

Pesawat Bertenaga Surya

Aisyah Tyas Indahsari*, Apriliana Arafati, Pratomo Budi Santosa
Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Surakarta
Surakarta, Indonesia
*d400190110@student.ums.ac.id

Abstract— *Solar Power Plant (PLTS) is an electronic circuit consisting of a solar cell, voltage storage or battery, and a power controller. Each component has different but interrelated tasks in power generation. This project will focus on making a series of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) crewless aircraft with a remote control system using radio waves. A UAV is an electromechanical system with the characteristics of a flying machine. The aircraft is controlled remotely by the pilot. They are using the fundamental laws of aerodynamics with programmed mission objectives. Therefore, using solar panels as a substitute for batteries is expected to take advantage of alternative energy that is environmentally friendly and has unlimited uses. The solar panel is a monocrystalline solar cell measuring 118 x 63 mm, which can generate 5 volts 125 mA or 0.625 VA of electrical energy. Solar panel devices are becoming more economical and can be developed, considering that the energy produced can still produce more incredible electrical power. The results showed that airplanes with solar panels could fly for 12 minutes longer than airplanes without panels, which only took 8 minutes. This aircraft can also take off, land well, and maneuver standard well.*

Abstrak— *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu rangkaian elektronika yang terdiri atas solar cell, penyimpan tegangan atau baterai, dan power controller. Masing-masing komponen mempunyai tugas yang berbeda-beda, namun saling berkaitan dalam pembangkit listrik. Dalam proyek ini akan fokus pada pembuatan rangkaian pesawat tanpa awak UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan sistem kontrol pengendali jarak jauh menggunakan gelombang radio. UAV merupakan sistem elektro mekanik dengan karakteristik mesin terbang yang dikendalikan secara jarak jauh oleh pilot atau pengendalian mandiri, menggunakan hukum aerodinamika dan memiliki kemampuan melakukan misi terprogram. Oleh karena itu, penggunaan panel surya sebagai pengganti baterai diharapkan memanfaatkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan penggunaannya yang tak terbatas, yaitu untuk satu keping solar cell monocrystalline dengan ukuran 118 x 63 mm menghasilkan energi listrik sebesar 5 volt 125 mA atau 0,625 VA. Perangkat panel surya menjadi lebih ekonomis dan dapat dikembangkan, mengingat energi yang dihasilkan masih dapat menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pesawat dengan panel surya dapat terbang 12 menit, lebih lama dibandingkan pesawat tanpa panel yang hanya 8 menit. Pesawat ini juga dapat take off dan landing secara baik dan dapat bermanuver standar dengan baik pula.*

Kata Kunci— *solar cell; energi alternatif; panel surya; pesawat tanpa awak; monocrystalline*

I. PENDAHULUAN

AEROMODELLING RC merupakan salah satu bentuk kegiatan *aeromodelling* yang pada awalnya dimunculkan sebagai bagian dari kegiatan militer namun kemudian banyak diminati oleh masyarakat luas sehingga memunculkan sebuah bentuk hobi baru. *Aeromodelling* sendiri terdiri dari beberapa jenis, diantaranya adalah *aeromodelling* terbang bebas, *Aeromodelling Tali Kendali (Control Line Aeromodelling)*, dan *Radio Control aeromodelling (RC Aeromodelling)*.

Naskah diterima 3 Agustus 2022, diterima setelah revisi 29 Agustus 2022, terbit online 2 September 2022. Emitor merupakan jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi Sinta 4 dengan alamat Gedung H Lantai 2 UMS, Jalan Ahmad Yani Tromol Pos 1 Surakarta Indonesia 57165.

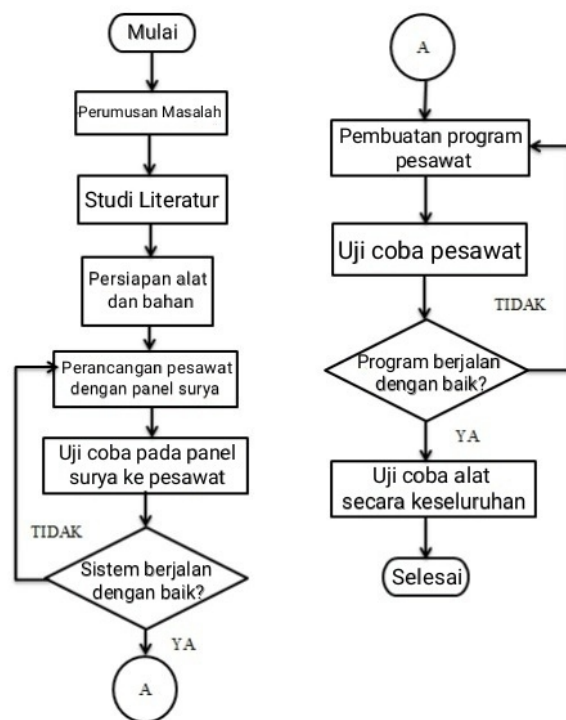
Berbagai komunitas penggemar hobi RC *Aeromodelling* muncul dari berbagai negara di dunia dimana salah satunya adalah Indonesia. Hobi ini pun berkembang sedemikian pesat seiring berkembangnya teknologi dan dengan diadakannya kejuaraan-kejuaraan baik dalam skala nasional maupun internasional. Di Indonesia sendiri banyak *event* perlombaan tentang *aeromodelling* seperti Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) dan Komurindo Kombat oleh karena itu, Indonesia sebagai salah satu negara yang ikut merasakan perkembangan teknologi *aeromodelling* telah memunculkan berbagai komunitas penggemar. RC *Aeromodelling*, seperti *Aero Engineering Robotic (AEROBO)* yang merupakan komunitas dari teknik elektro fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pada era saat ini, penggunaan panel surya untuk kebutuhan industri dan rumah tangga sudah banyak diminati, terlebih di Indonesia memiliki iklim tropis, yang dimana Indonesia akan mendapatkan *suplay* cahaya matahari lebih banyak daripada wilayah lain yang beriklim sub-tropis. Panel surya memiliki manfaat dan keunggulan tersendiri, seperti ramah lingkungan, karena tidak menimbulkan emisi gas rumah kaca, *portable* penempatan bisa disesuaikan kebutuhan, dan sebagainya. Peswat UAV sudah banyak dikembangkan juga di sektor dirgantara, karena pesawat tanpa awak memberikan beberapa manfaat seperti, bisa sebagai alat pengintai, dan pengontrolan pesawat secara jarak jauh. Dalam suatu penelitian yang telah dilakukan bahwa, panel surya dengan kapasitas 50-100 Wp (*Watt peak*) akan menghasilkan listrik harian sebesar 150-300 Wh [1]. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh LAPAN, pesawat tipe LSU tanpa menghitung *ignition* memerlukan daya sebesar 93,86 Wh, dengan konsumsi energi sebesar 32, 43 Wh, dengan demikian pesawat jenis ini dapat digunakan selama 4,2 jam. Sedangkan *ignition* memerlukan baterai berjenis LiPo 2S 7.4 Vdc yang dapat digunakan untuk mensuplai kurang lebih hingga 11 jam [2].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari untuk menjadi energi listrik melalui *photovoltaic module* yang termasuk dalam energi hijau, sehingga menjadi suatu pembangkit yang terbarukan, lebih efisien efektif, handal dan dapat mensuplai Kebutuhan energi listrik. Listrik yang dihasilkan merupakan listrik arus searah dan disalurkan ke baterai sebagian penyimpan daya serta *Solar Charge Controller* sebagai sistem kendali pengisian baterai agar tidak terjadi *over charging* yang akan merusak sistem kemudian dari baterai akan didistribusikan ke masing-masing beban [3]. PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan. Pada penelitian yang sebelumnya telah dilakukan dapat diambil data bahwa PV modul yang digunakan untuk menyuplai 32 PV modul, menggunakan baterai dengan kapasitas 1445 Ah 15 unit baterai dengan kapasitas 100 Ah. Unit *charge controller* membutuhkan kapasitas dengan *load current* sebesar 20 A sebanyak 4 buah, dan inverter yang digunakan memerlukan kapasitas sebesar 6000 W dengan efisiensi 90% [4]. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan wahana udara yang tidak mempunyai awak yang berada di dalam pesawat. UAV dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan *remote control* dari luar kendaraan pada jarak dan tempat tertentu. Dengan

adanya UAV ini data yang diperoleh biayanya murah, aman pada kondisi cuaca kemudian lebih cepat [5-7].

UAV sendiri merupakan rancangan pesawat tanpa awak yang dapat dikendalikan melalui *remote control* maupun secara *autonomous*. Pesawat UAV memiliki 6 derajat kebebasan, meliputi sumbu longitudinal, vertikal dan lateral. Titik pertemuan sumbu-sumbu tersebut merupakan CG (*Center of Gravity*) dalam kestabilan dan manuver pesawat [8]. Pesawat tanpa awak (UAV) ketika ia melakukan sebuah misinya memiliki jam terbang yang tinggi. Namun karena daya sumber energi yang dimiliki pesawat terbatas sehingga durasi penerbangan menjadi lebih pendek, maka pesawat membutuhkan tenaga tambahan, yaitu dengan memanfaatkan energi surya menggunakan panel surya. Dengan demikian pesawat dapat melakukan *charging* sekaligus memberikan *supply* tenaga ke beban, sehingga jam terbang pesawat bisa lebih tinggi [9].



Gambar 1: Diagram alir penelitian

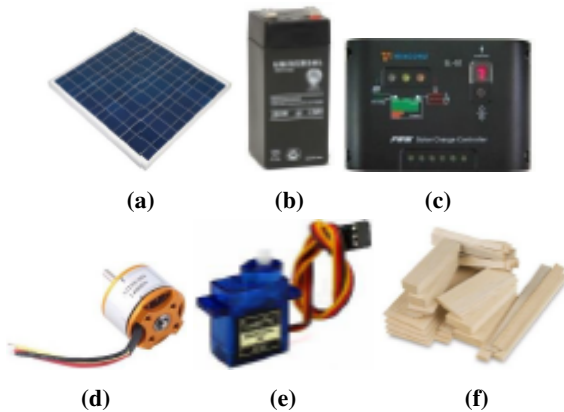
II. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yang pertama adalah membuat diagram alur pelaksanaan penelitian secara garis besar. Diagram alur Gambar 1 menjelaskan tentang urutan pelaksanaannya [10].

i. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan karena melihat banyaknya pesawat UAV atau pesawat RC yang banyak melakukan misi dengan jam terbang yang tinggi. Namun, karena kapasitas daya baterai pesawat terbatas, pesawat terpaksa untuk mendarat guna mengganti baterai dengan baterai yang telah berisi penuh [11]. Melihat ketidak efisien tersebut penelitian ini dibuat untuk mengisi dan menyimpan daya pesawat secara *real-time*. Pengisian dan penyimpanan ini memanfaatkan energi cahaya matahari, dengan perantara panel surya dan daya yang berlebih akan disimpan dalam alat bernama *Solar Charger Controller* [12]. Sehingga pesawat dapat terus terbang tanpa harus mendarat untuk mengganti baterainya.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain: panel surya, aki, solar charger controller, motor brushless, motor servo, dan kayu balsa [13].



Gambar 2: Perangkat yang digunakan dalam penelitian: (a) panel surya (b) aki (c) solar charger controller (d) motor brushless (e) motor servo (f) kayu balsa

Panel surya merupakan salah satu sumber tenaga listrik yang memanfaatkan cahaya matahari yang diubah menjadi sumber listrik. Panel surya konvensional bekerja dengan sistem semikonduktor p-n junction [14]. Susunan ini membentuk ikatan-ikatan atom dengan penyusun dasar berupa elektron. Untuk mengetahui jumlah daya yang dihasilkan oleh panel surya, maka dapat digunakan rumus Persamaan (1) [15].

$$P_{\text{out}} = V \times I \quad (1)$$

dengan P_{out} merupakan daya (watt), V adalah tegangan (volt), dan I yaitu arus (ampere).

Untuk mengetahui jumlah panel surya yang akan digunakan maka menggunakan Persamaan (2) berikut [16].

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{P_{\text{PLTS}}}{P_M} \quad (2)$$

dengan P_{PLTS} merupakan daya maksimum panel surya yang digunakan (watt), dan P_M yaitu daya yang dibangkitkan. Adapun untuk menghitung daya minimal maksimal modul seri per-string dapat dilihat dalam Persamaan (3) berikut [17].

$$\begin{aligned} V_{\text{min}} &= \frac{V_{\text{min Inverter}}}{V_{\text{modul}}} \\ V_{\text{max}} &= \frac{V_{\text{max Inverter}}}{V_{\text{modul}}} \end{aligned} \quad (3)$$

Sedangkan Persamaan (4) berikut untuk menghitung arus paralel.

$$I_{\text{max}} = \frac{I_{\text{max Inverter}}}{I_{\text{max modul}}} \quad (4)$$

Aki merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik melalui proses elektrokimia. Keberadaan aki dalam rancang bangun dengan panel surya sangat penting, karena aki sebagai *backup* daya listrik ketika suatu alat tersebut tidak mendapatkan cahaya matahari [18].

Solar Charger Controller merupakan suatu komponen elektronik yang berfungsi untuk mengatur arus searah (DC) yang akan diisi ke baterai kemudian diambil dari baterai ke beban. Sederhananya *Solar Charger Controller* berguna untuk mengatur kelebihan tegangan dari panel surya yang kemudian akan dikirimkan ke beban [19].

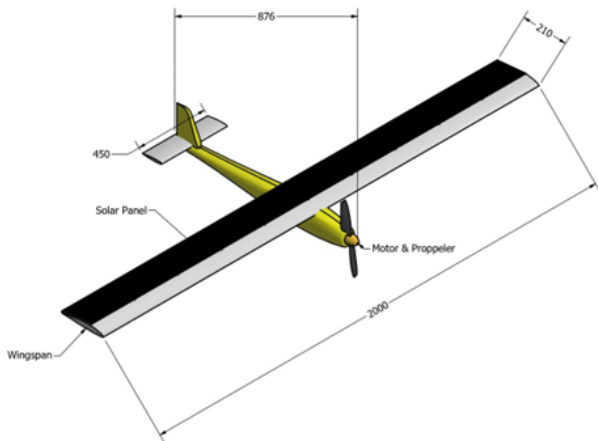
Motor *brushless* merupakan motor yang tidak memiliki sikat di dalam struktur motornya, karena tidak ada sikat tersebut motor *brushless* memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Motor *brushless* terjadi karena torsi berputar pada frekuensi yang sama secara terus menerus, hal ini akan terus terjadi sepanjang arus DC masih men-supply motor *brushless* [20].

Motor servo merupakan komponen elektronika yang dimana penggunaan putaran motor dapat diatur dengan hitungan sudut.

Kayu balsa (*ochroma pyramidales*) adalah spesies pohon yang tumbuh dengan sangat cepat dan menghasilkan kayu dengan kepadatan yang sangat rendah. Balsa merupakan pohon berukuran sedang yang dapat gugur dan menghijau kembali, balsa juga dapat tumbuh di wilayah yang hanya berisi spesies dan dapat juga berdampingan dengan spesies sejenis lainnya. Pohon balsa yang sudah dewasa umumnya berbentuk silinder dan lurus. Nama kayu balsa berasal dari bahasa Spanyol yang berarti rakit [21, 22].

ii. Perancangan Sistem

Dalam perancangan pesawat bertenaga surya ini, panel surya akan diletakkan di bagian kanan-kiri pada sayap



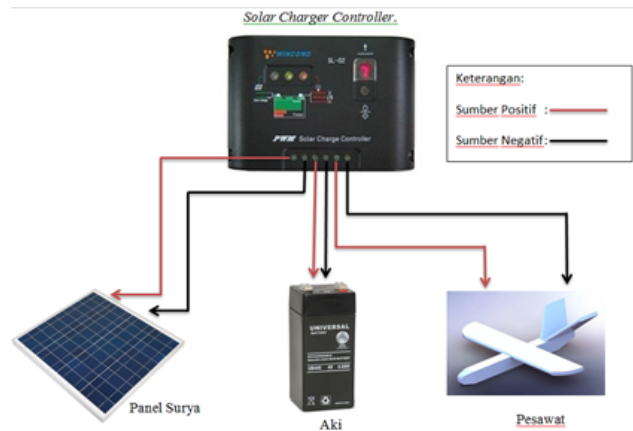
Gambar 3: Desain pesawat tenaga surya

pesawat, aki, SCC, akan diletakkan di bagian punggung pesawat, motor *brushless* akan digunakan untuk baling-baling pesawat dan motor servo pada ujung-ujung sayap pesawat Perancangan sistem pesawat tenaga surya ditunjukkan pada Gambar 4 dimana rangkaian ini menggunakan Solar charger controller sebagai komponen untuk menerima daya dari panel surya, yang kemudian daya akan disimpan di dalam aki, kemudian daya akan dikeluarkan ke beban yaitu pesawat. Apabila dalam perancangan beban tidak ada atau beban tidak digunakan, maka daya yang telah diterima Solar charger controller dari panel surya akan disimpan ke dalam aki. Skematik elektronik secara garis besar pada pesawat dapat dijabarkan melalui gambar berikut ini:

1. Solar cell akan men-supply daya ke saklar elektronik, yang dimana ketika saklar aktif maka akan mengirim data atau daya ke pixhawk dan dari saklar elektronik akan terhubung juga ke power modul yang dimana power modul akan mengubah tegangan sesuai yang dibutuhkan oleh pixhawk.
2. Baterai 3s akan men-supply daya ke power modul, yang dimana power modul tersebut akan mengubah tegangan sesuai yang dibutuhkan oleh pixhawk.
3. Transmitter atau remote kontrol berfungsi untuk mengirim perintah secara jarak jauh yang akan dikendalikan oleh seorang pilot. Data dari remote tersebut akan diterima oleh receiver yang dimana receiver akan mengolah sinyal masukan dan akan dikirim ke pixhawk.
4. Holybro akan mengirim data ke pixhawk dan data akan diolah oleh pixhawk berupa sinyal gps.
5. ESC berfungsi mengontrol kecepatan motor pe-

sawat yang datanya dikirim oleh pixhawk.

6. Dari data masukan yang telah diterima oleh pixhawk maka akan dikeluarkan berupa sinyal output pada motor *brushless* dan motor servo.



Gambar 4: Skematik elektronik pesawat

iii. Perancangan Alat

Pembuatan alat ini dimulai dari merancang panel surya agar mampu menyuplai elektrik pada pesawat RC. Setelah panel surya mampu menyuplai komponen pada pesawat, selanjutnya membuat pesawat yang mampu terbang dengan berat dari seluruh komponen elektrik, termasuk dengan panel, yang nantinya jika jadi akan diuji dengan beban yang lain (pesawat terbang ditambah beban berupa batu atau pemberat untuk mengganti panel surya). Jika sudah mampu, pesawat akan ditambah dengan panel surya dan dianalisis kemampuan terbang, daya, dan lain-lain.

iv. Pengujian Alat

Pengujian alat ini meliputi beberapa tahap, sebagai berikut.

1. Pengujian panel surya dengan dihubungkan ke komponen elektrik pada pesawat untuk menuji tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan. Ketiga parameter tersebut dijadikan acuan untuk melihat hasil putaran motor meliputi *trusht* dan rpm. Kedua parameter ini dibutuhkan untuk daya dorong pesawat RC. Jika dirasa sudah sesuai dengan target, dilanjutkan ke pengujian berikutnya, jika belum maka akan ditambah panel surya, dan lain-lain.
2. Pengujian pesawat dilakukan jika hasil pengujian panel surya telah dirasa cukup. Pengujian ini dilakukan dengan menerbangkan pesawat tipe tertentu dengan bobot keseluruhan (bodi


```

//header program
#include <avr.h>
#include <Arduino.h>
#include "AC3712.h"
//void call m011 m012
const char* filename = "COMA2.csv";
AC3712 ACS(A2, 5.0, 1023, 100);
int analogPin = A0;
float Vmodul = 0.0;
float hasil1 = 0.0;
float Vmodul1 = 0.0;
float R1 = 30000.0;
float R2 = 7000.0;
int value = 0;
int number = 0;
int i=1;

File file;

void setup() {
  pinMode(analogPin, INPUT);
  Serial.println(F("FILE_"));
  ACS.autoMidPoint();
}

//loop tegangan
void loop() {
  digitalWrite(6, HIGH);
  digitalWrite(7, HIGH);
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(10, HIGH);
  delay(1000);
}

void measure() {
  //waktu
  Serial.println(i);
  Serial.print(" ");
  file.println(i);
  file.print(i);
  i++;

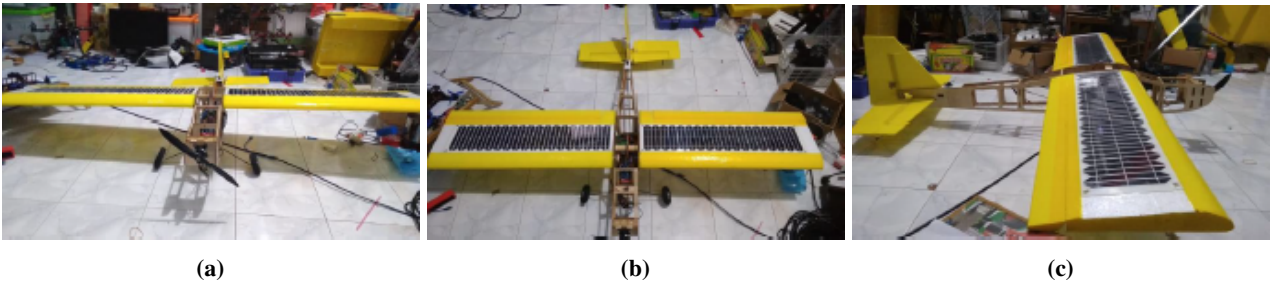
  value = analogRead(analogPin);
  Vmodul = (value * 5.0) / 1024.0;
  hasil1 = (Vmodul / (R2/(R1+R2))) - 0.1;
}

//sensor tegangan baterai
//Serial.print("Tegangan DC = ");
//Serial.print(" ");
//file.println(" ");
//Serial.println("Tegangan DC = ");
file.println(hasil1);
file.print(" ");
//Serial.println("volt");
//Serial.print(" ");
//Serial.println(" ");
//file.println(" ");
//Serial.println(" ");

//arus panel
int mA = ACS.MA_DC();
int arus = analogRead(mA);
//Serial.print("Arus DC = ");
//Serial.print(" ");
//file.println(" ");
//Serial.println(" ");
//file.flush();
}

```

Gambar 5: Listing program: (a) header program, (b) loop tegangan (c) arus dan tegangan baterai, (d) arus dc dan sensor panel



Gambar 6: Hasil rakitan pesawat: (a) tampak depan (b) tampak atas (c) tampak samping

+ komponen + panel surya), dengan catatan pengujian ini dilakukan dengan mencari beban pengganti (komponen + panel surya) dengan pemberat supaya ketika terjadi crash pada pesawat komponen masih aman. Jika pesawat tidak mampu mengangkat beban tersebut, maka pengujian selanjutnya tidak dapat dilakukan.

3. Pengujian keseluruhan dilakukan ketika pengujian panel surya dan pesawat sudah dirasa mampu untuk terbang. Pada pengujian ini seluruh komponen dan panel surya sudah digabungkan menjadi satu dan diterbangkan. Parameter yang akan dianalisis meliputi keefisienan panel surya, daya, dan lama terbang pesawat.

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Screenshot dari listing program penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 (a) hingga Gambar 5 (d). Program berisi dengan penamaan file data arus dan tegangan kemudian dilanjutkan dengan rumus untuk pengambilan data arus dan tegangan. Hasil dari perakitan pesawat bertenaga surya dapat dilihat pada Gambar 8 (a) hingga Gambar 8 (d) berikut.

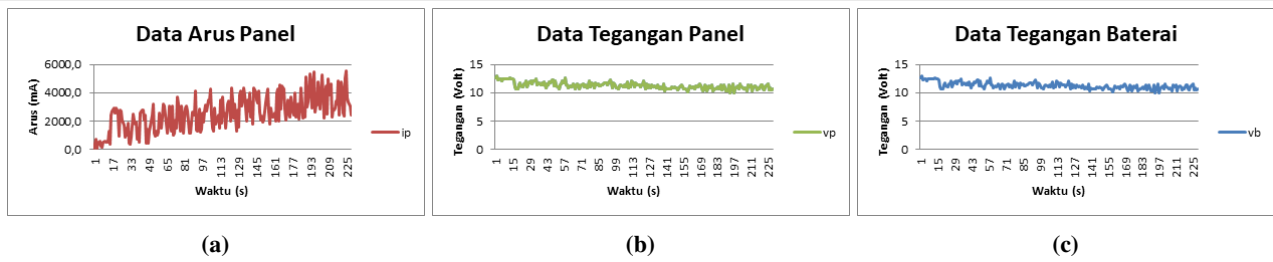
Data hasil arus dan tegangan pada panel dan baterai dapat dilihat pada grafik Gambar ???. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa tegangan baterai dan

panel relatif stabil, dan grafik arus naik turun dikarenakan efek dari gas/beban pesawat.

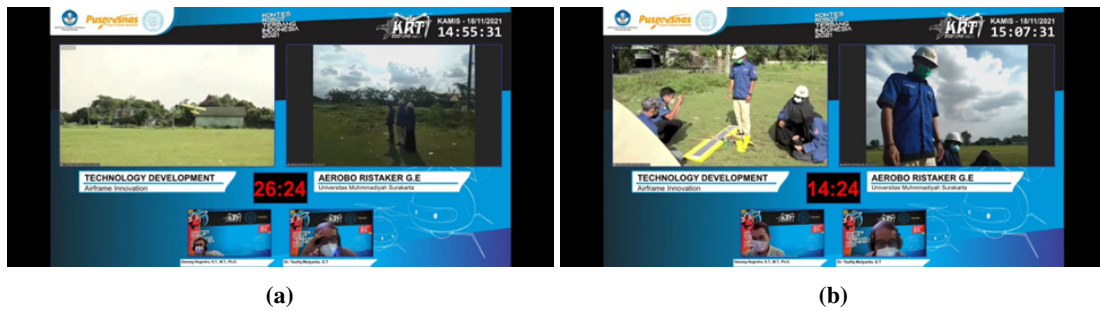
Berdasarkan hasil pengujian pesawat terbang pada menit ke 26.24 dan berhenti pada menit ke 14.24, dengan rentang waktu tersebut, pesawat dapat terbang selama 12 menit.

IV. KESIMPULAN

Pesawat UAV ini dapat terbang seperti pesawat pada umumnya dengan lama terbang 12 menit jika dilihat dari hasil pengujian di lapangan dengan kondisi cuaca cerah berawan. Hasil data sensor arus dan tegangan yang tersimpan adalah selama 225 detik. Hal ini dikarenakan kurang presisinya alat yang digunakan untuk pengambilan data. Alat yang digunakan untuk menyimpan data hanya berupa SD Card for Arduino dan selang waktu mengandalkan looping dengan delay 2 detik. Terbang pesawat ini lebih lama daripada pesawat yang tanpa panel. Pesawat tanpa panel dapat terbang selama 8 menit dengan berat, desain dan komponen yang sama. Pesawat ini juga dapat take off dan landing secara baik, dan dapat bermanuver standar dengan baik pula. Namun, saat terbang pesawat mengalami lost connection. Hal ini dikarenakan aliran listrik dari panel surya yang melalui solar charger controller menuju baterai kurang stabil. Ketidakstabilan ini efek daripada baterai yang belum diberi penstabil tegangan. Sisa te-



Gambar 7: Grafik data penelitian: (a) arus panel, (b) tegangan panel, dan (c) tegangan baterai



Gambar 8: Foto kondisi pesawat: (a) saat terbang, (b) landing dengan crash

gangan setelah jatuh adalah 11.4 dengan awal tegangan 12.5

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat memberikan penstabil tegangan pada baterai, sehingga proses pen-charger-an dapat lebih stabil lagi, selain itu dapat dilakukannya riset bahan pada bodi pesawat yang lebih kuat namun ringan. Sehingga apabila ada trouble/jatuh pesawat tidak langsung hancur. Rekomendasi riset menggunakan RTC Arduino, sehingga waktu yang digunakan dengan data yang tersimpan bisa lebih akurat dan presisi. .

PERSANTUNAN

Alhamdulillah syukur atas terlaksananya riset ini. Kami ucapkan terima kasih kepada Lembaga Riset dan Inovasi Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mendanai penelitian reguler kompetitif ini. Program Studi Teknik Elektro UMS atas dukungan yang telah diberikan dan kepada rekan-rekan semua atas kerjasama selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Y. Faisal, “Perancangan sistem control rc aeromodelling airplane jenis fixed wing berbasis arduino nano,” Ph.D. dissertation, Universitas Islam Indonesia, 2017.

[2] M. Zuhdi, M. Makhus, dan W. Wahyudi, “Hubungan kecepatan stall dan berat total pesawat aeromodelling wing dragon,” *KONSTAN-JURNAL FISIKA DAN PENDIDIKAN FISIKA*, vol. 6, no. 2, pp. 102–108, 2021.

[3] A. P. Putra, A. Sanjaya, dan M. Safitri, “Perancangan tracking sel surya berbasis arduino,” *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 5, no. 3, pp. 347–356, 2021.

[4] N. Sánchez-Pantoja, R. Vidal, dan M. C. Pastor, “Aesthetic impact of solar energy systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 98, pp. 227–238, 2018.

[5] P. Tatham dan S. Rietjens, “Integrated disaster relief logistics: a stepping stone towards viable civil–military networks?” *Disasters*, vol. 40, no. 1, pp. 7–25, 2016.

[6] F.-X. Delmonteil dan M.-È. Rancourt, “The role of satellite technologies in relief logistics,” *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2017.

[7] S. Negi dan G. Negi, “Framework to manage humanitarian logistics in disaster relief supply chain management in india,” *International Journal of Emergency Services*, 2020.

[8] D. Dzulfikar dan W. Broto, “Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga,” in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, vol. 5, 2016, pp. SNF2016–ERE.

[9] I. T. Setyadewi, “Analysis of electrical load assessment Isu (lapan surveillance uav) 03,” *Jurnal Teknologi Dirgantara*, vol. 17, no. 1, pp. 57–66, 2019.

[10] H. R. Iskandar, E. Taryana, dan S. Syaidina, “Perancangan kebutuhan energi listrik pembangkit listrik tenaga surya di hanggar delivery center pt. dirgantara indonesia,” *Prosiding Semnastek*, 2018.

[11] A. G. Hutajulu, M. R. Siregar, dan M. P. Pambudi, “Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya (plts) on grid di eco-park ancil,” *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 23–33, 2020.

[12] N. Soedjarwanto, “Rancang bangun boost converter untuk charging baterai unmanned aerial vehicle (uav) bertenaga surya,” *Electrician*, vol. 13, no. 3, pp. 89–93, 2019.

[13] R. Hidayat dan R. Mardiyanto, “Pengembangan sistem navigasi otomatis pada uav (unmanned aerial vehicle) dengan

- gps (global positioning system) waypoint,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [14] M. F. Siregar dan T. Abdilah, “Perancangan sistem pengisian listrik berulang secara otomatis pada sepeda motor listrik,” *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 4, no. 3, pp. 116–120, 2019.
- [15] A. W. Hasanah, R. Hariyati, dan M. N. Qosim, “Konsep fotovoltaik terintegrasi on grid dengan gedung stt-pln,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [16] W. S. Damanik, F. I. Pasaribu, S. Lubis, dan C. A. Siregar, “Pengujian modul solar charger control (scc) pada teknologi pembuangan sampah pintar,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 89–93, 2021.
- [17] N. M. AS dan D. Mulyana, “Pengaturan kecepatan motor brushless dc (direct current) menggunakan cuk converter,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 6, no. 2, pp. 34–39, 2019.
- [18] D. G. D. Pramana, I. W. A. Wijaya, dan I. M. A. Suyadnya, “Rancang bangun sistem monitoring kinerja panel surya berbasis mikrokontroler atmega 328,” *Jurnal Spektrum*, vol. 4, no. 2, pp. 89–96, 2018.
- [19] M. Saleem, E. Gopi, dan R. Ramesh Kumar, “Fabrication of solar energy uav,” *International Journal of Ambient Energy*, vol. 41, no. 1, pp. 74–79, 2020.
- [20] M. Papoutsidakis, A. Chatzopoulos, dan D. Piromalis, “Uav flight control based on arduino board implementations.”
- [21] S. S. Wijoyo, A. Santosa, dan C. J. Pradjonggo, “Perancangan furnitur dengan material kayu balsa,” *Intra*, vol. 6, no. 2, pp. 105–115, 2018.
- [22] V. Prisacariu, “Uav flying wing with a photovoltaic system,” *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 63–70, 2019.