



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Bernadeta Wuri Harini
Assignment title: Quick Submit
Submission title: DATA LOGGER ENERGI LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK ...
File name: UNTUK_PEMBANGKIT_LISTRIK_TENAGA_ANGIN_PRODUKSI_Ib...
File size: 660.19K
Page count: 14
Word count: 3,485
Character count: 21,268
Submission date: 11-May-2021 03:09PM (UTC+0700)
Submission ID: 1583443279

DATA LOGGER ENERGI LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PRODUKSI IBIKK TE USD

Martanto, Petrus Setyo Prabowo, Wiwien Widyastuti, B. Wuri Harini, dan Tjendro
Universitas Sanata Dharma
martanto@usd.ac.id, petrus_set@usd.ac.id, wiwien@usd.ac.id,
wunbernard@usd.ac.id, tjendro@usd.ac.id

Abstrak

Angin merupakan salah satu energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Pengembangan kincir angin dan generator pembangkit listrik diperlukan untuk memanfaatkan energi angin. Salah satu program pemerintah bagi para mahasiswa dalam pemanfaatan energi angin adalah menyelenggarakan Kompetisi Kincir Angin Indonesia (KKA). Salah satu kriteria dalam perlombaan ini adalah jumlah energi akumulasi yang dihasilkan oleh kincir angin yang dirancang selama perlombaan. IBIKK TE FST USD mengembangkan kreativitas untuk membuat perangkat data-logger yang bisa mencatat energi listrik yang terakumulasi tersebut.

Data-logger yang dibuat oleh IBIKK TE USD dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi yang dihasilkan oleh kincir angin dalam jangka waktu tertentu. Perangkat ini dirancang dapat mengukur tegangan listrik DC 0V sampai 48V, mengukur arus 0A sampai 20A, serta menghitung daya dan energi akumulasi yang digunakan selama waktu perlombaan. Data hasil pengukuran dan perhitungan dapat disimpan di dalam SD card.

Hasil rancangan data-logger telah digunakan oleh 30 kelompok peserta KKA 2014. Dari hasil survey kepada para peserta lomba KKA diperoleh skor kepuasan pengguna data-logger sebesar 4,12 dari skala 5.

Kata kunci: kincir angin, energi listrik, data logger

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap sumber energi dari bahan bakar minyak sangat besar, baik untuk kebutuhan industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan yang sangat besar ini tidak didukung dengan cadangan minyak yang semakin lama menipis. Saat ini Indonesia memiliki cadangan minyak yang hanya cukup untuk ketersediaan selama 23 tahun (Tribun, 2014). Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif, yaitu sumber energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi. Salah satu sumber energi terbarukan adalah angin. Sumber energi angin tidak dapat habis dan dapat terus diperbarui.

Angin merupakan salah satu energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Pengembangan kincir angin dan generator pembangkit listrik diperlukan untuk memanfaatkan energi angin sebagai energi terbarukan. Salah satu program pemerintah bagi para mahasiswa dalam pemanfaatan energi angin adalah menyelenggarakan

DATA LOGGER ENERGI LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PRODUKSI IbIKK TE USD

by Harini Bernadeta Wuri

Submission date: 11-May-2021 03:09PM (UTC+0700)

Submission ID: 1583443279

File name: UNTUK_PEMBANGKIT_LISTRIK_TENAGA_ANGIN_PRODUKSI_IbIKK_TE_USD.pdf (660.19K)

Word count: 3485

Character count: 21268

6

DATA LOGGER ENERGI LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PRODUKSI IBIKK TE USD

Martanto, Petrus Setyo Prabowo, Wiwien Widyastuti, B. Wuri Harini, dan Tjendro

Universitas Sanata Dharma

martanto@usd.ac.id, petrus_set@usd.ac.id, wiwien@usd.ac.id,

wuribernard@usd.ac.id, tjendro@usd.ac.id

Abstrak

Angin merupakan salah satu energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Pengembangan kincir angin dan generator pembangkit listrik diperlukan untuk memanfaatkan energi angin. Salah satu program pemerintah bagi para mahasiswa dalam pemanfaatan energi angin adalah menyelenggarakan Kompetisi Kincir Angin Indonesia (KKAI). Salah satu kriteria dalam perlombaan ini adalah jumlah energi akumulasi yang dihasilkan oleh kincir angin yang dirancang selama perlombaan. IBIKK TE FST USD mengembangkan kreativitas untuk membuat perangkat *data-logger* yang bisa mencatat energi listrik yang terakumulasi tersebut.

28 *Data-logger* yang dibuat oleh IBIKK TE USD dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi yang dihasilkan oleh kincir angin dalam jangka waktu tertentu. Perangkat ini dirancang dapat mengukur tegangan listrik DC 0V sampai 48V, mengukur arus 0A sampai 20A, serta menghitung daya dan energi akumulasi yang digunakan selama waktu perlombaan. Data hasil pengukuran dan perhitungan dapat disimpan di dalam *SD card*.

Hasil rancangan *data-logger* telah digunakan oleh 30 kelompok peserta KKAI 2014. Dari hasil survey kepada para peserta lomba KKAI diperoleh skor kepuasan pengguna *data-logger* sebesar 4,12 dari skala 5.

Kata kunci: kincir angin, energi listrik, data logger

PENDAHULUAN

19 Kebutuhan manusia terhadap sumber energi dari bahan bakar minyak sangat besar, baik untuk kebutuhan industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan yang sangat besar ini tidak didukung dengan cadangan minyak yang semakin lama menipis. Saat ini Indonesia memiliki cadangan minyak yang hanya cukup untuk ketersediaan selama 23 tahun (Tribun, 2014). Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif, yaitu sumber energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi. Salah satu sumber energi terbarukan adalah angin. Sumber energi angin tidak dapat habis dan dapat terus diperbarui.

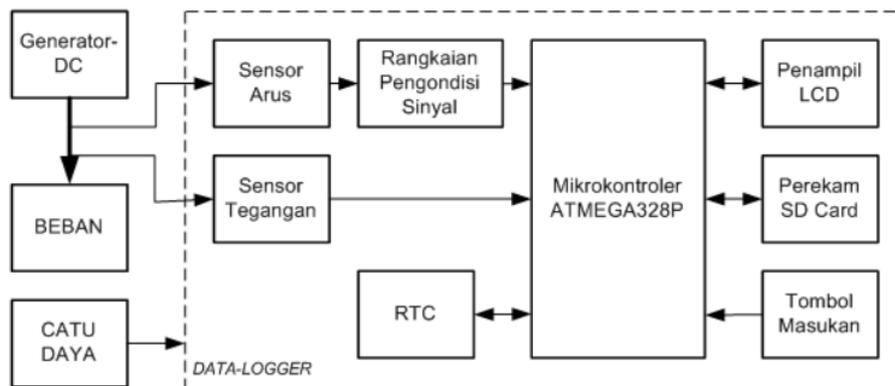
Angin merupakan salah satu energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Pengembangan kincir angin dan generator pembangkit listrik diperlukan untuk memanfaatkan energi angin sebagai energi terbarukan. Salah satu program pemerintah bagi para mahasiswa dalam pemanfaatan energi angin adalah menyelenggarakan

Kompetisi Kincir Angin Indonesia (KKAI). Salah satu kriteria dalam perlombaan ini adalah jumlah energi akumulasi yang dihasilkan oleh kincir angin yang dirancang selama perlombaan. IBIKK TE FST USD mengembangkan kreativitas untuk membuat perangkat *data-logger* yang bisa mencatat energi listrik yang terakumulasi tersebut.

Data logger yang dibuat oleh IBIKK TE USD didesain secara khusus untuk kebutuhan perekaman energi yang dihasilkan oleh kincir angin. Ada beberapa peneliti yang menggunakan *data logger* untuk mengukur energi listrik buatan produsen tertentu. Yusnan Badruzzaman dalam penelitian berjudul “Real Time Monitoring Data Besaran Listrik Gedung Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang” menggunakan *data logger* tipe PM 8ECC untuk mengukur tegangan dan arus AC (*Alternating Current*). *Data logger* yang dibuat oleh IBIKK digunakan untuk mengukur tegangan DC (*Direct Current*). Peneliti lain yaitu Martin Djamin dalam penelitian berjudul “Pengujian Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya” menggunakan *data logger* buatan Sentry untuk mengukur arus 10 A dan tegangan 12 Vdc. *Data Logger* yang dibuat IBIKK digunakan untuk mengukur arus sampai 20 A dan tegangan 48 Vdc.

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan pembuatan *data-logger* energi listrik untuk pembangkit listrik tenaga angin adalah sebagai berikut. Tahap pertama adalah perancangan perangkat keras: rangkaian elektronik, mikrokontroler dan komponen pendukung. Tahap kedua merancang perangkat lunak untuk mikrokontroler. Tahap ketiga adalah melakukan uji coba dan kalibrasi. Tahap keempat adalah pengujian alat.



Gambar 1. Diagram Kotak Sistem.

Gambar 1 merupakan diagram kotak *data-logger* yang dirancang. *Data-logger* dirancang untuk pengukuran tegangan, arus, penggunaan daya dan energi yang

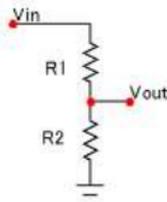
dihasilkan oleh generator listrik. Tegangan keluaran dari generator DC diukur oleh sensor tegangan. Tegangan yang dapat diukur adalah tegangan DC dari 0V sampai 48V. Keluaran sensor tegangan masuk ke mikrokontroler. Arus yang masuk ke beban diukur oleh sensor arus. Arus yang dapat diukur adalah arus dc yang besarnya dari 0 sampai 20A. Sebelum masuk ke mikrokontroler, sinyal keluaran sensor arus terlebih dulu melalui rangkaian pengondisi sinyal. Nilai daya dan energi listrik dihitung berdasarkan nilai hasil pengukuran tegangan dan pengukuran arus serta berdasarkan perioda waktu tertentu. Nilai daya listrik dinyatakan dalam satuan watt, sedangkan energi dalam watt-jam. Keempat besaran tersebut ditampilkan dalam penampil LCD dan disimpan dalam *SD Card*. Modul RTC (*real time clock*) dipakai untuk mengetahui waktu nyata. Tombol masukan dipakai untuk memberikan perintah menjalankan *data-logger* oleh pengguna. *Data-logger* memerlukan catu daya 12V tersendiri agar bisa beroperasi. Mikrokontroler dicatu dengan tegangan 5V, sehingga memerlukan komponen regulator tegangan 5V.

Perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian elektronik, mikrokontroler, beserta komponen pendukung. Rangkaian elektronik meliputi rangkaian sensor arus, sensor tegangan, dan rangkaian pengondisi sinyal. Komponen pendukung rangkaian mikrokontroler adalah rangkaian reset, rangkaian osilator, tombol tekan, basis waktu (RTC), dan penampil LCD.

Perancangan sensor tegangan mengacu pada rangkaian dasar pembagi tegangan (Nahvi, 2003) seperti ditunjukkan pada Gambar 2 yang memiliki persamaan:

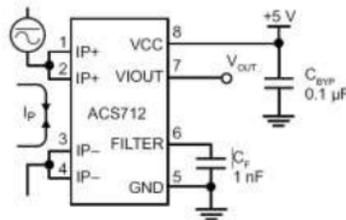
$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (1)$$

dengan V_{in} adalah tegangan masukan yang berasal dari tegangan generator yang diukur, V_{out} adalah tegangan keluaran pembagi tegangan. Untuk pemrosesan data, tegangan keluaran pembagi tegangan akan masuk ke ²² pengubah sinyal analog menjadi digital (*Analog to Digital Converter*- ADC) yang terdapat dalam mikrokontroler. Tegangan acuan ADC ditentukan sebesar 3,3V. Saat tegangan dc masukan V_{in} sebesar 48V, tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan dibuat sama dengan 3,29V. Perbandingan nilai R_2 terhadap R_1 adalah 3,29 : 44,71. Nilai R_1 ditetapkan sebesar 47k Ω , maka diperoleh nilai R_2 sebesar 3,22k Ω , yang dalam implementasinya digunakan hambatan seri 2,2k Ω dengan potensiometer 10k Ω .



Gambar 2. Rangkaian Pembagi Tegangan.

Sensor arus yang digunakan harus mampu mengukur arus sampai dengan 20A. Sensor yang dipilih adalah ACS712-30A yang memiliki kemampuan pengukuran arus dari -30A sampai +30A, dengan sensitifitas sebesar 66mV/A, menggunakan tegangan catu daya sebesar 5V (Allegro, 2013). Sensor arus ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada saat arus yang diukur sebesar 0A, tegangan keluaran sensor sebesar 2,5V, sedangkan saat pengukuran 20A maka tegangan keluaran sebesar 2,5V ditambah dengan $20 \times 66\text{mV}$ yaitu sebesar 3,82V. Sehingga untuk jangkauan pengukuran arus dari 0A sampai 20A akan diperoleh tegangan keluaran sensor sebesar 2,5V sampai 3,82V. Untuk pemrosesan data sinyal arus akan digunakan ADC yang terdapat dalam mikrokontroler. Tegangan masukan ADC harus diatur agar berada di bawah 3,3V, sehingga diperlukan rangkaian pengondisi sinyal.



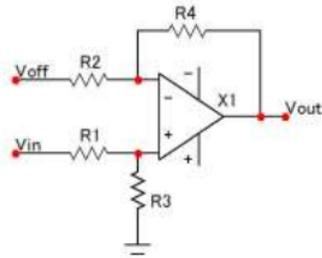
Gambar 3. Rangkaian sensor arus ACS712-30A (Allegro, 2013).

Rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus yang dirancang memiliki karakteristik: saat tegangan keluaran sensor arus bernilai 2,5V maka tegangan keluaran pengondisi sinyal bernilai 100mV, dan saat tegangan keluaran sensor arus bernilai 3,82V maka tegangan keluaran pengondisi sinyal bernilai 3,29V. Berdasarkan nilai-nilai ini diperoleh persamaan tegangan masukan-keluaran pengondisi sinyal:

$$V_{out_ps} = 2,4167 * V_{in_ps} - 5,9417 \quad (2)$$

Persamaan ini diimplementasikan menggunakan rangkaian penguat selisih tegangan (Gambar 4) dengan mengacu pada rangkaian dasar *voltage subtraction* (Boylestad, 2011) yang memiliki persamaan:

$$V_{out} = \frac{R3}{R1 + R3} \frac{R2 + R4}{R2} V_{in} - \frac{R4}{R2} V_{off} \quad (3)$$

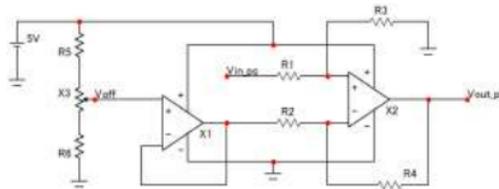


Gambar 4. Rangkaian penguat selisih tegangan (Boylestad, 2011)

Dengan menentukan $R4=51k\Omega$, $R1=R2=22k\Omega$, maka persamaan rangkaian pengondisi sinyal menjadi:

$$V_{out_ps} = \frac{R3}{22k + R3} 3,318 V_{in_ps} - 2,318 V_{off} \quad (4)$$

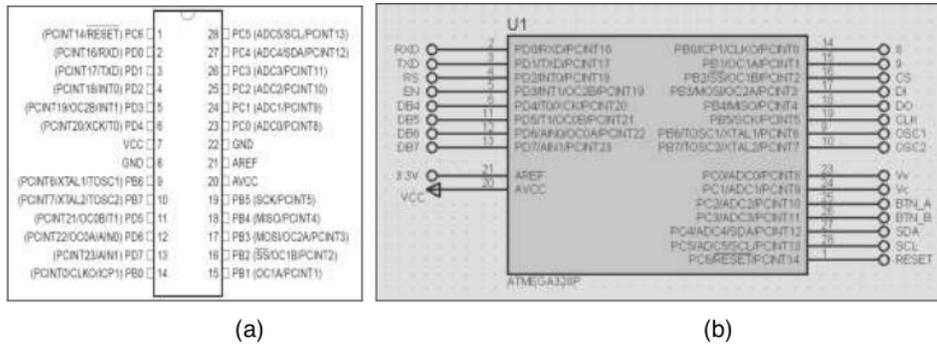
yang menghasilkan nilai $R3$ sebesar $58,97k\Omega$ dan tegangan offset $V_{off}=2,56V$. Hambatan $R3$ diimplementasikan menggunakan resistor $51k\Omega$ yang diseri dengan potensiometer $10k\Omega$. Tegangan ofset V_{off} diimplementasikan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan tegangan sumber sebesar $5V$. Sebuah penguat operasional disisipkan sebelum masuk ke rangkaian penguat selisih yang digunakan sebagai *buffer*. Rangkaian keseluruhan pengondisi sinyal untuk besaran arus menggunakan penguat operasional LM358. Penguat ini menggunakan catu daya tunggal sebesar $5V$ dapat menghasilkan jangkauan tegangan keluaran sebesar $5mV$ sampai $3,5V$ (Fairchild, 2010). Rangkaian pengondisi sinyal ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Pengondisi Sinyal Besaran Arus.

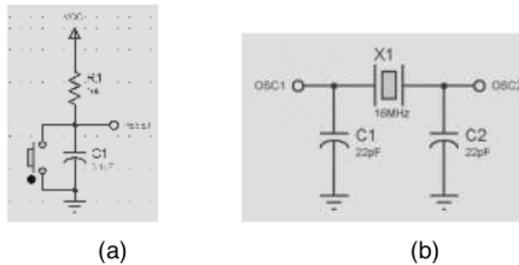
Untuk memproses besaran arus dan besaran tegangan ke dalam data digital digunakan ADC yang terdapat di dalam mikrokontroler. Mikrokontroler yang dipakai adalah ATMEGA328P (Atmel, 2009), dengan kemasan *28 pin DIP (Dual In-line Package)* seperti ditunjukkan Gambar 6(a). Sedangkan hubungan dengan komponen pendukung ditunjukkan oleh Gambar 6(b). PORTD dipakai untuk komunikasi serial (PD0, PD1), dan untuk hubungan ke LCD (PD2 sampai PD7). PORTC dipakai untuk: sinyal tegangan (PC0 atau ADC0), sinyal besaran arus (PC1/ADC1), tombol tekan (PC2 dan PC3), jalur

hubungan RTC (PC4 dan PC5), dan sinyal RESET (PC6). Sambungkan dengan *SD Card* menggunakan PORTB (PB2 sampai PB5).



Gambar 6.(a) Susunan Pin ATMEGA328P(Atmel, 2014).
 (b) Hubungan dengan komponen pendukung.

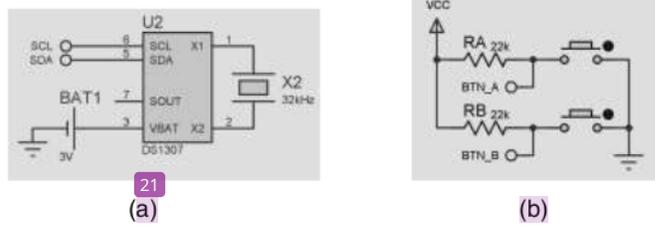
Rangkaian reset ditunjukkan oleh Gambar 7(a) dengan terminal RESET dihubungkan ke PC6 pada ATMEGA328P. Sesuai dengan *datasheet* ATMEGA328P, lebar pulsa minimum yang diperlukan untuk melakukan reset adalah 2,5us, dan tegangan maksimum reset sebesar 1,6V. Nilai tipikal R1 sebesar 10kΩ, dan C1 sebesar 0.1uF. Mikrokontroler diatur menggunakan osilator eksternal sebagai sumber *clock*. Rangkaian osilator mikrokontroler ditunjukkan oleh Gambar 7(b), menggunakan kristal dengan frekuensi 16MHz, dan nilai kapasitor C1 dan C2 sebesar 22pF. Label OSC1 dihubungkan ke PB6, OSC2 dihubungkan ke PB7 pada ATMEGA328p.



Gambar 7.(a) Rangkaian Reset Eksternal. (b) Rangkaian Osilator Kristal.

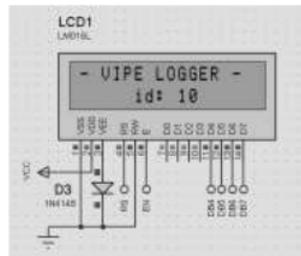
Proses perekaman data tegangan, arus, daya dan energi listrik membutuhkan pencatatan waktu nyata, sehingga diperlukan rangkaian basis waktu nyata RTC. Komponen RTC yang digunakan adalah DS1307 (Maxim, 2004). Alamat dan data ditransfer secara serial melalui sebuah bus bidireksional 2-jalur (*Inter-Integrated Circuit*, I²C). Informasi waktu nyata yang dapat diakses adalah detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Rangkaian RTC ditunjukkan oleh Gambar 8(a). Terminal SCL

dihubungkan ke PC5, terminal SDA dihubungkan ke PC4 pada ATMEGA328P. Untuk memberikan perintah masukan agar *data-logger* mulai melakukan perekaman ataupun mengakhiri perekaman digunakan dua buah tombol tekan. Tombol tekan dirancang aktif rendah, jika tombol ditekan terminal keluaran tombol akan memberikan logika rendah ke mikrokontroler. Tombol tekan ditunjukkan oleh Gambar 8(b). Hambatan *pull-up* dipakai agar saat tombol tidak ditekan nilai masukan ke mikrokontroler berlogika tinggi. Nilai hambatan *pull-up* sebesar 22kΩ sesuai dengan nilai rekomendasi *data sheet*. Terminal BTN_A dihubungkan ke pin PC2, sedangkan BTN_B dihubungkan ke pin PC3 mikrokontroler ATMEGA328P.



Gambar 8(a) Rangkaian RTC. (b) Rangkaian Tombol Tekan.

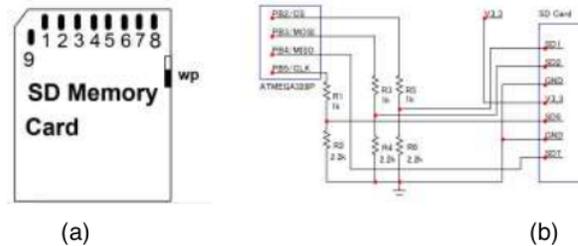
Informasi tegangan, arus, daya, dan energi listrik saat perekaman ditampilkan oleh LCD 16x2. Penampil yang digunakan adalah LCD seri C1602A-V1.2 (Shenzhen, 2005). Rangkaian LCD ditunjukkan oleh Gambar 9. Sambungan data LCD ke mikrokontroler melalui DB4 sampai DB7 yang terhubung ke PD.4 sampai PD7. Sinyal kontrol RS terhubung ke PD2, sinyal E terhubung ke PD3. Pengaturan kontras LCD menggunakan sebuah dioda 1N4148, terminal anoda dioda terhubung ke pin VEE, terminal katoda dioda terhubung ke *ground*.



Gambar 9. Rangkaian Penampil LCD.

Kartu memori yang digunakan sebagai tempat penyimpanan data selama proses perekaman adalah *SD Card*. Format data penyimpanan adalah mode teks. *SD Card* yang digunakan memiliki penomoran pin seperti ditunjukkan oleh Gambar 10(a). *SD Card* dapat bekerja dengan menggunakan catu daya dengan tegangan sebesar 2,7 hingga 3,6V (SD Group, 2013). Tegangan catu daya *SD Card* yang digunakan adalah 3,3V,

menggunakan komponen regulator tegangan 3,3V. Mikrokontroler dicatu dengan tegangan 5V. Saat tegangan keluaran mikrokontroler 5V harus diterima oleh *SD Card* sebesar 3,3 V. Persambungan antara ATMEGA328P dengan *SD Card* memerlukan penyesuaian level tegangan. Penyesuai level tegangan menggunakan konsep pembagi tegangan, seperti ditunjukkan Gambar 10(b). R2 dipilih sebesar 2,2k Ω , maka diperoleh nilai R1 sebesar 1133 Ω , dalam implementasi digunakan R1 sebesar 1k Ω .



Gambar 10.(a) Standar Penomoran Terminal *SD Card* (SD Group, 2013). (b). Hubungan *SD Card* dengan mikrokontroler.

Tahapan setelah perancangan perangkat keras adalah perancangan perangkat lunak. Urutan program mikrokontroler ATMEGA328P adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan proses inialisasi *port* mikrokontroler untuk koneksi dengan modul RTC, komunikasi serial, inialisasi LCD, ADC, *Timer*, dan penentuan tipe data variabel.
- b. Melakukan pengecekan terhadap RTC, SD Card, dan *file* dalam SD Card.
- c. Jika *SD card* tidak siap maka akan ditampilkan pesan kesalahan “SF”.
- d. Jika *SD Card* siap maka ditampilkan pesan “SR”. Kemudian melakukan pengecekan dan membuka *file* data. Jika *file* tidak bisa dibuka maka akan ditampilkan pesan kesalahan “FE”.
- e. Kemudian mulai menginisialisasi *timer* untuk basis pewaktuan pengukuran.
- f. Setelah pengecekan selesai, penampil akan menampilkan tulisan “VIPE LOGGER” dan nomor identitas data-logger.
- g. Jika BTN_A ditekan maka LCD akan menampilkan status hasil pengecekan RTC, *SD Card* dan *file* data. Jika ketiganya tidak bermasalah maka ditampilkan pesan “READY” dan dapat digunakan untuk proses pengukuran dan perekaman. Jika ada kesalahan maka akan ditampilkan status kesalahan, tidak dapat melakukan proses pengukuran dan perekaman, dan diperlukan pengecekan kembali oleh pemakai.
- h. Apabila status sudah “READY” maka jika tombol BTN_A ditekan maka LCD akan menampilkan informasi waktu, jam, menit, detik, tanggal, bulan, dan tahun.

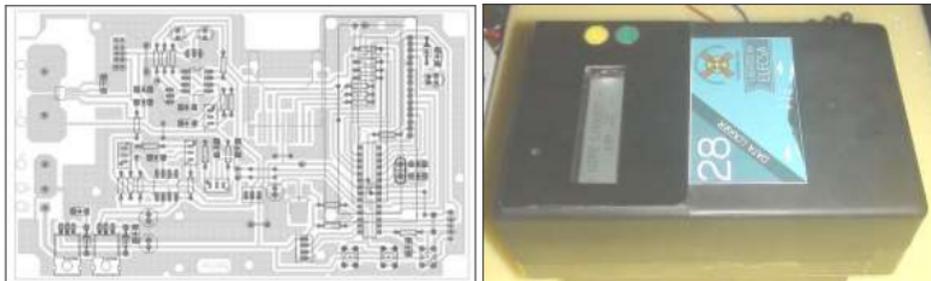
- i. Setelah menampilkan informasi waktu, jika BTN_A ditekan maka LCD menampilkan pertanyaan "START?". Jika akan memulai *logging* maka BTN_B harus ditekan, jika tidak maka BTN_A yang harus ditekan, dan LCD akan kembali menampilkan status.
- j. Apabila mulai *logging* diaktifkan maka akan dilakukan pengaktifan pewaktuan, pembacaan besaran tegangan, pembacaan arus, melakukan perhitungan daya, melakukan perhitungan energi dan mengakumulasinya, melakukan penampilan semua data ke LCD, dan melakukan perekaman ke dalam *file* data di dalam *SD Card*.
- k. Selama proses *logging*, jika tombol BTN_A ditekan maka LCD menampilkan pertanyaan "STOP?". Jika BTN_B ditekan maka proses logging akan diakhiri kembali ke langkah ke-f. Sedangkan jika BTN_A yang ditekan maka proses *logging* tetap dilanjutkan.

Data tegangan dan arus diambil dalam setiap 400us, pengambilan dilakukan sebanyak 50 kali dan kemudian dicari nilai rata-ratanya. Kemudian dilakukan perhitungan daya dan perhitungan energi. Daya listrik adalah perkalian antara tegangan dengan arus (Nahvi, 2003). Perhitungan energi dilakukan dengan berdasar pewaktuan sebesar 20ms. Energi listrik merupakan perkalian antara daya listrik dengan waktu 20ms, kemudian diakumulasikan, dan dinyatakan dalam watt jam. Tampilan data pada LCD dilakukan *update* setiap 1 detik. Penyimpanan ke dalam *SD Card* dilakukan setiap 12 detik. Format berkas yang disimpan adalah teks. *Data logger* dilengkapi dengan penyimpanan data pada EEPROM tiap menit, dan penyimpanan data pada EEPROM setelah proses perekaman dihentikan; penyimpanan dilakukan pada satu lokasi penyimpanan. *Backup* data juga dilakukan dengan menyimpan data setiap jam dalam EEPROM untuk sejumlah 57 paket data pengukuran.

Program aplikasi mikrokontroler *data-logger* diimplementasikan menggunakan perangkat lunak Arduino 1.0.5r1 (Banzi, 2014). Beberapa berkas *library* digunakan agar sesuai dengan keperluan perancangan. Untuk menyimpan konstanta ke dalam ROM diperlukan berkas *avr/pgmspace.h*. Berkas *LiquidCrystal.h* dipakai untuk memproses tampilan LCD. Basis waktu nyata menggunakan berkas *DS1307RTC.h*, *Time.h*, dan *Wire.h*. Untuk mengakses *SD Card* dipakai berkas *SD.h*. Untuk penyimpanan data dan pembacaan data EEPROM digunakan berkas *EEPROMex.h*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan perangkat keras diimplementasikan dalam papan PCB (*Printed Circuit Board*). Perancangan layout PCB menggunakan perangkat lunak Eagle (CadSoft, 2005). Gambar 11(a) menunjukkan layout PCB *data-logger*. Setelah dilakukan perakitan komponen dan pemrograman selanjutnya dilakukan pengemasan rangkaian dalam wadah kotak. Tampilan hasil *data logger* ditunjukkan oleh Gambar 11(b).



(a)

(b)

Gambar 11. (a) *Layout PCB* (b). Foto *Data Logger* hasil rancangan.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan bantuan akumulator 12V-45Ah dan catu daya variabel yang mewakili generator listrik, modul beban, dan multimeter. Modul beban dan multimeter ditunjukkan oleh Gambar 12. Beban yang akan diukur dayanya dapat diatur melalui saklar pada modul beban. Multimeter dipakai sebagai alat ukur acuan untuk pengukuran arus dan pengukuran tegangan.



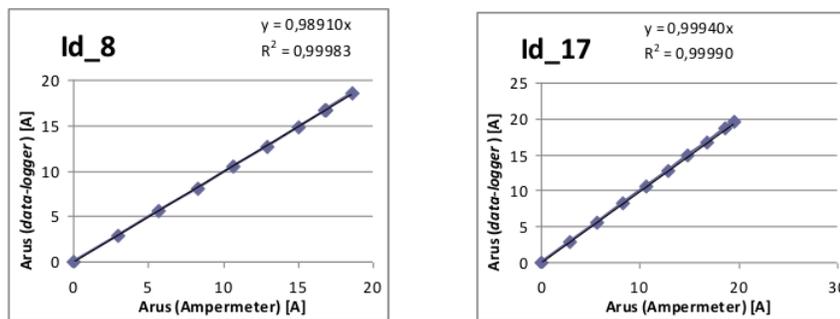
(a)

(b)

Gambar 12. (a) Alat bantu pengujian. (b) Skema pemasangan.

Pengujian dan kalibrasi dilakukan secara bertahap. Tahap pertama dilakukan untuk pengujian pengukuran arus dan pengukuran tegangan dengan program *data-logger* sesuai dengan perancangan. Pengujian pertama dilakukan percobaan untuk pengukuran arus dengan menggunakan sumber daya akumulator. Skema pemasangan *data-logger* ditunjukkan oleh Gambar 12. Saat belum ada beban arus yang terukur harus nol, maka dilakukan pengaturan potensiometer pengatur tegangan offset agar arus yang tertampil

pada LCD menunjukkan angka 0.00A. Kemudian dilakukan pengukuran arus untuk beban yang bervariasi. Arus juga diukur dengan amperemeter. Hasil arus yang ditampilkan pada LCD dan amperemeter dicatat, lalu dibuat kurva, dan dicari persamaannya. Hasil persamaan kurva ini dipakai untuk memperbaiki program mikrokontroler. Kemudian diujicoba kembali seperti langkah sebelumnya satu kali lagi. Setelah itu pengukuran arus siap digunakan. Gambar 13 menunjukkan contoh kurva perbandingan antara arus hasil pengukuran dengan amperemeter dan arus hasil pengukuran *data-logger*. Proses pengujian dan kalibrasi pengukuran tegangan dilakukan mirip dengan proses pengkalibrasian arus, yang berbeda adalah sumber tegangan menggunakan catu daya tegangan variabel, menggunakan acuan voltmeter, dan dengan satu macam beban.



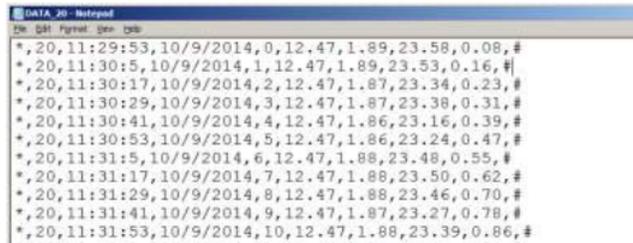
Gambar 13 Kurva perbandingan antara arus hasil pengukuran dengan amperemeter dan arus hasil pengukuran data-logger, untuk dua *data logger*.

Tampilan LCD *data-logger* saat dioperasikan ditunjukkan oleh Gambar 14, mulai saat dinyalakan, menampilkan nomor identitas, status, informasi waktu, awal perekaman, saat pengukuran dan perekaman, dan mengakhiri perekaman.



Gambar 14 Tampilan LCD saat datalogger dioperasikan.

Apabila perekaman telah diakhiri maka *SD Card* dapat diambil, dengan harus membuka wadah. Data yang tersimpan dapat dilihat dengan program *notepad* pada komputer. Gambar 15 menunjukkan isi berkas yang disimpan dalam *SD Card*. Karakter '*' (bintang) sebagai penanda awal data, karakter '#' (pagar) sebagai penanda akhir data, setiap satu variabel dipisahkan dengan karakter ',' (koma). Urutan data setiap baris adalah: nomor identitas *data logger*, jam, tanggal, nomor urut perekaman, tegangan dalam volt, arus dalam ampere, daya dalam watt, dan energi dalam watt jam. Energi yang tercatat terlihat meningkat sesuai dengan penambahan waktu. Data hasil rekaman dapat dibuat grafiknya menggunakan perangkat lunak bantu excel.



Gambar 14 Tampilan LCD saat datalogger dioperasikan.

Data logger yang dibuat dengan dukungan IbIKK telah dipakai untuk lomba KKAI tahun 2014, digunakan untuk 30 kelompok. *Data logger* yang dibuat adalah sejumlah peserta ditambah cadangan yaitu 40. Saat dipakai perlombaan semua *data logger* dapat beroperasi dengan baik. Waktu pemakaian perekaman selama 50 jam, yaitu mulai pukul 08.00wib pada hari pertama sampai dengan pukul 10.00 wib hari ketiga. Data hasil rekaman dalam *SD Card* dapat dibaca komputer dan dibuat grafiknya untuk membantu penilaian. Berdasarkan dua pernyataan dalam kuesioner yang dilakukan oleh panitia (yang disampaikan saat acara penutupan lomba), bahwa *data logger* dapat berfungsi dengan baik dengan skor sebesar 4,12 dari skala 5. Manfaat dari *data logger* tercermin pada pernyataan kedua yaitu membantu transparansi hasil. Tabel 1 menunjukkan hasil kuesioner terkait data logger.

Tabel 1. Pernyataan kuesioner terkait *data logger*.

NO	PERNYATAAN	STS	TS	R	S	SS	skor
1	<i>Data logger</i> berfungsi dengan baik.	1	1	1	13	9	4.12
2	Penayangan rekapitulasi hasil lomba melalui web KKAI 2014 komukatif dan menjamin transparansi hasil.			1	16	7	4.25

STS: Sangat Tidak Setuju, TS: Tidak Setuju, R: Ragu-ragu, S: Setuju, SS: Sangat Setuju

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. *Data logger* berhasil dirancang dan dibuat serta dapat dipakai untuk mendukung kompetisi KKA tahun 2014. *Data logger* dapat berfungsi dengan baik, dengan hasil skor kuesioner dari pengguna sebesar 4,12 dari skala 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Allegro, 2013, *ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*, Allegro MicroSystems, LLC, www.allegromicro.com.
- Atmel, 2009, *8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega48PA/ATmega88PA/ATmega168PA/ATmega328P*, Atmel Corporation, <http://www.atmel.com/images/doc8161.pdf>
- Banzi, M., Cuartielles, D., Igoe, T., Martino, G., Mellis, D., ____, Arduino, <http://arduino.cc>
- Boylestad, Robert L., 2009, *Electronic devices and circuit theory*, 10th ed., New Jersey, Pearson Prentice Hall, Inc.
- CadSoft Computer GmbH, 2005, *EAGLE 4.16r2 Help Reference Book*, CadSoft GmbH CadSoft USA.
- Fairchild, 2010, *LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A Dual Operational Amplifier* Fairchild Semiconductor Corporation, www.fairchildsemi.com
- Mar Djamin, 2012, *Pengujian Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, <http://ejournal.bppt.go.id/index.php/jsti/article/download/917/865>, diakses Maret 2015.
- Maxim, 2004, *DS1307: 64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock*, Maxim Integrated Products, www.maxim-ic.com.
- Nahvi, M., Edminister, J.A., 2003, *Schaum's Outline of Electric Circuits*, McGraw-Hill, New York.
- SD Group, 2013, *SD Specifications, Part 1 Physical Layer Simplified Specification*, SD Group, https://www.sdcard.org/downloads/pls/simplified_specs/part1_410.pdf
- Shenzhen, 2005, *1602A-1 LCD Module Specification Ver1.0*, Eone Electronics Co., LTD.
- Tribun, 2014, *Cadangan Minyak di Indonesia Hanya Cukup untuk 23 Tahun Lagi*, <http://www.tribunnews.com/bisnis/2014/09/14/cadangan-minyak-di-indonesia-hanya-cukup-untuk-23-tahun-lagi>, diakses Maret 2014.
- Yusnan Badruzzaman, 2012, *Real Time Monitoring Data Besaran Listrik Gedung Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang* http://www.polines.ac.id/jtet/upload/jurnal/JTET_1-2-2012_Hal_50-59.pdf, diakses Maret 2014.

DAFTAR ACUAN PERANGKAT LUNAK

³
<http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>
<http://arduino.cc/en/Reference/Libraries>
<http://arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
<http://arduino.cc/en/Reference/SD>
<http://arduino.cc/en/Reference/Wire>
<http://thijs.elenbaas.net/downloads/?did=6> (EEPROMex.h)
http://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group__avr__pgmspace.html
https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_DS1307RTC.html

DATA LOGGER ENERGI LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PRODUKSI IBIKK TE USD

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	ar.scribd.com Internet Source	3%
2	eprints.usq.edu.au Internet Source	1%
3	aprendiendoarduino.wordpress.com Internet Source	1%
4	text-id.123dok.com Internet Source	1%
5	www.tribunnews.com Internet Source	1%
6	id.123dok.com Internet Source	1%
7	ocs.unud.ac.id Internet Source	1%
8	repository.bsi.ac.id Internet Source	1%
9	www.coursehero.com Internet Source	1%

10	hdl.handle.net Internet Source	<1 %
11	senatik.stta.ac.id Internet Source	<1 %
12	www.frontiersin.org Internet Source	<1 %
13	widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id Internet Source	<1 %
14	www.ijarp.org Internet Source	<1 %
15	ebookinga.com Internet Source	<1 %
16	i-rep.emu.edu.tr:8080 Internet Source	<1 %
17	123dok.com Internet Source	<1 %
18	bibing.us.es Internet Source	<1 %
19	libratama.com Internet Source	<1 %
20	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
21	www.neliti.com Internet Source	<1 %

22 www.phys.sci.unhas.ac.id <1 %
Internet Source

23 www.tulisandhika.my.id <1 %
Internet Source

24 elektro.studentjournal.ub.ac.id <1 %
Internet Source

25 exeley.com <1 %
Internet Source

26 mev.moj-kutak.com <1 %
Internet Source

27 www.slideshare.net <1 %
Internet Source

28 www.jurnal.unsyiah.ac.id <1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off