

DOI: doi.org/10.21009/0305020125

RANCANG BANGUN DAN KENDALI SEMI-OTOMATIS HEXACOPTER DENGAN ALGORITMA GENETIK A*

Lanny Catrin Dale^{a)}, Surya Darma^{b)}, Prawito

Departemen Fisika FMIPA UI, Kampus UI Depok dan 16424

Email: ^{a)}lanny_dl@domain.com, ^{b)}suryadarma@sci.ui.ac.id

Abstrak

Paper ini melaporkan Rancang Bangun Hexacopter (drone) dengan parameter tunggal daya angkat drone. Target beban maksimum disesuaikan dengan pemilihan komponen motor dan propeller yang akan digunakan. Di sisi lain, Hexacopter memanfaatkan Algoritma Genetik tipe A* bertujuan untuk menentukan lintasan terpendek yang paling mungkin, dari satu posisi mulai hingga sebuah lokasi akhir yang diinginkan. Beberapa rintangan akan didaftarkan pada algoritma histogram warna sebagai teknik deteksi, kemudian A* akan memanfaatkan posisi rintangan tersebut untuk menghitung ulang lintasan lain yang paling optimal agar drone bergerak tanpa menabrak rintangan. Pergerakan drone memanfaatkan kendali proporsional, integral dan diferensial sederhana yang dikenal dengan PID. Penentuan nilai konstanta pada kendali PID drone ini memanfaatkan aplikasi *auto-tuning* dari mission planner. Ujicoba dilakukan dalam ruangan dengan grid-grid maya yang membagi lintasan dari titik awal ke lokasi tujuan. Rintangan diletakkan pada posisi 1,5 meter diatas lantai sehingga dalam pengolahan citra di proyeksikan terhadap grid-grid maya tersebut. Posisi hasil proyeksi tersebut menjadi masukan A* untuk mengkalkulasi ulang lintasan. Pengujian tahapan berikutnya juga akan dilakukan pada ruangan luar gedung dengan pemanfaatan GPS sebagai pengganti grid yang dimaksud. Hasil penelitian ini melaporkan bagaimana drone akan bertindak dengan implementasi dari kecerdasan tersebut untuk mengendalikan gerakannya secara semi otomatis.

Kata-kata kunci: *Rancang Bangun, Hexacopter, Histogram Warna, Grid-Grid Maya, Algoritma Genetik A*, lintasan terpendek dan kendali PID hexacopter.*

Abstract

This paper reports Hexacopter Design (drone) with a single parameter power lift drone. Target maximum load adjusted to the motor and propeller selection of components to be used. On the other hand, Hexacopter utilizing Genetic Algorithm type A* aims to determine the shortest path is most likely, from a start position to a final desired location. Some obstacles will be registered on the color histogram algorithm as a detection technique, then A* will utilize the position of the obstacles to recalculate the most optimal path so that another drone move without bumping into obstacles. Movement control drone utilizing proportional, integral and differential simple known as PID. The determination of the constants in the PID control drone applications utilize auto-tuning of the mission planner. Experiments conducted in a room with virtual grids which share the track from the starting point to the destination location. The obstacles placed in the position of 1.5 meters above the floor so that the image processing is projected to virtual grids. The position of the projected results become inputs A* to calculate the trajectory. The next stage of testing will also be done on the outside of the building space with the use of GPS in lieu of the grid in question. The results of this study reported how the drones will act with the implementation of the intelligence to control a semi-automatic movement.

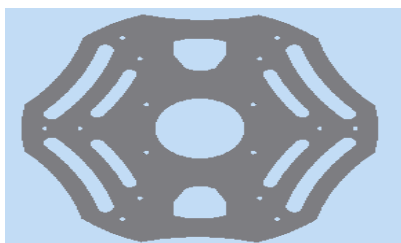
Keywords: *Design, Hexacopter, Genetic Algorithm A*, the shortest path and control hexacopter.*

1. Pendahuluan

Hexacopter biasa disebut dengan drone. Dalam dunia teknologi, hexacopter mempunyai beberapa fungsi seperti dalam bidang militer, digunakan untuk pemotretan wilayah musuh, wilayah konflik atau untuk memata-matai musuh. Sedangkan

untuk keperluan sipil, hexacopter digunakan untuk pemetaan daerah terpencil, pemantauan gunung berapi, pemantauan kemacetan atau pengambilan citra daerah pasca bencana tsunami. Sistem hexacopter terdiri dari perangkat keras (6 motor propeller, 6 ESC, Odroid XU4, GPS Compas, Telemetry, Ardu Pilot Mega jenis 2.5, Remote

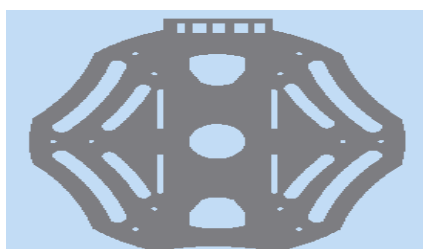
Control 14 SG Futaba), perangkat lunak (program inisialisasi) dan komunikasi (frekuensi radio dan WiFi). Namun demikian, hexacopter mempunyai keterbatasan yaitu pada saat diterbangkan masih butuh campur tangan manusia. Oleh karena itu pada paper ini dilaporkan hasil dari hexacopter yang memanfaatkan pengolahan citra dengan kecerdasan buatan berbasis program algoritma genetik A* pada lingkungan OpenCV C++ pada saat diterbangkan dengan sistem autonomus. Dalam penelitian ini, peneliti berhasil membuat rancang bangun hexacopter dengan diameter 70 cm dan massa 2,5 kg, memperhitungkan beban motor 800 kV. Dimana ada 4 tahapan dalam membuat hexacopter. Tahap pertama membuat plate atas dari bahan pcb fiber berbentuk segi enam dengan ukuran diameter 20 cm, seperti gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Plate atas

Dalam gambar 1, bagian ujung atas sebesar 1 cm dibor sebesar 3 cm untuk meletakkan baut, jarak antara 2 baut sebesar 2 cm. Ini dilakukan pada ujung 6 sisi hexa, sehingga diperlukan 12 baut. Hal ini juga dilakukan pada plate bawah, sehingga bagian tengah dari plate atas dan plate bawah diletakkan *Arm* pada ujung 6 sisi hexa. Plate atas digunakan untuk meletakkan komponen Turnigy UBEC 3-5 Amper, Odroid XU4, GPS dan *receiver remote control*.

Tahap kedua membuat plate bawah dari bahan pcb fiber berbentuk segi enam dengan ukuran diameter 20 cm, seperti gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Plate bawah

Plate bawah digunakan untuk meletakkan komponen baterai Lippo 5200mAh, Lipo Ceker dan Kamera.

Tahap ketiga membuat plate motor dari bahan pcb fiber berbentuk segi empat dengan ukuran 4 cm x 4 cm, seperti gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Plate motor

Dalam gambar 3, ujung atas dan ujung bawah diagonal plate motor sebesar 1 cm dibor 3 cm untuk meletakkan baut motor. Plate motor dibuat dengan tujuan untuk mengurangi vibrasi antara motor dengan ARM. Maka diperlukan sebanyak 12 baut untuk meletakkan 6 motor.

Tahap keempat membuat arm hexacopter. Arm hexa terbuat dari batang aluminium *hollow* dengan ukuran 1 cm x 2 cm dan panjang sebesar 29 cm, sebanyak 6 buah. 1 cm dari ujung atas digunakan untuk meletakkan motor dan 0,5 cm dari bagian bawah digunakan untuk meletakkan ESC (*Electronic Speed Control*). Arm hexacopter yang dibuat bertipe X dengan konfigurasi gambar ditampilkan seperti gambar 4 berikut.



Gambar 4. Konfigurasi hexacopter X

Kelebihan arm tipe X yaitu pada saat hexacopter diterbangkan kamera depan tidak terhalang oleh arm. Dari 4 tahap diatas, diperoleh rancang bangun hexacopter seperti gambar 5 di bawah ini.

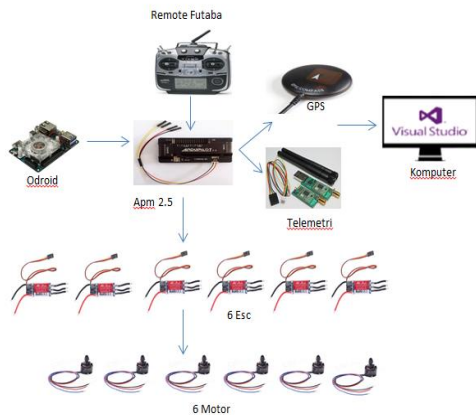


Gambar 5. Hexacopter DFUI-1

Sesuai dengan namanya, maka hexacopter ini menggunakan 6 motor dan 6 baling-baling.

2. Metode Penelitian

Pemilihan komponen utama mengikuti bagan rancang bangun seperti yang ditampilkan pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hardware Hexacopter

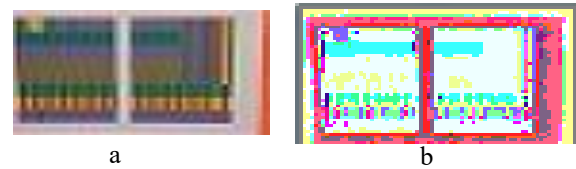
Dari gambar diatas, hardware hexacopter terdiri dari remote control berfungsi sebagai penggerak hexacopter. APM (*Ardu Pilot Mega*) jenis 2.5 berfungsi untuk menjalankan fungsi otomatis, menerima perintah dari Single Board Computer (SBC), mempunyai input sebanyak 8 channel, dalam arti 4 channel seperti pitch, yaw, throttle dan roll dan 4 channel bebas. Odroid XU4 berfungsi sebagai input dari program pengolahan citra dan algoritma genetik A*. GPS berfungsi sebagai mengetahui koordinat posisi hexacopter. Telemetry berfungsi sebagai memberikan informasi seperti posisi, ketinggian, arah, dan status wahananya sendiri secara real time pada saat wahana udara dioperasikan. ESC (*Electronic Speed Control*) berfungsi sebagai untuk mengontrol kecepatan brushless motor. Motor berfungsi untuk menggerakkan baling-baling. Komputer berfungsi sebagai kontroler dan video *streaming*.

Bagian *software* terdiri dari program pengolahan citra, berbasis histogram warna dan algoritma genetik A* yang dibangun pada lingkungan Visual Studio sebagai IDE (*Integrated Development Environment*) memanfaatkan banyak *library* pengolahan citra dari OpenCV (Open Source Computer Vision) C++. Respon dari pengolahan citra dan algoritma A* diumpangkan pada kendali hexacopter yang memanfaatkan kendali PID. Nilai-nilai konstanta kendali PID diperoleh dengan memanfaatkan aplikasi *auto-tuning* PID pada program Mission Planner™.

Dalam bagian software diperlukan tiga tahapan untuk menyelesaikan misi, pertama dilakukan pengolahan citra dari gambar target yang diregister. Citra dari obyek yang ingin dikenali diambil terlebih dahulu dan kemudian di dapatkan nilai histogram warna dan sidik jari histogram warnanya.

2.1 Histogram Warna

Histogram warna akan melakukan transformasi warna yang ada ke dalam beberapa pembagian warna yang lebih besar dikenal dengan sebutan bins [1]. Warna yang dikelompokkan menjadi lebih besar akan terlihat kurang jelas, namun menghasilkan pola warna yang khusus dari tiap kombinasi warna seperti terlihat pada gambar 7 di bawah ini :



Gambar 7. Pola warna (a) asli (b) sidik jari histogram warna

Langkah ini memberikan toleransi warna yang lebih longgar terhadap perubahan detail warna akibat berubahnya intensitas sinar yang mengenai benda. Juga teknik ini akan meringankan beban processor untuk melakukan komputasi perbandingan antara gambar target dengan gambar dari video yang diambil kamera. Pada proses selanjutnya warna pada gambar di kategorikan ke dalam bidang warna biru (B), hijau (G) dan merah (R) untuk mendapatkan pola khusus di masing-masing bidang warna.

2.2 Sidik Jari Histogram Warna

Sidik jari histogram warna dibangun dengan mengelompokkan komponen warna dari histogram warna pada masing-masing piksel sehingga menjadi spesifik sesuai dengan kombinasi pada gambar target. Sehingga dalam satu kesempatan di dalam satu ruang hanya akan ditemukan satu saja sidik jari histogram warna yang serupa. Kecuali ditemukan produk yang sama lebih dari satu di dalam sebuah ruang gambar yang di citra oleh kamera. Dengan persamaan Sidik Jari Histogram Warna :

$$E(q) = \begin{cases} 1 & \text{jika } H_{iq} \leq r^2 M_i \\ 0 & \text{jika lain} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

E(q) = fungsi Sidik Jari Histogram Warna

H_{iq} = Histogram dengan piksel q

r = faktor skala

M_i = Model histogram

Dimana persamaan 1 diambil literatur dari paper [2].

Sidik jari histogram warna dari obyek yang ingin dicari dibandingkan dengan histogram warna dari gambar yang diperoleh melalui video (yang direkam hexacopter ketika terbang) yang secara langsung dilakukan komparasi. Teknik komparasi yang digunakan adalah *mean shift average* [14] yang kemudian dilakukan *proses backprojection* [10].

Kedua, peneliti memasukkan gambar rintangan pada algoritma genetik A* pada lingkungan Visual Studio 2013 sebagai IDE (*Integrated Development*

Environment). Persamaan algoritma genetik A* memenuhi:

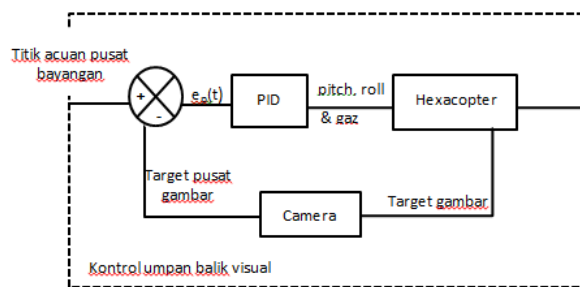
$$f(x) = g(x) + h(x) \dots\dots\dots(2)$$

dimana $g(x)$ merupakan jarak dari posisi awal sampai posisi aktual hexacopter di rintangan pertama. Sedangkan $h(x)$ merupakan jarak dari rintangan pertama ke titik tujuan.

Ketiga, peneliti memanfaatkan kontrol PID pada software Mission Planner. Nilai Konstanta PID yang didapatkan dari hasil auto-tuning, digunakan untuk menerbangkan hexacopter dalam ruang tertutup untuk melewati rintangan hingga ke target tujuan. Dengan persamaan PID :

$$PID = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \dots\dots(3)$$

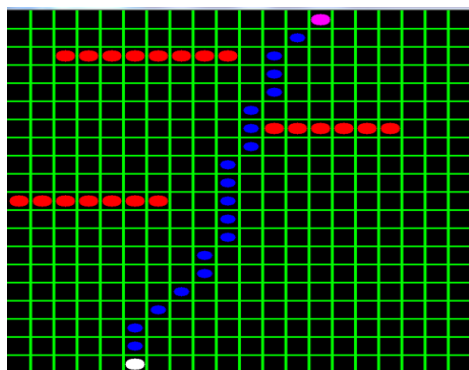
Tampilan diagram PID seperti gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Diagram kontrol umpan balik visual

3. Hasil dan Pembahasan

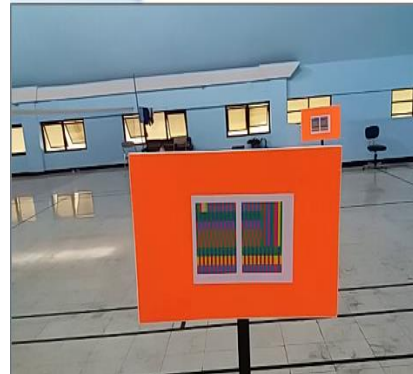
Hasil Simulasi Pengujian Program OpenCV C++ Algoritma Genetik A* ditampilkan seperti gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Algoritma Genetik A*

Gambar 9 diatas merupakan hasil simulasi dalam program OpenCV C++, hexacopter dijalankan dalam ruangan dengan ukuran (20 x 20) citra dan resolusi 640 x 480. Dimana bulat putih menunjukkan posisi awal hexacopter dan bulat merah muda menunjukkan posisi akhir hexacopter. Bulat merah menunjukkan

rintangan yang tidak dilewati hexacopter. Sedangkan bulat warna biru menunjukkan rute jalan tercepat yang ditempuh hexacopter. Sedangkan uji coba hexacopter terbang dalam ruang tertutup seperti gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Ruang tertutup

Kemudian uji terbang hexacopter direkam menggunakan kamera odroid beresolusi 1280 x 720 pixel dan dimasukkan dalam program sidik jari histogram warna. Hasil histogram warna dalam ruang tertutup disimulasikan pergerakan hexacopter dengan hasil ditampilkan seperti gambar 11 di bawah ini.



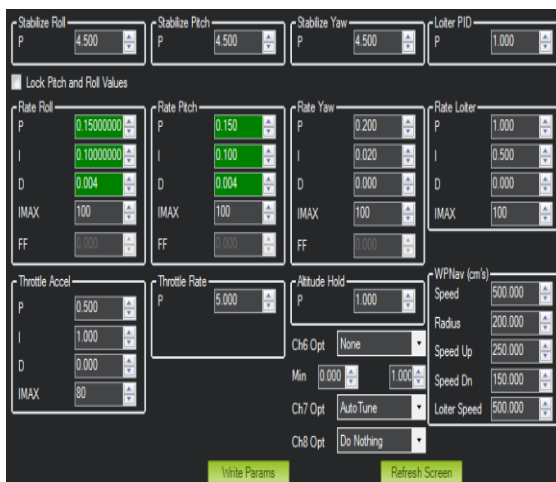
Gambar 11. Hasil histogram warna

Hasil histogram warna dibandingkan dengan rekaman video seperti gambar 12 di bawah ini.



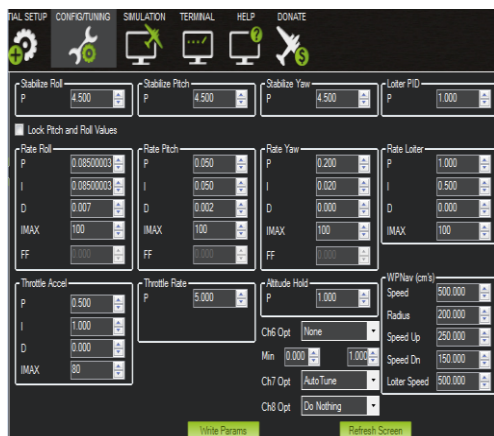
Gambar 12. Cuplikan frame dari hasil rekaman video

Nilai konstanta PID yang diperoleh sebelum hexacopter diterbangkan, ditampilkan seperti gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Nilai konstanta PID sebelum hexacopter dijalankan

Nilai konstanta PID yang didapat setelah hexacopter diterbangkan secara auto-tuning, ditampilkan seperti gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Nilai konstanta PID setelah hexacopter diuji

4. Analisa

Dengan memanfaatkan teknik histogram warna, hexacopter saat diterbangkan mampu mengenal rintangan seperti gambar 12.

Dari gambar 9, hexacopter menggunakan persamaan algoritma genetik A* bergerak melalui rute tercepat.

Nilai konstanta PID yang diperoleh setelah hexacopter diuji, digunakan untuk pergerakan hexacopter dalam ruang tertutup. Peneliti menggunakan prinsip kontrol umpan balik visual untuk mengetahui error pada saat hexacopter

diterbangkan dalam ruang tertutup untuk mengetahui rintangannya.

5. Simpulan

Telah berhasil dibuat Rancang Bangun Hexacopter dengan ukuran 70 cm dan massa sebesar 2,5 kg, memperhitungkan beban motor sebesar 800 kV dan propeller.

Hexacopter yang dihasilkan telah mampu terbang dengan stabil, menggunakan mode autonomous dengan navigasi GPS, dimana hexacopter yang dibuat peneliti, dapat melewati rintangan dalam ruang tertutup dalam lintasan tercepat saat diterbangkan.

Paper ini menunjukkan pemanfaatan histogram warna untuk mendeteksi gambar target dalam lingkungan hexacopter. Teknik ini menunjukkan kemampuannya untuk melaporkan ukuran dan lokasi gambar target. Kontrol PID bisa mendapatkan gerakan stabil hexacopter ketika mendekati dan mengarahkan gambar target dari posisi awal. Teknik ini dapat digunakan untuk *servoing visual* yang hexacopter dalam pencarian sasaran otonom.

Hasil dari rancang bangun hexacopter, diperoleh komponen yang dibutuhkan dan massa komponennya sesuai dengan massa hexacopter sebesar 2,5 kg ditampilkan dalam tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Komponen hexacopter yang dibutuhkan

No	Nama Komponen	Massa (gr)
1	Motor Sunnysky 800 kV	120 x 6 = 720
2	Propeller jenis RC Timer Carbon Fiber ukuran 11x5	12 x 6 = 72
3	Baterai Lipo jenis multistar dengan kapasitas baterai 5200 mAh	433
4	ESC	24 x 6 = 144
5	Power Modul APM	19
6	APM jenis 2.5	20
7	Odroid XU4	60
8	GPS Compas	25
9	UBEC jenis TURNIGY	7,5
10	Kamera jenis Odroid USB WebCam 720 pixel	100
11	Plate atas + plate bawah + plate motor + frame + pcb PDB + kabel	900
12	Total	2500

Ucapan Terimakasih

Terima kasih, penulis ucapkan kepada dosen pembimbing dan teman satu penelitian yang telah mendukung terwujudnya artikel ini.

Daftar Acuan

Jurnal

- [1] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color Indexing", *International Journal of Computer Vision*, vol. 7, pp 11-32, 1991.
- [2] J.-L. Buessler, J.-P. Urban, G. Hermann, and H. Kihl, "Color Histogram Algorithms for Visual Robot Control", *International Journal of Robotics and Automation, Special Issue on Colour Image Processing and Analysis for Machine Vision*, pp. 86-93, 2005.
- [3] S. Shen, N. Michael, and V. Kumar, "Stochastic differential equation based exploration algorithm for autonomous indoor 3D exploration with a micro-aerial vehicle," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 31, no. 12, pp. 1431-1444, Nov. 2012.
- [4] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color Indexing", *International Journal of Computer Vision*, vol. 7, pp 11-32, 1991.
- [5] D. Comaniciu and V. Ramesh: "Mean Shift and Optimal Prediction for Efficient Object Tracking", in *IEEE Int. Conf. Image Processing (ICIP'00)*, Vancouver, Canada, 2000, Vol. 3, pp70-73.
- [6] Swain, M.J. 1990a. "Color indexing." Department of Computer Science, University of Rochester, Technical report 360.
- [7] D. Comaniciu, V. Ramesh. and P. Meer, "Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects using Mean Shift" in *Proc. of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'00)*, South Carolina, 2000, Vol 2 pp.142-149.
- [8] Jean-Philippe Urban, Jean-Luc Buessler, and Hubert Kihl, "Color Histogram Footprint technique for visual object tracking," *Proceedings of the 2005 IEEE Conference on Control Applications Toronto, Canada, August 28-31, 2005*

Buku

- [1] Gary Bradski and Adrian Kaehler. *Learning OpenCV* 1st ed. United States of America, (2008), p. 1-555.
- [2] Gen Mitsuo, Runwei Cheng. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. Wiley Computer Publishing 2000.
- [3] Gonzalez, R.C, Woods, R.E. (2002). *Digital Image Processing Second Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- [4] Robert Laganière BIRMINGHAM. *OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook*. First published: May 2011
- [5] Juan Soulié. *C++ Language Tutorial*. Last revision: June, 2007.

Prosiding

- [10] S. Darma, J.L. Buessler, G. Hermann, J.P. Urban, "Visual Servoing Quadrotor Control in Autonomous Target Search, 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, 19 - 20 Aug. 2013, Shah Alam, Malaysia.
- [11] J. W. Kim and D. H. Shim, "A Vision-Based Target Tracking Control System of a Quadrotor by using a Tablet Computer," *IEEE International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, pp. 28-31, May. 2013.