

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN RANGKA WAHANA *MULTICOPTER* TIPE EMPAT BALING-BALING (*QUADCOPTER*)

Vicry Darmawan^[1], Kaspul Anuar^[2], Musthafa Akbar^[3]

Laboratorium Konstruksi Dan Perancangan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

^[1]vicrydarmawan9584@gmail.com, ^[2]kaspul_anuar_2@yahoo.com, ^[3]akbarmst@gmail.com

ABSTRACT

Quadcopter is an unmanned flying vehicle whose lift force is produced by the rotation of the driving motor. One type of multicopter that is widely used to conduct aerial mapping missions is the quadcopter type. In this study the design of a quadcopter frame structure that was able to fly for more than 20 minutes with a MTOW quadcopter flying vehicle was 5 kg. The quadcopter used in this study is the hexacopter type X with a dimensions of the quadcopter frame of 790 mm were obtained based on the motor and propeller used. The MTOW of quadcopter is 563 gram. Quadcopter is made using carbon fiber composite material on the arm and middle plate, acrylic material on the clamp and polyacid material on the mounting. In the process of planning and making a carbon fiber composites, it is carried out using the hand lay-up and vacuum bagging method. So, that the results obtained with a wheelbase length of 787 mm and a diagonal of the middle plate of 200 mm, with MTOW is 679 gram.

Keywords: *Quadcopter, Frame, Carbonfiber, Hand Lay-up and Vacuum Bagging, MTOW*

1. Pendahuluan

Multicopter adalah sebuah wahana terbang tanpa awak yang gaya angkatnya (*Thrust*) dihasilkan oleh putaran motor penggerak. Umumnya, multicopter memiliki jumlah motor penggerak lebih dari satu [1]. Sesuai dengan jumlah motor penggeraknya tipe *multicopter* dapat diklasifikasikan menjadi jenis *tricopter*, *quadcopter hexacopter* dan *octacopter*.

Aplikasi *multicopter* telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan, baik pada bidang militer maupun pada bidang sipil. *Multicopter* umumnya diaplikasikan untuk fotografi, video udara dan pemetaan suatu area. Salah satu jenis *multicopter* yang banyak digunakan untuk melakukan misi pemetaan udara adalah jenis *quadcopter* [2]. *Quadcopter* adalah salah satu jenis *multicopter* yang memiliki empat buah motor penggerak.

Di Provinsi Riau, penggunaan *quadcopter* mulai banyak diaplikasikan untuk berbagai kepentingan sipil, seperti pemetaan wilayah hutan tanaman industri dan pengawasan area perkebunan. Perkembangan penggunaan wahana *quadcopter* di Provinsi Riau diperkirakan terus meningkat. Hal ini didukung oleh keberadaan industri perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri. Berdasarkan data dari Dinas Kehutanan Riau tahun 2014, Provinsi Riau memiliki luas area hutan sebesar 3.520.539 Ha [3]. Dan luas area perkebunan kelapa sawit sebesar 2.424.545 Ha [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh [5] terkait *quadcopter* yang digunakan untuk pemetaan udara memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas waktu terbang (*flight time*). Maksimum *quadcopter* mampu terbang lebih kurang selama 20 menit pada kondisi baterai terisi penuh. Minimnya kapasitas

waktu terbang yang dimiliki oleh wahana *quadcopter* menjadikan luasan area yang mampu dipetakan/dimonitoring oleh wahana ini ikut terbatas. Sehingga jika *quadcopter* digunakan untuk menjalankan misi pemetaan udara pada area yang luas menjadi sangat tidak efisien. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya rancang bangun rangka wahana terbang *quadcopter* yang mampu menjalankan misi pemetaan dengan kapasitas waktu terbang lebih dari 20 menit. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini peneliti akan mengembangkan sebuah prototipe rangka (*frame*) wahana terbang *quadcopter* yang mendukung misi terbang dengan kapasitas waktu terbang lebih dari 20 menit.

2. Metodologi

Adapun tahapan dalam penelitian ini dapat dilakukan sebagai berikut:

2.1 Estimasi MTOW Dan Perhitungan Sistem Tenaga Pendorong

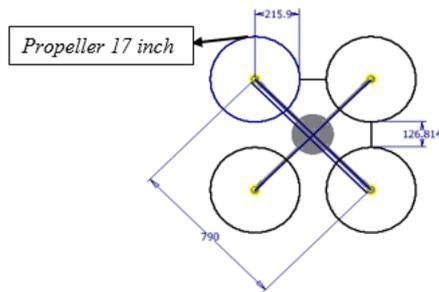
Pada penelitian ini, rancang bangun rangka (*frame*) *quadcopter* didasarkan pada target misi wahana agar mampu terbang dengan *flight time* lebih dari 20 menit dan *payload* sebanyak 1,5 kg. Berdasarkan hal tersebut, masa maksimum wahana *quadcopter* (MTOW) ditargetkan maksimum 5 kg. Selanjutnya berdasarkan (gaya angkat motor = 2 x berat *quadcopter*) [6], kebutuhan total gaya dorong (*thrust*) dari wahana *quadcopter* yaitu sebesar 9,81N (10 kg), sehingga *thrust* yang dibutuhkan untuk setiap motor yaitu sebesar 24.525N (2,5 kg).

Thrust motor yang dibutuhkan sebesar 2.5 kg disesuaikan dengan spesifikasi motor yang

tersedia dipasaran. Nilai thrust motor yang tersedia dipasaran dan sesuai dengan *thrust* yang dibutuhkan yaitu motor brushless SunnySky 340 kv. Sesuai spesifikasi motor tersebut, *thrust* maksimum tersebut bisa dicapai jika menggunakan *propeller* dengan ukuran 17 in dan *Electronic speed controller* (ESC) dengan spesifikasi 40A-6s.

2.2 Penentuan Dimensi Rangka *Quadcopter*

Berdasarkan ukuran *propeller* yang didapatkan yaitu dengan ukuran 17 in, maka *quadcopter* dengan dimensi *wheelbase* 650 mm tidak dapat digunakan karena *propeller* disetiap lengan akan saling bersentuhan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan modifikasi ukuran rangka *quadcopter* dengan dimensi *wheelbase* (jarak motor ke motor) rangka *quadcopter* sebesar 790 mm. pemilihan ukuran *wheelbase* ini didasarkan kepada ukuran *propeller*. Berikut ditampilkan sketsa rangka *quadcopter* dengan dimensi *wheelbase* 790 mm pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa rangka *quadcopter*

Pada gambar 1, terlihat rangka dengan dimensi *wheelbase* 790 mm mampu menopang *propeller* ukuran 17 in dengan jarak *clearance* tiap *propeller* lebih kurang sebesar 126 mm. Setelah didapatkan dimensi rangka *quadcopter*, kemudian dilakukan pembuatan 3 desain konsep *quadcopter* menggunakan *software* Inventor. Desain konsep *quadcopter* di pilih berdasarkan bentuk *quadcopter* yang ada pada jurnal-jurnal penelitian terkait *quadcopter*, sedangkan konfigurasi rangka *quadcopter* telah ditetapkan berbentuk seperti huruf X. Kemudian untuk material yang digunakan pada bagian plat tengah dan lengan *quadcopter* dipilih material *carbonfiber* karena memiliki *density* yang rendah dengan *Ultimate Tensile Strength* dan *Young's Modulus* yang tinggi apabila dibandingkan dengan material yang umum digunakan dalam pembuatan *quadcopter* seperti alumunium dan *fiberglass*. Berikut ditampilkan perbandingan propertis material *carbonfiber*, alumunium dan *fiberglass* pada Tabel 1.

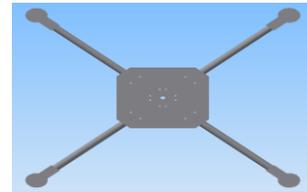
Tabel 1. Perbandingan propertis material

NO	Propertis	Alumunium	CFRP	Fiberglass
1	Density	2.7 g/cc	1.8 g/cc	2.49 g/cc
2	Ultimate Tensile Strength	310 MPa	3800 MPa	3033 MPa
4	Modulus Elastisitas	68.9 GPa	225 GPa	69 GPa

Berikut 3 buah desain konsep yang dipilih berdasarkan *quadcopter* yang pernah dibuat pada penelitian sebelumnya.

1. Pengembangan Desain Konsep Pertama

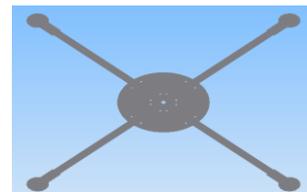
Konsep ini mengusung penggunaan Profil lingkaran untuk tempat dudukan motor brushless sebagai sumber gaya angkat (*thrust*). Untuk plat tengah menggunakan bentuk persegi dengan *chamfer* di setiap sudutnya. Bentuk dari pengembangan konsep desain pertama ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Konsep Pertama

2. Pengembangan Konsep Desain Kedua

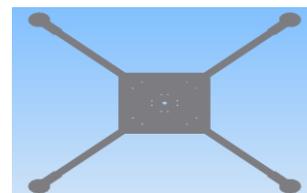
Konsep ini mengusung penggunaan Profil persegi untuk tempat meletakkan motor brushless sebagai sumber gaya angkat (*thrust*). Untuk plat tengah menggunakan bentuk lingkaran. Bentuk dari pengembangan konsep desain kedua ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Konsep Kedua

3. Pengembangan Konsep Desain Ketiga

Konsep ini mengusung penggunaan Profil persegi untuk tempat meletakkan motor brushless sebagai sumber gaya angkat (*thrust*). Untuk plat tengah menggunakan bentuk persegi tanpa *chamfer* disetiap sudutnya. Bentuk dari pengembangan konsep desain ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Konsep Ketiga

Untuk dimensi profil lengan dan plat tengah dari semua desain konsep disamakan. Profil lengan lingkaran diameter 20 mm dan profil lengan persegi (20x20) mm, sedangkan untuk plat tengah lingkaran dengan diameter 200 mm dan plat tengah persegi baik dengan chamfer ataupun tanpa chamfer yaitu (200x200) mm. Kemudian dilakukan simulasi *Static Structural* dengan memberikan beban berupa *thrust* motor sebesar 2,5 kg pada setiap lengan dengan tumpuan jenis *fixed support* pada *Center of Gravity*. Penggunaan meshing pada simulasi ini menggunakan tipe *generate mesh*. Struktur rangka yang memiliki tegangan dan total deformasi paling kecil serta massa total yang ringan merupakan desain terbaik yang kemudian akan diteruskan pada proses simulasi lanjut dan produksi. Berikut ditampilkan hasil simulasi *Static Structural* menggunakan *software* Ansys pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi *Static Structural* menggunakan *software* Ansys 16.0.

Desain	Von-misses (Mpa)	deformation (mm)	Massa (kg)	Safety Factor	Volume (m ²)
Desain 1	35.15	5.99	0.59	12.60	4.46
Desain 2	18.27	3.37	0.56	15	4.20
Desain 3	18.27	3.36	0.61	15	4.56

2.3 Matriks Pengambilan Keputusan

Setelah didapatkan beberapa desain konsep rangka *quadcopter*, kemudian dilanjutkan dengan melakukan seleksi untuk memilih desain terbaik menggunakan Matriks Pengambilan Keputusan.

Matriks keputusan pada penelitian ini didasarkan pada kriteria tegangan, defleksi, massa dan *safety factor*, kemudahan fabrikasi, mudah dirakit dan jumlah material yang dimiliki oleh masing-masing desain konsep. Berikut ditampilkan matrik pengambilan keputusan yang dibuat berdasarkan hasil simulasi statik struktur rangka dari desain konsep *quadcopter* pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Pengambilan Keputusan

No.	Kriteria	Bobot (%)	Konsep		
			1	2	3
1	Kekuatan	30	3	4	4
2	Massa Total	30	4	4	3
3	Kemudahan Fabrikasi	20	4	3	4
4	Mudah Dirakit	10	3	2	4
5	Jumlah material	10	3	4	2
	Total	100	3.4	3.6	3.5

KET: 4= Sangat baik
3= Baik
2= Cukup
1= kurang

Penetapan persentasi bobot masing-masing parameter, kekuatan dan massa total ditetapkan paling tinggi diantara yang lain yaitu sebesar 30% karena pada bidang pesawat tanpa awak, faktor kekuatan dan massa total sangat penting dipertimbangkan. Dari tabel matriks pengambilan keputusan diatas, maka ditetapkan desain konsep 2 sebagai alternatif desain terpilih. Hal ini disebabkan karena desain konsep 2 mendapatkan nilai matrik tertinggi yaitu 3.7. Dalam hal kekuatan desain konsep 2 mendapatkan nilai yang sama dengan desain konsep 3 yaitu sebesar 4 karena nilai tegangan von-misses dan total deformasi lebih kecil dibandingkan desain konsep 1. Dalam hal massa total desain konsep 2 memiliki nilai 4 karena memiliki massa rangka paling kecil. Dalam hal kemudahan fabrikasi desain konsep 2 mendapatkan nilai 3 karna plat tengah yang berbentuk lingkaran relatif lebih sulit dalam pemotongan secara manual. Dalam hal kemudahan untuk dirakit, desain konsep 2 mendapatkan nilai 3 dan nilainya lebih kecil dari pada desain konsep 3 karena plat tengah bentuk persegi lebih mudah dirakit dengan bagian lengan. Dalam hal jumlah material desain konsep 2 mendapatkan nilai 4 karena memiliki volume yang lebih kecil dibandingkan desain lainnya.

2.4 Desain Terpilih

Setelah didapatkan desain terpilih maka dilakukan perhitungan MTOW dan *flight time* wahana terbang *quadcopter*. Berikut ditampilkan table 3.5 Spesifikasi *quadcopter*.

Setelah dilakukan perhitungan semua komponen *quadcopter* MTOW dari *quadcopter* sebesar 4.993 kg, MTOW yang didapat telah sesuai dengan kriteria MTOW sebelumnya yaitu sebesar < 5 kg.

Setelah didapatkan MTOW *quadcopter*, jenis motor dan baterai yang digunakan maka perkiraan waktu terbang *quadcopter* dapat ditentukan.

2.5 Proses Produksi

2.5.1 Pembuatan cetakan lengan *quadcopter*

Pada pembuatan cetakan lengan proses pencetakan dilakukan sebanyak 2 kali. Hal ini dilakukan karena bagian cetakan yang akan di cetak terdiri dari dua bagian, yaitu bagian atas dan bagian bawah. Langkah pertama sediakan *primer molding* cetakan yaitu besi hollow galvanis ukuran 20 mm x 20 mm sepanjang 50 cm, kemudian pasang triplek melamin di bagian tengahnya. Agar permukaan cetakan tidak lengket dengan *fiberglass*, maka dilakukan proses pemberian *wax* pada permukaan cetakan dengan cara memoles secara berulang sebanyak 4 kali dengan selang waktu 10 menit.

Kemudian lapiasi cetakan yang sudah di wax dengan resin Gelcoat dengan takaran: gelcoat 150 gr, cobalt 0,75 ml, katalis 3 ml, pigmen warna 7.5 gr. Kemudian oleskan keseluruhan bagian *primer molding fuselage* hingga merata, lalu biarkan selama 3 jam hingga *gelcoat* mengering. Pemberian *gelcoat* dilakukan sampai 2 kali, hal ini dilakukan agar cetakan yang dihasilkan lebih kuat. Kemudian lapiasi cetakan dengan *fiberglass*, proses pelapisan dilakukan 3 tahap agar tidak terjadi kekosongan pada cetakan bagian dalam. Tahap pertama dengan 1 lapis *fiberglass* dan di vakum, lalu tunggu sampai 1 jam, setelah mulai kering lakukan pelapisan tahap ke 2 dengan 2 lapis *fiberglass* lalu di vakum lagi hingga kering. Tahap 3 dilapisi dengan 3 lapis *fiberglass*, kemudian terakhir Melapisi cetakan dengan serat kasa 2 lapis menggunakan resin polyester dengan takaran Resin Polyester = 200 ml, katalis = 1 ml, Tepung talk= 100 ml agar cetakan yang dihasilkan lebih kuat dan tahan lama. Berikut ditampilkan Proses pembuatan cetakan lengan *quadcopter* pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pembuatan cetakan lengan *quadcopter*

Setelah 2 bagian selesai langkah selanjutnya merapikan bagian sudut cetakan yang sudah kering menggunakan gerinda tangan. Setelah merapikan sudut cetakan hingga rapi selanjutnya pembuatan lubang untuk baut agar kedua bagian dapat disambung dengan kuat. Berikut ditampilkan proses pemotongan dan pemberian lubang pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses pemotongan dan pemberian lubang

2.5.2 Pembuatan lengan *quadcopter*

Proses pertama yaitu melakukan pemotongan serat karbon sepanjang 50 cm. kemudian serat karbon yang telah dipotong di timbang menggunakan timbangan digital. Selanjutnya pemberian wax sebanyak 5 kali dengan rentang waktu 5 menit. Pemberian wax bertujuan untuk mempermudah pelepasan komposit pada saat sudah mengeras. Berikut ditampilkan proses pemotongan serat karbon dan pemberian wax pada cetakan pada gambar 6.



Gambar 6. Proses pemotongan serat karbon dan pemberian wax

Setelah pemberian wax kemudian serat karbon yang telah dipotong di cetak pada cetakan. Proses pencetakan dilakukan di kedua bagian cetakan. Masing masing cetakan dilapisi dengan serat karbon sebanyak 4 lapis. Pelapisan serat karbon dilakukan 2 tahap, tahap pertama 1 lapis terlebih dahulu agar mempermudah membentuk permukaan cetakan sehingga permukaan yang dihasilkan rata. Kemudian tahap kedua ditambah 3 lapis serat karbon. Pelapisan menggunakan resin epoxy dan hardener dengan perbandingan 2:1. Banyak resin dan hardener disamakan dengan berat 4 lapis serat karbon yang telah ditimbang. Proses pencetakan spesimen dengan metode *hand lay up* terlebih dahulu sebelum proses vakum. Setelah proses *hand lay-up* selesai kemudian cetakan specimen dimasukkan kedalam *vacuum bag*, Penggunaan *vacuum bag* dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *void-void* pada komposit. Proses vakum dilakukan selama 2 jam, setelah selesai dibiarkan terlebih dahulu selama 24 jam dan siap untuk dilepas dari cetakan. Adapun proses pemvakuman dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses *vacuum bagging*

Setelah spesimen benar benar kering setiap bagian sudut dari spesimen akan dipotong menggunakan alat gerinda, kemudian dirapikan menggunakan gerinda tangan kecil hingga bagian bawah specimen rata. Berikut ditampilkan proses pemotongan dan hasil komposit karbon pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Proses memotong dan merapikan spesimen



Gambar 9. Hasil komposit karbon

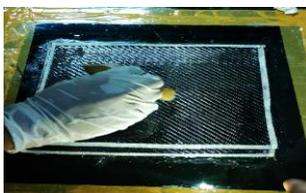
2.5.3 Pembuatan Plat Tengah *quadcopter*

Proses pertama melakukan pemotongan serat karbon sebesar 250 mm x 250 mm. kemudian serat karbon yang telah dipotong di timbang menggunakan timbangan digital. Selanjutnya timbang resin dan hardener dengan perbandingan 2:1. Dengan banyak resin sama dengan berat dari serat karbon. Dimana berat Serat karbon sebanyak 6 lapis yaitu 57 gram. Berikut ditampilkan alat dan bahan pembuatan plat tengah pada Gambar 10.



Gambar 10. Alat dan bahan

Selanjutnya pemberian wax sebanyak 5 kali dengan rentang waktu 5 menit. Pemberian wax bertujuan untuk mempermudah pelepasan komposit pada saat sudah mengeras. Setelah serat karbon dipotong dan resin ditimbang proses selanjutnya yaitu pencetakan spesimen dengan metode *hand lay up* terlebih dahulu sebelum proses vakum, caranya dengan mengoleskan campuran resin dan hardener yang telah diaduk pada serat karbon hingga merata, oleskan resin pada serat karbon hingga 6 lapis. Setelah semua lapisan digabungkan selanjutnya specimen di *vacuum* selama 2 jam, setelah selesai dibiarkan terlebih dahulu selama 24 jam dan siap untuk dilepas dari cetakan. Berikut ditampilkan proses pengolesan resin pada serat karbon pada gambar 11.



Gambar 11. Proses mengoleskan resin pada serat karbon

Setelah spesimen kering selanjutnya potong specimen dengan menggunakan gergaji mesin membentuk lingkaran. Berikut proses pemotongan spesimen pada gambar 12.



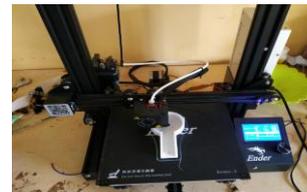
Gambar 12. Proses pemotongan plat tengah

2.5.4 Prosedur Umum Pembuatan *Mounting* Motor

Berikut dijelaskan prosedur umum pembuatan *Mounting* Motor wahana terbang menggunakan mesin printer 3D:

1. Sebelumnya desain *mounting* motor digambar tiga dimensi dan dikonversi ke dalam format STL, File format dimasukkan kedalam SD Card.
2. Kemudian hubungkan sumber arus dari mesin printer 3D dihubungkan ke arus listrik, mesin printer 3D dihidupkan dengan cara menekan tombol on.
3. Setelah itu bed dan nozzle pada mesin printer 3D dipanaskan dengan *setting* temperature 200 derajat celcius.
4. Lakukan print desain pola cetakan *mounting* motor.

Berikut ditampilkan Proses pencetakan *mounting* motor pada Gambar 13.



Gambar 13. Proses pencetakan *mounting* motor

2.5.5 Sambungan plat tengah dan lengan

Pada awal proses pembuatan sambungan antara plat tengah dan lengan digambarkan dahulu dimensinya pada bahan *acrylic*, dimensi *acrylic* 40mm x 40mm kemudian *acrylic* dipotong membentuk sketsa ukuran yang sudah digambar. Proses pemotongan dilakukan dengan gerinda mesin, setelah itu *acrylic* dilubangi menggunakan mesin *drill* untuk pemasangan baut. Berikut ditampilkan Proses pembuatan sambungan pada Gambar 14.



Gambar 14. Proses pembuatan sambungan

3. Hasil

3.1 Hasil Pembuatan Rangka Quadcopter

Berikut ditampilkan Hasil pembuatan rangka quadcopter pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Pembuatan Rangka Quadcopter

Setelah rangka quadcopter dibuat maka dimensi dan massa dari rangka quadcopter dibandingkan dengan hasil dimensi desain yang telah direncanakan sebelumnya. Berikut di tampilkan Hasil Pengukuran Dimensi Rangka Quadcopter pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Dimensi Rangka Quadcopter

NO	Ukuran	Dimensi Desain (mm)	Dimensi Produk (mm)
1	Wheelbase	790	793
2	Lengan	355x20x1	360x22x1.2
3	Plat Tengah	D 200 t 2	D 205 t 2.1
4	Acrylic	35x10x35	36x10x37
5	Mounting Motor	85 x 50	85 x 50

Pada tabel 4. Diatas didapatkan hasil pengukuran komponen rangka quadcopter berupa panjang dan lebar hasil desain dan hasil aktual. Kemudian setelah dimensi diukur, kemudian dilakukan juga pengukuran massa tiap tiap komponen rangka quadcopter. Berikut ditampilkan hasil pengukuran massa rangka quadcopter pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Massa rangka quadcopter

NO	Komponen Rangka	Jumlah	Massa Desain (gram)	Massa Aktual (gram)
1	Lengan	4	152	210
2	Plat Tengah	2	186	180
3	Acrylic	8	96	112
4	Mounting Motor	4	124	140
5	Massa Total		563	642

Berdasarkan hasil pengukuran dimensi dan massa rangka quadcopter Hasil dimensi yang

didapatkan sudah saling mendekati sehingga. Perbedaannya tidak terlalu jauh, sedangkan perbedaan massa desain dan massa aktual lumayan jauh dikarena kan pada massa actual di timbang dengan mur dan baut. Sedangkan disimulasi tidak.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian kali ini yaitu :

1. MTOW dari rangka quadcopter terdiri dari massa rangka, massa komponen elektronik dan massa payload. Setelah diketahui MTOW, jenis motor dan propeller yang digunakan maka dihasilkan desain rangka quadcopter dengan wheelbase 790 mm.
2. Dihasilkan prototipe rangka quadcopter dengan bentuk profil lengan persegi dengan plat tengah lingkaran berbahan carbon fiber dan Dimensi wheelbase yang dihasilkan yaitu 787 mm.

Daftar pustaka

- [1] Hidayat, R. et al. (2014). Rancang Bangun Sistem Penstabil Kamera Untuk Foto Udara Berbasis Wahana Udara Quadcopter. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Volume 8, No. 2
- [2] Lukmana, M. A. 2012. Merancang Dan Membuat Sebuah Wahana Udara Tanpa Awak Berupa Quadrotor. Skripsi. Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Ononiwu, G. et al. 2016. Design and Implementation of a Real Time Wireless Quadcopter for Rescue Operations. American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-5, Issue-9, pp-130-138.
- [4] Puspasari, S., Rahman, A., & Hermanto, D. (2014). Perancangan dan Implementasi Quadcopter untuk Foto Udara Objek-objek Wisata di Kota Palembang. Jurnal Generic, 9(2), 332-341
- [5] Suroso, I. 2018. Analisis Peran Unmanned Aerial Vehicle Jenis Multicopter Dalam Meningkatkan Kualitas Dunia Fotografi Udara Di Lokasi Jalur Selatan Menuju Calon Bandara Baru Di Kulonprogo. Jurnal Rekam. Vol. 14 No.1
- [6] Wicaksono A, Satrio. (2015). Rancang Bangun Robot Terbang Model Quadcopter Sebagai Sarana Pemantau Jarak Jauh Menggunakan mikrokontroler ATMEGA 168