, rumah sakit, eksplorasi hutan, militer dan pembangunan kawasan berbahaya seperti pengayaan uranium.

Begitu banyak manfaatnya maka akan dirancang robot terbang model tricopter, dengan

kemampuan untuk menstabilkan posisi robot terhadap gravitasi bumi. Robot ini dibuat menggunakan *flight controller* (FC) yang dilengkapi dengan mikrokontroler STM32F, sensor gyroscope dan accelerometer, menggunakan tiga buah *propeller* (baling-baling), tiga buah motor DC jenis *brushless* (tanpasikat), *frame* (kerangka/badan) robot dan *remote control* (RC) untuk mengendalikan tricopter dari jarak jauh.

### 1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil penulis dalam penelitian ini adalah merancang robot terbang model tricopter, yang mampu menstabilkan posisi pada saat terbang.

### 1.3. Pembatasan Masalah

Untuk membatasi masalah yang akan dibicarakan dalam penelitian ini, perlu dibuat batasan agar pembahasan tidak terlalu luas. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Hanya membahas perancangan robot terbang model tricopter.

- b. Hanya membahas prinsip kerja motor brushless.
- c. Pengujian terbang tricopter pada saat angin dalam keadaan tenang.
- d. Tidak membahas cara kerja *elektronik speed controller* (ESC).
- e. Menggunakan *frame* dengan panjang lengan 35cm, dengan sudut antara lengan kelengan yaitu 120°, diameter frame 70cm.
- f. Menggunakan motor DC Brushless dari SunnySky tipe X2212-13 KV: 980 dan menggunakan 3 buah *propeller* (baling-baling) yaitu 2 buah jenis CW (*clock wise*) putaran searah jarum jam dan 1 buah jenis CCW (*counter clock wise*) putaran berlawanan arah jarum jam. Dengan dimensi panjang (X) 11 inci dan lebar (Y) 4.7 inci.
- g. Menggunakan *Elektronik Speed Control* (ESC) dari spider series yaitu ZTW Spider 30A.
- h. Menggunakan baterai Lithium Polymer dengan arus 2200mAh (2.2 A).
- i. Menggunakan satu buah motor servo EMAX ES08 II dengan tegangan 4.8-6V.
- j. Menggunakan remote control (RC) 2.4GHz dengan 6 kanal.
- k. Opsi penambahan kamera.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui perancangan robot terbang model tricopter (tiga baling-baling).
- b. Mengetahui prinsip kerja motor brushless pada tricopter.
- c. Mengukur kecepatan motor brushless pada tricopter saat posisi naik, turun, maju, mundur, belok kiri dan belok kanan.

#### 2. Tinjauan Pustaka

Robot yang dirancang merupakan robot terbang dengan multirotor yang memerlukan beberapa alat penggerak seperti motor brushless dan baling-baling. Terdapat beberapa perancangan robot terbang multirotor seperti Tricopter, Quadcopter, Hexacopter dan Octacopter. Pada penelitian yang telah dilakukan (Sirajuddin, 2013) yaitu merancang robot terbang model quadcopter yang dapat bekerja untuk memantau lokasi dan menstabilkan posisi robot.

Penelitian yang sudah sangat lama juga pernah dikembangkan oleh salah satu universitas di Amerika Serikat (*Stanford University*) dari rentang waktu pada tahun 2003 hingga 2005 membuat salah satu robot terbang dengan jenis quadcopter

yang diberi nama STARMAC (*Stanford Tested of Autonomous Rotorcraft for Multi-Agent Control*) yaitu sistem yang mampu melakukan koordinasi antara beberapa unit quadcopter (*swarm*) yang beroperasi layaknya sebuah koloni. Dalam pengembangannya, hingga dibuat generasi kedua STARMAC II yang jauh lebih baik dari generasi pertamanya. Begitu juga dengan universitas dari Australia (*Australian National University*) dengan quadcopter yang diberi nama Mark I dan Mark II dan ada juga penelitian yang dilakukan untuk program doktor (Ph.D), Samir Bouabdallah merancang sebuah robot terbang dengan jenis quadcopter yang diberi nama *Omnidirectional Stationary Flying Outstretched Robot* (OS4). Penelitian terhadap sistem kendali dan sikap quadcopter, dan yang paling baik adalah quadcopter mampu menghindari tabrakan secara otomatis.

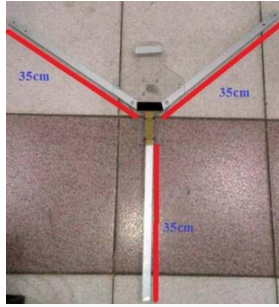
#### 2.1. Dasar Teori

Tricopter adalah salah satu multirotor yang memiliki 3 buah motor sebagai penggerak *propeller* (baling-baling) yang bisa menghasilkan gaya angkat, dua *propeller* dibagian depan dan satu *propeller* dibagian belakang. Pesawat model tricopter ini bisa bergerak diudara dan dapat dikendalikan dengan berbagai macam manuver gerakan, sepenuhnya dikendalikan oleh mikrokontroler untuk mengatur motor. Pengaturan kecepatan motor dimaksudkan untuk mengatur *thrust* (daya dorong) yang dihasilkan melalui *propeller*. Untuk melakukan gerakan *hover* atau mengangkat, distribusi gaya angkat haruslah sama agar seimbang secara horizontal. Pengaturan agar tidak ada gerakan memutar, sudut motor dibagian belakang harus diatur agar tidak ada gaya secara radial. Pengaturan sudut motor ini disebut mengatur sudut *thrust* (daya dorong) atau *vector thrust*. Tricopter dapat melakukan *take off* dan *landing* secara vertikal, *Vertical Take Off Landing* (VTOL).

#### 2.2. Komponen Robot

##### 2.2.1. Kerangka/Frame

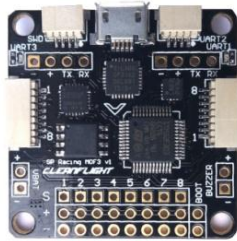
Dalam penelitian ini frame terbuat dari akrilik dan aluminium batang seperti pada Gambar 1, dengan panjang lengan 35cm, lebar 2cm dan tinggi 1cm. Pemilihan bahan ini dikarenakan mudah dicari, ringan dan murah dalam hal biaya, untuk kekuatan dan ketahanan tergolong mudah pecah dan patah.



**Gambar 1** Kerangka/frame

### 2.2.2. Flight Controller

*Flight controller* adalah suatu pengendali terbang dalam tricopter yang berfungsi untuk melakukan pengolahan data yang didapat dari berbagai jenis sensor, kemudian melakukan perhitungan yang selanjutnya akan mengeksekusi dengan menghasilkan output berupa pengendalian pada masing-masing motor tricopter. Flight controller yang digunakan seperti pada gambar 2. Jadi *Flight controller* disini adalah otak dari tricopter, ini merupakan komponen penting dalam pembuatan tricopter.



**Gambar 2.** Flight controller SP-Racing

### 2.2.3. Motor DC Brushless (DCBL)

Motor DC brushless adalah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor brushless memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Pada perancangan tricopter untuk tugas akhir ini digunakan motor brushless merek sunnysky seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Motor brushless 980kV

### 2.2.4. Electronic speed control (ESC)

*Electronic Speed Controller* atau disingkat dengan ESC adalah salah satu perangkat keras elektronik dalam pembuatan tricopter, ESC juga memiliki fungsi sebagai driver motor DC Brushless dalam pembuatan ini. Pada umumnya, satu unit ESC digunakan untuk men-drive satu unit aktuator (dalam hal ini adalah motor DC Brushless). Pada penelitian ini menggunakan ESC dari *Spider series* yaitu ZTW Spider 30A seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Electronic Speed Controller(ESC)

### 2.2.5. Remote Control (RC)

*Remote control* atau biasa disingkat dengan RC adalah perangkat yang digunakan untuk mengendalikan wahana dari jarak jauh tanpa menggunakan kabel. Pada perancangan robot tricopter ini menggunakan *remote control* dengan merek FLYSKY i6 yang mempunyai frekuensi 2,405-2,475 GHz. Beberapa pengaturan dalam penggunaan RC pada tricopter diantaranya terdapat *throttle, rudder, elevator dan aileron*. Gambar dari *remote control* terlihat seperti pada Gambar 5 untuk *transmitter (TX)* dan Gambar 6 untuk penerima/receiver (RX).



**Gambar 5.** Transmitter (TX)



**Gambar 6.** Receiver (RX)

### 2.2.6. Sumber Energi

Sumber energi adalah salah satu perangkat keras dalam pembuatan tricopter, karena operasi/kerja sebuah tricopter dikendalikan secara jarak jauh dan tanpa menggunakan kabel (*wireless*), maka sumber energi yang paling mungkin digunakan adalah baterai.

Jenis baterai yang digunakan adalah baterai yang mempunyai efisiensi yang tinggi, karena dalam operasinya setiap unit penyusun tricopter

perlu memperoleh energi yang cukup supaya dapat bekerja sebagaimana mestinya. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai jenis lithium polymer (LiPo) arus 2200mAh seperti pada Gambar 7, baterai jenis ini adalah baterai yang dapat di isi ulang (*rechargeable battery*).



Gambar 7. Baterai Li-Po 2200mAh (2.2A)

### 2.2.7. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup (*close loop*) dimana posisi rotornya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Dalam penelitian ini, motor servo digunakan sebagai penggerak Motor3 yang berfungsi sebagai penyeimbang dari tricopter. Cara motor servo menyeimbangkan tricopter adalah dengan menggerakkan Motor3 dengan miring ke kiri atau ke kanan sesuai dengan kondisi tricopter. Motor servo yang digunakan seperti pada Gambar 8.



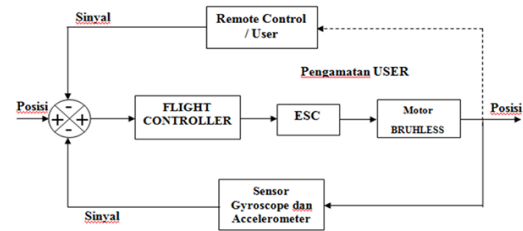
Gambar 8. Motor servo

## 3. Perancangan Robot Terbang Model Tricopter

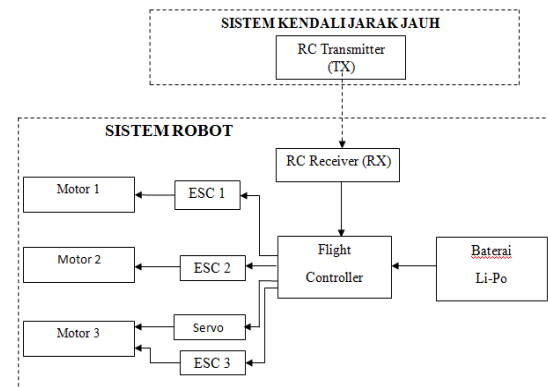
### 3.1. Sistem kendali robot terbang tricopter

Rancangan robot terbang tricopter adalah robot yang dilengkapi dengan tiga buah motor brushless, satu buah motor servo yang digunakan untuk menggerakkan motor bagian belakang, *electronic speed control* (ESC) yang digunakan untuk men-drive motor, tiga buah *propeller* (balok-balok), baterai 2200mAh (2.2 A), flip32 yang dilengkapi dengan STM32F, sensor gyroscope dan accelerometer, menggunakan kamera untuk memantau kondisi disekitar. Rancangan robot terbang tricopter ini merupakan kendali semi-otomatis dengan memanfaatkan sensor gyroscope untuk menstabilkan robot pada saat terbang. Sistem kendali pada robot ini merupakan sistem kendali *close loop* sebagaimana

dijelaskan pada Gambar 9 dan diagram blok pada robot terbang tricopter seperti pada Gambar 10.



Gambar 9. Diagram Blok Sistem kendali Robot Tricopter



Gambar 10. Diagram Blok Robot Terbang Tricopter

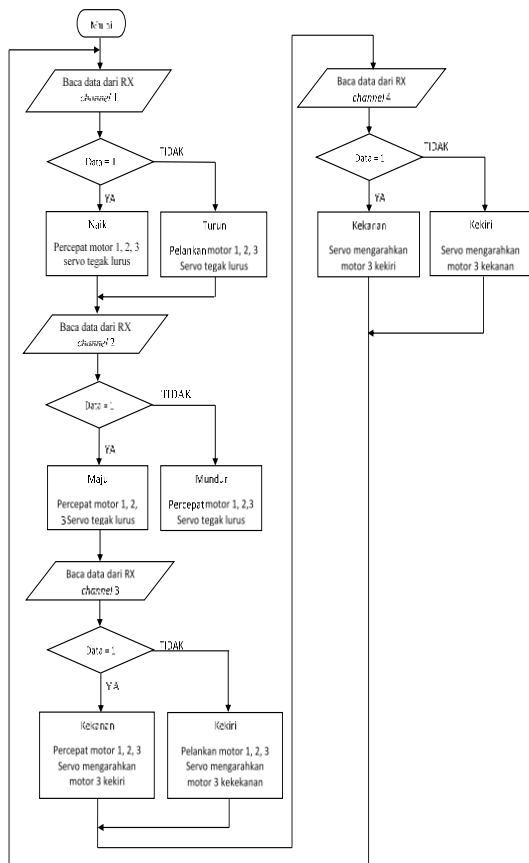
Pengendali utama dalam sistem robot terbang tricopter adalah *flight controller*, karena dalam *flight controller* terdapat STM32F yang sudah terisi program. Adapun cara kerja dari robot terbang tricopter seperti dijelaskan pada Gambar 10. Sinyal yang dikirim pengguna (*user*) menggunakan *remote control* (RC) bagian *transmitter* (TX) yang berisi sinyal-sinyal perintah yang diterima oleh *receiver* (RX) diteruskan ke mikrokontroler STM32F untuk mengendalikan putaran motor brushless dengan mengatur besar sinyal yang diberikan pada *electronic speed controller* (ESC). Sensor gyroscope dan accelerometer berfungsi untuk menstabilkan posisi tricopter terhadap sumbu gravitasi bumi, data perubahan sudut yang didapat dari sensor gyroscope dan accelerometer menjadi sinyal masukan jika tricopter berada pada posisi tidak tegak lurus dengan sumbu gravitasi bumi, maka tricopter akan menyesuaikan kembali sehingga robot dalam keadaan stabil.

### 3.2. Sistem Gerak Robot

Sistem kendali arah gerak tricopter yaitu dengan mengatur kecepatan perputaran dari motor 1 (M1), motor 2 (M2), motor 3 (M3) dan mengarahkan motor servo ke kiri atau ke kanan. Untuk mengendalikan tricopter dibutuhkan *remote control* (RC), dalam penelitian ini digunakan RC dengan merek flysky yang menggunakan

gelombang radio dengan frekuensi 2,405-2,475 GHz. RC digunakan sebagai media pengiriman data untuk mengendalikan robot terbang tricopter pada jarak jauh.

Algoritma pemrograman untuk mengendalikan pergerakan robot dengan menggunakan *remote control* seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir sinyal *remote control*

#### 4. Pengujian dan Analisa

##### 4.1. Pengujian daya angkat motor

Total daya angkat dari ketiga motor brushless yang digunakan adalah 3.105Kg. Dengan demikian, maka resultan gaya angkat motor dapat dihitung dengan total daya angkat motor (3.105Kg) dikalikan dengan gaya gravitasi sebesar 9.8m/s<sup>2</sup>.

$$3.105\text{Kg} * 9.8\text{m/s}^2 = 30.429\text{N}$$

Maka gaya angkat maksimal yang dapat dihasilkan tricopter adalah sebesar 30.429N.

Hasil dari pengujian dari berbagai masukan dari RC dapat dilihat pada Tabel 1, dan perhitungan resultan gaya dihitung dari total daya angkat ketiga buah motor.

Tabel 1. Hasil Uji Daya Angkat Motor (*thrust*)

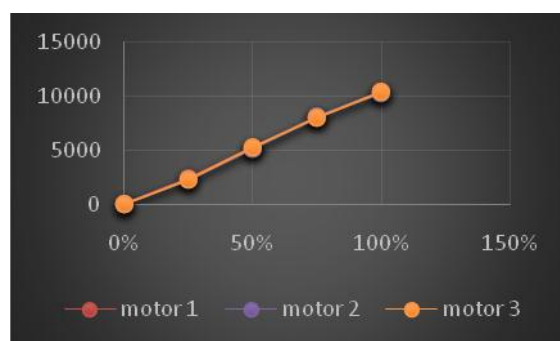
Masukan Dari RC (%)	Daya Angkat Motor (Kg)			Total (Kg)	Resultan Gaya (Newton)
	Motor 1	Motor 2	Motor 3		
0	0	0	0	0	0
25	0.303	0.303	0.303	0.909	8.908
50	0.524	0.524	0.524	1.572	15.406
75	0.831	0.831	0.831	2.493	24.431
100	1.035	1.035	1.035	3.105	30.429

##### 4.2. Pengujian Putaran Motor

Pengujian RPM motor brushless menggunakan tachometer dapat ditunjukkan pada Gambar 13, 14, 15 dan hasil dari pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran RPM motor brushless menggunakan tachometer

Masukan dari RC (%)	Putaran Motor (RPM)		
	Motor 1	Motor 2	Motor 3
0	0	0	0
25	2397	2252	2338
50	5183	5147	5281
75	7996	8139	8056
100	10381	10326	10463



Gambar 12. Grafik Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran pada Tabel 2 dan Gambar 12 diperoleh bahwa ketika pulsa dari RC bernilai 0 maka semua putaran motor juga bernilai 0 RPM, tetapi saat pulsa pada RC dinaikkan sebesar 25% maka kecepatan putaran motor bernilai 2397 RPM untuk motor1, 2252 RPM untuk motor2 dan 2338 RPM untuk motor3. Ketika pulsa pada RC dinaikkan sebesar 50% maka kecepatan putaran motor semakin meningkat dari sebelumnya, hasil dari pengukuran motor1 bernilai 5183 RPM, motor2 bernilai 5147 RPM dan motor3 bernilai 5281 RPM. Pulsa dari RC dinaikkan lagi menjadi 75%, sehingga putaran motor1 bernilai 7996 RPM,

motor2 bernilai 8139 RPM dan motor3 bernilai 8056 RPM. Dan pengukuran juga dilakukan dengan memberikan masukan pada RC sebesar 100% dengan menaikkan throttle secara penuh, maka hasil pengukuran yang didapat pada motor1 bernilai 10381 RPM, motor2 bernilai 10326 RPM dan motor3 bernilai 10463 RPM.

Berikut adalah Gambar 13, 14 dan 15 dari hasil pengujian RPM motor brushless menggunakan tachometer.



Gambar 13. Pengujian motor 1



Gambar 14. Pengujian Motor 2



Gambar 15. Pengujian Motor 3

#### 4.3. Pengujian Sensor gyroscope

Untuk mengetahui respon dari sensor gyroscope maka dilakukan pengujian, karena sensor gyroscope disini berfungsi sebagai penstabil keadaan tricopter. Pengujian dilakukan dengan memegang tricopter dan merubah keadaan tricopter dengan kondisi condong kedepan, condong kebelakang, condong kesamping kiri dan condong kesamping kanan, maka akan didapat data tegangan yang dikeluarkan untuk menggerakkan motor. Jika terjadi perubahan sudut maka akan terbaca oleh sensor gyroscope yang terdapat pada

*flight controller* dan akan diteruskan ke ESC, kemudian ESC akan mengirim perintah untuk menggerakkan motor lebih pelan atau lebih cepat dengan memberikan sumber daya yang terdapat pada baterai Li-Po berupa tegangan kepada motor.

Pengkondisian posisi tricopter condong kedepan dan mengukur tegangan yang dikeluarkan baterai ketiap-tiap motor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tegangan yang diperlukan tiap motor jika ada perubahan posisi pada tricopter saat diterbangkan. Pengukuran dilakukan seperti pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Pengukuran Tegangan Pada Motor



Gambar 17. Hasil Pengukuran pada Motor

Dari pengukuran tegangan pada setiap motor brushless pada kondisi-kondisi tertentu, maka dapat dibuatkan tabel hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Respon tegangan kondisi robot

Kondisi robot	Respon Tegangan terhadap kondisi robot (volt)		
	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Condong kedepan	6.7	8.5	2.7

Condong kebelakang	6.2	2.6	8.4
Condong kekanan	2.6	7.9	8.3
Condong kekiri	7.5	2.6	8.3

Dari hasil penelitian pada Tabel 3 maka, bisa disimpulkan bahwa terdapat beberapa perbedaan diantara motor, dikarenakan terdapat perbedaan kebutuhan daya yang diperlukan setiap motor pada kondisi-kondisi tertentu pada tricopter.

#### 4.4. Uji Terbang Tricopter

Uji terbang robot dilakukan untuk mengetahui kinerja robot terbang tricopter dalam melakukan gerakan naik, turun, maju, mundur, belok kiri, belok kanan dan memutar. Seperti pada gambar dibawah ini yang menunjukkan robot sudah dapat terbang dengan gerakan naik, maju, mundur, turun, kekiri, kekanan dan memutar.



Gambar 18. Uji Terbang Rendah

Tricopter diterbangkan rendah untuk melihat apakah posisi tricopter seimbang dan tidak miring kekiri atau kekanan. Terlihat pada Gambar 18 tricopter sudah sangat stabil dalam memperthankan posisi.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian dengan menaikkan nilai *throttle* pada *remote control* (TX), kondisi tricopter dapat dilihat seperti pada Gambar 19.



Gambar 19. saat *throttle* dinaikan pada RC

Robot sedikit naik dari kondisi awal setelah diberi masukan pada RC, dan terus dinaikan hingga *throttle* 50% pada RC, sehingga tricopter semakin naik seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Tricopter posisi naik dan maju

Terlihat pada Gambar 18, 19 dan 20 menunjukkan bahwa robot terbang tricopter sudah bisa terbang sesuai yang diinginkan peneliti. Pengujian terbang dilakukan dijalan Perdana komplek hotel Orchard sekitar pukul 16.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB pada saat cuaca cerah dan kondisi angin yang tidak terlalu kencang. Pada penelitian ini terlihat tricopter masih belum stabil pada saat *take off* sebelum tricopter benar-benar melayang pada ketinggian 1 meter, tetapi setelah tricopter melayang maka akan stabil. Faktor ini sebabkan oleh getaran putaran dari motor brushless dan disebabkan oleh beban dari bobot tricopter itu sendiri.

## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengamatan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan *flight controller* flip32 pada perancangan robot terbang model tricopter ini sudah sangat efektif, karena sudah termasuk mikrokontroler STM32F yang mempunyai *Interrupts internal* yang dapat membantu pembacaan sinyal dari RC dan timer yang dapat menghasilkan PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengendalikan motor brushless.
2. Pada *flight controller* flip32 juga telah terdapat sensor, yaitu sensor gyroscope dan sensor accelerometer yang berfungsi sebagai penstabil dari robot terbang tricopter dalam mempertahankan posisi dan menstabilkan tricopter pada kondisi-kondisi tertentu, seperti pada posisi miring, maju, mundur, naik dan turun.
3. Kemampuan terbang dari tricopter dipengaruhi oleh kemampuan daya angkat motor terhadap beban, dari hasil pengujian diperoleh daya angkat maksimum sebesar 3.105Kg dan kemampuan ESC untuk mensuplai arus maksimal sebesar 30A.
4. RC yang digunakan untuk mengendalikan robot bekerja pada frekuensi 2.405-2.475 GHz dengan teknologi telemetri AFHDS (*Automatic Frequency Hopping System Digital*). Jenis RC yang menggunakan frekuensi 2.4GHz lebih mudah terkena

intervensi ketika berada pada area publik, karena banyak terdapat sinyal-sinyal wifi yang mempunyai frekuensi yang sama. Pada percobaan di batasi dengan jarak 100 meter.

5. Saat pengujian daya angkat maksimal pada motor brushless didapatkan hasil dari ketiga buah motor sebesar 3.105Kg dan dapat dihitung maksimal resistansi dari tricopter adalah sebesar 30.429N.

## 5.2. Saran

Untuk pengembangan skripsi ini, maka beberapa saran yang dapat saya sampaikan untuk penelitian serupa pada waktu berikutnya, yaitu:

1. Sebaiknya robot terbang dilengkapi dengan monitoring level baterai, agar pada saat terbang dapat diketahui sisa baterai yang ada.
2. Penambahan kamera *real time* agar dapat melakukan pemantauan lokasi secara langsung.
3. Untuk penelitian tricopter agar dapat lebih maksimal sebaiknya diberikan tambahan GPS (*Global Positioning System*) untuk mengetahui letak wilayah dan dapat memetakan wilayah tersebut.
4. Robot juga dapat ditingkatkan kecerdasannya dengan penambahan GPS, yaitu *back home*, robot dapat kembali pada posisi awal diterbangkan dengan sendirinya apa bila terjadi *lost connect* dengan *remote control*.
5. Untuk mengendalikan robot tricopter diperlukan keahlian khusus dalam memainkan RC.

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan lagi untuk mengikuti perkembangan dalam dunia aeromodelling.

## DAFTAR PUSTAK

1. Akbar Habibi, Ghani. 2013. Perancangan Dan Analisis Otomasi Sistem Kendali Quadcopter Melalui Koordinat Dengan Global Positioning System Tracker. Bandung.
2. Bouabdallah, S. 2007. *Design and Control of Quadrotors with Application to Autonomous Flying*. PhD Thesis, EPFL.
3. *e-book* Bouabdallah 1, Samir & Siegwart, Roland. 2007. *Towards Intelligent Miniatur Flying Robots*.

4. Hoffman, G., Rajnarayan, D., Waslander, S.L., Jang, J., and Tomlin, C. 2004. The Stanford Testbed of Autonomous Rotorcraft for Multi Agent Control (Starmac).
5. Kurniawan, Rudy. 2014. Perancangan Kontroller PID dan Sliding Mode Control untuk Kestabilan Hover pada UAV Trirotor. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung: Jurnal Ecotipe, Vol.1, No.1
6. Ogata, Katsuhiko. 1996. Teknik Kontrol Automatik I (edisi kedua). Jakarta: Erlangga.
7. Pitowarno, Endra. 2006. Robotika Desain Kontrol, dan Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: Andi
8. Sirajuddin. 2013. Rancang Bangun Robot Terbang Quadcopter Berbasis Mikrokontroler ATmega16. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura: Skripsi
9. Suyadhi, Taufiq dwi septian. 2015. Multirotor (*Modelling-designing-Building*). Yogyakarta: CV. Andi Offset.
10. Wierema, Menno. 2008. *Design, implementation and flight test of indoor navigation and control system for a quadcopter UAV*. Master's thesis. Delft University of Technology.



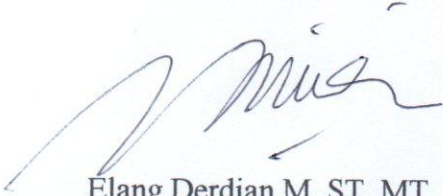
Indra krista, Lahir 21 Januari 1991 di Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat.

Memperoleh gelar sarjana pada 07 April 2017 Program Studi Teknik Elektro Sistem Kendali, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia.



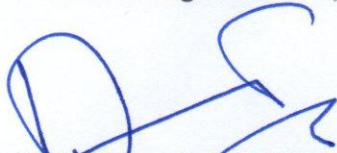
Mengetahui,

Dosen Pembimbing Utama,



Elang Derdian M, ST, MT  
NIP.197203011998021001

Dosen Pembimbing Pembantu,



Dr. Dedy Suryadi, ST, MT  
NIP.19681203199512 1001