

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI BERBASIS ATMEGA128 DENGAN SENSOR SOLAR CEL

Menas Meilinus M.F. Gulo, ^{*1}, Liefson Jacobus², Suryawirawan D.³

PROGRAM STUDI FISIKA FAKULTAS SAINS DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS KRISTEN IMMANUEL YOGYAKARTA

Jl Solo Km 11.11 Yogyakarta, telp/fax : (0274) 496256

e-mail: menas@ukrimuniversity.ac.id^{*1}, liefson@ukrimuniversity.ac.id², surya@ukrimuniversity.ac.id³

Abstrak

Alat ini merupakan alat untuk mengukur radiasi matahari dengan satuan w/m^2 . alat ini sudah terkalibrasi dengan solar sell yang sudah terkalibrasi dari Jerman, dengan nilai hasil kalibrasi sebesar 18,09211 w/MA . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem pengukuran intensitas sinar matahari berdasarkan mikrokontroler ATMEGA128 dengan menggunakan sensor solar sell. Pada rancangan hardware digunakan ATMEGA128 sebagai otak dari sistem, kemudian dilengkapi dengan LCD character 16x2 sebagai penampil data. Untuk menyimpan data pengukuran, digunakan modul MMC yang memiliki fungsi sebagai data logger. RTC (Real Time Clock) dengan seri IC DS1307 digunakan agar dapat mengetahui waktu secara nyata dan valid. Untuk mengatur sistem, dilengkapi keypad matrix 3x4 yang dihubungkan dengan mikrokontroler. Masukan dari sensor dihubungkan dengan port analog pada ATMEGA128. Dengan Sistem ini diharapkan dapat untuk mengukur intensitas cahaya matahari tiap waktunya dengan kinerja dan desain yang baik. kinerja sistem ini terdiri dari power supply, sensor solar sell, mikrokontroler ATMEGA128, dan LCD. Maka waktu pengukuran, tegangan, I(arus) dan radiasi matahari tiap waktunya akan tersimpan di dalam memory card yang tersedia dalam sistim. Hasil dari penelitian pada tanggal 13 juni 2013 dengan menggunakan alat ini telah mengukur besar radiasi matahari dengan baik sebesar $E=4.1 \text{ kwm}^{-2}$. Jika dibandingkan dengan data referensi rata-rata besar radiasi matahari di jogjakarta yaitu 4.5 kwm^{-2} , maka dapat di simpulkan bahwa alat ini sudah baik untuk mengukur radiasi matahari.

Kata kunci: Radiasi matahari, ATMEGA128, Sensor solar sell

Abstract

This tool is a tool for measuring solar radiation with units of w / m^2 . It has been calibrated with Solar Sell from Germany, with a calibration value of 18.09211 W / MA . The purpose of this study was to create a solar intensity measurement system based on the ATmega128 microcontroller using solar sell sensors. Hardware design is used atmega128 as the brain of the system, then equipped with a 16x2 LCD character as data viewer. To save data measurements, use MMC modules that have functions as data loggers. RTC (Real Time Clock) with the DS1307 IC series is used to be able to know the time in real and valid. To set the system, equipped with a 3x4 matrix keypad that is connected with a microcontroller. The input from the sensor is connected to analog port to ATMEGA128. With this system it is expected to be able to measure the intensity of the sun every time with good performance and design. This system consists of power supply, solar sell sensors, ATMEGA128 microcontrollers, and LCD. Sampling time, voltage, i (current) and solar radiation every time it will be stored in the memory card available in the system. The results of the study on June 13, 2013 by using this tool have measured the great solar radiation with $e = 4.1 \text{ kwm}^{-2}$. When compared with the average reference data of solar radiation in Jogjakarta, namely 4.5 KWM^{-2} , it can be concluded that this tool is good to measure solar radiation.

Keywords: Sun Radiation, Atmega128, Solar Sell Sensor

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mampu menghasilkan berbagai instrumen yang teliti dan praktis. Perkembangan teknologi dibidang elektronika telah menghasilkan komponen-komponen elektronika yang canggih seperti sensor, sistem pengolahan sinyal, pengontrolan instrumen pengukuran, dan lain-lain. Instrumen yang dihasilkan berguna untuk mempermudah pekerjaan manusia salah satunya adalah untuk pengamat gejala-gejala alam seperti cuaca (radiasi matahari).

Cuaca merupakan gabungan dari gejala-gejala alam yang menentukan kondisi udara pada suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. Cuaca terdiri dari beberapa unsur diantaranya temperatur udara, tekanan udara, angin, keadaan awan, cuaca hujan, kelembaman udara dan intensitas radiasi matahari. Telah diketahui bahwa cuaca berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Cuaca memengaruhi bidang pertanian, transportasi, industri, bahkan jenis pakaian yang akan digunakan setiap harinya. Fakta menunjukkan cuaca juga sering menimbulkan bencana seperti badai, banjir, dan kekeringan. Melalui pengamatan dan perkiraan cuaca manusia dapat merencanakan dan melakukan kegiatan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan demikian pengamatan terhadap cuaca penting untuk dilakukan.

Energi merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Hal ini mengingat energi merupakan salah satu faktor utama bagi terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara. Permasalahan energi menjadi semakin kompleks ketika kebutuhan yang meningkat akan energi dari seluruh negara di dunia untuk menopang pertumbuhannya justru membuat persediaan cadangan energi konvensional menjadi semakin sedikit.

Radiasi matahari dinyatakan dalam satuan Watt per meter kuadrat (W/m^2). Sinar matahari yang menyinari bumi bervariasi tergantung cuaca pada suatu daerah tersebut. Radiasi matahari ke bumi merupakan energi yang dipancarkan matahari ke bumi dengan jumlah energi tertentu. Jumlah radiasi atau banyaknya jumlah energi yang dipancarkan ke bumi tergantung cuaca dan iklim pada saat itu. Tidak seluruh energi matahari mencapai permukaan bumi sebagian energi radiasi dipantulkan dan diserap oleh atmosfer bumi.

Sinar matahari dapat diukur intensitas energi radiasinya dengan menggunakan solarimeter. Solarimeter merupakan alat standart pengukur energi radiasi matahari.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah membuat sistem pengukuran intensitas radiasi matahari setiap waktunya dan dapat merekamnya secara langsung.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah pembuatan sistem alat ukur energi radiasi matahari dan mengetahui seberapa besar radiasi matahari setiap waktunya. Dengan penelitian ini akan diperolehnya instrumentasi yang mengindera dan mengukur radiasi matahari dengan sensor solar sell.

Alat penelitian yang dibuat ini menggunakan sensor cahaya solar sell, mikrokontroler ATMEGA128, power suplay, dan LCD. Dalam pengukuran radiasi matahari sensor cahaya diletakkan pada tempat yang bebas dari penghalang. Hasil pengukuran radiasi matahari dalam bentuk digital dan data yang diperoleh adalah energi radiasi matahari tiap sekon dalam satuan w/m^2 .

Sensor merupakan sebuah alat yang menerima stimulus dan memberikan sinyal respon dari stimulus tersebut. Pada suatu sistem instrumentasi sensor berfungsi sebagai gerbang isyarat masukan (input). Ada beberapa sensor cahaya yang dapat digunakan untuk mengindera

penyinaran matahari salah satunya adalah solar sell atau *photovoltaic*. Solar sell dibuat dari bahan adalah *silicon*, *cadmium sullphide*, *gallium arsenide* dan *selenium* yang akan mengubah sinar matahari menjadi arus listrik DC.

Sensor solar sell merupakan komponen pasif yang memerlukan *power suplay* agar dapat menghasilkan tegangan keluaran. Rangkaian pembagi tegangan terdiri dari sumber tegangan, sensor dan sebuah resistor yang nilainya konstanta 68 Ohm. Tegangan keluaran yang dihasilkan akan tergantung pada nilai resistor (R) yang digunakan. Tegangan dari sensor solar sell akan menjadi input bagi mikrokontroler.

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan hole bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik.

Mikrokontroler merupakan sebuah chip yang didalamnya memuat mikroprosesor, I/O pendukung, memory, dan ADC. Mikrokontroler digunakan untuk orientasi pengontrol temperatur, penampil display LCD, pemroses sinyal digital, pengontrol mesin dan sebagainya. Mikrokontroler akan bekerja sesuai dengan program yang telah diberikan kepadanya. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem pengukuran radiasi matahari ini adalah mikrokontroler ATMEGA128.

Mikrokontroler ATMEGA128 memiliki 64 kaki, Koneksi ISP untuk pemrograman, 53 pin I/O, 8 kanal ADC 10-bit, 2 buah USART, dua 16-Bit Timers dengan dua 8-bit kanal PWM, *On-Chip Real-Time Counter*, Tersedia soket yang memudahkan untuk mencabut pasang chip, **Bonus:** PCB ATmega128 breakout. Pada sistem ini mikrokontroler ATMEGA128 berfungsi untuk menerima input dari rangkaian sensor, mengolah data input dan menampilkan hasil pengukuran pada LCD.

LCD merupakan salah satu perangkat yang digunakan untuk menampilkan data. LCD (*liquid Crystal Display*) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan huruf, angka, ataupun simbol-simbol tertentu. Pada sistem pengukuran intensitas radiasi matahari, LCD digunakan untuk menampilkan intensitas radiasi matahari dan waktu pengukurannya serta status MMC.



Gambar1: Bentuk Fisik LCD 2x16LCD YA

LCD yang digunakan mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom dengan 16 pin konektor atau bisa disebut sebagai LCD 2x16.

Rangkaian sensor solar sell, mikrokontroler ATMEGA8535, dan LCD membutuhkan catu daya untuk beroperasi. Catu daya merupakan suatu peralatan yang sangat penting karena hampir semua peralatan elektronika memerlukan tegangan DC untuk mengoperasikannya. Power

supply (catu daya) adalah suatu yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Power supply menyediakan daya bagi semua blok. rangkaian yang membutuhkan catu daya.

Penggunaan sensor solar sell, mikrokontroler, *Liquid Crystal Display* (LCD), dan beberapa komponen elektronika lainnya dapat menghasilkan sistem pengukuran intensitas radiasi penyinaran matahari dengan spesifikasi performansi dan desain baik. Sistem yang diharapkan dapat mengukur durasi penyinaran matahari dengan resolusi dalam satuan detik. Durasi penyinaran dapat ditampilkan pada LCD dalam bentuk digit angka sehingga lebih praktis. Selain itu juga dibutuhkan instrumen yang terdiri dari komponen-komponen yang tidak terlalu mahal dan tidak memerlukan penggantian komponen setiap harinya, sehingga lebih ekonomis.

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat sebuah sistem pengukuran intensitas radiasi penyinaran matahari berbasis mikrokontroler ATMEGA128 menggunakan sensor solar sell. Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk menentukan spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sistem pengukuran intensitas radiasi penyinaran matahari berbasis mikrokontroler ATMEGA128, menggunakan sensor solar sell. Spesifikasi performansi yang ditentukan meliputi pengidentifikasian dan penjelasan fungsi

masing-masing komponen pendukung sistem. Spesifikasi desain ditentukan meliputi tegangan keluaran rangkaian sensor solar sell, variasi intensitas cahaya matahari, ketepatan, dan ketelitian pengukuran intensitas cahaya dan durasi penyinaran matahari.

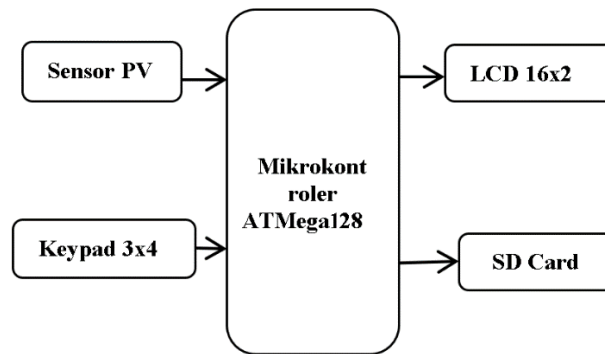
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini tergolong kepada penelitian rekayasa yaitu penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan, guna mendapat kinerja sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Langkah-langkah dalam penelitian rekayasa adalah membuat rancangan sistem sesuai dengan yang dibutuhkan, membuat sistem dengan memilih alternatif yang terbaik, dan menguji cobakan sistem. Dari hasil uji coba dapat diketahui ketercapaian persyaratan yang telah ditentukan dari rancangan awal sistem.

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek penelitian atau faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel penelitian dalam penelitian ini terdiri dari tiga variabel yaitu variabel terikat, variabel bebas, dan variabel kontrol. Variabel bebasnya adalah intensitas cahaya sedangkan variabel terikat adalah tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan dengan sensor solar sell dan durasi waktu pengukuran. Untuk variabel kontrol berupa komponen elektronika yang digunakan.

Dalam pembuatan sistem pengukuran radiasi matahari ini menggunakan beberapa komponen elektronika seperti sensor solar sell (*photovoltaic*) sebagai pengindera sinar matahari, mikrokontroler ATMEGA128, LCD, resistor, kapasitor, potensiometer dan beberapa komponen elektronika lainnya. Bahan-bahan selain alat ukur dan komponen elektronika, pengukuran ini juga didukung oleh bahan lainnya. Bahan-bahan lain yang digunakan dalam pembuatan instrument ini diantaranya multimeter digital, solder, timah, dan penyedot timah.

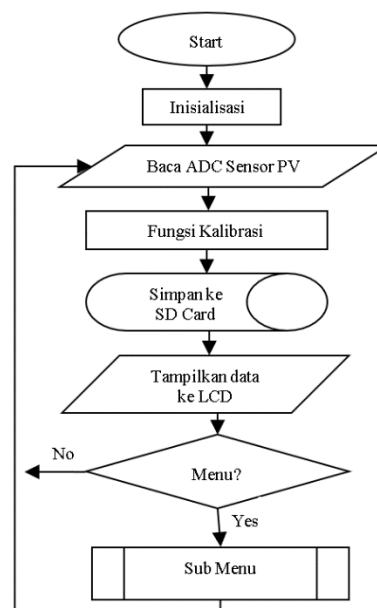
Perangkat keras yang dibutuhkan pada sistem ini pengukuran radiasi matahari diantaranya sensor solar sell, mikrokontroler ATMEGA128, LCD 2X16, dan beberapa komponen dasar elektronika lainnya. Adapun rancangan sistem pengukuran durasi penyinaran matahari berbasis mikrokontroler ATMEGA8535 ini secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 2.1. Blok Diagram Sistem

Dari blok diagram dapat dijelaskan bahwa sensor solar sell merupakan input dari sistem. Sensor solar sell mengkonfersikan intensitas cahaya menjadi arus listrik. Sinyal listrik berupa tegangan dari sensor Akan diteruskan ke mikrokontroler ATMEGA128. Mikrokonroler mengolah sinyal dan menampilkan hasil pengolahan data pada display LCD.

Desain perangkat lunak merupakan program yang ditanamkan pada mikrokontroler. Program ini membaca input dari sensor, mengolah data, dan menampilkan pada LCD. Desain perangkat lunak pada sistem pengukuran intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar2.2. Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem

Rancangan secara software berupa algoritma yang dituangkan dalam sebuah flowchart dimana akan menggambarkan proses berjalannya sistem. Program yang digunakan adalah bahasa basic dengan software BASCOM-AVR.

Teknik pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Pengukuran secara tidak langsung adalah pengukuran suatu besaran yang nilainya dipengaruhi oleh besaran-besaran lain dan nilainya tidak langsung didapat. Data yang diperoleh

secara langsung adalah tegangan keluaran rangkaian sensor, intensitas cahaya, dan waktu penyinaran sedangkan data yang diperoleh secara tidak langsung adalah ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran durasi penyinaran matahari.

Langkah-langkah dari penelitian ini secara umum adalah merakit komponen elektronika, memprogram mikrokontroler sesuai dengan rancangan, menentukan spesifikasi performansi dan menentukan spesifikasi desain sistem. Untuk menentukan spesifikasi performansi sistem dilakukan dengan memotret komponen utama yang digunakan pada sistem, memotret sistem pengukuran, mendeskripsikan fungsi dari masing masing komponen, kemudian menjelaskan tentang prinsip kerja sistem.

Alat instrument ini telah di kalibrasikan dengan sensor solar sell yang sudah terkalibrasi. Sensor solar sell terkalibrasi ini berasal dari sebuah universitas di Jerman. Dengan nilai $m=18,09211$ w/mA.

Teknik analisis data yang dilakukan adalah secara grafik dan secara statistik, grafik berguna untuk memberikan hasil secara visual dalam melukiskan hubungan dua variabel yang diperoleh dari pengukuran atau perhitungan. Plot data bertujuan untuk menentukan hubungan antara variabel variabel yang diukur. Hal ini dapat dilakukan dengan memplot data pada koordinat XY menggunakan program Microsoft excel. Teknik umum yang digunakan untuk memplot data pada grafik XY yaitu variabel bebas pada sumbu X dan variabel terikat pada sumbu Y.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh berupa instrument pengukuran durasi penyinaran matahari. Instrument ini dapat mengukur intensitas cahaya matahari. Instrument mengukur radiasi penyinaran matahari dalam satuan detik. Hasil pengukuran intensitas penyinaran ditampilkan pada LCD. Secara rinci, hasil penelitian dapat diuraikan pada spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sistem pengukuran intensitas penyinaran matahari berbasis ATMEGA128 menggunakan sensor solar sell.

Sistem pengukuran durasi penyinaran dilengkapi oleh input dan output. Input sistem terdiri dari sebuah tombol yang berfungsi sebagai tombol reset untuk penyimpanan data ke MMC. Pada gambar terlihat output sistem sistem berupa LCD yang menampilkan intensitas cahaya penyinaran. Adapun bentuk tampilan LCD seperti di gambar 3.1:



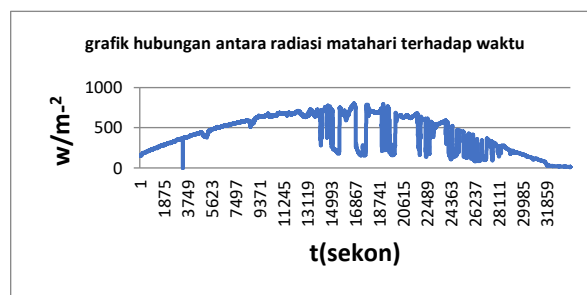
Gambar 3.1. Hasil Tampilan Intensitas Cahaya Dalam LCD

terlihat tampilan LCD terdiri dari dua baris. Baris atas menampilkan waktu pengukuran(jam,menit dan detik). Baris bawah menampilkan Intensitas cahaya matahari.Intensitas cahaya ditampilkan dalam satuan w/m^2 . Durasi penyinaran

ditampilkan dalam satuan jam, menit, dan detik. Rangkaian elektronika pembentuk sistem yang dirancang sedemikian rupa, terdiri atas beberapa bagian yaitu rangkaian catu daya, rangkaian pembagi tegangan, dan sistem minimum mikrokontroler ATMEGA128.

Rangkaian catu daya berfungsi untuk mensuplay arus dan tegangan ke seluruh sistem rangkaian. Rangkain catu daya ini menghasilkan tegangan keluaran sebesar 0-5 Volt. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi untuk mengkonversikan input sensor yang berupa medan listrik. Mikrokontroler ATMEGA8535 berfungsi untuk melakukan proses deteksi data masukan, mengolah data, dan mengatur keluaran yang ditampilkan pada LCD.

Dari hasil penelitian didapatkan intensitas radiasi matahari tiap sekonnnya dapat dilihat pada gambar:



Gambar 3.2. Hasil Penelitian

Dari data di atas terlihat bahwa, radiasi matahari tiap waktunya tidak selalu sama. Radiasi matahari tiap waktunya tergantung pada cuaca setiap waktunya. Seperti terlihat digambar, radiasi matahari sampai jam 10:30 wib selalu naik. Tetapi pada siang hari grafiknya naik turun, itu karena pengaruh atmosfer mendung atau berawan. Jadi, besarnya radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi, tergantung cuaca di tempat tertentu. Apabila cuaca cerah, matahari akan memberikan energi lebih banyak ke bumi. Tetapi apabila cuaca mendung atau berkabut, maka energi yang di pancarkan oleh matahari tidak sebesar energi yang di pancarkan pada keadaan normal.

Dari data hasil penelitian diatas maka di dapatkan nilai radiasi matahari tiap jamnya dalam satu hari sebesar:

Tabel I : Jumlah radiasi matahari dalam setiap jam

t (waktu)	E matahari (Whm ⁻²)
07:00:05-07:59:59	270,5792773
08:00:05-08:59:59	443,2173468
09:00:05-09:59:59	671,1503449
10:00:05-10:59:59	670,0814025
11:00:05-11:59:59	605,6169381
12:00:05-12:59:59	461,5042025
13:00:05-13:59:59	559,782778
14:00:05-14:59:59	286,5424522
15:00:05-15:59:59	225,7123418
16:00:05-16:59:59	59,39530526

Dari hasil jumlah radiasi matahari pada pukul 07:00-16:59:59 wib di atas, maka total radiasi matahari pada tanggal 13 juni 2015 adalah 4,19419 KWh/m²/day. Nilai ini mendekati nilai rata-rata radiasi matahari yang sesuai data referensi sebesar 4,5 KWh/m²/day. Adanya perbedaan karena faktor cuaca atau iklim yang berbeda.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat di simpulkan:

- Alat ukur telah berhasil untuk mengukur energi radiasi matahari dengan menggunakan sensor solar sell (PV) berbasis mikrokontroler ATMEGA128.
- Alat ukur penulis telah terkalibrasi dengan alat lain yang sudah terkalibrasi sebelumnya.
- Prinsip Kerja alat ini yaitu terdapat sensor solar sell yang digunakan untuk menangkap radiasi matahari.
- Radiasi matahari pada siang hari lebih besar dibandingkan dengan sore hari atau pagi hari
- Radiasi matahari yang sampai ke bumi tergantung oleh jarak matahari dan juga intensitas matahari. Semakin dekat jarak matahari ke bumi, maka semakin besar pula radiasi yang dipancarkannya.
- Faktor cuaca sangat berpengaruh terhadap radiasi yang di pancarkan matahari. Apabila cuaca cerah, matahari akan memberikan energi lebih banyak ke bumi. Tetapi apabila cuaca mendung atau berkabut, maka energi yang di pancarkan oleh matahari tidak sebesar energi yang di pancarkan pada keadaan normal.

5. SARAN

Dalam pembuatan instrumen ini penulis hanya mencoba untuk mengukur radiasi matahari dalam kapasitas kecil, dan ini masih bisa dikembangkan untuk kapasitas besar misalnya pengukuran radiasi dalam satu minggu atau satu bulan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Halliday, D., Resnick, R.,1984, *Fisika*,Jilid 2, Edisi ketiga, (diterjemahkan oleh pantur silaban dan Erwin suctpto, Penerbit Erlangga, Jakarta
2. Budi Purwanto. (2010). *LCD (Liquid crystal display)*.<http://digilib.ittelkom.ac.id>. Diakses 4 Oktober 2011
3. Dandan Hendayana. (2011). *Mengenal Nama dan Fungsi Alat-alat Pemantau Cuaca dan Iklim*. <http://dhkangmas.files.wordpress.com>. diakses 24 September 2011
4. Datasheet. (2006). *8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash*. www.atmel.com/
5. Fraden, Jacob. (1996). *The Hand Book of Modern Sensor*. California: Thermoscan,Inc
6. Young, Hugh D., Freedman, Roger A., 2003, *Fisika Universitas*, Jilid 2, Edisi kesepuluh, (diterjemahkan oleh Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. Handoko Ahmad, 1994.*Penerimaan radiasi surya di permukaan bumi sangat bervariasi menurut tempat dan waktu*. Jakarta: balai pustaka
8. Dickson Koh, 2014. *Daya listrik*. <http://teknikelektronika.com/pengertian-daya-listrik-rumus-cara-menghitung/>.
9. Agus, 2011. *Radiasi Matahari*. <http://artikeldanmakalah.agusra.blogspot.Com/2011/06/radiasi-matahari.html>, diakses Senin, 04 April 2011 pukul 07:32
10. Cahya Hendri,2011. *Solar radiation*. <http://www.slideshare.net/VeraAnggreani/all-about-solar-radiation>. diakses 02 maret 2011.