

**PENGEMBANGAN DATA AKUISISI MPPT UNTUK PESAWAT
TANPA AWAK BERTENAGA SURYA**
***DEVELOPMENT OF MPPT DATA ACQUISITION FOR SOLAR
POWERED UAV***

Adi Wirawan, Dewi Anggraeni
Pusat Teknologi Penerbangan - LAPAN
adi.wirawan@lapan.go.id

Abstrak

Saat ini, LSU (LAPAN *Surveillance UAV*) solar sedang dikembangkan oleh Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN. Salah satu sistem dari LSU solar yang dikembangkan adalah BMS (*Batery Managament system*). Sistem BMS diperlukan untuk memonitor status dari baterai yang digunakan dalam LSU solar. BMS mencakup proses *charging* dan *discharging* dari baterai LSU Solar. Untuk mendukung sistem BMS diperlukan suatu sistem yang dapat memonitor proses *charging* dan *discharging* baterai yang dilakukan oleh MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Sistem ini harus mampu memonitor arus dan tegangan dari baterai baik saat *charging* maupun pada proses *discharging*. Pada penelitian ini dibahas perancangan dari DAQ (sistem data akuisisi) dari BMS. Hasil yang didapat dari proses perancangan ini adalah suatu sistem DAQ yang dapat memonitor dan merekam arus dan tegangan baterai dari solar UAV.

Kata kunci: LSU Solar, DAQ, MPPT

Abstract

LSU (LAPAN Surveillance UAV) Solar is being developed by the Aeronautics Technology Center-LAPAN. One of the systems of LSU solar developed is BMS (Batery Managament system). The BMS system is required to monitor the status of the battery of LSU Solar. BMS includes the charging and discharging of the LSU Solar battery. To support the system BMS it is required a system that is able to monitor the process of charging and discharging the battery, that usually performed by MPPT (Maximum Power Point Tracking). This system must be able to monitor the current and voltage of the battery either during charging or discharging process. In this research will discussed the design of DAQ (data acquisition system) from BMS. The results obtained from this design process is a DAQ system that can monitor and record the current and battery voltage of the solar UAV.

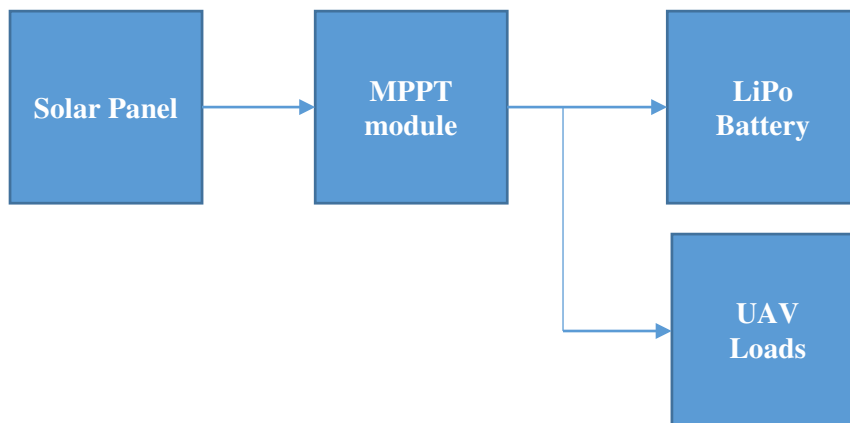
Keywords: LSU Solar, DAQ, MPPT.

1. PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN telah mengembangkan beberapa LSU (LAPAN *Surveillance UAV*) dengan sistem propulsi yang bersumber dari baterai maupun bahan bakar fosil [1]. Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN juga mengembangkan UAV dengan sistem propulsi energi surya (solar uav) dengan seri LSU Solar, untuk meningkatkan lama terbang serta menambah jangkauan daerah operasi terbang yang lebih luas [2].

Sistem BMS diperlukan pada sistem LSU Solar untuk memonitor status dari baterai yang digunakan dalam LSU solar. BMS mencakup proses *charging* dan *discharging* dari baterai. Diperlukan suatu sistem yang dapat memonitor proses *charging* dan *discharging* baterai. Sistem ini harus mampu memonitor arus dan tegangan dari baterai baik saat *charging* maupun pada proses *discharging*.

BMS ini memerlukan suatu DAQ yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dari baterai pada saat *charging* maupun *discharging*. Sistem elektrikal LSU Solar ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sistem elektrikal Solar UAV [3]

Sistem kelistrikan LSU solar terdiri dari panel surya sebagai sumber pengisi dari, modul MPPT untuk mengatur pengisian baterai, baterai Lipo serta beban dari UAV yang berupa motor servo, transmiter radio serta perangkat elektrik LSU Solar lainnya.

Menurut Abdallah dan Elkeelany dalam tulisan mereka DAQ adalah perangkat yang digunakan untuk memperoleh data dari lingkungan di sekitarnya. Memperoleh data membantu untuk mendapatkan informasi tertentu tentang lingkungan yang akan diukur [4]. Biasanya, DAQ terhubung dengan berbagai sensor untuk menentukan fenomena yang sedang diamati. Pada umumnya sistem DAQ memperoleh data dari beberapa macam sensor dengan keluaran berupa sinyal analog. Sering kali sinyal analog ini memerlukan pemrosesan lebih lanjut. Sehingga sinyal analog harus diubah menjadi sinyal digital menggunakan *analog digital converter* (ADC) [4].

Pada penelitian Kautroulis dan Kalaitzakis disebutkan bahwa Sistem akuisisi data (DAQ) digunakan dalam aplikasi sumber energi terbarukan (RES) dengan tujuan untuk mengumpulkan data dari kinerja sistem yang terpasang, untuk tujuan evaluasi. Sistem yang digunakan pada penelitian tersebut terdiri dari satu set sensor untuk mengukur parameter meteorologi (mis. suhu, kelembaban dll.) dan parameter listrik (tegangan fotovoltaik dan arus dll.) [5].

Xing dan Chen menyebutkan dalam penelitiannya bahwa DAQ mereka terdiri dari mikrokontroler dan sirkuit periferalnya, berbagai sensor, sirkuit *amplifier*. DAQ bertanggung jawab untuk mengakuisisi data lingkungan luar seperti intensitas cahaya, suhu sel surya, tegangan sel surya serta arus sel surya. [6].

Murali Krisna dkk menyebutkan dalam penelitiannya bahwa DAQ banyak digunakan dalam aplikasi sumber energi terbarukan untuk mengumpulkan data kinerja sistem yang terpasang untuk tujuan evaluasi.[7]

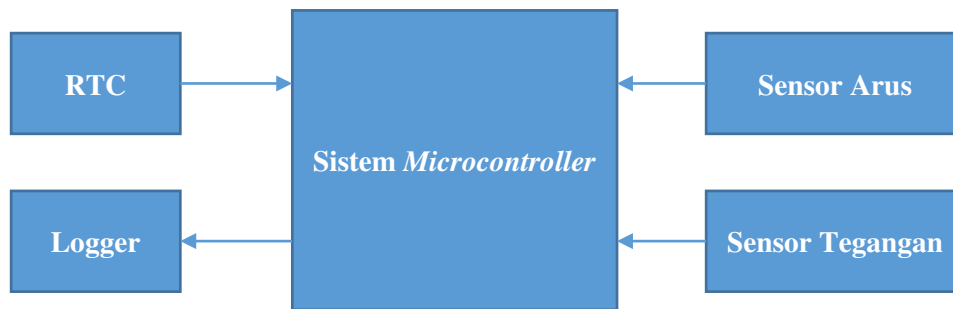
Requirement/persyaratan dari pengguna untuk DAQ dari sistem EMS (Energy Management System) adalah sebagai berikut [3]:

1. Mampu membaca arus dan tegangan
2. Minimal 4 kanal masing-masing 2 kanal arus dan 2 kanal tegangan
3. Rentang Pembacaan arus 0-5A
4. Resolusi pembacaan arus minimal 0.5A
5. Rentang pembacaan tegangan 9-16V
6. Resolusi pembacaan tegangan minimal 0.1V
7. Hasil pengukuran dapat disimpan untuk dianalisa lebih lanjut
8. Penyimpanan data harus disertai dengan data waktu penyimpanan
9. Data waktu penyimpanan minimal berupa jam dan menit
10. Pengambilan data tegangan dan arus dilakukan minimal setiap 1 menit
11. Rentang penyimpanan data pengukuran 1-4 jam
12. Sistem dapat bekerja sendiri/*stand alone*
13. Pengukuran dilakukan secara otomatis

Untuk itu diperlukan *development* data akuisisi (DAQ) mandiri dengan komponen yang lebih terjangkau, sehingga dalam penelitian ini akan dibangun data akuisisi yang memenuhi persyaratan sesuai dengan kebutuhan EMS pada lingkup UAV bertenaga surya.

2. METODOLOGI

Dari *requirement* pengguna dirancang sistem DAQ untuk memenuhi *requirement* tersebut. Rancangan dasar dari DAQ untuk EMS ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Rancangan Sistem DAQ

Sistem terdiri dari *microcontroller* sebagai pembaca sensor arus dan tegangan, mengkonversi nilai digital ke dalam nilai tegangan dan arus. *Microcontroller* memiliki tugas untuk mengirimkan data hasil konversi ke *logger*/penyimpan data. Untuk mengetahui waktu pengambilan data, ditambahkan sebuah RTC sebagai sumber data waktu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rancangan dasar yang ditunjukkan pada Gambar 2, selanjutnya dilakukan pemilihan komponen/perangkat keras yang merupakan bagian dari *DAQ* untuk EMS. Pemilihan dari komponen akan dibahas pada sub bab di bawah ini, dilengkapi dengan alasan pemilihan komponen tersebut. Secara umum metode yang digunakan dalam pemilihan komponen adalah berdasarkan pada persyaratan dari pengguna, selain itu pemilihan komponen juga melihat dari ketersediaan komponen yang ada di kantor.

3.1. Sistem *Microcontroller*

Microcontroller merupakan otak dari *DAQ* yang akan dibuat. Sesuai dengan persyaratan yang telah dibuat oleh pengguna bahwa :

1. Sistem dapat bekerja sendiri/*stand alone*
2. Pengukuran dilakukan secara otomatis
3. Minimal 4 kanal masing-masing 2 kanal arus dan 2 kanal tegangan
4. Resolusi pembacaan arus minimal 0.5A
5. Resolusi pembacaan tegangan minimal 0.1V

Sistem Arduino Uno dipilih sebagai komponen sistem mikrokontroler, beberapa alasan pemilihan ini adalah :

- Merupakan sistem *microcontroller* yang murah dan lengkap
- Dilengkapi perangkat lunak pemrogram (Arduino IDE)
- *Open source hardware* dan *software*



Gambar 3. Modul Arduino Uno [8]

Arduino Uno adalah modul mikrokontroler berbasis ATmega328. Modul ini memiliki 14 pin *input/output*, 6 pin analog, 16 MHz *quartz crystal*, koneksi USB, colokan daya, *header ICSP* dan tombol *reset* [8]. Spesifikasi teknis Arduino uno ditampilkan dalam Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Arduino Uno

| <i>Microcontroller</i> | <u>ATmega328P</u> |
|--------------------------------|---|
| Tegangan Operasi | 5V |
| Tegangan Masukan (rekomendasi) | 7-12V |
| Tegangan keluaran (limit) | 6-20V |
| Pin digital I/O | 14 (dimana 6 pin menyediakan output PWM) |
| Pin PWM Digital I/O | 6 |
| Pin Analog Input | 6 |
| ADC resolution | 12 bits |
| Arus DC per I/O Pin | 20 mA |
| Arus DC untuk 3.3V | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) dimana 0.5 KB digunakan untuk bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| LED_BUILT IN | 13 |
| Panjang | 68.6 mm |
| Lebar | 53.4 mm |
| Berat | |

3.2. Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mengukur/*sensing* besaran arus yang mengalir pada saat sistem elektrikal LSU solar bekerja, baik pada saat mengisi baterai (*charging*) maupun pada saat penggunaan baterai (*discharging*).

Persyaratan/*requirement* untuk sensor arus yang digunakan dalam sistem DAQ sesuai dengan kebutuhan pengguna adalah:

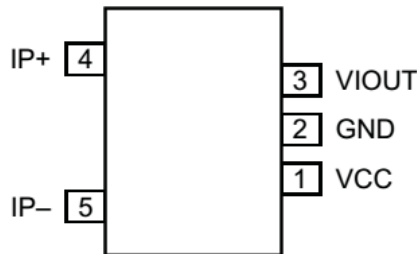
1. Rentang Pembacaan arus 0-5A

Dari persyaratan pengguna di atas maka dipilih sensor arus yang sesuai. Pilihan jatuh pada sensor arus ACS75B. Sensor ini merupakan sensor arus linier dengan tipe *hall effect*. Memiliki isolasi untuk tegangan tinggi serta memiliki konduktor arus dengan resistansi yang rendah. Bentuk fisik sensor arus ACS750B ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Bentuk Fisik Sensor Arus ACS750B [9]

Sensor arus ACS750B memiliki susunan kaki yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Susunan Kaki ACS750B [9]

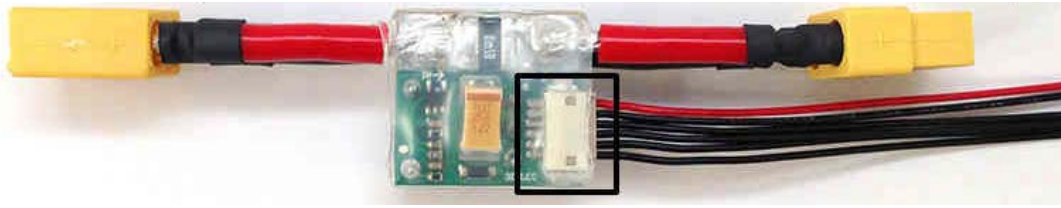
Tabel 2. Tabel List Terminal/Kaki ACS750B

| Nomor | Nama | Keterangan |
|-------|--------|--------------------------------------|
| 1 | VCC | Kaki suplay tegangan |
| 2 | GND | Kaki sinyal <i>ground</i> |
| 3 | VIOOUT | Kaki keluaran analog |
| 4 | IP+ | Terminal untuk arus yang akan diukur |
| 5 | IP- | Terminal untuk arus yang akan diukur |

Tegangan (V_{cc}) yang digunakan untuk sensor arus ACS750B adalah $5V \pm 10\%$. Sensor arus ACS750B mampu mengukur arus ± 50 Ampere, jangkauan pembacaan sensor ini memenuhi dari kebutuhan pengguna untuk rentang pembacaan arus 0-5 A. Nilai keluaran analog (V_{IOOUT}) ketika arus yang terbaca 0 A adalah $V_{cc}/2$, jadi ketika V_{cc} yang digunakan adalah 5V maka V_{OUT} akan mengeluarkan tegangan sebesar 2.5V. Sensor ini memiliki sensitivitas pembacaan arus sebesar 40 mV/A .

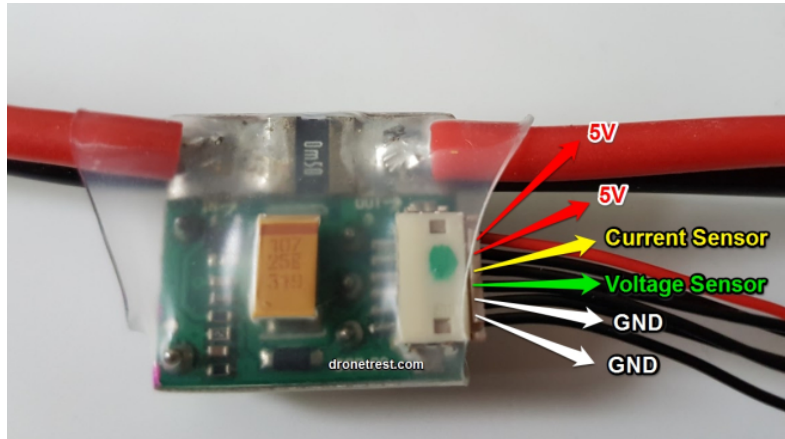
3.3. Sensor Tegangan

Tegangan baterai pada saat diisi dan pada saat digunakan perlu untuk di monitor. Pengukuran tegangan dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan. Sensor ini membaca tegangan dari baterai, pada saat *charging* maupun *discharging*. Sensor tegangan yang dipilih untuk digunakan dalam sistem *DAQ* yang akan dibuat adalah sensor dengan menggunakan *3DR power module*. Modul ini terdiri dari sensor arus dan sensor tegangan, namun pada perancangan kali ini hanya sensor tegangan yang digunakan. Bentuk fisik dari sensor ini ditunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.



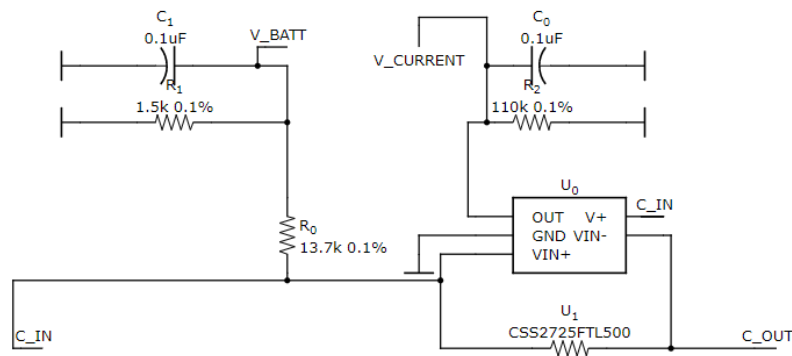
Gambar 6. Bentuk Fisik Dari Sensor Tegangan Power Module 3DR [10]

Pada modul ini terdapat enam pin yang terdiri dari tegangan 5V, keluaran sensor arus, keluaran sensor tegangan serta *ground*. Susunan lengkap untuk kaki/pin power module 3DR ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Susunan Kaki Module Power 3DR [11]

Rangkaian power module 3DR ditunjukkan pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Rangkaian Power Module 3DR [12]

Sesuai dengan rangkaian tersebut, sensor tegangan pada power module 3DR memiliki keluaran tegangan sebesar $\sim 0.1 V_{In}$, dengan maksimum tegangan masukan adalah 18V. Nilai rentang tegangan ini sesuai dengan kebutuhan dari pengguna yakni :

1. Rentang pembacaan tegangan 9-16V

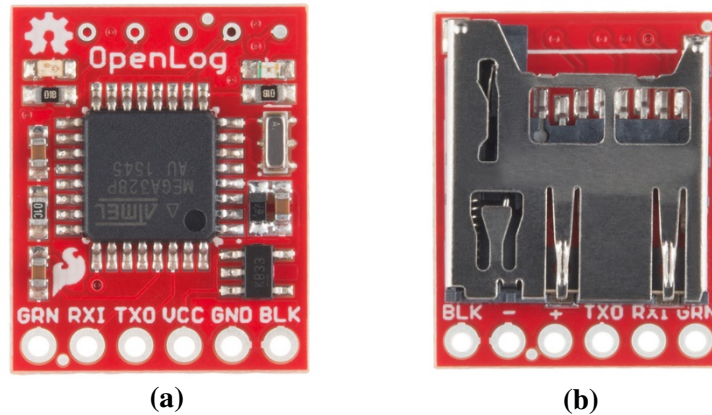
3.4. Logger

Sistem DAQ memerlukan suatu media untuk menyimpan data hasil pengukuran, untuk selanjutnya data tersebut bisa dianalisa lebih lanjut. Sesuai dengan persyaratan pengguna yakni :

1. Hasil pengukuran dapat disimpan untuk dianalisa lebih lanjut
2. Pengambilan data tegangan dan arus dilakukan minimal setiap 1 menit
3. Rentang penyimpanan data pengukuran 1-4 jam

Untuk memenuhi persyaratan pengguna di atas, dipilih media penyimpanan yang ringkas dan mudah digunakan serta memenuhi unsur persyaratan pengguna.

Media penyimpan yang digunakan adalah modul *openlog*, modul ini menggunakan kartu *micro SD* sebagai media penyimpan. Sedangkan masukan data ke modul ini dengan menggunakan komunikasi serial. Modul *openlog* dapat mengakomodasi kartu *micro SD* dari 64MB sampai dengan 64GB, modul ini mendukung format FAT16 dan FAT32.



Gambar 9. Bentuk Fisik *OpenLog* (a) Tampak Bawah (a) Tampak Atas

Tampilan fisik dari *OpenLog* ditunjukkan oleh Gambar 9 di atas, pada Gambar a terlihat bahwa *Openlog* menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai *controller modul*. Terdapat 6 kaki pada modul tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 9, keterangan masing-masing kaki dijelaskan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. List Terminal/Kaki Modul *OpenLog*

| Nomor | Nama | Keterangan |
|-------|------|---------------------------|
| 1 | GRN | Kaki sinyal DTR |
| 2 | RX1 | Kaki penerima data serial |
| 3 | TX0 | Kaki pengirim data serial |
| 4 | VCC | Kaki suplay tegangan |
| 5 | GND | Kaki sinyal <i>ground</i> |
| 6 | BLK | Kaki sinyal <i>ground</i> |

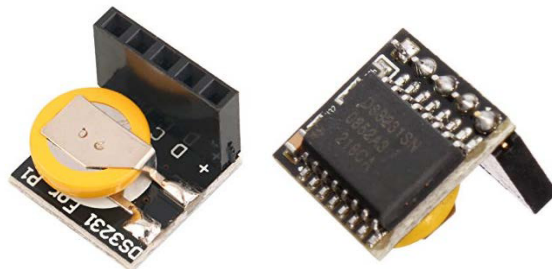
Kaki *supply* tegangan merupakan kaki untuk tegangan masukan bagi modul *OpenLog*, modul ini dapat diberikan tegangan masukan dari 3.3V sampai dengan 12V. Namun rekomendasi tegangan masukan adalah 3.3V sampai dengan 5V. Untuk Kaki RX1 sebagai penerima data serial, menggunakan setelan input 2V sampai dengan 3.8V. Begitu juga untuk kaki TX0 keluaran data serial menggunakan setelan tegangan pada 3.3V. Modul *OpenLog* membutuhkan arus yang kecil untuk pengoperasiannya, ~5mA-6mA pada saat *standby* dan ~20-23mA ketika sedang aktif.

3.5. RTC (Real Time Clock)

Pada saat penggunaan *DAQ* data disimpan dalam *Logger/media* penyimpan pada suatu periode waktu tertentu. Diperlukan sumber pewaktu/RTC yang digunakan sebagai sumber pewaktu. Dengan adanya sumber pewaktu (*timestamp*) ini maka waktu pengambilan dan penyimpanan data akan dapat diketahui. Hal ini sesuai dengan kebutuhan pengguna yang mensyaratkan :

1. Penyimpanan data harus disertai dengan data waktu penyimpanan
2. Data waktu penyimpanan minimal berupa jam dan menit

Pada perancangan ini dipilih modul RTC sebagai sumber pewaktu. Modul yang dipilih adalah modul DS3231. Modul RTC ini menggunakan DS3231 yang merupakan RTC yang akurat serta memiliki internal crystal. Modul DS3231 menggunakan *interface* I2C dengan kecepatan sampai dengan 400 kHz untuk jalur komunikasi datanya. Modul ini memiliki baterai cadangan untuk menjaga agar waktu tetap terupdate. Bentuk fisik dari modul DS3231 dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Bentuk Fisik Modul DS3231 [13]

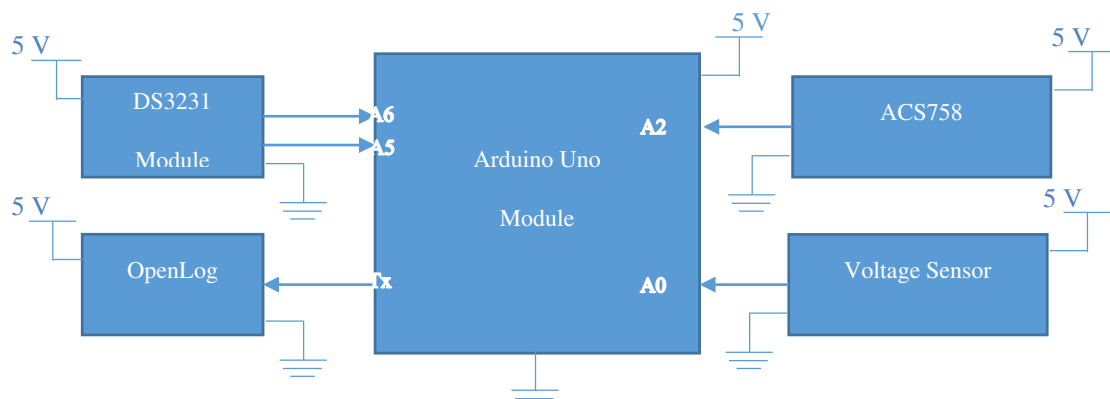
Modul ini memiliki 5 pin/kaki, seperti yang ditampilkan pada Gambar 10, penjelasan detil fungsi masing-masing pin disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. List Terminal/Kaki Modul DS3231

| Nomor | Nama | Keterangan |
|-------|------|----------------------|
| 1 | + | Kaki suplay tegangan |
| 2 | D | Kaki I2C data |
| 3 | C | Kaki I2C clock |
| 4 | NC | Tidak tersambung |
| 5 | - | Kaki sinyal ground |

3.6. Perancangan Perangkat Keras

Setelah proses pemilihan komponen untuk sistem *DAQ* selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan rancangan perangkat keras *DAQ*. Sesuai dengan rancangan dasar sistem *DAQ* dan juga pemilihan komponen pada bab sebelumnya, dirancang sebuah sistem *DAQ* sebagai mana ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rancangan Sistem Perangkat Keras DAQ [3]

Rancangan yang dibuat menggunakan komponen yang telah dipilih yakni, modul Arduino Uno sebagai *controller*, modul ACS758B sebagai sensor arus, *power module* 3DR digunakan sebagai sensor tegangan, modul *OpenLog* digunakan sebagai logger/media penyimpanan, modul DS3231 difungsikan sebagai sumber pewaktu/RTC.

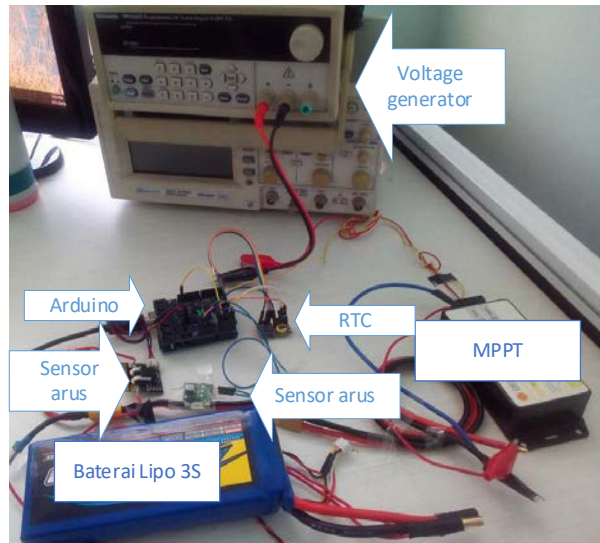
Masing-masing modul dihubungkan dengan modul Arduino uno dengan menggunakan kaki/pin sesuai dengan fungsinya, seperti dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Koneksi pin antar komponen

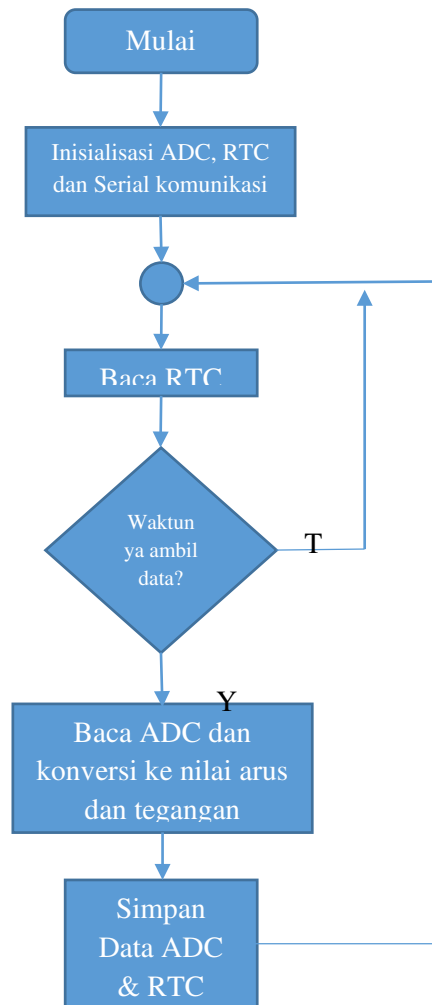
| Modul | Pin | Pin Modul Arduino Uno |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| Modul ACS758B | VIOUT | A2 |
| modul power 3DR | Voltage Sensor | A0 |
| Modul Openlog | RX1 | Tx |
| Modul DS3231 | D | A5 |
| | C | A6 |

3.7. Perancangan Perangkat Lunak

Setelah pemilihan dan integrasi perangkat keras selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak. Perangkat lunak dirancang sesuai dengan tujuan dari DAQ yakni pembacaan sensor arus dan tegangan serta menyimpan hasil pembacaan pada media penyimpan.



Gambar 12. Perangkat Keras DAQ

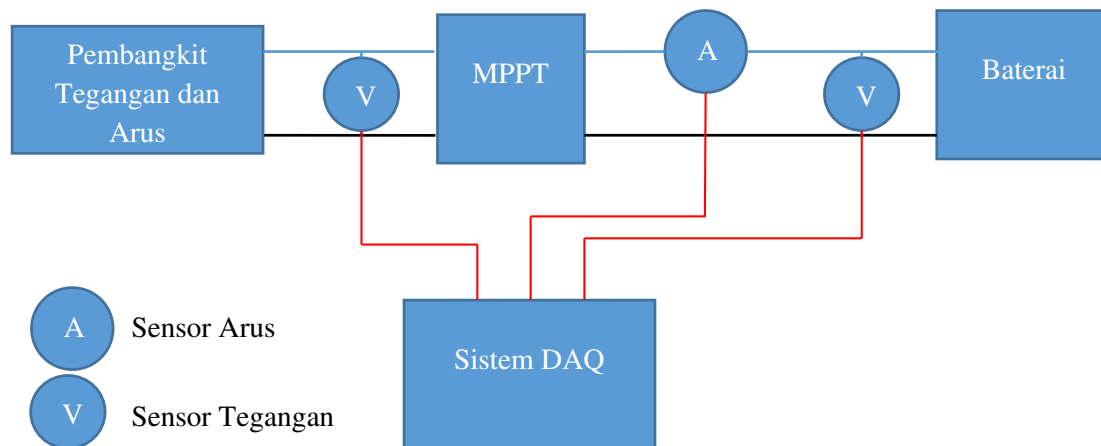


Gambar 13. Alur Perangkat Lunak DAQ

Alur perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 13, proses dimulai dengan inisialisasi ADC, RTC serta komunikasi serial. Proses selanjutnya adalah membaca RTC untuk mengetahui apakah sudah waktunya untuk pengambilan data. Waktu pengambilan data bisa diatur sesuai dengan kebutuhan, pada pengujian ini waktu pengambilan data adalah tiap 10 detik. Selanjutnya adalah pembacaan kanal ADC yang terhubung dengan sensor arus dan tegangan, nilai dari ADC selanjutnya dikonversi ke nilai tegangan dan arus. Data yang sudah dikonversi ini selanjutnya disimpan di media penyimpanan dengan menyertakan data waktu pengambilan data yang diperoleh dari RTC.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan integrasi masing-masing modul, serta perangkat lunak sudah dimasukkan ke mikrokontroler, sistem DAQ diuji coba untuk mengukur dan merekam tegangan dan arus. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skema pengujian pada Gambar 14 di bawah.



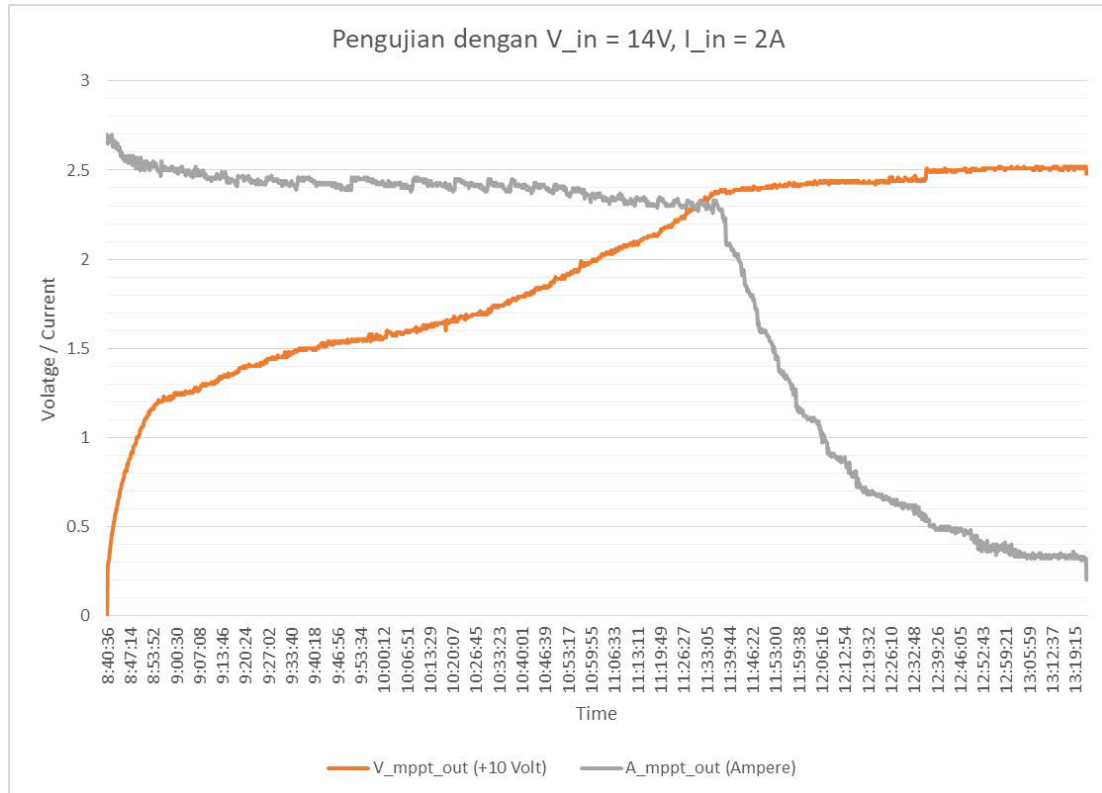
Gambar 14. Skema Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan pembangkit tegangan dan arus sebagai penghasil tegangan dan arus, dihubungkan dengan MPPT dan baterai. Skema pengujian tersebut untuk merepresentasikan sistem yang ada pada sistem elektrik LSU Solar. Penggunaan pembangkit tegangan dan arus ditujukan untuk merepresentasikan panel surya. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan dan arus konstan pada MPPT, untuk kemudian sistem DAQ membaca dan menyimpan hasil pembacaan sensor arus dan tegangan.

Pada percobaan dilakukan pengukuran dengan masukan tegangan sebesar 14Volt dan arus tetap sebesar 2 A. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar di bawah, dimana sistem DAQ digunakan untuk mengukur dan menyimpan pengukuran dengan menggunakan masukan tegangan ke MPPT sebesar 14 Volt dengan arus 2 amper.

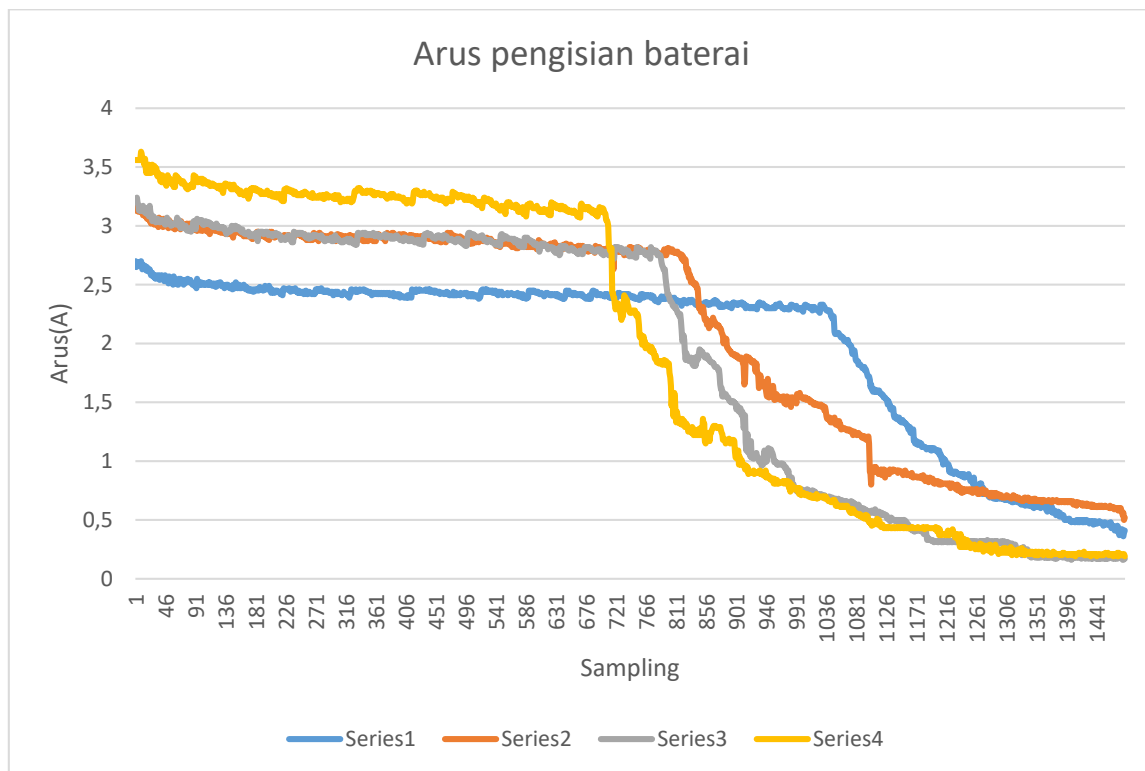
Data yang tersimpan dalam SD *card*, akan dibaca dan diolah melalui software Excel. Setiap pengukuran memiliki konfigurasi tegangan dan arus input dari *voltage generator*. Sehingga didapatkan Gambar 15 dan 16.

Dari grafik pada Gambar 15, dapat diketahui bahwa DAQ dapat membaca dan merekam data arus dan tegangan dari proses pengisian baterai. Proses pengujian pada Gambar 14 di atas adalah proses pengisian baterai dengan menggunakan metode arus tetap. Proses ini dapat dijelaskan pada saat tegangan baterai naik perlahan, dengan arus pengisian yang cenderung konstan. Ketika baterai mendekati kondisi terisi penuh, arus pengisian akan menurun secara signifikan sedangkan tegangan akan cenderung datar atau tidak mengalami peningkatan nilai. Proses tersebut dibuktikan pada grafik tegangan dan arus vs waktu pada Gambar 15, dimana garis jingga yang mewakili nilai tegangan naik perlahan, ketika pada suatu titik tertentu tegangan akan mulai datar dan melandai sedangkan pada garis abu yang mewakili nilai arus, pada awal proses pengisian garis arus akan cenderung tetap hanya sedikit mengalami pengurangan. Pada satu titik yang sama ketika tegangan mulai melandai, nilai tegangan turun secara signifikan, pada titik inilah menandakan bahwa proses pengisian baterai telah mendekati selesai.



Gambar 15. Hasil Pengujian Dengan V_{in} = 14V, I_{in} = 2A

Dilakukan juga pengukuran arus dan tegangan pengisian dengan variasi tegangan dan arus masukan yang tetap, pada pengujian dilakukan dengan variasi tegangan 14V, 16V, 18V dan 20 Volt dengan arus tetap sebesar 2 Ampere. Hasil yang di peroleh ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengukuran Arus Pengisian Dengan Variasi Tegangan Input

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar6, tegangan masukan yang bervariasi, yaitu 14V, 16V, 18V, dan 20V dengan arus tetap sebesar 2A menghasilkan arus dan tegangan keluaran MPPT yang berbeda – beda. Tegangan yang lebih besar akan memberikan arus keluaran MPPT yang lebih besar sehingga mengakibatkan proses pengisian baterai akan semakin cepat, hal ini dapat dilihat pada Gambar6, garis kuning yang mewakili nilai tegangan masukan 20 Volt pada awal bernilai paling tinggi dan garis ini paling cepat turun jika dibandingkan dengan garis yang lain. Berbanding terbalik dengan garis biru yang mewakili tegangan 14 Volt akan bernilai paling rendah dan garis biru akan paling lama turun nilainya dibandingkan dengan garis yang lainnya. Hal ini membuktikan bahwa dengan arus yang lebih besar pengisian baterai akan semakin cepat demikian pula sebaliknya dengan arus pengisian yang lebih kecil maka pengisian baterai juga akan semakin lama.

5. KESIMPULAN

Sistem DAQ yang telah dibuat mampu membaca nilai arus dan tegangan pengisian baterai sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dan juga menyimpan nilai arus dan tegangan yang disertai dengan waktu pengambilan data pada media penyimpanan. Pemberian variasi tegangan dan arus masukan pada MPPT akan mempengaruhi durasi pengisian baterai. Semakin besar daya yang diberikan ke MPPT maka proses pengisian baterai akan semakin cepat. Pengukuran arus dan tegangan pada proses pengosongan baterai belum dapat dilaksanakan pada penelitian ini, namun secara prinsip hal tersebut bisa dilakukan dengan sistem DAQ yang telah dibuat. Proses pengukuran tersebut akan segera dilakukan pada fase pengembangan selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Teknologi Penerbangan Bapak Gunawan Setyo Prabowo dan Kepala Bidang Program dan Fasilitas Bapak Agus Aribowo atas fasilitas dan dukungan dalam melakukan kegiatan penelitian serta bapak Atik Bintoro atas panduannya dalam penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini merupakan tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wirawan, "Pengujian Gaya Dorong Motor Elektrik untuk Solar UAV," in *Bunga Rampai Hasil Litbangyasa: Teknologi pada Pesawat Terbang, Roket dan Satelit*, Bogor, IBP (Indonesia Book Project), 2015, pp. 107-114.
- [2] D. Anggraeni and A. Wirawan, "Desain Sistem Manajemen Daya untuk Solar UAV," in *Prosiding Pertemuan Ilmiah XX dan Konggress MAPIN VI*, Bogor, 2015.
- [3] A. Wirawan, "Technical Note: Design Data Acquisition system for Energy Management System," PUSTEKBANG LAPAN, Bogor, 2018.
- [4] M. Abdallah and O. Elkeelany, "A Survey on Data Acquisition Systems DAQ," in *2009 International Conference on Computing, Engineering and Information*, Fullerton, CA, USA, 2009.
- [5] E. Koutroulis and K. Kalaitzakis, "Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources systems monitoring," *Renewable Energy*, vol. 28, pp. 139-152, 2001.
- [6] Y. Xing and W. Chen, "Design of the Solar photovoltaic system Data acquisition board," in *2012 International Conference on Computer Science and Service System*, Nanjing, China, 2012.

- [7] A. Murali Krishna, K. Prabhakara Rao, M. Bhanu Prakash and N. Ramchander4, "Data Acquisition System for Performance Monitoring of Solar Photovoltaic (PV) Power Generation," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 1, no. 7, pp. 1-6, 2012.
- [8] arduino, "ARDUINO UNO REV3," arduino, [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Accessed 1 March 2018].
- [9] I. Allegro MicroSystems, "ACS750xCA-50," Allegro MicroSystems, Inc, Massachusetts, 2009.
- [10] A. D. Team, "Common Power Module," ardupilot.org, 2016. [Online]. Available: <http://ardupilot.org/copter/docs/common-3dr-power-module.html>. [Accessed 28 February 2018].
- [11] gr33nonline, "APM 3DR power module pinout showing SMD capacitor," gr33nonline, 17 July 2017. [Online]. Available: <https://gr33nonline.wordpress.com/2017/07/17/apm-power-modules/apm-3dr-power-module-pinout1/>. [Accessed 28 February 2018].
- [12] tropnevad, "3DR-APM25-Power-Module-V10," circuits.io, 25 october 2015. [Online]. Available: <https://circuits.io/circuits/10002605-3dr-apm25-power-module-v10>. [Accessed 28 february 2018].
- [13] alexnld.com, "DS3231 CLOCK MODULE 3.3V/5V HIGH ACCURACY FOR RASPBERRY PI," 2018. [Online]. Available: <https://alexnld.com/product/ds3231-clock-module-3-3v-5v-high-accuracy-for-raspberry-pi-2/>. [Accessed 28 February 2018].