

Sistem Pemberi Makan Ikan Bandeng Yang Lebih Cepat Menggunakan Quadcopter

Ronny Mardiyanto¹, Rudy Dikairono², Armand Dvi Parama³

Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

ronny@elect-eng.its.ac.id¹, rudydikairono@ee.its.ac.id², armanddio.1204@gmail.com³

Abstract—Pada penelitian ini kami membuat system pemberi makan ikan otomatis menggunakan quadcopter untuk membantu pembudidaya ikan bandeng. Permasalahan yang terjadi pada system pemberi makan ikan secara manual adalah diperlukan waktu yang lama dan tenaga yang besar karena area tambak ikan bandeng sangatlah luas. Pada penelitian ini kami merancang dan membuat system pemberi makan ikan melalui jalur udara dengan menggunakan quadcopter. Kami memodifikasi quadcopter dengan menambahkan mikrokontroler dan mekanik tempat pakan ikan dan mengintegrasikan ke system otomatis quadcopter. Sistem yang telah kami buat telah diujikan dikondisi sebenarnya dan didapatkan hasil ketepatan system dalam melepaskan makanan ikan ke waypoint yang telah ditentukan rata rata 96.78%. Dengan mengimplementasikan system ini maka proses pemberian makan ikan menjadi lebih cepat dan hasil keuntungan para pembudidaya ikan semakin besar.

Keywords—Ikan; Quadcopter; Waypoint

I. PENDAHULUAN

Budidaya tambak hingga sekarang terhitung sebagai suatu usaha yang dapat memberikan keuntungan yang luar biasa. Kecenderungan kearah ini memang beralasan karena terbukti pada lahan-lahan yang baru dibuka ternyata dapat menghasilkan produksi, baik pada tingkat penguasaan teknologi petani yang masih rendah hingga sedang, seperti halnya di kabupaten Luwu Utara, produksi yang dicapai pada tahun 1998 sebesar 1.641 ton, sekalipun produksi tersebut masih rendah jika dibandingkan dengan potensi tambak sebesar 11.090 ha (anonim, 2000). Kondisi yang terlihat diawal masa usaha tersebut pada umumnya diikuti dengan ekspansi lahan atau peningkatan jumlah input yang selalu berakhir dengan penurunan produktivitas yang berulang-ulang dengan pemecahan masalah jangka pendek.

Keberhasilan usaha budidaya tambak tidak hanya ditentukan oleh konstruksi tambak, desain dan tata letak tambak, pengolahan tanah dan pengadaan benih saja, tetapi juga ditentukan oleh proses pemeliharaan sejak penebaran sampai pemungutan hasil (panen). Kegiatan paling utama yang dilaksanakan selama pemeliharaan berlangsung adalah pemberian makanan tambahan.

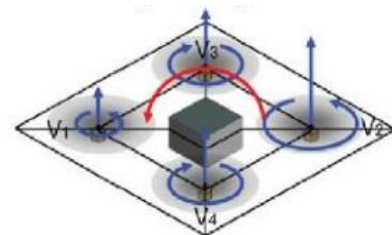
Maka dari itu, dalam penelitian ini diimplementasikan suatu sistem penyebaran makanan ikan secara otomatis untuk petani tambak, dimana alat ini menggunakan quadcopter sebagai

pengangkut muatan makanan ikan dan dapat dikendalikan secara otomatis dari jauh. Dengan menggunakan teknik pilot otomatis (*autopilot*) berdasarkan titik lokasi (*waypoint*) yang telah ditentukan, sehingga mampu membantu petani tambak untuk mendapatkan kualitas hasil produksi tambak yang maksimal.

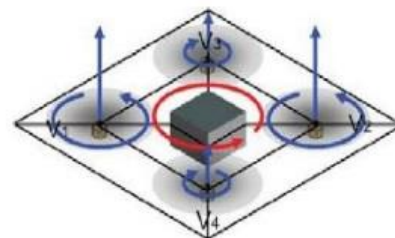
II. TEORI PENUNJANG

A. Quadcopter

Quadcopter, atau bisa disebut juga dengan *Quadrotor Helicopter* merupakan sebuah pesawat yang diangkat dan didorong oleh empat motor. Empat buah motor yang dimiliki *Quadcopter* masing-masing dapat bergerak bersamaan ataupun tidak. Jika menginginkan suatu perpindahan dalam satu titik ke titik lain (satu tempat ke tempat lain) dibutuhkan kecepatan diferensial pada motor *Quadcopter*. Karena prinsip kerja dari pergerakan *Quadcopter* bertitik pada kecepatan motor masing-masing sisi.



Gambar 1 Kontrol gerakan quadcopter menggunakan pitch dan roll



Gambar 2 Kontrol gerakan quadcopter menggunakan yaw

Quadcopter dikontrol dengan memvariasikan pitch dan torsi roll dihasilkan secara independen dengan mengontrol kecepatan relatif dari motor pada sisi berlawanan *Quadcopter* (Gambar 1). Torsi yaw dihasilkan dengan mengendalikan kecepatan relatif motor, yang berputar terbalik untuk menghasilkan reaksi torsi total yang berbeda-beda pada shaft

motor. Percepatan vertikal dikendalikan oleh kecepatan total dari semua motor dan percepatan lateral dikendalikan melalui roll *quadcopter* (Gambar 2). [1]

B. Metode Autopilot

Metode autopilot disini menggunakan metode *Zero Cross Track Angle Control* dan menggunakan kontroler PI. Setelah sebuah *waypoint* ditentukan, maka nilai awal baru ω dan d menjadi ω_{start} dan d_{start} . Selain itu, lekukan m_b dan $y-intercept_b$ dari fungsi linier dikalkulasi dengan:

$$mb = \frac{(pot - 1)}{(dstart - d0)}, 0 < pot \leq 1 \text{ dan } 0 < d0 < dstart$$

$$\text{dan } bb = pot - mb * dstart$$

Dimana pot mendefinisikan sudut penyesuaian maksimum yang diperbolehkan, seperti arah maju *quadcopter* sepanjang lintasan dan d_0 adalah jarak yang diinginkan dari lokasi tujuan yang ingin dicapai oleh *quadcopter*.

Segera setelah *quadcopter* pergi dari lintasan dan jarak terhadap tujuan telah melebihi nilai d_0 yang telah ditentukan, maka sudut ω akan beradaptasi dengan d . Untuk memenuhi syarat perbedaan sudut $\omega\Delta$ antara ω_{start} dan ω didapatkan rumus:

$$\omega\Delta = \omega_{start} - \omega$$

Dengan *error along-track (ate)* dan *error cross-track (cte)* dikomputasi, dimana *error cross-track* merupakan jarak antara *quadcopter* dengan lintasan dan *error along-track* adalah jarak menuju lokasi tujuan pada lintasan.

$$ate = d \cdot \cos \omega\Delta$$

$$cte = d \cdot \sin \omega\Delta$$

Maka dapat dirumuskan sudut penyesuaian sebagai berikut:

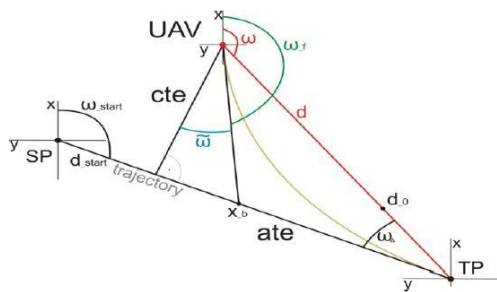
$$\tilde{\omega} = \text{atan } 2(ate, x_b)$$

dimana x_b merupakan poin dari *ate* dan kemana harusnya arah tujuan *quadcopter* dengan:

$$x_b = b_b + m_b \cdot ate$$

dengan

$$pot \leq x_b \leq 1.$$



Gambar 3 Zero Cross Track Angle Control [2]

Pada awalnya, sudut Θ_d dan ϕ_d dihitung pertama kali menggunakan *PI Controller* dengan parameter k_p dan k_i^x dan k_i^y .

$$\phi_d = \sin(\omega_\psi) * \max(k_p \cdot d) \cdot h_{loss}$$

$$\Theta_d = \cos(\omega_\psi) * \max(k_p \cdot d) \cdot h_{loss}$$

$$\text{Dimana } h_{loss} = \begin{cases} \frac{1}{(e_1 - (e_2 - 1))}, & e_1 > e_2 \\ 1, & \text{else} \end{cases}$$

untuk mengatasi masalah hilangnya ketinggian dengan $e_2 > 1$.

$$\phi_d = \phi_d - (-\sin(\psi_c) \cdot (k_i^x \int d_x dt + y_x^{cross}) + \cos(\psi_c) \cdot (k_i^y \int d_y dt + y_y^{cross}))$$

$$\Theta_d = \Theta_d + (\cos(\psi_c) \cdot (k_i^x \int d_x dt + y_x^{cross}) + \sin(\psi_c) \cdot (k_i^y \int d_y dt + y_y^{cross}))$$

setelah itu, Θ_d dan ϕ_d harus dibatasi lagi sehubungan dengan arah oleh:

$$\phi_d = \phi_d \cdot (\phi_d^{max} / |W_d|), \text{ jika } |W_d| > \phi_d^{max}, \text{ dengan } W_d = \begin{pmatrix} \phi_d \\ \Theta_d \end{pmatrix}$$

Selama penerbangan dibagi menjadi 2 kondisi berbeda. Jika $k_p \cdot d = \phi_d^{max}$, maka dapat diasumsikan bahwa *quadcopter* sedang dalam penerbangan transisi, atau sudah mendekati tujuan. Selama penerbangan transisi bagian integral tidak diadaptasi namun sebuah *error cross-track* tambahan proporsional ditambahkan.

- Penerbangan transisi

$$y_x^{cross} = \sin(\omega_{start}) \cdot k_p^{cross} \cdot cte$$

$$y_y^{cross} = \cos(\omega_{start}) \cdot k_p^{cross} \cdot cte$$

dengan $k_p^{cross} < k_p$.

- Kalkulasi bagian integral

Hanya dalam jarak dekat dari lokasi tujuan, bagian integral dari *controller* digunakan untuk menghilangkan deviasi *steady-state* dari posisi yang diinginkan. Tetapi berbeda dengan *controller I* pada umumnya, parameter k_i tidak konstan. Nilainya berubah-ubah sesuai dengan arah pergerakan.

$$k_i^x = \begin{cases} K_{iix}, dx \cdot Xc < 0 \\ K_{iix}, \text{ else} \end{cases} \text{ dan } k_i^y = \begin{cases} K_{iyy}, dy \cdot Yc < 0 \\ K_{iyy}, \text{ else} \end{cases}$$

dengan

$$d_x = \cos(\omega_f) \cdot d \text{ dan } d_y = \sin(\omega_f) \cdot d \text{ dan } K_{iix} > K_{iyy}$$

Karena sudut Θ_d dan ϕ_d hasil integralnya harus dibatasi, sehubungan dengan arah oleh:

$$\int d_x dt = \int d_x dt \cdot (\phi_d^{max} / |\int d dt|)$$

$$\text{jika } |\int d dt| > \phi_d^{max} \text{ dan dengan } \int d dt = \begin{pmatrix} \int dx dt \\ \int dy dt \end{pmatrix}. [5]$$

C. Metode Pengiriman Data

Sebuah arsitektur topologi jaringan *CAN bus-bluetooth*, terkonstruksi dari gabungan antara *CAN bus* dengan teknologi *bluetooth*. Teknologi *bluetooth* menyediakan koneksi *point-to-point* atau *point-to-many*. Sebuah master node hanya bisa memiliki tidak lebih dari 7 slave node (aktif pada saat bersamaan), membentuk sebuah jaringan tipe bintang dengan arsitektur master-slave yang disebut dengan picnet. Jika sebuah master node pada picnet digabung dengan node jaringan *CAN bus*, maka kita bisa mendapatkan *CAN-bluetooth intelligent node*. Yang menghasilkan sebuah picnet bisa diletakkan pada *CAN bus*, sehingga dua teknologi yaitu *micro area wireless network* dan *field bus* terintegrasi.

Microcontroller adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. *Microcontroller* umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, input/output tertentu dan unit pendukung seperti konverter analog ke digital (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari *microcontroller* adalah tersedianya RAM dan peralatan input/output pendukung sehingga ukuran board *microcontroller* menjadi sangat ringkas.

III. DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

Perancangan perangkat keras pada sistem ini:

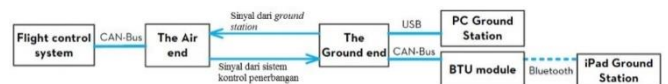
A. Quadcopter

Quadcopter ini juga dilengkapi dengan fitur-fitur sebagai berikut:

- Terdapat 2 mode kontrol terbang: mode GPS dan mode ATTI.
- Orientasi kontrol pintar, menggunakan *software* Phantom 2 Assistant Software.
- Mode penerbangan manual dan aktivasi *failsafe* (keamanan)
- Mode *failsafe* yang telah dikembangkan.
- Sistem proteksi baterai pintar.
- Kompatibel dengan iPad dan PC *ground station*

B. Bluetooth Datalink

Sistem *Bluetooth Datalink* terdiri dari *air end* dan *ground end*, yang menyediakan transmisi wireless terpercaya dan stabil untuk aplikasi *ground station*.



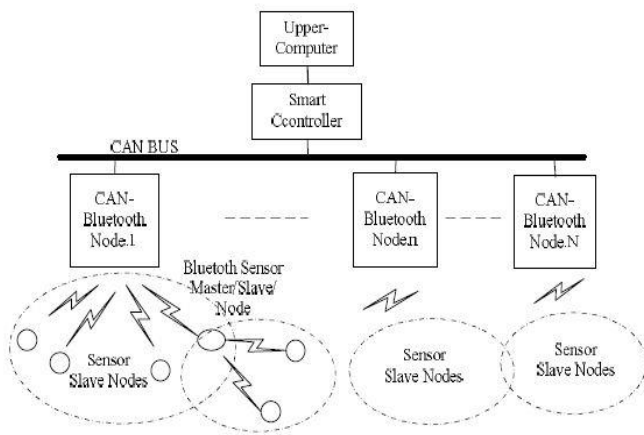
Gambar 6 Blok diagram sistem datalink

Apabila *ground station* gagal berkomunikasi dengan *controller* utama, maka hal-hal berikut perlu diperiksa:

- Jarak antara *air end* dan *ground end* dari *bluetooth datalink* tidak lebih dari 1.5m.
- Pastikan *ground end* terhubung dengan benar dan LED indikator berwarna hijau.

C. Box

Pada penelitian ini kami membuat sebuah *box* sebagai tempat untuk membawa muatan berupa makanan ikan yang menggunakan bahan acrylic sehingga tidak menambah beban terlalu banyak untuk dibawa *quadcopter*. Kemudian untuk proses penyebaran makanan ikan, konsepnya adalah dengan membuang muatan dimana pada *box* telah diberi servo untuk membuka dan menutup *box* secara otomatis dengan derajat kemiringan sebesar 35° yang diatur oleh delay selama 20 detik sesuai yang telah diprogram pada *microcontroller*. Sebagai sumber tenaga digunakan 2 buah baterai Li-Ion 2000 mAh yang tergolong cukup ringan dan memiliki daya yang kuat. *Box* ini dirancang sedemikian rupa disesuaikan dengan batas beban yang mampu dibawa oleh *quadcopter*.



Gambar 4 Topologi jaringan CAN bus-bluetooth [3]



Gambar 5 Quadcopter DJI Phantom 2

D. Metode Alat Pembawa Muatan

Sebuah motor servo merupakan suatu tipe motor yang digabungkan dengan *rotary encoder* atau potensiometer untuk membentuk suatu mekanisme servo. Sebuah potensiometer menyediakan sinyal analog sederhana untuk mengindikasikan posisi, sedangkan *encoder* biasanya menyediakan feedback kecepatan, dimana dengan menggunakan kontrol PID mampu memberikan kontrol posisi yang presisi dan mampu mendapatkan posisi stabil dengan cepat.

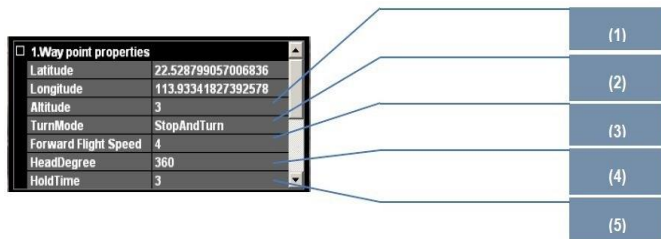
Motor servo digunakan pada aplikasi *high-end* dan *low-end*. Pada aplikasi *high-end* digunakan pada komponen industri yang presisi dengan menggunakan *rotary encoder*. Pada aplikasi *low-end* digunakan pada servo *radio control* (servo RC) yang menggunakan motor *free-running* dan sensor posisi potensiometer yang sederhana dengan *controller* tertanam. Servo RC digunakan untuk menyediakan aktuasi bagi bermacam-macam sistem mekanik seperti *steering* pada mobil, pengendali muka pada pesawat atau pada kemudi kapal. Karena keterjangkauan harga, kehandalan dan kemudahan kontrol dari *microprocessor*, mereka biasa digunakan pada aplikasi robot kecil. Sebuah penerima RC standar (atau *microcontroller*) mengirimkan sinyal PWM menuju servo. Elektronik di dalam servo menerjemahkan lebar pulsa menjadi sebuah posisi. Ketika servo diperintah untuk berotasi, maka motor dinyalakan hingga potensiometer mencapai nilai sesuai dengan posisi yang diperintahkan. [4]



Gambar 7 Box pembawa muatan

Perancangan perangkat lunak pada sistem ini menggunakan program PC *Ground Station* yang digunakan untuk mengatur sistem *autopilot* dari *quadcopter* berdasarkan titik lokasi yang dapat kita tentukan. Dengan program ini kita mampu melihat data terbang *quadcopter*, menentukan titik lokasi yang harus dilalui *quadcopter* secara otomatis berdasarkan data Google Earth dan masih banyak lagi fungsi lainnya. Berikut merupakan beberapa *window* yang digunakan untuk mengatur fungsi *autopilot*:

D. Mengatur Waypoint Properties

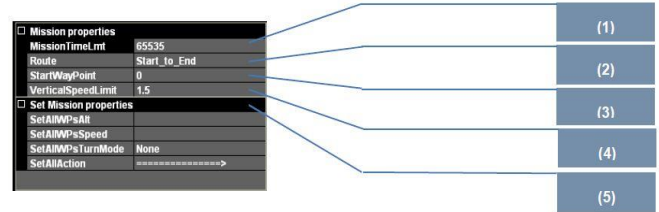


Gambar 8 Window Waypoint Properties

Berikut adalah penjelasan fungsi dari *waypoint properties*:

1. *Altitude* : merupakan ketinggian dari *waypoint* yang dapat kita atur (dalam m)
2. *TurnMode* : Terdapat tiga mode belok yang berbeda pada tiap *waypoint*; *StopAndTurn*, *Bank_Turn* dan *Adaptive_Bank_Turn*. Mode default dari sistem adalah *StopAndTurn* dimana pesawat akan berhenti dan melakukan gerakan belok. Jika memilih *Bank_Turn* atau *Adaptive_Bank_Turn* maka tidak ada *HoldTime*
3. *ForwardFlightSpeed* : opsi ini yang mengatur kecepatan pesawat untuk terbang ke suatu *waypoint*(dalam m/s). Pada mode *waypoint*, kecepatan defaultnya adalah 4m/s, dan kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah 25m/s
4. *HeadDegree* : ketika pesawat mencapai pada suatu titik tujuan, kita dapat mengatur kemana pesawat harus mengarah (dalam derajat)
5. *HoldTime* : mengatur waktu yang dibutuhkan untuk menetap pada suatu *waypoint* (hanya untuk mode *StopAndTurn*)

E. Mengatur Mission Properties



Gambar 9 Window Mission Properties

Berikut adalah penjelasan fungsi dari *Mission Properties*:

1. *MissionTimeLmt* : jika waktu terbang pesawat telah melebihi waktu yang ditentukan, maka akan kembali ke posisi awal secara otomatis (nilai default adalah 65536s. Nilai minimal adalah 60s, nilai maksimal adalah 65536s)
2. *Route* : mode rute yang dapat dipilih adalah *Start_to_End* atau *Continuous*. *Start_to_End* bergerak posisi start menuju posisi akhir, sedangkan *Continuous* bergerak dari posisi start hingga posisi akhir secara berulang
3. *StartWayPoint* : pengaturan untuk *waypoint* awal dari indeks *waypoint* yang telah ada
4. *VerticalSpeedLimitSetting* : pengaturan kecepatan pesawat secara vertikal, naik atau turun (dalam m/s). Default batas kecepatan vertikal adalah 1.5m/s dan batas kecepatan yang diperbolehkan hingga 5m/s
5. *Set Mission Properties* : digunakan untuk merubah seluruh pengaturan *waypoint* secara bersamaan. Pada opsi ini terdapat pilihan sebagai berikut:
 - a. *SetAllWPsAlt*
 - b. *SetAllWPsSpeed*
 - c. *SetAllWPsTurnMode*
 - d. *SetAllAction*

Dari beberapa fungsi dan penjelasan fitur dari PC *Ground Station* di atas, maka dapat disimpulkan untuk membuat sistem *autopilot* menggunakan mode *waypoint* kita memerlukan *window editor* yang bisa kita gunakan untuk membuat misi baru atau membuka misi yang telah kita simpan sebelumnya. Apabila ingin membuat misi baru kita hanya perlu menambahkan titik lokasi mana saja yang harus dilewati oleh *quadcopter* dengan mengatur parameter seperti ketinggian, mode belokan, kecepatan dari pesawat, derajat arah yang dituju dan waktu *hover* jika kita menggunakan mode belok *StopandTurn*. Kemudian ketika semua parameter dari tiap titik lokasi telah ditentukan, kita mengirim data dari *ground station* menuju *quadcopter* melalui *datalink* dan ketika akan mengaktifkan sistem kita hanya perlu klik *GO*.

IV. ANALISIS DAN SIMULASI

A. Pengujian Penyebaran Makanan Ikan Menggunakan PC Ground Station

Dengan menggunakan metode-metode yang telah dijelaskan pada bagian desain dan implementasi, maka dilakukan pengujian sistem dimana target pencapaiannya adalah apakah sistem mampu melepaskan muatan makanan pada titik lokasi yang telah ditentukan dengan kondisi cuaca

yang berbeda, yaitu pada kondisi cuaca cerah dan berangin. Beberapa parameter perlu diatur terlebih dahulu agar sistem ini mampu bekerja secara optimal dan tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti *quadcopter* jatuh atau bahkan mengalami *crash*. Maka dari itu, untuk menentukan titik lokasi haruslah berhati-hati dan jauh dari halangan yang mampu membahayakan alat.

Tabel 1 Tabel data koordinat *waypoints* di Gedung Robotika ITS (cerah)

	Latitude	Longitude
Waypoint 1	-7.28408098220825	112.792427062988
Waypoint 2	-7.28410720825195	112.792549133301
Waypoint 3	-7.28419065475464	112.792610168457
Waypoint 4	-7.28423547744751	112.792472839355

Tabel 2 Tabel pengujian keakuratan sistem pada cuaca cerah diukur dari jarak antara user dengan lokasi *waypoint* dan lokasi pelepasan muatan

	Lokasi <i>waypoint</i> (m)	Lokasi pelepasan muatan (m)	Akurasi (%)
1	20.3	19.4	97.75
2	36.2	37.4	97
3	40.1	38.9	97.25
4	22.7	21.5	97.5

Dari data di atas dapat diketahui bahwa akurasi rata-rata dari pengujian sistem mendapatkan nilai 97.375% dan disimpulkan bahwa dalam kondisi cuaca cerah, tingkat akurasi sistemnya masih tergolong stabil dan cukup tinggi sesuai dengan titik lokasi yang telah ditentukan sehingga mampu melepaskan muatan berupa makanan ikan secara tersebar.

Tabel 3 Tabel data koordinat *waypoints* di Gedung Robotika ITS (berangin)

	Latitude	Longitude
Waypoint 1	-7.27791690826416	112.797729492188
Waypoint 2	-7.27788305282593	112.798156738281
Waypoint 3	-7.2783989906311	112.798324584961
Waypoint 4	-7.27837991714478	112.797798156738

Tabel 4 Tabel pengujian keakuratan sistem pada cuaca berangin diukur dari jarak antara user dengan lokasi *waypoint* dan lokasi pelepasan muatan

	Lokasi <i>waypoint</i> (m)	Lokasi pelepasan muatan (m)	Akurasi (%)
1	27.6	31.2	96.4
2	78.1	84.5	93.6
3	99.4	94.8	95.4
4	37.5	34.1	96.6

Dari data di atas dapat diketahui bahwa tingkat akurasi sistem masih tergolong tinggi dengan nilai rata-rata 95.5% meskipun tidak sestabil ketika pada kondisi cuaca cerah dikarenakan kondisi angin yang berubah-ubah mampu mempengaruhi kinerja dari *quadcopter*. Namun sistem dapat disimpulkan masih mampu bekerja secara optimal meskipun dalam kondisi yang terdapat gangguan.

Pada pengujian sistem ini, tidak terlepas dari gangguan dari kondisi angin yang mampu mempengaruhi kinerja optimal dari *quadcopter*. Pengaruh dari angin ini mampu menyebabkan *quadcopter* untuk bekerja lebih keras dan mengganggu kestabilan, begitu juga dapat mengganggu tujuan arah yang semestinya dicapai. Berikut merupakan data error rata-rata yang didapat dari hasil pengujian *quadcopter* ketika mencapai suatu titik lokasi yang diinginkan pada kondisi cuaca cerah dan kondisi cuaca berangin.

Tabel 5 Tabel pengaruh kondisi cuaca cerah terhadap error dari *quadcopter*

	Waypoints				Error rata-rata
	1	2	3	4	
Misi 1	2.25%	3%	2.75%	2.5%	2.625%
Misi 2	0.83%	0.5%	0.83%	1%	0.79%

Tabel 6 Tabel pengaruh kondisi cuaca berangin terhadap error dari *quadcopter*

	Waypoints				Error rata-rata
	1	2	3	4	
Misi 1	3.6%	6.4%	4.6%	3.4%	4.5%
Misi 2	5.09%	3.82%	6.18%	4.82%	4.98%

Dari data di atas dapat kita simpulkan bahwa error lebih sedikit terjadi pada kondisi cuaca cerah dikarenakan *quadcopter* mampu mempertahankan kestabilan sehingga mampu menuju ke sekitar titik lokasi yang diinginkan, sedangkan pada kondisi cuaca berangin errornya lebih besar karena efek dari angin yang mampu mengganggu kestabilan *quadcopter* sehingga terbang agak jauh dari titik lokasi yang diinginkan. Namun *quadcopter* masih terbilang cukup stabil dan akurat menuju titik lokasi yang telah ditentukan.

B. Pengujian Efisiensi Baterai Pada Penggunaan Sistem

Pada pengujian efisiensi baterai ini, terdapat beberapa faktor yang mampu mempengaruhi efisiensi baterai yang digunakan untuk sekali melakukan misi, seperti beban yang dibawa, berapa jarak yang harus ditempuh untuk melakukan sekali misi, kondisi angin yang mempengaruhi *quadcopter* untuk menjaga kestabilan.

Tabel 7 Tabel pengujian efisiensi baterai pada kondisi cuaca cerah

Efisiensi Bateri	Jarak yang ditempuh				
	59.158m	88.6m	185.1m	217.943m	
Beban yang dibawa	25%	89.1%	87.84%	84.32%	82.61%
	50%	88.56%	86.94%	83.42%	81.71%
	75%	88.02%	86.04%	82.52%	80.81%
	100%	87.39%	85.14%	81.62%	79.91%

Dari hasil data pengujian di atas, bisa kita lihat pada kondisi cuaca cerah, efisiensi baterai berkisar antara 79.91%-89.1%, dimana dari data ini bisa disimpulkan bahwa penggunaan baterai tergolong cukup hemat meskipun terdapat beban muatan mulai dari sedikit hingga penuh, sehingga tidak perlu mengisi baterai berulang kali untuk melakukan misi lagi.

Tabel 8 Tabel pengujian efisiensi baterai pada kondisi cuaca berangin

Efisiensi Bateri	Jarak yang ditempuh				
	59.158m	88.6m	185.1m	217.943m	
Beban yang dibawa	25%	88.2%	86.76%	82.88%	81.8%
	50%	87.39%	85.86%	82.07%	80.63%
	75%	86.58%	84.95%	81.26%	79.46%
	100%	85.77%	84.05%	80.45%	78.29%

Dari data hasil pengujian di atas, dapat dilihat efisiensi penggunaan baterai pada kondisi cuaca berangin berkisar antara 78.29%-88.20%, dimana apabila dibandingkan dengan efisiensi baterai pada kondisi cerah memiliki nilai yang lebih rendah. Hal ini diakibatkan karena angin yang keras sehingga *quadcopter* harus bekerja lebih keras untuk tetap stabil dan tetap pada jalur menuju titik lokasi yang ditentukan. Namun perbandingan nilainya tidak terlalu jauh sehingga masih tergolong hemat dan mampu melakukan misi beberapa kali dalam satu kali *charge*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang kami peroleh, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Akurasi rata-rata dari pengujian sistem pemberi makan ikan otomatis dalam kondisi cuaca cerah maupun berangin menghasilkan nilai 96.78% dan dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem ini tergolong akurat dan mampu membantu menyebarkan makanan ikan secara merata.
2. Hasil perolehan nilai error rata-rata bernilai 3.22% disebabkan karena faktor kondisi cuaca, dimana angin mampu mengganggu arah gerakan *quadcopter* untuk mencapai titik lokasi yang diinginkan.
3. Pada pengujian ini, berat muatan dibatasi 300g agar *quadcopter* mampu bekerja secara optimal dan tetap stabil.

Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi baterai antara lain adalah beban muatan yang dibawa, jarak yang ditempuh untuk melakukan misi dan kondisi cuaca yang cerah atau berangin. Dimana dari hasil pengujian didapatkan efisiensi baterai pada sistem ini berkisar antara 78.29%-89.1%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hoffman, G.M and Waslander, S.L., *Quadrotor Helicopter Trajectory Tracking Control*, AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit, 18-21 2008 August, Honolulu, Hawaii.
- [2] M. Kemper, "Development of an Indoor Attitude Control and Indoor Navigation System for 4-Rotor-Micro-Helicopter", Dissertation, University of Oldenburg, Germany, 2 February 2007
- [3] Kuanming Wu, "CAN bus theory and application design", Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1996
- [4] Philip Connolly, Vic Smeed, "Radio Control Model Boats", Model and Allied Publications, pp. 93-94, 1970