

RANCANG BANGUN PROTOTYPE DRONE PENYEMPROT PESTISIDA UNTUK PERTANIAN PADI SECARA OTOMATIS

Rahmad Hidayat¹, Muhaimin², Aidi Finawan³
^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol
 Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
 E-mail: rahmadioipnl@gmail.com

Abstrak— Dewasa ini drone tidak hanya digunakan pada operasi militer untuk melakukan pengintaian terhadap musuh tanpa terdeteksi. Drone banyak menjadi objek penelitian salah satunya dalam bidang pertanian. Drone dapat digunakan untuk melakukan survei lahan, pemantauan jarak jauh maupun lainnya untuk mempermudah aktivitas pertanian terutama untuk penyemprotan hama. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang drone yang dapat melakukan penyemprotan pestisida dan bekerja secara otomatis tanpa perlu dikendalikan oleh pengguna. Drone yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Hexacopter tipe X dengan dimensi 550 mm dan flight controller dji Naza-M V2. Drone bergerak menggunakan 6 buah baling-baling (propeller) dengan ukuran 10x4,7-inch yang dipasang pada motor brushless 980KV. Drone pada saat penyiraman cairan pestisida melakukan take off menggunakan mode terbang secara otomatis yang diatur melalui Universal Ground Control software. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa drone dapat terbang selama 1 menit 45 detik dengan menggunakan baterai Lipo 3S 2200 mAh ketika total berat drone 2500 gram dan drone bekerja dengan baik dalam melakukan penyemprotan pestisida secara otomatis pada pertanian padi.

Kata kunci : Drone, Hexacopter, Propeller, Universal Ground Control software

I. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan utama pertanian di Indonesia adalah tingginya biaya pertanian khususnya penggunaan bahan kimia, pupuk hingga tenaga kerja. Selama ini petani menghabiskan sumber daya seperti pemakaian tenaga kerja yang relatif besar untuk proses penyemprotan hama area yang luas. Sehingga harus diupayakan rekayasa yang mampu melakukan kegiatan penyemprotan hama secara cepat, efisien dan akurat.

Di bidang pertanian, penggunaan pestisida juga telah dirasakan manfaatnya yaitu untuk meningkatkan hasil produksi, akan tetapi hal ini akan membuat tingkat ketergantungan sangat tinggi terhadap pestisida. Pestisida tidak boleh terkena kulit secara langsung, terhirup atau mengenai mata manusia karena pestisida terkandung bahan kimia yang berbahaya. Kecelakaan akibat pestisida yang sering dialami seperti, pusing-pusing ketika sedang menyemprot maupun sesudahnya, atau muntah-muntah, mulas, mata berair, kulit terasa gatal-gatal dan menjadi luka, kejang-kejang, pingsan, dan tidak sedikit kasus berakhir dengan kematian. Penyemprotan manual pump ini juga berpotensi merusak tanaman karena dalam proses penyemprotan banyak tanaman yang terinjak. Maka di perlukan inovasi untuk meminimalisir resiko untuk penyemprot dan tanaman itu sendiri.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis berkeinginan mengangkat sebuah judul tugas akhir yaitu “Rancang Bangun Prototype Drone Penyemprot Pesticida Untuk Pertanian Padi Secara Otomatis”. Alat ini dirancang agar dapat menentukan lokasi yang ingin dilakukan penyemprotan pestisida dan melakukan penyemprotan

pestisida secara otomatis ketika sudah sampai dilokasi yang ditentukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Drone merupakan salah satu UAV jenis *quadrotor* (empat baling-baling *propeller*) buatan perusahaan Prancis, Parrot. AR. Drone dirancang agar dapat dikendalikan menggunakan *smartphone* dengan platform iOS dan Android dan dilengkapi dengan dua kamera yang terletak di depan badan pesawat (2 MP) dan di bawah badan pesawat (0.3 MP). Kamera tersebut digunakan untuk merekam dan memotret objek saat AR. drone diterbangkan. Karena fitur yang mumpuni tersebut, AR. Drone sering digunakan untuk pengambilan gambar dan video.

Drone merupakan pesawat tanpa pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang melalui kendali jarak jauh dengan kamera otomatis dari pilot yang terdapat di dataran. Awalnya UAV merupakan pesawat yang dikendalikan dari jarak jauh, namun sistem otomatis kini mulai banyak diterapkan. Perkembangan teknologi membuat drone juga mulai banyak diterapkan untuk kebutuhan sipil, terutama di bidang bisnis, industri, dan logistik. Dunia industri bisnis, drone telah diterapkan dalam berbagai layanan seperti pengawasan infrastruktur, pengiriman paket barang, pemadam kebakaran hutan, eksplorasi bahan tambang, pemetaan daerah pertanian, dan pemetaan daerah industri.

A. Flight Controller

Flight Controller adalah perangkat mikrokontroler yang digunakan dalam drone untuk mengoperasikan wahana naik, turun, maju, mundur, dll. Dalam dunia drone, terdapat berbagai merek *Flight Controller* seperti KK Board, MultiWii,

APM seperti Gambar 1, DJI Naza, dan Pixhawk, atau biasa dengan membuat *Flighth Controller* buatan menggunakan mikrokontroler.



Gambar 1. *Flight Controller* Naza-M V2

B. Motor Brushless

Brushless direct current (BLDC) adalah salah satu dari sekian jenis motor yang umum digunakan. Sesuai dengan namanya, BLDC motor tidak menggunakan sikat atau brush untuk kontak pergantian magnet (komunikasi) tetapi dilakukan secara komutasi elektronik. Penggunaan motor BLDC memiliki banyak keuntungan dibandingkan motor DC dan motor induksi lainnya.



Gambar 2. *Brushless* DC Motor

C. Electronic Speed Controller

ESC adalah singkatan dari *Electronic Speed Controller* yang berfungsi sebagai pengendali putaran dan arah putaran motor. Pada umumnya, untuk motor dapat berputar, *remote control* (RC) memberikan pulsa sinyal min 1000µS dan pada kecepatan penuh sebesar 2000µS.

Untuk menentukan ESC yang akan digunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (peak current) dari motor. Kekuatan ESC yang digunakan seharusnya melebihi kekuatan motor. Misalnya, dari data didapatkan kekuatan motor adalah 12A (sesuai dengan *datasheet* motor) pada saat *throttle* terbuka penuh. sebaiknya ESC yang akan digunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika dipaksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat *throttle* dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar.



Gambar 3. *Electronic Speed Controller*

D. Propeller

Propeller adalah pasangan untuk motor. Untuk Hexacopter, propeller yang digunakan ada dua jenis yaitu *Clock Wise* (CW) / Searah jarum jam dan *Counter Clock Wise* (CCW) / Berlawanan arah jarum Jam. Gambar 4 memperlihatkan contoh *propeller* 1 pasang CW dan 1 pasang CCW.



Gambar 4. *Propeller* CW dan CCW

E. Global Positioning System

Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS antara lain GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, IRNSS India. Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat, dengan nama lengkapnya adalah NAVSTAR GPS (NAVSTAR) adalah nama yang diberikan oleh John Walsh, seorang penentu kebijakan penting dalam program. GPS *Tracker* atau sering disebut dengan GPS *Tracking* adalah teknologi AVL (*Automated Vehicle Locator*) yang memungkinkan pengguna untuk melacak posisi kendaraan, armada ataupun mobil dalam keadaan *Real-Time*.



Gambar 5. GPS

F. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya.



Gambar 6. Ultrasonic Sensor

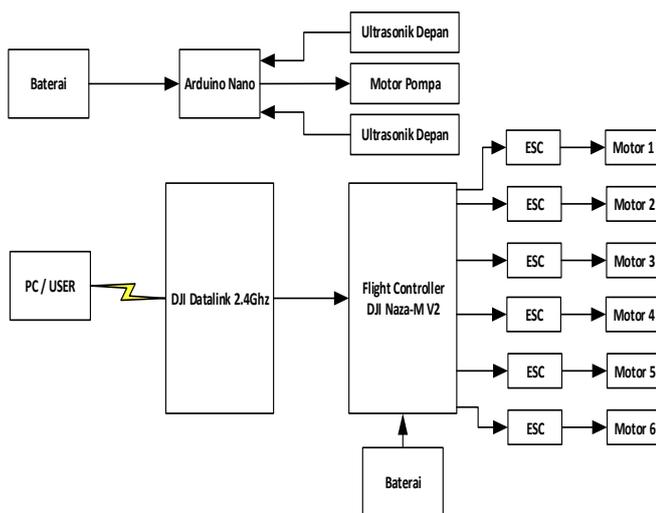
Perbedaan waktu antara gelombang suara dipancarkan dengan ditangkapnya kembali gelombang suara tersebut adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindera diantaranya adalah: objek padat, cair, butiran maupun tekstil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Drone Penyemprot Pestisida

Perancangan sistem ini akan dibagi menjadi perancangan mekanik, perancangan rangkaian dan hardware. Perancangan alat ini mempunyai tujuan yaitu untuk mendapatkan suatu alat atau sistem yang baik seperti yang diharapkan, dengan mempertimbangkan karakteristik– karakteristik komponen yang digunakan sehingga diperoleh peralatan dengan spesifikasi yang baik seperti yang diharapkan.

Blok diagram fungsi keseluruhan dari sistem yang di rancang dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Blok Diagram Keseluruhan

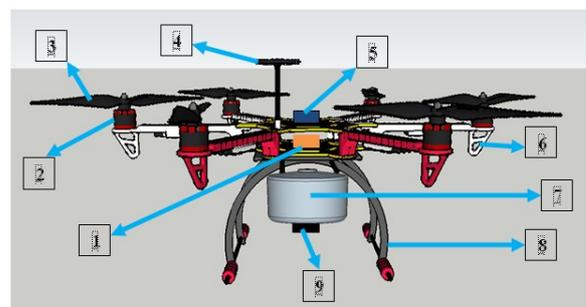
Fungsi masing – masing dari tiap blok diagram adalah sebagai berikut :

1. PC / User sebagai ground station.
2. DJI Datalink 2.4 Ghz berfungsi sebagai penghubung antara transmitter ground station dan receiver ground station.
3. Flight Controller Naza-M V2 berfungsi sebagai pengatur pergerakan pada hexacopter, kecepatan motor dan proses *take off* dan *landing* hexacopter.
4. *Electronic Speed Controller* (ESC) berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran dan arah putaran pada motor.
5. Motor berfungsi sebagai penggerak baling-baling yang akan memberikan dorongan sehingga membuat hecopper terbang di udara.
6. Arduino nano berfungsi sebagai pengatur penyemprotan dan pendeteksiian pertanian padi.
7. Ultrasonik berfungsi sebagai *obstacle*.
8. Motor pompa berfungsi sebagai mengatur laju penyiraman cairan pestisida dari dalam tangki.
9. Baterai berfungsi sebagai suplai daya ke controller

Sistem yang dibangun adalah melalui input tuas axis joystick (PC) menggunakan software *ground station* lalu data input joystick dikirim ke *flight controller* Naza-M V2 melalui sambungan *bluetooth*, kemudian *flight controller* Naza-M V2 mengirimkan perintah ke esc untuk mengaktifkan motor. Juga terdapat tombol input dari *google earth plugin* yang dikirimkan melalui *bluetooth* yang memerintahkan *flight controller* untuk mengaktifkan arduino uno sehingga sensor *ultrasonic* depan yang aktif pada awalnya dapat berganti menjadi sensor *ultrasonic* belakang yang aktif dan kemudian menghidupkan motor pompa

B. Perancangan Mekanik Drone Penyemprot Pestisida

Perancangan mekanik bertujuan untuk membuat rancangan bentuk alat yang akan dibuat, bentuk dari sistem mekanik drone seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini. Dalam gambar tersebut terlihat sistem mekanik keseluruhan, dalam pembuatan sistem mekanik ini digunakan *frame* F550 berbahan fiber sebagai kerangka drone dengan *motor brushless* sebagai penggerak *propellers*. Drone menggunakan enam buah motor *brushless* pada *frame*. Penggunaan enam lengan pada *frame* (*hexacopter*) bertujuan sebagai penambah daya angkat pada UAV yang memiliki total *payload* ataupun beban yang di angkat kurang lebih sekitar 2,5 kg.



Gambar 8. Sistem Mekanik Keseluruhan

Keterangan gambar sesuai nomer :

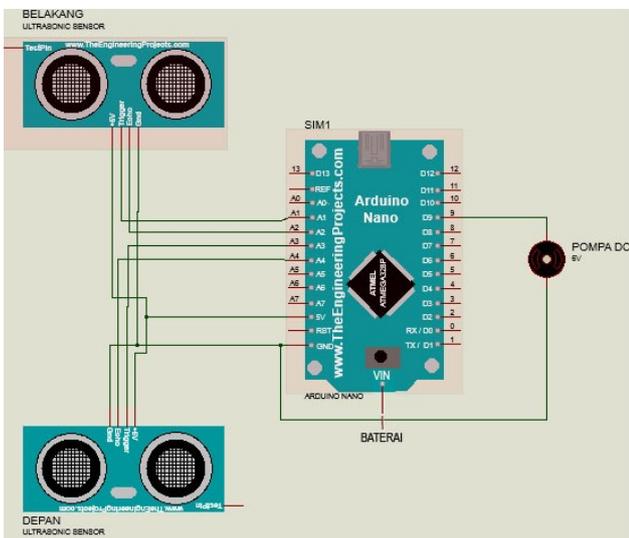
1. *Flight Controller*.
2. *Motor Brushless*.
3. *Propeller*.
4. GPS.
5. Baterai.
6. *Arm Frame*.
7. *Pestisida Tank*.
8. *Landing Gear*.
9. Pompa DC.

Beberapa komponen yang akan digunakan dalam perancangan ini yaitu :

1. *Flight Controller* Naza-M V2.
2. *Motor Brushless* SunnySky X2212 KV980 II (6 unit).
3. *Electronic Speed Control Hobby Wings Sky Walker* 30A (6 unit).
4. *Propeller* Carbon 10x4,5 inch (6 unit).
5. Baterai Li-po Gens Ace 2200mAh.
6. *Transmitter and Receiver* DJI 2.4G DATALINK.
7. *Global Positioning System* DJI NAZA.
8. Tangki Pestisida ±1liter.
9. Arduino Nano v3.0 (ATMega328P).
10. Pompa DC 6V.
11. Sensor *Ultrasonic* HC-SR04.
12. *Landing Gear*.

C. Perancangan Rangkaian Elektronik Penyemprot Pestisida

Rangkaian penyemprot pestisida dapat dilihat pada gambar 9. Rangkaian ini digunakan untuk mengendalikan sensor *ultrasonic* depan, *ultrasonic* belakang dan mengendalikan motor pompa.



Gambar 9 Rangkaian Elektronik Penyemprot Pestisida

Berikut merupakan data-data input atau perintah dari sensor-sensor dan motor pompa ke mikrokontroler arduino nano dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

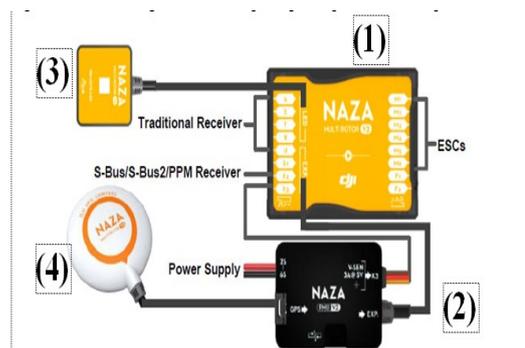
Tabel 1 Daftar Alokasi Port Pada Mikrokontroler Arduino Nano.

Input And Output	Pin	Keterangan
HC-SR04 Depan (Echo)	A4	Digital Input
HC-SR04 Depan (Trig)	A3	Digital Input
HC-SR04 Depan (Gnd)	GND	Ground Arduino
HC-SR04 Depan (Vcc)	VCC	5V Arduino
HC-SR04 Belakang (Echo)	A2	Digital Input
HC-SR04 Belakang (Trig)	A1	Digital Input
HC-SR04 Belakang (Gnd)	GND	Ground Arduino
HC-SR04 Belakang (Vcc)	VCC	5V Arduino
Pompa DC 6V	D9	Digital Input
Pompa DC 6V (Gnd)	GND	Ground Arduino
Baterai	VIN	Power Supply Arduino

Dalam perancangan perangkat lunak penyemprot pestisida mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano. pada perancangan ini pemrograman arduino nano menggunakan software Arduino IDE. Sistem yang dirancang yaitu menggunakan dua unit sensor ultrasonik yang akan di tempatkan dibagian depan dan belakang drone kemudian satu unit motor pompa. Sistem kerja yang di rancang yaitu ketika sensor ultrasonik depan dan belakang mendeteksi tanaman padi maka mikrokontroler akan memberikan perintah ke motor pompa untuk memulai penyemprotan.

D. Konfigurasi Flight Controller NAZA-M V2

Naza-M V2 merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali pada UAV model RC tipe multirotor. *Flight Controller* ini dapat digunakan untuk mengendalikan *tricopter*, *quadcopter* dan *hexacopter*.



Gambar 10 Konfigurasi Flight Controller Naza-M V2.

Gambar 10 merupakan gabungan dari modul kit DJI NAZA-M V2 yang rangkaiannya terdiri dari empat buah modul yang terskematik menjadi satu kesatuan, penjelasan

dan fungsi modul-modul diatas dapat dilihat pada point-point dibawah ini :

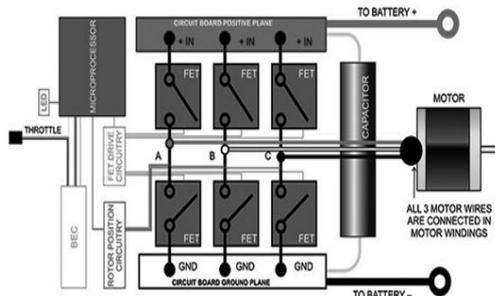
1. *Main Controller (MC)* yang berfungsi sebagai *processing unit* atau otak yang mengontrol kinerja dari motor, ESC dan menerima serta menerjemahkan perintah dari *transmitter* melalui *receiver* yang terhubung kepadanya.
2. *Power Management Unit (PMU)* berfungsi sebagai penyuplai *power* dari baterai ke MC, GPS dan modul tambahan, seperti pada penelitian ini berupa modul DJI Datalink 2.4Ghz
3. LED berfungsi sebagai lampu indikator dan notifikasi isyarat serta fungsi yang berjalan pada MC dan kesatuan Naza-M V2.
4. GPS berfungsi menangkap sinyal yang dipancarkan satelit-satelit untuk proses penentuan lokasi.



Gambar 12. Konfigurasi DJI Datalink 2.4Ghz

E. Konfigurasi *Electronic Speed Control* dan *Brushless Motor*

Electronic Speed Control adalah *driver* penggerak untuk jenis motor *brushless*, yang banyak digunakan pada kendaraan RC sedangkan *brushless* motor adalah motor yang berfungsi untuk memutar *propeller* yang memberikan daya angkat kepada UAV atau drone. Gambar 11 menunjukkan rangkaian ESC.



Gambar 11. Konfigurasi *Electronic Speed Control*.

Pada penelitian ini ESC dan *Brushless* motor yang digunakan masing-masing sebanyak enam unit yang satu unit ESC mewakili satu lengan frame dan mengontrol satu motor *brushless*.

F. Konfigurasi DJI 2.4Ghz Datalink

Gambar 12 merupakan rangkaian modul DJI datalink 2.4Ghz yang berfungsi sebagai modul penghubung *control ground system*. Modul tersebut digunakan bersamaan dengan software UGCS (*Unversal Ground Control Software*) yang berfungsi sebagai *Autonomous Flight* pada UAV serta penentuan lokasi yang dipaparkan secara 3D dengan bantuan sistem informasi geografis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pembuatan *hardware* dan *software*, maka penulis melakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang sudah selesai dibuat, apakah alat dapat bekerja sesuai dengan fungsi perencanaan pengujian. Tujuan dari pengujian alat ini adalah :

- A. Untuk mengetahui tingkat ketahanan baterai saat drone terbang.
- B. Untuk mengetahui penempatan pola yang telah ditentukan.
- C. Untuk mengetahui tingkat efektivitas drone penyemprot pestisida.

A. Pengujian Ketahanan Baterai

Pengujian ketahanan baterai dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan baterai saat terbang, baterai yang digunakan yaitu baterai Gen Ace 2200 mAh. Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Pengujian Ketahanan Baterai Tanpa Beban

No	Berat Drone (g)	Daya Baterai (mAh)	Peringatan Sisa Baterai (%)	Sisa Daya Baterai (mAh)	Lama Waktu Terbang (Menit)
1	1300	2200	20%	440	00:03:57
2	1300	2200	20%	440	00:03:32
3	1300	2200	20%	440	00:03:44
4	1300	2200	20%	440	00:03:52
5	1300	2200	20%	440	00:03:46
Total					00:18:51
Rata-rata					00:03:46

Tabel 3 Pengujian Ketahanan Baterai Dengan Beban

No	Berat Drone (g)	Daya Baterai (mAh)	Peringatan Sisa Baterai (%)	Sisa Daya Baterai (mAh)	Lama Waktu Terbang (Menit)
1	2500	2200	20%	440	00:01:42
2	2500	2200	20%	440	00:01:49
3	2500	2200	20%	440	00:01:45
4	2500	2200	20%	440	00:01:40
5	2500	2200	20%	440	00:01:51
Total					00:08:47
Rata-rata					00:01:45

B. Pengujian Pengangkatan Cairan Pestisida

Pengambilan data pengangkatan beban pada drone, pengujian dilakukan dengan cara menerbangkan drone yang diisi dengan cairan pestisida dengan volume cairan pestisida yang bervariasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Pengangkatan Beban

No	Volume Pestisida (ml)	Status Take Off
1	1000	Gagal
2	900	Gagal
3	800	Gagal
4	700	Gagal
5	600	Gagal
6	500	Berhasil
7	400	Berhasil
8	300	Berhasil
9	200	Berhasil
10	100	Berhasil

C. Pengujian Penyemprotan

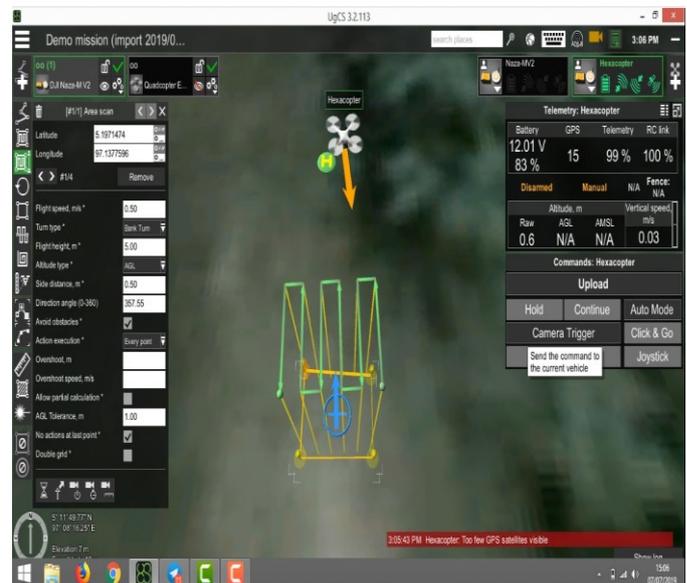
Pengujian penyemprotan pestisida merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat pemerataan hasil penyemprotan yang dilakukan oleh prototype drone penyemprot pestisida. Pengujian ini dilakukan dengan cara menerbangkan drone dengan kapasitas air 350 ml pada ketinggian 1.5 meter dari objek kain berwarna kuning dengan luas 1 x 1 meter dan cairan yang digunakan merupakan campuran air dan pewarna makanan, hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.



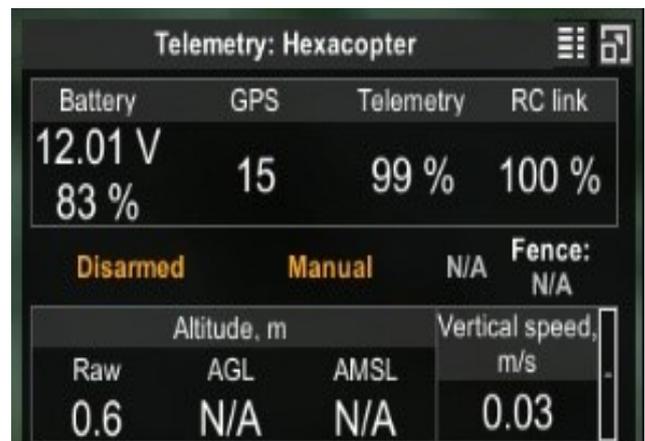
Gambar 13. Pengujian Penyemprotan

D. Pengujian Luas Area

Pengujian luas area merupakan pengujian yang dilakukan untuk pemetaan serta melihat waktu penyemprotan di area yang memiliki luas tertentu. Pengujian pemetaan ini dilakukan dengan menggunakan software *Universal Ground Control Software*.



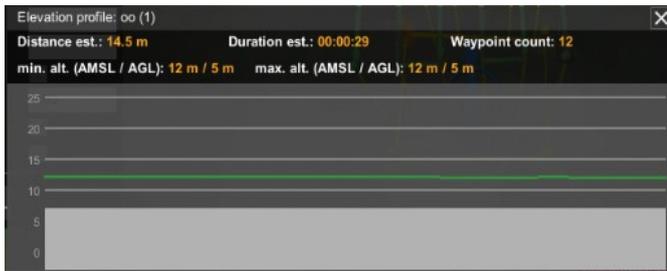
Gambar 14. Tampilan Pemetaan Area



Gambar 15. Informasi Status Drone

Gambar 14 merupakan tampak hasil mapping mode *area scan* dengan menggunakan *Universal Ground Control Software*. Hasil mapping tersebut akan dilalui oleh drone secara *autonomous flying* dengan luas area 3 x 2 meter. Pada sudut kanan monitor terdapat tampilan informasi mengenai voltase baterai, status GPS serta AGL dan AMSL yang tampak lebih jelas pada Gambar 15.

Adapun lama waktu yang dibutuhkan drone untuk melalui area seluas 3 x 2 meter yaitu 29 detik dengan kecepatan drone yang diatur saat melalui area yaitu 0.50 m/s untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Waktu Terbang Drone



Gambar 17. Detail Area Mapping.

Berdasarkan hasil pengujian dan data yang diperoleh maka dapat dianalisa bahwa dengan kapasitas baterai 2200mAh drone dapat terbang selama kurang lebih 3 menit 46 detik ketika tidak ada beban dan ketika drone berbeban maka drone hanya dapat terbang selama kurang lebih 1 menit 45 detik untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Pada penelitian ini *flight controller* yang digunakan adalah DJI Naza-M V2, *flight controller* ini bekerja dengan

sangat baik karena drone sangat stabil ketika di terbangkan, dan beberapa percobaan yang dilakukan seperti *return home and landing*, *autolanding* dan *hold position* berhasil dengan sangat baik.

Untuk penyemprotan bekerja dengan baik namun karena nozzle yang digunakan kurang tepat sehingga hasil penyemprotan menjadi kurang maksimal dan untuk melakukan pemetaan dan penyemprotan terhadap area yang diinginkan maka perlu dilakukan mapping terlebih dahulu, pada penelitian ini untuk melakukan mapping dan perintah *autonomous flying* digunakan software UGCS (*universal ground control software*) dan perangkat telemetri DJI *Datalink* sebagai penghubung drone dengan pc atau laptop, pada *software* UGCS hampir semua informasi seperti voltase baterai, kekuatan sinyal GPS dan beberapa hal lainnya sudah tersedia sehingga *autonomous flying* lebih aman namun *software* UGCS tidak dapat melakukan *autonomous flying* pada drone untuk ketinggian terbang drone dibawah 5 meter sehingga penyemprotan yang dilakukan menjadi kurang maksimal terhadap tanaman padi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada pembuatan drone penyemprot pestisida secara otomatis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Dengan kapasitas baterai 2200mAh drone dapat terbang selama kurang lebih 3 menit 46 detik ketika berat drone 1,3 kg dan ketika drone berbeban dengan berat keseluruhan 2,5 kg maka drone hanya dapat terbang selama kurang lebih 1 menit 45 detik.
2. Perancangan prototype drone untuk mengangkut tabung pestisida berhasil dilakukan dengan menggunakan drone tipe *hexacopter* dan menggunakan motor *brushless* 980KV serta *propeller* ukuran 10 x 4,7-inch, total berat drone keseluruhan yang mampu diangkat yaitu 2,5 kg.
3. Proses penyemprotan telah dapat dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan sensor jarak (*ultrasonic*) yang pada penelitian ini rentang jarak deteksi yang diatur yaitu $\leq 320\text{cm}$.
4. *Autonomous flying* pada drone telah berhasil dilakukan dengan menggunakan aplikasi *universal ground control software* namun *software* ini tidak dapat menerbangkan drone untuk ketinggian terbang drone dibawah 5 meter sehingga penyemprotan yang dilakukan menjadi kurang maksimal terhadap tanaman padi.

Saran

1. Untuk pengembangan selanjutnya drone penyemprot pestisida ini dapat dirancang untuk mengangkat *payload* yang lebih besar.
2. Untuk pengembangan penerbangan drone secara *autonomous* gunakan *software ground station* yang dapat menerbangkan drone secara otomatis dengan ketinggian dibawah 5 meter.
3. Untuk pengembangan waktu terbang drone gunakan baterai dengan kapasitas daya yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafi (2015) '*Aplikasi Pemantauan Keberadaan Lokasi Dan Kecepatan Pada Kendaraan Dengan Menggunakan Teknologi Mobile Data Dan Gps Dengan Digitalisasi Peta*', *Jurnal Teknologi Informatika*, 8, pp. 143–150.
- Lema, R. A. N. (2016) *Flight Controller Pada Sistem Quadcopter Menggunakan Sensor Imu (Inertial Measurement Unit) Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560*, Universitas Sanata Dharma.
- Maulana, R. (2018) '*Implementasi Maze Algorithm dalam Mode Auto Parking Di Mobil*', Universitas Malikussaleh.
- 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*'

