

Rancang Bangun Sistem Monitoring Baterai Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Menentukan Estimasi Waktu Dan Jarak Terbang Secara Real-Time

Design Of Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Battery Monitoring System To Determine Estimated Time And Flight Distance Real-Time

1st Ismail Maulana Juned
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ismailmaulanaj@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3rd Irwan Purnama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
irwanp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pesawat tanpa awak atau biasa disebut UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah salah satu wahana tanpa awak di udara yang mana dapat terbang tanpa pilot, menggunakan gaya aerodinamik untuk menghasilkan gaya angkat (*lift*), dapat terbang secara *autonomous* atau dioperasikan dengan radio kontrol. Akan tetapi, tidak jarang terjadi kendala yang dialami oleh pengguna UAV ketika menerbangkannya, seperti UAV yang tiba-tiba jatuh ketika berada di udara. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya fitur untuk mengetahui kapasitas baterai pada UAV, sehingga pengguna tidak dapat mengetahui estimasi waktu dan jarak yang mampu ditempuh oleh UAV hingga kembali mendarat.

Maka dibutuhkan sebuah fitur untuk mengetahui kapasitas baterai UAV ketika sedang melakukan operasi terbang. Dengan metode pengukuran kapasitas baterai menggunakan sensor arus dan sensor tegangan yang berlandaskan pengujian data

dengan melakukan perhitungan konsumsi daya baterai, maka dapat dibuat sebuah sistem yang mampu memberikan informasi mengenai estimasi waktu dan jarak terbang UAV. Sistem tersebut mampu mengirimkan informasi secara *real-time* kepada pengguna sehingga pengguna dapat memantau dan memperkirakan waktu dan jarak tempuh UAV hingga kembali mendarat.

Kata Kunci: UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), baterai, waktu dan jarak, sensor, monitoring

Abstract

Unmanned aircraft or commonly called UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) is an unmanned vehicle in the air that can fly without a pilot, use aerodynamic force to generate lift, can fly autonomously, or be operated with radio control. However, it is not uncommon for UAV users to experience obstacles when flying them, such as the UAV suddenly falling while in the air. This is due to the lack of a feature to determine the battery capacity of the UAV, so users cannot

know the estimated time and distance that the UAV can cover until it lands again.

We need a feature to determine the battery capacity of the UAV while carrying out flying operations. With the method of measuring battery capacity using a current sensor and a voltage sensor based on data testing by calculating battery power consumption, a system can be made that can provide information about the estimated time and distance of the UAV. The system can send real-time information to users so that users can monitor and estimate the time and distance of the UAV until it lands again.

Keywords: UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), battery, time and distance, sensor, monitoring

I. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak atau biasa disebut UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah salah satu wahana tanpa awak di udara yang mana dapat terbang tanpa pilot, menggunakan gaya aerodinamik untuk menghasilkan gaya angkat (*lift*), dapat terbang secara autonomous atau dioperasikan dengan radio kontrol [1]. Saat ini perkembangan teknologi yang digunakan pada UAV sangat berkembang dengan pesat seiring dengan kebutuhan dari misi yang ingin dicapai oleh UAV itu sendiri. Contoh penggunaan UAV untuk pencarian korban bencana pada kondisi ekstrim, penginderaan jarak jauh seperti sistem monitoring serta bermanfaat sebagai alat pemetaan dan pengawasan pada suatu wilayah [2].

Penelitian dan riset di bidang UAV pada beberapa tahun terakhir sedang banyak dikembangkan. Penelitian mengenai perhitungan kapasitas baterai dan arus komponen juga pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut menggunakan (BMS) *Battery Management System* dengan memanfaatkan sensor pintar pada baterai. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui operasi yang dapat dilakukan pada alat militer. Penelitian tersebut menghitung estimasi waktu dan jarak terbang dengan cara menghitung arus yang dipergunakan motor *brushless*, kamera serta sensor dan transduser [3].

Pada era saat ini UAV banyak dimanfaatkan untuk kegiatan militer, industri, pertanian dan perkebunan hingga monitoring wilayah yang mempunyai misi tertentu. Akan tetapi, tidak jarang terjadi kendala yang dialami oleh pengguna UAV

ketika menerbangkannya, seperti UAV yang tiba-tiba jatuh ketika berada di udara. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya fitur untuk mengetahui daya baterai pada UAV, sehingga pengguna tidak dapat mengetahui estimasi waktu dan jarak yang mampu ditempuh oleh UAV hingga kembali mendarat. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem *monitoring* yang mampu mengetahui kapasitas baterai untuk menentukan estimasi waktu dan jarak terbang UAV.

II. KAJIAN TEORI

a. Baterai

Baterai adalah suatu perangkat listrik yang dapat menyimpan energi listrik dan mengeluarkan tegangan dalam bentuk energi listrik. Baterai dapat mengkonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif sebagai komponen penyusun menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Bahan penyusun baterai terdiri dari Anoda yang terbuat dari seng, Katoda yang terbuat dari karbon dan larutan elektrolit yang terbuat dari ammonium dioksida. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau *direct current* (DC) [4].

b. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah sebuah wahana udara yang tidak membawa manusia sebagai operator didalamnya. UAV menggunakan kekuatan aerodinamis untuk memberikan daya angkat ke udara, dan dirancang untuk membawa muatan yang tidak mematikan tetapi untuk misi seperti pengintaian, perintah dan kendali. UAV diarahkan oleh pengontrol yang berada di darat atau udara yang telah diprogram sebelumnya. UAV mempunyai pengontrol yang biasa disebut RPV (*Remotely Piloted Vehicles*) yang dapat dioperasikan oleh manusia atau dapat juga bekerja secara otomatis (*autonomous*). UAV mempunyai banyak bentuk dan desain mulai dari model pesawat terbang, helikopter, hingga model yang mempunyai baling-baling dengan jumlah yang bervariasi [1]. Pada penelitian ini, UAV yang digunakan ialah berjenis *quadcopter*.



Gambar 2.1 *Quadcopter.*

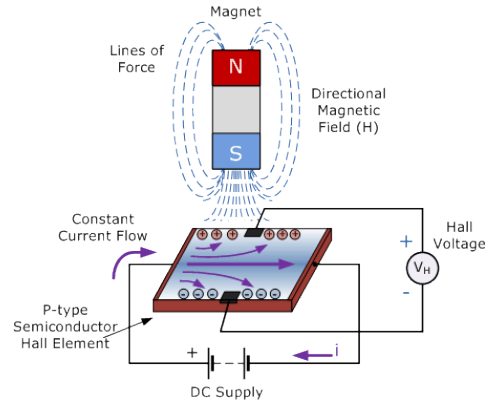
Quadcopter juga dilengkapi oleh beberapa komponen listrik penyusun seperti *flight controller* sebagai pusat kontrol, baterai sebagai sumber tenaga listrik, kemudian empat rotor (motor BLDC) sebagai penggerak baling-baling pada setiap ujung lengannya untuk mendukung *quadcopter* dapat terbang dan mampu menghasilkan stabilitas serta kecepatan yang baik, seperti yang ditunjukkan oleh gambar

c. Metode Pengukuran dan Instrumentasi

Pengukuran memiliki tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi dari suatu benda untuk mengatur sesuai dengan informasi yang diinginkan. Instrumen adalah alat ukur yang mempunyai sifat kompleks, yang minimal terdiri dari beberapa komponen seperti transduser atau sensor atau elemen pengindra, pengkondisi sinyal, perangkat keluaran analog atau monitor. Alat ukur dan instrumen diperlukan untuk mentransformasikan informasi tersebut secara kualitatif dan kuantitatif untuk dapat ditanggapi oleh indera manusia [5].

d. Pengukuran Arus Listrik dengan Metode *Hall Effect*

Hall effect atau efek hall adalah sebuah peristiwa yang terjadi karena pengaruh medan magnet oleh aliran listrik (elektron) terhadap plat penghantar konduktor yang menyebabkan aliran listrik tersebut akan berkeluk [10]. Untuk lebih jelasnya ilustrasi *hall effect* dapat dilihat pada gambar 2.2.

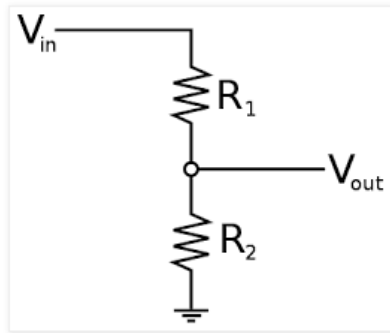


Gambar 2.2 Ilustrasi Peristiwa *Hall Effect*

Salah satu sensor yang menggunakan prinsip *hall effect* ini adalah sensor arus ACS712. Sensor ini bekerja dengan sistem *hall effect*, artinya besaran arus akan mempengaruhi besar kecilnya *hall effect* pada sensor. Semakin besar arus yang diterima maka semakin besar juga pengaruhnya terhadap *hall effect*. Ketika arus mengalir pada permukaan konduktor maka akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh IC *hall effect* yang terintegrasi, sehingga piranti tersebut dapat mengubahnya menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus [6].

e. Pengukuran Tegangan Listrik dengan Metode Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) adalah sebuah rangkaian sederhana yang digunakan untuk merubah tegangan referensi dari sumber tegangan menjadi lebih kecil. Rangkaian pembagi tegangan dapat menggunakan dua buah resistor yang dihubungkan secara seri. Dimana R_1 (resistor pertama) dihubungkan dengan V_{in} , dan didapatkan tegangan output (V_{out}) adalah tegangan resistor kedua (R_2). Apabila resistor dihubungkan secara seri, maka tegangan yang berbeda akan muncul di setiap resistor masing-masing hambatan R [7]. Rangkaian pembagi tegangan menggunakan dua buah resistor dapat ditunjukkan oleh gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan digunakan untuk memperkecil tegangan sesuai perbandingan yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (1)$$

Adapun prinsip pembagi tegangan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah dengan memberikan nilai hambatan pada R1 sebesar 7.5kΩ dan R2 sebesar 30kΩ untuk membaca nilai tegangan maksimal sebesar 25 Volt. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini penulis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang dimana hanya dapat menerima tegangan maksimal sebesar 5 Volt [7].

f. Long Range (LoRa)

LoRa (*Long Range*) merupakan sistem komunikasi nirkabel untuk *Internet of Things* (IoT) yang menawarkan komunikasi secara jarak jauh dan berdaya rendah. LoRa dapat hemat dalam penggunaan daya dikarenakan menggunakan model komunikasi asinkronus, yaitu satu node hanya akan melakukan komunikasi jika ada daya yang akan dikirimkan [8].

Modulasi yang dihasilkan oleh LoRa menggunakan modulasi FM. Teknik modulasi yang digunakan oleh LoRa dengan cara menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), yaitu mengalokasikan seluruh bandwidth untuk memancarkan sinyal, teknik tersebut dapat membuat sinyal LoRa menjadi lebih kuat. Metode transmisi LoRa dapat menggunakan PSK (*Phase Shift Keying*), FSK (*Frequency Shift Keying*) atau yang lainnya dengan nilai frekuensi standar Asia yaitu 433 MHz [9].

Kualitas sinyal LoRa dapat ditinjau dari beberapa aspek yaitu [10]:

1. *Packet Data Ratio* (PDR) adalah persentase

keberhasilan dalam pengiriman paket. Persamaan untuk menghitung rata-rata nilai PDR sebagai berikut.

$$PDR (\%) = \frac{\text{jumlah paket data yang diterima}}{\text{jumlah paket data yang dikirim}} \times 100 \quad (2)$$

2. *Time on Air* (TOA) adalah parameter untuk mengukur selisih waktu antara paket data yang dikirim dengan paket data yang diterima. Persamaan untuk menghitung rata-rata TOA sebagai berikut.

$$TOA (ms) = \frac{\text{waktu terima} - \text{waktu kirim}}{\text{jumlah paket data yang dikirim}} \quad (3)$$

3. *Signal Noise Ratio* (SNR) adalah besarnya nilai rasio *noise* yang mengganggu sinyal dalam pengiriman data. Persamaan untuk menghitung rata-rata SNR adalah sebagai berikut.

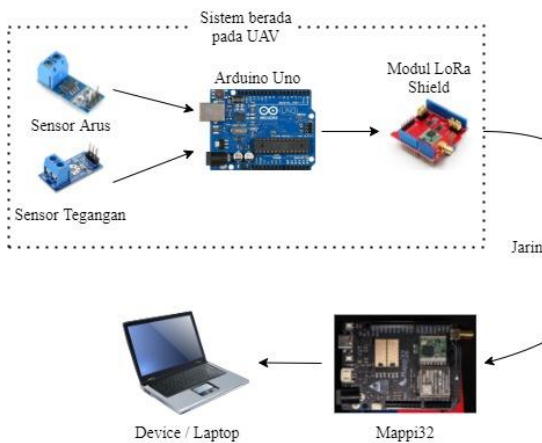
$$SNR (dB) = \frac{\text{Total Nilai SNR yang diterima}}{\text{Jumlah sampel SNR yang terkirim}} \quad (4)$$

4. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) adalah parameter untuk mengukur besarnya nilai indikator kekuatan sinyal yang terkirim. Persamaan untuk menghitung rata-rata RSSI adalah sebagai berikut.

$$RSSI (dBm) = \frac{\text{Total nilai RSSI yang diterima}}{\text{Jumlah sampel RSSI yang dikirim}} \quad (5)$$

III. METODE

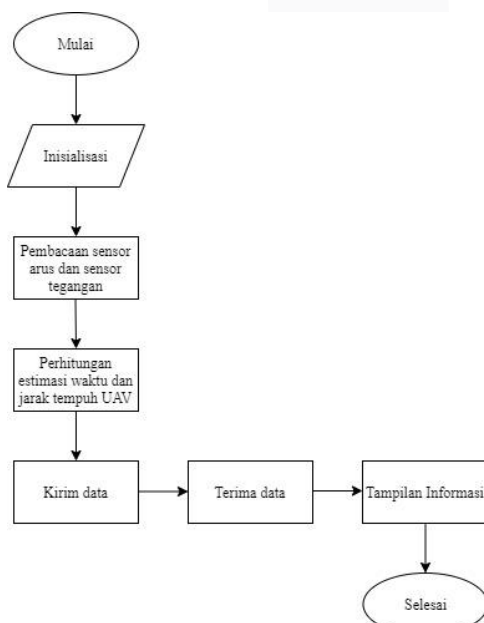
a. Desain Perangkat Keras



Gambar 3.1 Desain Perangkat Keras

Gambar 3.1 merupakan skematik desain sistem perangkat keras dimana sensor arus dan sensor tegangan akan membaca nilai konsumsi arus dan nilai tegangan baterai oleh UAV. Data diterima oleh Arduino Uno kemudian diproses untuk menghitung nilai estimasi waktu dan jarak terbang UAV. Kemudian data dikirim menggunakan komunikasi LoRa dan diterima oleh Mappi32. Mappi32 diintegrasikan dengan platform Antares sebagai media untuk menganalisis data yang diterima.

b. Flowchart Sistem Keseluruhan



Gambar 3.2 Flowchart Sistem Keseluruhan

Pada flowchart diatas, sistem diawali dengan sensor membaca nilai konsumsi arus dan mendeteksi tegangan

yang masih tersedia dalam baterai, maka nilai yang dibaca akan diproses oleh mikrokontroler untuk mendapatkan estimasi waktu dan jarak terbang UAV. Data berupa nilai konsumsi arus, nilai tegangan, estimasi waktu dan jarak terbang dikirim menggunakan sinyal LoRa dan diterima oleh Mappi32 yang berada di darat. Mappi32 terhubung dengan platform IoT Antares sebagai *human interface* tampilan data yang diterima sehingga dapat dianalisis.

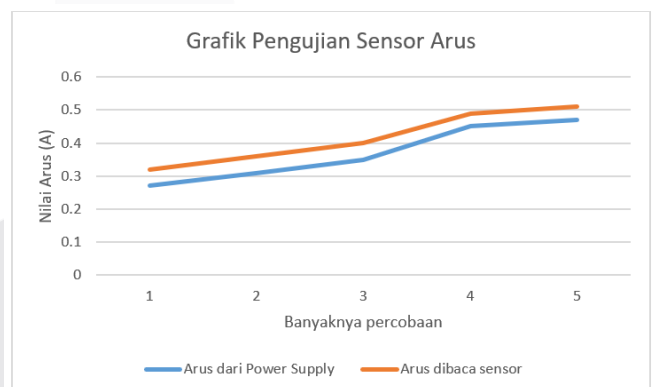
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Sensor

b. Pengujian Sensor Arus ACS712 (30A)

Pengujian sensor arus ACS712 menggunakan beban lampu LED. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik dari *power supply*. Sensor ACS712 dirangkai secara seri di antara *power supply* dan beban. Maka nilai arus yang dibaca oleh sensor ACS712 dapat ditampilkan pada *serial monitor* Arduino IDE.

Didapatkan nilai persentase rata-rata error atau kesalahan dalam pengujian sensor arus ACS712 adalah sebesar 13.27%. Untuk dapat mengetahui nilai selisih pengukuran secara mudah maka dibuat grafik yang ditampilkan pada gambar 4.1



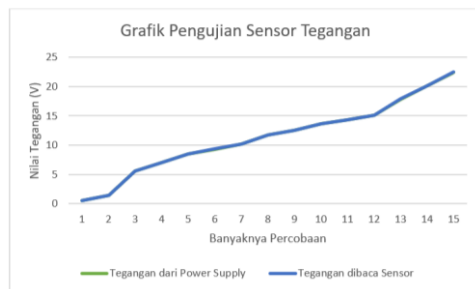
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sensor Arus

Grafik pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa selisih nilai pengukuran yang dilakukan akan semakin kecil apabila arus yang dibaca oleh sensor semakin besar. Artinya, sensor ACS712 akan membaca nilai arus semakin akurat apabila arus yang dibaca semakin besar hingga batas maksimum 30 Ampere.

c. Pengujian Sensor Tegangan 25 Volt

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan yang diberikan oleh power supply dengan nilai yang dibaca oleh sensor tegangan 25 Volt. Sensor tegangan dapat

dihubungkan secara langsung dengan power supply yang dirangkai secara paralel.



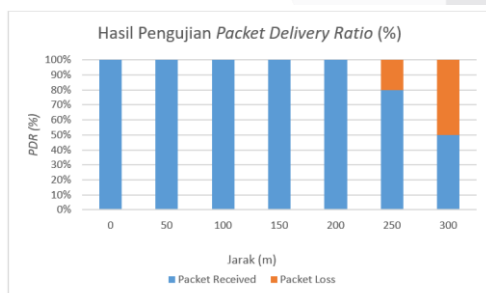
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Tegangan 25 Volt

Pada gambar 4.2 diketahui bahwa selisih antara nilai tegangan *dari power supply* dengan apa yang dibaca oleh sensor tegangan adalah sangat kecil. Selisih dari nilai pengujian sensor tegangan didapatkan nilai error sebesar 0.65%.

d. Pengujian Sistem Komunikasi

e. Pengujian *Packet Delivery Ratio* (PDR) oleh LoRa *Sender* ke LoRa *Receiver* terhadap Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan rata-rata nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) dengan jarak setiap 50 m. Pengujian dilakukan di area sekitar Telkom University. Pada area Telkom University termasuk dalam daerah LoS, akan tetapi banyak pepohonan yang dapat sedikit mengganggu pengiriman sinyal LoRa. Berikut data yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

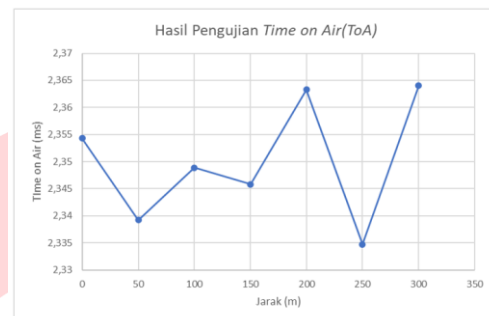


Gambar 4.3 Hasil Pengujian *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Dapat dilihat pada gambar 4.3 bahwa keberhasilan pengiriman paket data oleh LoRa pada jarak 0 – 200 m menunjukkan persentase 100%. Kemudian untuk pengiriman paket data pada jarak 250 m dan 300 m masing-masing memiliki persentase 80% dan 50%.

f. Pengujian *Time on Air* (TOA) oleh LoRa *Sender* ke LoRa *Receiver* terhadap Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan rata-rata nilai *Time on Air* (TOA) dengan jarak setiap 50. Pengujian dilakukan di area sekitar Telkom University. Pada area Telkom University termasuk dalam daerah LoS, akan tetapi banyak pepohonan yang dapat sedikit mengganggu pengiriman sinyal LoRa. Berikut data yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

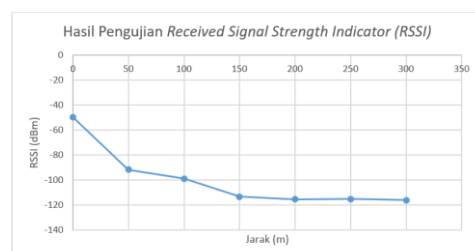


Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian *Time on Air* (TOA)

Berdasarkan gambar 4.4 maka didapatkan nilai rata-rata *Time on Air* (TOA) adalah sebesar 2,35 sekon. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak tempuh tidak banyak berpengaruh. Hal tersebut juga disebabkan karena tidak sepenuhnya pengiriman paket data dapat diterima dengan baik pada jarak 250 – 300 m.

g. Pengujian *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) oleh LoRa *Sender* ke LoRa *Receiver* terhadap Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan rata-rata nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dengan jarak setiap 50 m. Pengujian dilakukan di area sekitar Telkom University. Pada area Telkom University termasuk dalam daerah LoS, akan tetapi banyak pepohonan yang dapat sedikit mengganggu pengiriman sinyal LoRa. Berikut data yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

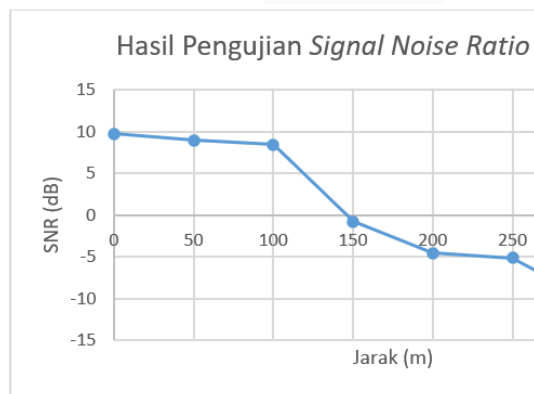


Gambar 4.5 Grafik Pengujian *Received Signal Strength Indicator* (RSSI)

Berdasarkan dari data yang diperoleh pada gambar 4.5 pola grafik semakin menurun sebanding dengan jauhnya jarak untuk melakukan pengiriman paket data. Pada jarak 0 m nilai RSSI menunjukkan nilai -49,6 dBm yang termasuk dalam kategori baik. Untuk pengujian pada jarak 50 m dan 100 m masing-masing sebesar -91,9 dan -99 dBm yang termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan pada pengujian di jarak 150 – 300 m masing-masing menunjukan nilai sebesar -113,5; -115,5; -115,375; dan -116,25 yang termasuk dalam kondisi cukup buruk.

h. Pengujian *Signal Noise Ratio* (SNR) oleh LoRa *Sender* ke Lora *Receiver* terhadap pengiriman data

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan rata-rata nilai *Signal Noise Ratio* (SNR) dengan jarak setiap 50. Pengujian dilakukan di area sekitar Telkom University. Pada area Telkom University termasuk dalam daerah LoS, akan tetapi banyak pepohonan yang dapat sedikit mengganggu pengiriman sinyal LoRa. Berikut data yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.



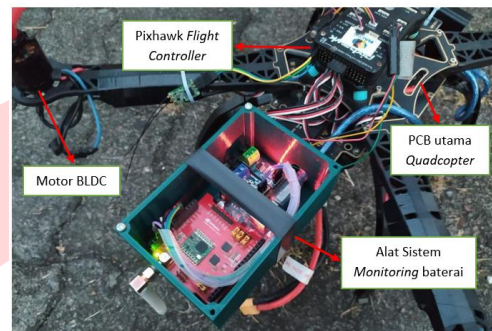
Gambar 4.6 Hasil Pengujian *Signal Noise Ratio* (SNR)

Berdasarkan dari data yang diperoleh pada gambar 4.6, pola grafik semakin menurun sebanding dengan jauhnya jarak untuk melakukan pengiriman paket data. Pada jarak 0 – 100 m menunjukkan nilai rata-rata sebesar 9,05 dB yang termasuk dalam kategori cukup. Untuk pengujian pada jarak 150 - 300 m nilai SNR mengalami penurunan yang sangat signifikan. Pada jarak 150 – 300 m menunjukkan nilai masing-masing sebesar -0,775 dB, -4,55 dB, -5,125

dB dan -10,1875 dB yang termasuk dalam kategori cukup buruk.

i. Pengujian Alat

Pada pengujian ini, *quadcopter* diterbangkan pada saat tegangan baterai berkisar sebesar 16,2 Volt. Kemudian *quadcopter* akan didaratkan ketika tegangan baterai sudah menunjukkan nilai berkisar 13 Volt. Hal ini ditujukan untuk mengetahui arus yang dikonsumsi oleh *quadcopter* untuk dapat terbang selama mungkin pada saat kapasitas baterai yang sudah ditentukan. Berikut sistem yang dibuat pada pengujian ini.



Gambar 4.7 Alat Sistem *Monitoring* Baterai

Gambar 4.7 merupakan alat dari sistem *monitoring* baterai quadcopter yang dibuat untuk melakukan pengukuran kapasitas baterai *quadcopter* pada saat terbang. Alat tersebut diletakkan pada bagian sisi bagian belakang dan baterai tambahan diletakkan pada sisi bagian depan agar *quadcopter* tetap seimbang pada saat terbang.

Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Alat

Percobaan	Tegangan Baterai saat -		Rata-rata Arus (A)	Jarak Tempuh (m)	Estimasi Waktu <i>Stop watch</i> (s)
	Le pas Landas (V)	Men darat (V)			
1	16.24	13.1	20.9	1738	868
2	16.32	13.06	20.87	1742	872
3	16.28	12.78	20.59	1783	896

4	16.3	13.13	20.81	1724	877
5	16.15	12.87	20.94	1756	863

Dari data yang didapat pada pengujian ini berdasarkan Tabel 4.1, maka untuk rata-rata total arus yang dikonsumsi oleh *quadcopter* adalah sebesar 20,82 Ampere. Kemudian untuk total rata-rata jarak tempuh *quadcopter* adalah sebesar 1748,6 m. Sedangkan untuk estimasi waktu terbang *quadcopter* yang dihitung menggunakan *stopwatch* menunjukkan nilai sebesar 875,2 sekon atau sekitar 14,59 menit.

j. Analisis Estimasi Waktu Terbang *Quadcopter*

Estimasi waktu terbang *quadcopter* dapat diketahui berdasarkan nilai tegangan baterai yang tersisa pada saat *quadcopter* terbang. Dari percobaan yang sudah dilakukan pada pengujian alat dan data yang sudah didapatkan pada tabel 4.1, maka rata-rata waktu terbang *quadcopter* selama kapasitas baterai berada di nilai tegangan 16,25 Volt hingga 13 Volt dapat diketahui, yaitu sebesar 875,2 sekon atau 14,58 menit.



Gambar 4.8 Grafik Perubahan Nilai Tegangan Terhadap Waktu Terbang

Pada gambar 4.8 dapat dilihat perubahan nilai tegangan terhadap waktu terbang *quadcopter*. Tegangan maksimal baterai *quadcopter* sebesar 16,25 Volt dengan estimasi waktu terbang 875 sekon atau 14,58 menit. Sedangkan tegangan minimal baterai *quadcopter* sebesar 13 Volt dengan estimasi waktu terbang 0 sekon.

Dari grafik pada gambar 4.8 didapatkan persamaan linieritas untuk memprediksi estimasi waktu terbang *quadcopter* pada nilai tegangan yang berada di antara 13 Volt hingga 16,25 Volt. Persamaan untuk memprediksi estimasi waktu terbang dapat ditunjukkan sebagai berikut.

$$y = 269,21x - 3499,7 \quad (6)$$

Dimana variabel x adalah tegangan baterai *quadcopter* yang tersisa, dan variabel y adalah estimasi waktu terbang yang dicari. Maka estimasi waktu terbang *quadcopter* dapat diketahui dalam satuan sekon secara *real-time*.

Tabel 4.2 Persentase *Error* Estimasi Waktu Terbang *Quadcopter*

Percobaan	Tegangan baterai saat lepas landas (V)	Estimasi Waktu Terbang		Error (%)
		Stopwatch (s)	Alat (s)	
1	16.24	868	872.27	0.49
2	16.32	872	893.8	2.5
3	16.28	896	883	1.45
4	16.3	877	888.42	1.3
5	16.15	863	848	1.74
Total Nilai Error (%)				1.5

Tabel 4.2 menunjukkan nilai estimasi waktu terbang yang dihitung secara manual dan oleh alat dengan persamaan (6). Terdapat perbedaan selisih nilai estimasi waktu terbang, perbedaan selisih nilai tersebut menunjukkan nilai kesalahan dalam ketepatan estimasi waktu. Nilai kesalahan dalam ketepatan estimasi waktu sebesar 1.5%.

k. Analisis Estimasi Waktu Terbang *Quadcopter*

Estimasi jarak tempuh terbang oleh *quadcopter* dapat dicari dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan kecepatan linear, dengan mengalikan kecepatan *quadcopter* saat terbang yaitu 2,5 m/s dengan waktu yang sudah diketahui pada analisis estimasi waktu terbang *quadcopter*. Perhitungan estimasi jarak tempuh terbang dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$S = v \times t \quad (7)$$

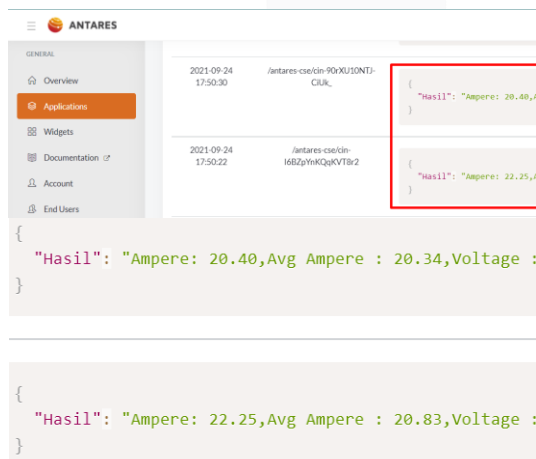
Dimana (S) adalah estimasi jarak tempuh terbang dicari dengan mengalikan kecepatan *quadcopter* (v) saat terbang yaitu sebesar 2,5 m/s dengan waktu (t) yang sudah didapatkan pada analisis estimasi waktu terbang.

Tabel 4.3 Persentase *Error* Estimasi Jarak Tempuh *Quadcopter*

Dari pengujian alat yang dilakukan sebanyak lima kali, diperoleh data pada tabel 4.3. Terdapat perbedaan selisih antara nilai jarak tempuh terbang *quadcopter* yang dihitung secara manual dan jarak tempuh terbang yang dihitung oleh alat. Perbedaan selisih nilai tersebut menunjukkan nilai kesalahan terhadap estimasi jarak tempuh terbang *quadcopter* sebesar 25.42%.

1. Tampilan Data Menggunakan Platform IoT Antares

Antares dapat diakses pada *web browser* dan perlu melakukan *login* dengan menggunakan email yang sudah didaftarkan sebelumnya. Kemudian memilih menu aplikasi dan memilih *device* yang akan digunakan. Setelah memilih *device*, maka halaman *web* akan menampilkan data informasi secara *real-time* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tampilan Halaman Informasi Data yang Diterima

Informasi data yang telah diterima oleh Antares akan ditampilkan di kolom *Data*. Informasi data yang dikirim berupa konsumsi arus, nilai tegangan yang tersisa, serta hasil dari perhitungan estimasi waktu dan jarak tempuh terbang *quadcopter*. Data yang telah diterima akan tersimpan pada Antares dan dapat diunduh untuk dilakukan analisis.

V. KESIMPULAN

a. Kesimpulan

1. Penggunaan sensor arus ACS712 (30A) mendapatkan nilai error sebesar 13,27%. Tingkat nilai error yang diperoleh cukup besar, dikarenakan nilai arus yang dibaca pada saat pengujian relatif sangat kecil.
2. Penggunaan sensor tegangan 25 Volt mendapatkan nilai error sebesar 0,65%. Nilai error yang dihasilkan sangat kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa sensor tegangan 25 Volt dapat bekerja dengan baik.
3. Pengujian kinerja pengiriman oleh sinyal LoRa dengan daerah peninjauan di kawasan sekitar Telkom University berfungsi dengan cukup baik di jarak 0 – 100 m dengan persentase nilai PDR sebesar 100%, nilai rata-rata *Time on Air* sebesar 2,35 sekon, nilai RSSI berada di bawah -100 dBm, dan nilai SNR sebesar 9,05 dB.
4. Pengujian alat dan analisis mengenai estimasi waktu terbang *quadcopter* didapatkan nilai error yang cukup kecil yaitu 1,5%. Ditemukan banyak faktor yang dapat mempengaruhi ketepatan dalam memperkirakan estimasi waktu terbang, seperti keakuratan sensor dalam membaca nilai tegangan yang dikonsumsi oleh *quadcopter* ketika berada di udara.
5. Pengujian alat dan analisis mengenai estimasi jarak tempuh terbang *quadcopter* didapatkan nilai error yang cukup besar yaitu 25,42%. Ditemukan banyak sekali faktor yang mempengaruhi ketepatan dalam memperkirakan estimasi jarak tempuh terbang. Seperti angin kencang yang dapat menghambat pergerakan *quadcopter* ketika berada di udara.
6. Pengiriman informasi data ke platform IoT Antares tidak terjadi error sama sekali, sehingga semua informasi data dapat diterima dan dianalisa.

b. Saran

1. Menggunakan sensor arus dan tegangan yang lebih akurat dalam pembacaannya, karena nilai konsumsi arus oleh motor BLDC sangat fluktuatif. Sehingga estimasi waktu dan jarak terbang dapat diketahui dengan nilai akurasi yang tinggi.
2. Tampilan informasi data menggunakan MIT *app inventor* untuk memudahkan pengguna dapat mengetahui informasi data yang diberikan melalui *smartphone*.

Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," *Sensors*, vol. 16, p. 1, 2016.

- [9] Y. Triwidyastuti, "Performance Analysis of Point-to-Point LoRa End Device Communication," *LONTAR KOMPUTER*, Vols. 10, No. 03, pp. 140-143, 2019.

- [10] A. S. Ayuningtyas, M. Ir. Uke Kurniawan Usman and S. M. Ibnu Alinursafa, "Analisis Perencanaan Jaringan LoRa (Long Range) di Kota Surabaya," *e-Proceeding of Engineering*, Vols. 7, No. 2, pp. 3350-3358, Agustus 2020.

REFERENSI

- [1] J. F. Guilmarin, "Unmanned Aerial Vehicle," [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/unmanned-aerial-vehicle>. [Accessed Desember 2020].
- [2] A. Hajis, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Navigasi Quadcopter," *Skripsi*, p. 1, 2017.
- [3] Y. Dewantara, G. E. Setyawan and B. H. Prasetyo, "Perhitungan Kapasitas Baterai dan Arus Komponen pada Ar.Drone Quadcopter untuk Estimasi Waktu dan Jarak Terbang," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, p. 3147, September 2018.
- [4] W. A. A. H. S. S. H. Aditya Satriady, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePo," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vols. 06, No. 02, pp. 43-44, 2016.
- [5] K. Sulistiadji and J. Pitoyo, "Alat Ukur dan Instrumen Ukur," *Staf Perekayasa pada BBP Mektan*, pp. 1-2, 2009.
- [6] A. A. Ali, G. Yanling and C. Zifan, "Study of Hall Effect Sensor and Variety of Temperature Related Sensitivity," *J. Eng. Technol. Sci.*, Vols. 49, No. 3, pp. 308-309, 2017.
- [7] M. Suari, "Analisis Nilai Resistansi pada Konfigurasi Keypad Satu Kabel serta pemanfaatannya dalam media pembelajaran," *Natural Science Journal*, Vols. 5, No. 1, pp. 756-758, March 2019.
- [8] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen and W. M. Townsley, "A Study of LoRa: