

Pengembangan Sistem Akuisisi Data Radiasi Matahari Menggunakan Pyranometer Memanfaatkan Sensor Photovoltaic

Aulia Ullah¹, Edy Syahputra²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Jl. Subrantas KM. 15, Kota Pekanbaru, Riau. 28293

Email : ¹aulia.ullah@uin-suska.ac.id, ²edy.blink@gmail.com

Abstrak

Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, sebab variabel tersebut memiliki pengaruh terhadap daya keluaran yang dihasilkan panel surya. Data ini umumnya bisa didapatkan dari lembaga pemerintah seperti BMKG atau NASA, namun data tersebut hanya tersedia untuk wilayah tertentu saja. Pengukuran radiasi matahari secara langsung perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan data yang tidak tersedia. Alat yang digunakan untuk mengukur radiasi matahari umumnya menggunakan pyranometer, namun pyranometer konvensional harganya relatif mahal. Pyranometer dapat dibuat lebih murah dengan cara menggunakan sensor photovoltaic sebagai pengganti sensor radiasi matahari. Agar proses pengukuran lebih mudah dan portabel, pengiriman data dari sensor dilakukan secara wireless, dan untuk memudahkan mengolah data tersebut lebih lanjut dilakukan proses akuisisi data. Dari proses pengujian didapatkan, akurasi sensor photovoltaic pyranometer memiliki error 14,13 % dengan error pengiriman data sebesar 0,43 %. Proses akuisisi data berjalan dengan baik, sudah dapat menampilkan grafik dan menampilkan data lampau.

Kata kunci: photovoltaic, pyranometer, wireless, akuisisi data.

Abstract

The design of solar power plants in any location, influenced by the intensity of solar radiation, because solar radiation has a direct influence on the power generated by the solar power system. This data can generally be obtained from government institutions such as BMKG or NASA, but this data is only available for certain locations only. Therefore, solar radiation value should be measured directly to complete unavailable data. Devices used to measure solar radiation generally use a pyranometer, but conventional pyranometer prices are expensive. Pyranometers can be made cheaper by using photovoltaic sensors to replace solar radiation sensors. Furthermore, in order to make the measurement process easier and more portable, the process of transmitting data from the sensor to the processor is carried out wirelessly. To simplify the next data processing, there needs to be a process of data acquisition. Result, the accuracy of the photovoltaic sensor pyranometer has an error value 14.13%, and the error value of the data communication process obtained by 0.43%. In conclusion, the data acquisition process has been going great, it can display graphics, and displays the data of the past.

Keywords : photovoltaic, pyranometer, data acquisition, wireless

1. Pendahuluan

BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) merupakan instansi pemerintah non-departemen yang bertugas untuk memberikan layanan cuaca, meliputi pengamatan cuaca dan prakiraan cuaca serta peringatan dini (*early warning*) yang berhubungan dengan cuaca. Ada banyak variabel cuaca yang diukur oleh BMKG, mulai dari suhu, kecepatan angin, hingga data peninaran matahari [1]

Pada pengembangan bidang energi, perkembangan teknologi pembangkit listrik tenaga energi terbarukan di Indonesia maju pesat. Indonesia termasuk daerah tropis yang terekspos sinar matahari nyaris sepanjang tahun. Hal ini berarti energi matahari prospek bagus untuk dikembangkan di Indonesia [2]. Pemanfaatan energi surya salah satunya adalah digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan memanfaatkan *photovoltaic* atau *solar cell* sebagai pembangkit tenaga listrik. Dalam proses perancangan PLTS, salah satu faktor

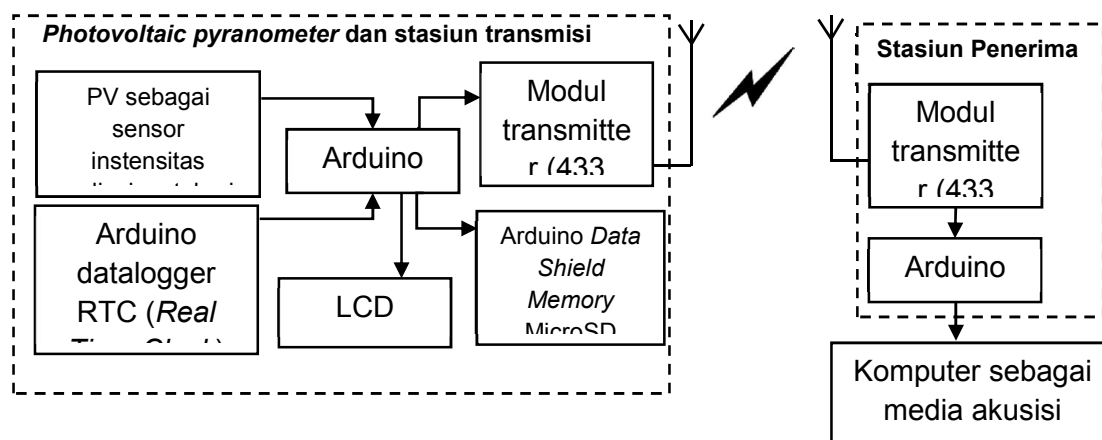
yang diperhitungkan adalah intensitas radiasi matahari [3]. Daya yang dihasilkan panel surya dari sistem PLTS dipengaruhi intensitas radiasi matahari [4]. Daya yang dihasilkan panel akan mempengaruhi jumlah komponen modul, baterai dan inverter yang akan digunakan. Saat ini data radiasi matahari bisa didapatkan dari BMKG [1] dan sumber lain seperti data dari NASA [5]. Keterbatasan menggunakan data intensitas radiasi yang dari data sekunder, ternyata belum tersedia di semua wilayah. Sehingga diperlukan proses pengukuran intensitas radiasi matahari secara langsung untuk lokasi yang tidak tersedia data.

Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari adalah *pyranometer*. Radiasi matahari yang masuk ke kedalam bagian kubah kaca yang berbentuk setengah bola, di dalam ini terdapat sensor yang menghasilkan hasil bacaan nilai radiasi matahari [6]. Menggunakan *pyranometer* konvensional harganya relatif mahal, sehingga memerlukan biaya yang cukup mahal jika digunakan untuk mengukur radiasi di banyak titik pengukuran dalam waktu yang bersamaan. *Pyranometer* dapat dibuat lebih murah menggunakan *photo sensitive devices* [7]. Ada 2 jenis perangkat sensor yang dapat digunakan untuk mengukur radiasi matahari, sensor suhu menggunakan *thermopiles*, dan menggunakan *solid state sensor* menggunakan *photovoltaic* [8]. *Pyranometer* konvensional umumnya menggunakan *thermopile* sebagai sensor radiasi, alternatif lain *photodiode* digunakan sebagai pengganti sensor radiasi matahari [9]. Salah satu cara lain dengan memanfaatkan *solid state sensor* menggunakan *photovoltaic* sebagai sensor untuk mengukur radiasi matahari [10]. Mikrokontroler bisa digunakan sebagai pengendali dan pengolah sinyal dalam proses pengukuran radiasi matahari menggunakan sensor *photovoltaic*, sehingga proses pengukuran bisa lebih diopimalkan [11][12]. *Pyranometer* konvensional umumnya masih menggunakan kabel untuk menghubungkan sensor dengan perangkat pemroses dan penampil data, akibatnya jangkauan sedikit terbatas hanya sepanjang kabel yang tersedia. Untuk memaksimalkan jangkauan pengukuran bisa menggunakan komunikasi *wireless* [13].

Penelitian ini mencoba mengembangkan sistem pengukuran radiasi matahari menggunakan *pyranometer* memanfaatkan sensor *photovoltaic* sebagai pengganti sensor radiasi matahari yang pada umumnya digunakan pada *pyranometer*. Untuk memudahkan proses pengolahan dan rekapitulasi data, maka dikembangkan sistem akuisisi data, agar data dari hasil pembacaan *pyranometer* dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel sehingga mudah dilakukan pengolahan data lebih lanjut. Komunikasi dibuat secara *wireless* agar penempatan sensor lebih fleksibel dan dapat dengan mudah dipindahkan tanpa mengganggu proses pengukuran.

2. Metodologi Penelitian

Sistem akuisisi data pengukuran radiasi matahari menggunakan *wireless photovoltaic pyranometer* ini terdiri dari 3 bagian. Bagian pertama adalah *photovoltaic pyranometer* yang berfungsi untuk mengukur radiasi matahari, bagian kedua komponen adalah proses pengiriman data hasil pengukuran data dari *photovoltaic pyranometer* ke stasiun penerima, dan bagian yang ketiga adalah stasiun penerima yang menerima data kemudian diteruskan ke komputer untuk melakukan proses akuisisi data.



Gambar 2.1. Diagram blok sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer*

2.1 Perancangan Sistem

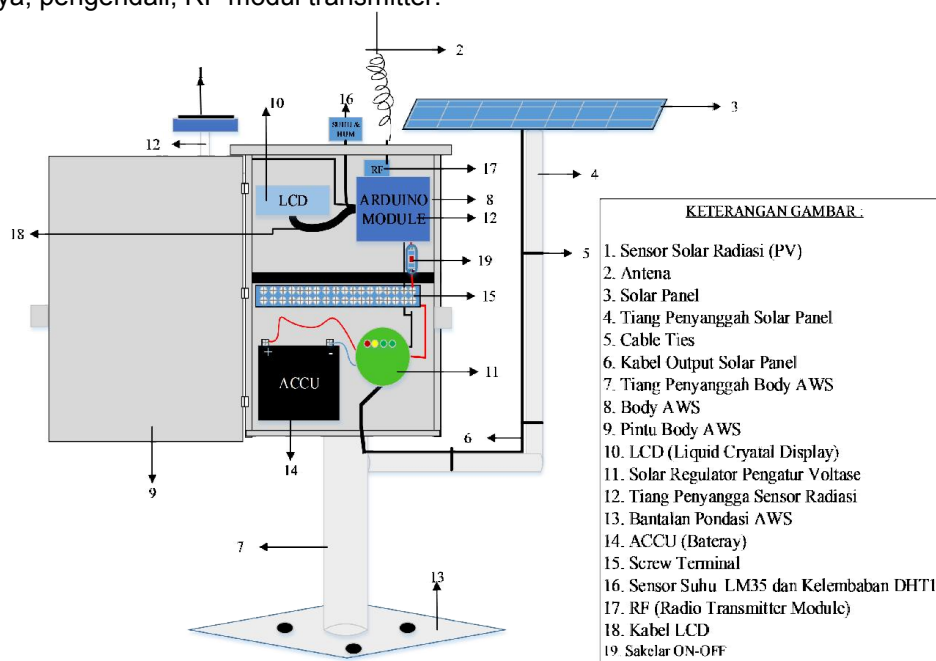
Proses model perangkat keras sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer* ini akan dilebur menjadi dua blok. Blok pertama berfungsi sebagai alat pembaca radiasi matahari dan stasiun pengirim data, kelompok yang kedua stasiun penerima data dan sistem akuisisi data.

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Dari diagram blok yang dilustrasikan pada gambar 2.1, ada dua blok rangkaian utama, Blok pertama *Photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi dan blok kedua stasiun penerima data dan sistem akuisisi data. Berikut perangkat keras yang digunakan di masing-masing blok.

2.2.1 Rangkaian *photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi

Blok ini terdiri dari beberapa komponen, *Sensor photovoltaic*, *Arduino data logger shield*, catu daya, pengendali, RF modul transmitter.



Gambar 2.2. Rangkaian perangkat *photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi

Berikut penjabaran perangkat keras yang digunakan pada blok *photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi :

1. **Sensor Photovoltaic**

Photovoltaic berfungsi mengkonversi sinyal masukan berupa intensitas radiasi matahari menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan *photovoltaic* ini sebanding dengan besarnya radiasi yang mengenai bagian *cell*.

2. **Arduino Data Logger Shield**

Penggunaan RTC pada penelitian ini berfungsi sebagai penunjuk waktu *real time* pada saat pengukuran dan akuisisi data *sensor* dilakukan. Sedangkan *module* memori digunakan untuk mencatat data pembacaan *sensor* pada memori *micro SD*.

3. **Catu Daya**

Catu daya berfungsi sebagai pemasok tegangan pada seluruh rangkaian *Photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi ini Arduino.

4. **Pengendali (Mikrokontroler Arduino)**

Setiap alat ukur yang melakukan berbagai macam proses memerlukan komponen yang mampu mengendalikan proses. Dalam proses pengukuran radiasi matahari, hasil pembacaan *sensor photovoltaic* yang berupa nilai tegangan harus diolah agar menghasilkan nilai radiasi. Hasil pengukuran kemudian harus diubah menjadi sinyal yang ditransmisikan menggunakan gelombang radio. Pengendali yang mampu mengendalikan

segala proses tersebut adalah mikrokontroler. Pada penelitian ini, mikrokontroler Arduino yang digunakan sebagai “otak” dalam melakukan semua proses kendali.

5. RF Module Transmitter

RF module berfungsi sebagai media pengirim data pengukuran sensor. Pengiriman data dilakukan dengan memanfaatkan gelombang radio pada rentang frekuensi 315MHZ hingga 433MHZ. Pada penelitian ini frekuensi yang digunakan yaitu 433 MHZ. Module RF ini memiliki kemampuan komunikasi dengan jarak 300 meter hingga 500 meter pada ruang terbuka.

2.2.2. Rangkaian Stasiun Penerima

Rangkaian penerima paket data alat sistem akuisi data *wireless photovoltaic pyranometer* terdiri dari modul radio receiver dan Arduino uno. Dapat dijabarkan fungsi dari masing-masing sebagai berikut:

1. RF Module Receiver

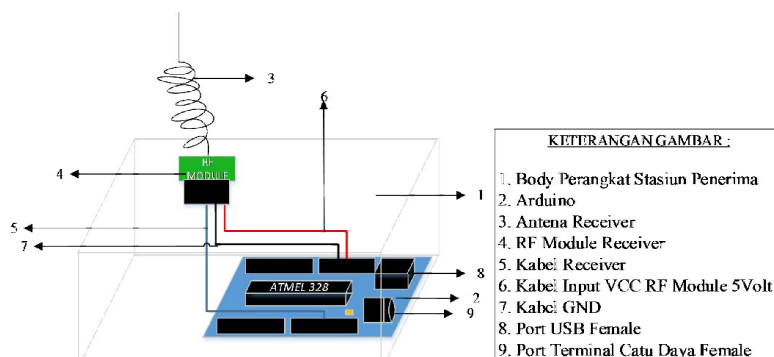
RF module receiver merupakan sebuah modul penerima sinyal gelombang radio. Pada rangkaian stasiun penerima ini module RF receiver digunakan untuk menangkap sinyal gelombang radio yang telah di transmisikan oleh stasiun pemancar dari modul akuisi data *multi-channel* dilapangan. RF module receiver ini bekerja pada frekuensi 315MHZ – 433MHZ dengan tegangan kerja 5 volt.

2. Arduino Receiver

Pada stasiun penerima, Arduino berperan sebagai penerima dan penerjemah paket data yang diterima oleh modul RF Receiver ataupun juga sering disebut proses decoder dan mengirimkan paket data yang telah di decoder ke komputer melalui komunikasi serial.

3. Komputer

Komputer pada stasiun penerima berperan sebagai pemantau langsung jarak jauh dengan menggunakan aplikasi yang telah dibangun dengan visual C#. Sumber tegangan yang digunakan oleh modul receiver ini bersumber dari komputer melalui kabel USB yang memiliki kesamaan tegangan kerja yaitu 5 volt.



Gambar 3.8. Rangkaian Stasiun Penerima (Receiver)

2.3 Pengujian Sistem

Pada pengujian keseluruhan ini dilakukan menjadi dua bagian yaitu pengujian komponen perangkat keras dan pengujian perangkat lunak (akuisi data yang dilakukan oleh komputer). Komponen yang diuji adalah sensor *photovoltaic* terhadap hasil pengukuran radiasi dari BMKG, pengujian komunikasi data RF modul 433 MHz dan melakukan pengujian hasil aplikasi akuisi data.

2.3.1 Pengujian Photovoltaic Pyranometer

Untuk mengetahui karakteristik dari sensor *photovoltaic* terhadap perubahan besaran intensitas cahaya matahari, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran tegangan keluaran *photovoltaic* dengan hasil pembacaan radiasi matahari yang dilakukan BMKG. Sensor *photovoltaic* diletakkan berdampingan dengan sensor pengukur intensitas cahaya matahari (*NR Lite2 Net Radiometer* yang digunakan oleh BMKG). Kedua data tersebut dibandingkan untuk kemudian dilakukan proses kalibrasi. Hasil perbandingan ini kemudian

dilakukan proses regresi untuk mendapatkan konstanta hubungan antara radiasi matahari dengan tegangan keluaran sensor *photovoltaic*.

2.3.2 Pengujian Akurasi pengukuran radiasi matahari

Alat *photovoltaic pyranometer* yang sudah dikalibrasi digunakan untuk mengukur data radiasi matahari. Data hasil pengukuran menggunakan *photovoltaic pyranometer* ini akan dibandingkan dengan data hasil pengukuran yang dilakukan BMKG. Akurasi dihitung dengan cara menghitung selisih simpangan rata-rata hasil pengukuran yang didapatkan menggunakan alat ini dengan hasil pengukuran BMKG.

2.3.3 Pengujian RF Modul 433MHz

Proses pengujian modul radio dilakukan dengan cara membandingkan data hasil pengujian antara data yang tersimpan di dalam memori *microSD* pada stasiun pemancar dengan data hasil pengujian yang tersimpan pada komputer stasiun penerima. Stasiun pemancar akan mengirimkan paket data dalam jumlah tertentu, kemudian data yang dikirim akan disimpan pada memori *microSD* pada stasiun pemancar, serta pada stasiun penerima data yang telah sampai dan diterima akan disimpan pada media penyimpanan. Perbandingan data dilakukan dengan menghitung selisih data stasiun pemancar dengan data stasiun penerima menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*.

2.3.4 Pengujian Modul *Datalogging Shield* dan Memori

Pengujian modul *datalogging shield* dilakukan dengan cara memvalidasi jumlah data cuaca hasil pengukuran yang dicatat dan disimpan pada memori *microSD*. Pada pengujian dibagian ini yang perlu diperhatikan adalah *file* hasil pengukuran yang berisi data unsur cuaca dan waktu pencatatan (*Timestamp*). Interval waktu pencatatan yang digunakan yaitu 10 menit. Dari data pengukuran yang telah dihasilkan, perlu diperhatikan apakah ada data pencatatan yang tidak sesuai, misalnya data tidak tercatat.

2.3.5 Pengujian System Aplikasi Berbasis Visual C#

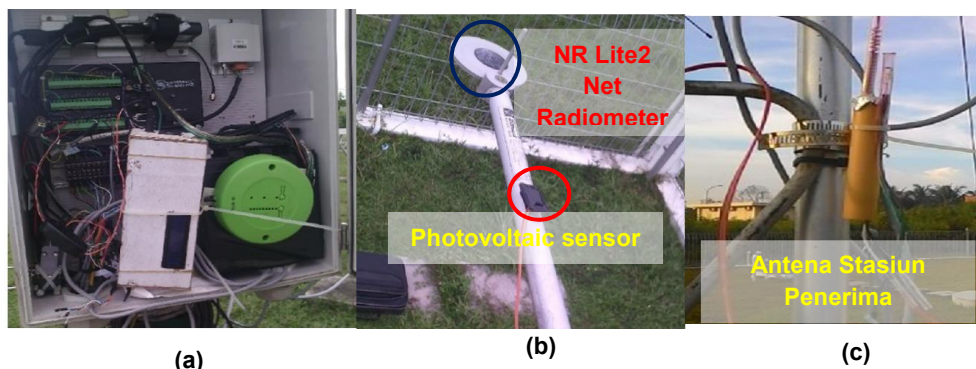
Pengujian aplikasi akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer* yang telah dirancang dan dibangun dilakukan dengan mengamati hasil proses akuisisi data berupa grafik dan tabel hasil pengolahan data yang diterima stasiun penerima.

3. Hasil dan Analisis

Pada sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer* dirangkai di dalam Box agar tidak terganggu dari luar. *Photovoltaic pyranometer* dan stasiun transmisi diletakkan dalam Box yang sudah tersedia di BMKG. Di dalam box ini sudah dilengkapi catu daya menggunakan baterai yang terhubung dengan *solar cell*. Dari masing-masing komponen ini akan dilakukan pengujian untuk melihat bagaimana performa alat yang sudah dibangun.

3.1 Perangkat keras sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer*

Perangkat keras yang sudah dibangun terlihat seperti pada gambar 3.1. Berikut alat yang sudah berhasil dibangun.



Gambar 3.1. perangkat keras sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer*

Photovoltaic pyranometer dan stasiun transmisi yang sudah dibangun (box putih pada gambar a) diletakkan di dalam box logam yang sudah tersedia di BMKG. Sensor *photovoltaic* diletakkan bersebelahan dengan sensor NR Lite2 Radiometer (gambar b) yang digunakan BMKG dalam mengukur intensitas radiasi matahari. Antena penerima diletakkan di tiang (gambar c)

3.2 Pengujian *Photovoltaic* Pyranometer

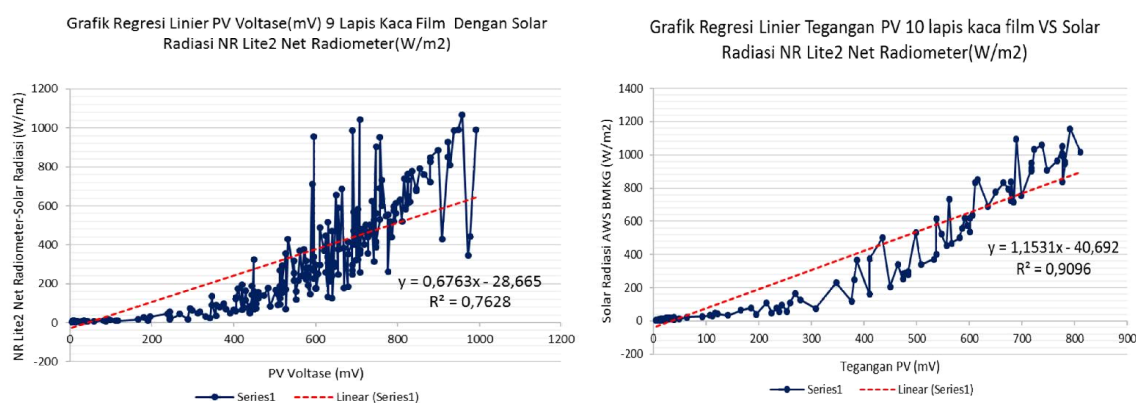
3.2.1 Hasil pengujian Karakteristik Pembacaan Sensor PV (*Photovoltaic*) Terhadap Hasil pembacaan radiasi matahari menggunakan Sensor NR Lite2 Net Radiometer

Pengujian *sensor* dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan kedua *sensor* yaitu *sensor* PV dan hasil pembacaan data radiasi dari BMKG yang menggunakan *sensor* NR Lite2 Net Radiometer. Seluruh hasil pengukuran ini tersimpan di dalam *data logger* lengkap dengan indentitas waktu kapan data tersebut diukur (*time stamp*). Proses pengukuran dilakukan selama 3 x 24 Jam dengan rentang interval waktu pengukuran setiap 10 menit. Proses pengukuran dilakukan selama 24 jam sebab data hasil pengukuran radiasi matahari yang tercatat di BMKG juga diambil selama 24 jam dengan rentang pengukuran 10 menit. Selain itu untuk meminimalisir terjadinya kesalahan membandingkan data karena terjadi pergeseran waktu pengukuran data antara *sensor* PV dengan pengukuran BMKG.

Dari hasil proses pengujian pengukuran *sensor* PV didapatkan hasil pengukuran yang kurang baik. *Sensor* PV sudah menghasilkan tegangan keluaran maksimum ketika matahari masih jauh dibawah radiasi maksimum. Selain itu hasil keluaran *sensor* PV menghasilkan data yang sangat fluktuatif, hal ini disebabkan dari karakteristik PV yang sangat sensitif terhadap perubahan intensitas radiasi matahari. Untuk mengatasi permasalahan itu, *sensor* PV dilapisi dengan lapisan kaca film. *Sensor* PV diberi lapisan kaca film mulai dari 1 lapis hingga 10 lapis. Tujuan pelapisan ini agar mengurangi intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan *photovoltaic* sehingga diharapkan *sensor* mampu mengukur radiasi matahari dengan lebih baik.

Data intensitas matahari yang didapatkan dari BMKG sudah berupa data olahan, dinyatakan nilai dengan satuan W/m^2 . Oleh sebab itu data yang akan dibandingkan dengan *sensor* PV bukan berupa nilai dari keluaran *sensor* NR Lite2 Net Radiometer, namun sudah dalam satuan intensitas radiasi matahari. Hasil pembacaan *sensor* dapat dilihat pada Gambar 3.2 Grafik Data Perbandingan Hasil Pengujian *Sensor* PV dengan hasil pengukuran intensitas radiasi matahari oleh BMKG menggunakan NR Lite2 Net Radiometer.

Dari data tersebut kemudian dilakukan proses kalibrasi dengan cara melihat hubungan matematis antara hasil tegangan keluaran *sensor* PV dengan hasil pengukuran intensitas radiasi matahari dari BMKG.



Gambar 3.2 Grafik Regresi Korelasi Pola Data Perbandingan Hasil Pengujian *Sensor* PV (*Photovoltaic*) 9 dan 10 lapis kaca film dengan NR Lite2 Net Radiometer

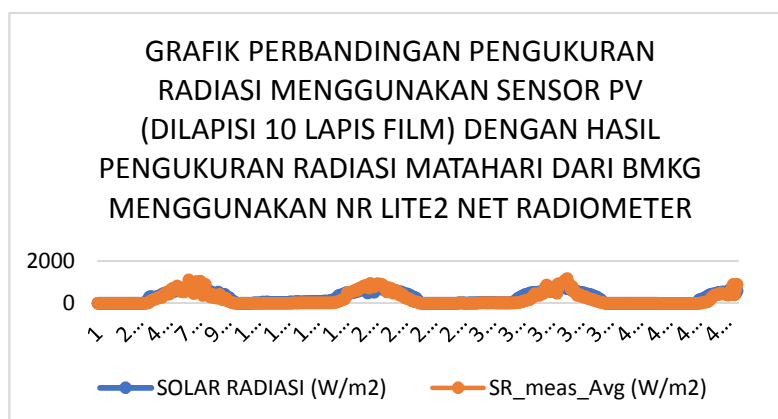
Dari hasil *Regresi Linier* menggunakan *Microsoft Excel* menghasilkan hubungan antara tegangan keluaran *sensor* PV dengan nilai intensitas radiasi matahari berupa persamaan yang menunjukkan hubungan tersebut. Dari hasil pengujian pelapisan 1 lapis hingga 8 lapis belum menunjukkan hasil yang bagus. Pelapisan 9 dan 10 lapis sudah menunjukkan hasil yang cukup

bagus, seperti pada gambar 3.2. dari proses pengujian tersebut didapatkan hasil kalibrasi untuk 9 lapis film dengan persamaan $y = 0,6763x - 28,665$ dengan nilai kedekatan kesamaan karakteristik sebesar $R^2 = 0,9096$, dan untuk 10 lapis film didapatkan hubungan dengan persamaan $y = 1,1531x - 40,692$ dan nilai kedekatan kesamaan karakteristik sebesar $R^2 = 0,9096$. Variabel x adalah nilai tegangan keluaran sensor PV dan y adalah nilai intensitas radiasi. Dari hasil kalibrasi tersebut terlihat hasil yang lebih baik didapatkan untuk sensor PV yang dilapisi 10 lapis, sehingga proses pengujian akurasi akan dilakukan untuk 10 lapis saja.

Dari hasil pengujian tersebut juga terlihat respon tegangan PV terhadap intensitas cahaya matahari terlihat masih kurang linier. *Sensor* PV memiliki respon pembacaan tegangan lebih responsif dibanding dengan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan *NR Lite2 Net Radiometer*, hal ini disebabkan karena *photovoltaic* disusun dari bahan semikonduktor yang sensitif terhadap perubahan kenaikan intensitas cahaya matahari.

3.2.2 Hasil Pengujian akurasi pengukuran radiasi matahari

Setelah sensor PV pada *pyranometer* telah dikalibrasi, dilakukan pengujian akurasi pengukuran. Pengukuran akurasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan alat *photovoltaic pyranometer* dengan intensitas matahari selama 4 hari. Dilakukan pengukuran selama 4 hari dengan tujuan ada pengulangan perbandingan dari beberapa hari pengukuran. Berikut data hasil pengukuran intensitas radiasi cahaya matahari antara hasil pengukuran BMKG dengan hasil desain berbasis Arduino menggunakan *sensor PV (Photovoltaic)* yang telah dilapisi dengan kaca film 10 lapis.



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan hasil pembacaan *photovoltaic pyranometer* dengan Solar Radiasi *NR Lite2 Net Radiometer*

Gambar 3.3 diatas merupakan gambar grafik perbandingan hasil observasi pengukuran sensor *Photovoltaic* dengan *sensor NR Lite2 Net Radiometer* (angka sumbu ke menunjukkan data ke-n) dengan interval waktu pengukuran yaitu 10 menit.

Error pembacaan *sensor photovoltaic* yang telah dilapisi 10 lapis kaca film yaitu sebesar 14.12956672 % dari pembacaan *sensor NR Lite2 Net Radiometer*. Hal ini terjadi disebabkan oleh respon *photovoltaic* yang sangat peka terhadap perubahan kenaikan intensitas cahaya matahari dibanding sensor yang digunakan BMKG (*Solar Radiasi NR Lite2 Net Radiometer*). Data hasil pengujian pengukuran *sensor PV* dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2. Data Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan *Sensor Photovoltaic* 10 Lapis Kaca Film

Variabel	Rumus	Hasil
Total SR AVG	Akumulasi Solar Radiasi <i>NR Lite2 Net Radiometer</i>	109859.087
Total SR AVGD	Akumulasi Solar Radiasi <i>Photovoltaic</i>	125381.7
Selisih SR	Total SR AVGD - Total SR AVG	15522.613
Error SR	(Selisih SR/ Total SR AVG) x 100	14.12956672 %

3.3. Pengujian Modul Radio RF 433MHz

Dari hasil pengujian didapatkan, jarak minimum agar data berhasil terkirim dan diterima dengan baik oleh stasiun penerima adalah 100 m (bebas hambatan). Pengujian pengiriman data dilakukan dengan cara mengirimkan paket data acak sebanyak 1000 baris *sample* data hasil pengukuran *photovoltaic pyranometer*. Hasil pengujian jarak transmisi 100 meter dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut

Tabel 3.3 Pengujian Pengiriman Data Modul radio RF 433 Mhz Jarak 100 meter

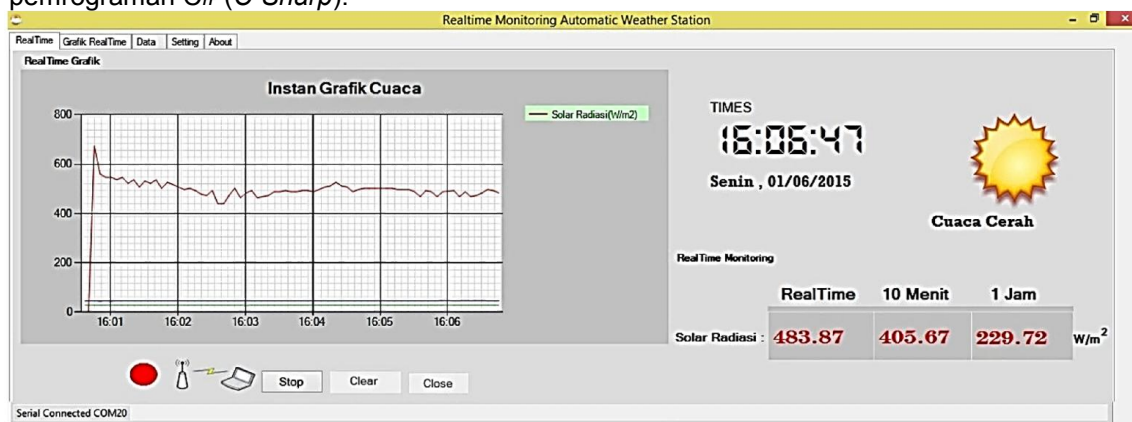
PENGUJIAN TRANSMISI DATA RADIO 433 MHZ JARAK 100 METER	
TOTAL TM	306117.25
TOTAL TD	304644.31
SELISIH	1472.94
ERROR	0.481168572%

3.4 Pengujian Modul Datalogging Shield dan Memori

Modul *Data Logger Arduino Datalogging Shield* telah berhasil menciptakan file data hasil pengukuran radiasi matahari dengan format file CSV. File hasil pengukuran berisi data hasil pengukuran radiasi matahari beserta *timestamp*. Dari hasil pengamatan terlihat dari *timestamp* yang tidak terputus. Data ini menunjukkan selama proses pengukuran berlangsung setiap data berhasil dicatat dan disimpan di dalam *SDcard*,

3.5 Pengujian System Aplikasi Berbasis Visual C#

Instalasi *photovoltaic pyranometer* dan stasiun *transmitter* dipasang pada taman alat BMKG, pemasangan alat pada taman alat dilakukan pada ruang terbuka, tidak terhalang apapun. Dari hasil pembuatan program aplikasi yang dibangun dalam bentuk GUI (*Graphical User Interface*) menggunakan IDE *Visual Studio Express 2013* dengan menggunakan bahasa pemrograman C# (*C-Sharp*).



Gambar 3.4 Tampilan aplikasi akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer* berupa Grafik *Realtime* dan *data history*

Dari hasil pengujian aplikasi akuisisi data radiasi matahari menunjukkan hasil yang baik. Grafik data yang ditampilkan sudah sesuai dengan data yang diterima stasiun penerima. Antarmuka pengguna dengan aplikasi sangat mudah dimengerti dan cukup interaktif, relatif mudah untuk diakses. Data pengukuran radiasi di waktu lampau tersimpan dapat diakses *Data history* dan bisa disimpan untuk keperluan pengolahan data lebih lanjut.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil rancang bangun sistem akuisisi data *wireless photovoltaic pyranometer* memiliki kinerja yang cukup baik. Hasil pembacaan sensor *photovoltaic* yang digunakan masih memiliki error yang cukup besar sebesar 14.13 %, hal ini disebabkan modul *photovoltaic* yang digunakan memiliki spek yang terlalu sensitif terhadap radiasi matahari dan output tegangan yang dihasilkan sudah maksimum ketika radiasi belum mencapai puncak. Keterbatasan ini diatasi dengan cara menambahkan lapisan film sebanyak 10 lapis. Proses komunikasi data

wireless menggunakan Modul Radio RF 433MHz memiliki error yang kecil, hanya sebesar 0.48 %, namun jarak maksimal pengiriman data hanya terbatas pada jarak 100m. Data hasil pengukuran *photovoltaic pyranometer* mampu disimpan dengan hasil yang akurat dan tepat di dalam SDcard yang terpasang Modul *Dataloging Shield*. Aplikasi yang dibangun untuk proses akuisi data sudah menampilkan hasil yang cukup bagus, data yang diterima berghasil diilustrasikan dalam bentuk grafik, data data yang sudah tersimpan bisa dilihat dalam *data histori*.

Saran untuk penyempurnaan pada penelitian selanjutnya, sebaiknya sensor radiasi matahari menggunakan sensor yang memiliki performa lebih baik, misal menggunakan *photovoltaic* yang memiliki spek lebih baik, mengkombinasikan dengan sensor *thermopile*, maupun sensor lain yang mampu mengukur baik. Modul komunikasi yang digunakan sebaiknya memiliki jangkauan pengiriman data yang lebih baik sehingga bisa dilakukan pengukuran dalam arean yang lebih luas. Aplikasi akuisi data sebaiknya sudah terintegrasi dengan media internet sehingga data mampu diakses secara bebas dari berbagai belahan bumi.

Daftar Pustaka

- [1] BMKG. *Ketersediaan Data*. http://dataonline.bmkg.go.id/ketersediaan_data
- [2] Yandri, Valdi Rizki. *Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Di Indonesia*. JURNAL ILMU FISIKA (JIF), VOL 4 NO 1, MARET 2012. hal 14-19
- [3] Sianipar, Rafael. *Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. 2014. JETri, Volume 11, Nomor 2, Hal 61 - 78
- [4] Yuliananda, Subekti, Gede Surya, RA Retno Hastijanti. *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. 2015. Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya Nopember 2015, Vol. 01, No. 02, hal 193 - 202
- [5] NASA. *Surface meteorology and Solar Energy*. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [6] Campbell Scientific, Inc. *Instruction Manual LI200x Pyranometer*. http://www.sartelco.it/contenuti/download/Mini_EOLICO/LI200.pdf
- [7] Myers. *Comprehensive Renewable Energy*. Elsevier. 2012. Volume 1. Pp : 219 – 221
- [8] Hidalgo, Fernando Guerra, Robinson Faez Martinez, and Edward Fuentealba Vidal. *Design of a Low-Cost Sensor For Solar Irradiance*. Oceanpotocs.com. 2013
- [9] Patil, Aakanksha, Kartik Haria, and Priyanka Pashte. *Photodiode Based Pyranometer*. 2013. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, ISSN: 2321-9009 Volume- 1, Issue- 1, July-2013. pp : 29 - 33
- [10] Dunn, Lawrence, Michael Gostein, and Keith Emery. *Comparison of Pyranometers vs. PV Reference Cells for Evaluation of PV Array Performance*. 2011. 978-1-4673-0066-7/12/\$26.00 ©2011 IEEE. page : 2899 - 2904
- [11] Aziz, Faiz Syazwan Abdul, Shahril Irwan Sulaiman, and Hedzlin Zainuddin. *A Prototype of an Integrated Pyranometer for Measuring Multi-Parameters*. 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications. Kuala Lumpur, Malaysia. pp : 73-77
- [12] Shruithi, K.J. ,P. Giridhar Kini, and C. Viswanatha. *Unconventional And Optimized Measurement Of Solar Irradiance In Bengaluru Using Photovoltaic Techniques*. Ictact Journal On Microelectronics, July 2016, Volume: 02, Issue: 02. pp 230 – 236
- [13] Hincapie, Diana M. , Gabriel G. Duarte, and Sergio B. Sepulveda. *Low-cost and Reliable Wireless Communication System for Monitoring a Photovoltaic*. 978-1-4799-8834-1/15/\$31.00 2015 IEEE