

MONITORING PERFORMANSI PHOTOVOLTAIK MODUL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS WEB

Fatimah¹, Anang Sularsa², Giva Andriana Mutiara³

^{1, 2, 3} Program Studi D3 Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom

¹ fatimahreanita2503@gmail.com, ² Ananks@tass.telkomuniversity.ac.id, ³ giva.andriana@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari. PLTS menggunakan photovoltaik modul untuk menghasilkan energi listrik dengan cara mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. PLTS yang berkembang saat ini masih perlu ditingkatkan optimalisasi utama pada bagian pengukuran energi listrik yang dilakukan secara manual dengan multimeter. Dalam suatu proses pengukuran energi listrik pada PLTS perlu dilakukan secara teratur agar setiap kondisi dapat terpantau dengan baik. Salah satu cara yang efektif dan efisien untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan sistem monitoring. Perancangan sistem ini menggunakan modul komunikasi Xbee sebagai penerima data sensor dan Raspberry Pi yang berfungsi sebagai server untuk mengolah dan menyimpan data dalam bentuk database sehingga data tersebut dapat diakses melalui website. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini dapat menampilkan informasi arus, tegangan dan daya yang dihasilkan panel surya dan memberikan notifikasi melalui e-mail kepada petugas dari kondisi hasil yang didapatkan panel surya baik, sedang dan buruk sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Kata kunci— Sistem Monitoring, Photovoltaik, Web, dan Raspberry Pi.

Abstract— PLTS (Solar Power Plant) is a power plant that utilizes solar energy. PLTS uses photovoltaic modules to produce electrical energy by converting sunlight into electrical energy. PLTS that are developing at this time still need to be optimized especially in the measurement of electrical energy that is done manually with a multimeter. in a process of measuring electrical energy in a PVP, it needs to be carried out regularly so that each condition can be monitored properly. One effective and efficient way to overcome this is to use a monitoring system. The design of this system uses the Xbee communication module as the recipient of sensor data sent and Raspberry Pi which functions as a server to process and store data in the form of a database so that the data can be accessed through the website. Based on the test results, this system can detect the current, voltage and power produced by the solar panel and provide e-mail notification to the officers from the results obtained by good, medium and bad solar panels in accordance with the actual conditions.

Keywords— Monitoring System, Photovoltaic, Web, And Raspberry Pi

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Teknologi diterapkan untuk mempermudah dan menyederhanakan setiap sarana yang diperlukan bagi kelangsungan hidup manusia. Secara tidak langsung teknologi telah mengurangi keterlibatan manusia dalam beberapa aktivitas rutin yang biasa dilakukan.

Pada hasil peninjauan lapangan banyak terjadi gejala-gejala pada PLTS yang menyebabkan kurangnya performansi PLTS, gejala tersebut banyak terjadi pada bagian photovoltaik modul yang mengalami kerusakan akibat kurangnya perawatan dan pengecekan. Kerusakan pada photovoltaik modul seperti *microcrack* dan oksidasi pada lapisan yang menyebabkan kurangnya cahaya matahari yang masuk untuk diproses menjadi energi listrik yang mempengaruhi daya hasil. Untuk mencegah kerusakan pada lapisan photovoltaik modul dilakukan pembersihan dan pengecekan daya hasil berkala untuk mengetahui daya hasilnya [1]. Pengecekan daya hasil pada photovoltaik modul masih dilakukan secara manual menggunakan multimeter oleh operator dan petugas lapangan, namun pengecekan masih terdapat kekurangan yaitu baik pengukuran arus dan tegangan masih belum bisa tercatat secara terus menerus karena dilakukan dengan kurun waktu yang lama karena jumlah PV sangat banyak sedangkan sumber daya manusia yang sedikit.

Oleh karena itu dibuatlah sistem *monitoring* performansi photovoltaik modul berbasis web, sistem ini menggunakan modul komunikasi radio frekuensi sebagai penerima data dari sensor yang dipasang di bagian panel surya dan menggunakan Raspberry Pi sebagai server untuk mengolah dan menyimpan data dalam bentuk *database* sehingga data tersebut dapat diakses melalui web, data yang ditampilkan adalah hasil dari sensor tegangan dan arus yang dipasang di setiap panel surya yang ada pada alat pendeteksi performansi photovoltaik modul.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membuat suatu sistem dapat memonitor hasil panel surya menggunakan Raspberry Pi ?
2. Bagaimana sistem monitoring dapat menerima data berbasis web menggunakan modul komunikasi Xbee ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya alat ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat suatu sistem yang memonitoring hasil panel surya dalam bentuk prototipe menggunakan Raspberry Pi sebagai server.
2. Membuat alat yang dapat menerima data menggunakan modul komunikasi Xbee dan menampilkan data-data sensor menggunakan Raspberry Pi sebagai server untuk mengolah dan menyimpan data dalam bentuk *database* sehingga data tersebut dapat diakses melalui web.

1.4 Batasan Masalah

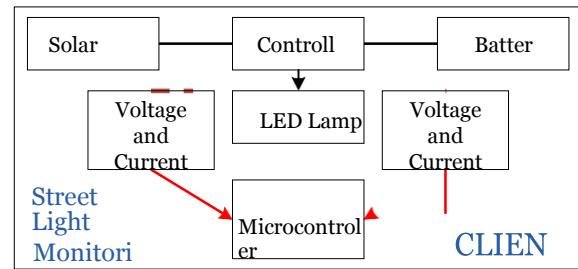
Untuk membatasi meluasnya bahasan masalah yang akan diteliti, maka dibatasi masalah yang berkaitan dengan perancangan dan implementasi sistem monitoring ini, yaitu sebagai berikut.

1. Studi kasus yang diangkat adalah solusi untuk mengatasi pengecekan performansi photovoltaic modul secara langsung ke lapangan.
2. Alat yang digunakan berupa Raspberry Pi, Arduino UNO dan Xbee.
3. Memonitoring tegangan, arus dan daya dari panel surya.
4. Aplikasi monitoring dalam bentuk web.
5. Alat yang dihasilkan berupa prototipe.
6. Performansi pengiriman data tergantung kondisi jaringan.
7. Data yang diolah akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik pada aplikasi web.
8. Pengujian dilakukan dengan cara simulasi.
9. Tidak membahas enkripsi pengiriman data
10. Notifikasi e-mail dikirim pada waktu yang ditentukan

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya, Terdapat perancangan suatu *Prototype Solar Panel and Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wireless Communication System*, prototipe yang dibuat dapat memonitoring panel surya dan baterai lampu jalan menggunakan GSM nirkabel. Informasi dari sensor arus dan sensor tegangan kemudian diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler ini kemudian mengirim data melalui sistem komunikasi GSM ke server melalui layanan pesan singkat (SMS). Server ini kemudian memproses data dengan *mem-parsing* informasi dari SMS dan mengirim data ke *database* server web [2]. Pada Gambar 2.1 terdapat blok diagram sistem pada penelitian sebelumnya.



Gambar 2. 1 Blok Diagram Penelitian Sebelumnya [2]

2.2. Teori

Sistem monitoring photovoltaik modul yang dirancang adalah sebuah sistem yang dapat memantau tegangan, arus dan daya pada panel surya dengan cara menampilkan data melalui aplikasi web.

Tabel 2. 1 Perbandingan Aplikasi Yang Digunakan

NO	Nama Peneliti	Judul	Hardware dan Software
1	Muhammad Ikhسانi Simon Siregar	WEB-BASED MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR AEROPONICS GROWING CHAMBER [3]	- LM35 - Sensor pH - Sensor Cahaya - Panel Surya
2	Damar Irawan Mia Rosmiati Anang Sularsa	PEMBANGUNAN SISTEM MONITORING PENJADWALAN PEMBERIAN MAKAN IKAN LELE BERBASIS SMS GATEWAY [4]	- SMS Gateway - Gammu Raspberry PI - Modem Wavecom

Tabel 2.1 merupakan beberapa jurnal yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya mengenai penggunaan aplikasi untuk sistem *monitoring*. Berdasarkan penelitian tersebut maka sistem *monitoring* photovoltaik modul yang dibangun bekerja berdasarkan masukan berupa data yang diterima dari modul pendeteksi pada sistem photovoltaik yang ditampilkan dalam bentuk web.

2.2.1. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Disebut surya atas matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik”. sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [5].



Gambar 2. 2 Panel Surya

2.2.2. Arduino UNO

Arduino UNO R3 adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena *board* ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit mikrokontroler [6]. Gambar Arduino UNO dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Arduino UNO

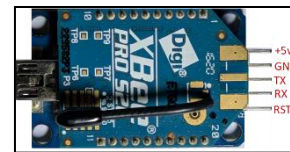
Spesifikasi dari Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino UNO[8]

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (dianjurkan)	7-12V
Input Voltage (batas)	6-20 V
Digital I / O Pins	14
Pin PWM	6
Pin Masukan Analog	6
DC Current per I / O Pin	20 mA
DC saat ini untuk 3.3V Pin	50 mA
flash Memory	32 KB (0.5 KB untuk bootloader)
EEPROM	1 KB

2.2.3. XBee Pro S2C

XBee Pro S2C merupakan modul radio frekuensi yang berfungsi sebagai alat komunikasi, XBee Pro S2C dapat dilihat pada Gambar 2.3, protokol komunikasi untuk XBee Pro S2C yang digunakan pada penelitian ini adalah ZigBee. ZigBee merupakan protokol berbasis IEEE 802.15.4 yang dapat digunakan untuk membuat jaringan pribadi atau *wireless personal area network* (WPAN) dengan konsumsi daya rendah [7].



Gambar 2. 4 XBee Pro S2C

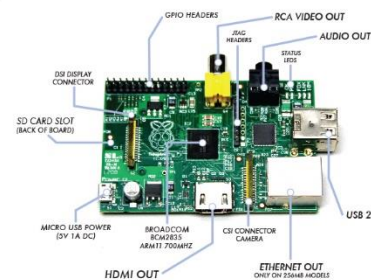
Spesifikasi XBee Pro S2C diperoleh dari datasheet modul XBee Pro S2C, dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Spesifikasi XBee Pro S2C

Jangkauan Komunikasi Indoor	<i>Up to 90 m</i>
Jangkauan Outdoor	<i>Up to 3200 m</i>
RF data rate	250.000 b/s = 31.25 KB/s
Tegangan kerja	2.7 – 3.6 V
Arus kerja (TX)	120 mA
Arus kerja (RX)	31 mA
Tegangan Input (Adapter)	5 V
USB	USB 2.0 Mini B

2.2.4. Raspberry Pi

Raspberry Pi 3 adalah modul mini komputer yang mempunyai input output digital port seperti pada board mikrokontroler. Raspberry Pi merupakan keluaran terbaru yang memiliki fitur tambahan yaitu Wi-Fi dan Bluetooth. Tidak hanya itu, untuk prosesor juga mengalami pembaharuan yaitu ARM Cortex-A53 dari Broadcom dengan spesifikasi 1,2GHz 64-bit quad-core. Pada umumnya Raspberry Pi board memiliki dua type yaitu, Raspberry tipe A dan tipe B. Perbedaannya antara lain pada *Random Access Memory* (RAM) dan Port LAN. Untuk tipe A memiliki RAM = 256 Mb dan tanpa port LAN (Ethernet) dan untuk tipe B memiliki RAM = 512Mb dan terpasang port LAN [8]. Hingga sekarang Raspberry Pi memiliki 8 model dan Raspberry Pi 3 merupakan keluaran terbaru pada tanggal 29 Februari 2016 yang dilengkapi berbagai sistem operasi yang dapat digunakan pada Raspberry Pi seperti (Windows, Linux, Mac, Unix, dll.) yang dijalankan dari SD card pada Board Raspberry Pi. Raspberry Pi 3 model B juga menjadi rekomendasi untuk digunakan di sekolah-sekolah atau penggunaan umumnya lainnya. Dan Raspberry Pi zero atau model A+ adalah berfungsi untuk proyek-proyek *embeded* dan proyek yang membutuhkan daya rendah. Raspberry Pi dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Raspberry Pi

2.2.5. Lamp

LAMP adalah istilah yang merupakan singkatan dari *Linux*, *Apache*, *MySQL* dan *Perl/PHP/Python* [9]. Merupakan sebuah paket perangkat lunak bebas yang digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi secara lengkap [9].

2.2.6. Linux

Linux adalah nama yang diberikan kepada sistem operasi komputer bertipe Unix. *Linux* merupakan salah satu contoh hasil pengembangan perangkat lunak bebas dan sumber terbuka utama [9]. Seperti perangkat lunak bebas dan sumber terbuka lain pada umumnya, kode sumber *linux* dapat dimodifikasi, digunakan dan didistribusikan kembali secara bebas oleh siapa saja.

2.2.7. Apache

Apache adalah sebuah nama web server yang bertanggung jawab pada request-response HTTP dan logging informasi secara detail (kegunaan dasarnya) [9]. Selain itu, *Apache* juga diartikan sebagai suatu web server yang kompak, modular, mengikuti standar protocol HTTP.

2.2.8. MySQL

MySQL adalah sebuah implementasi dari sistem manajemen *database* relasional (RDBMS) yang dapat digunakan secara gratis. Setiap pengguna dapat secara bebas menggunakan *MySQL* [9]. *MySQL* sebenarnya merupakan turunan salah satu konsep pengoperasian *database*, terutama untuk pemilihan atau seleksi dan pemasukan data yang memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis.

2.2.9. Web Site

Website adalah kumpulan dari banyak halaman, biasanya dalam format HTML (*Hypertext Markup Language*), yang berisi teks, grafis, dan elemen multimedia. Halaman utama dari sebuah site biasanya disebut dengan *home page*, berisi tautan menuju ke dokumen lain di site tersebut dengan menggunakan *Hyperlinks*. Semua halaman web disimpan pada sebuah web server.

2.2.10. Bootstrap

Bootstrap adalah *front-end framework* yang di dalamnya terdapat *CSS* dan *Javascript* untuk mempermudah pengembang dalam memulai pengembangan sebuah web. Pengembang yang beralih ke pengembangan *front-end* dari Bahasa pemrograman untuk sisi server seperti *java* atau *PHP* akan merasakan kesulitan saat harus berurusan dengan *CSS* dan *JavaScript*.

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Analisis

3.1.1 Gambaran Sistem Saat ini

Untuk sistem yang ada pada saat ini masih bersifat manual seperti gambar 3.1 dilakukan pemeriksaan hasil tegangan, arus dan daya yang dihasilkan photovoltaik menggunakan multimeter oleh petugas lapangan PLTS [1]. Pada gambar 3.1 diilustrasikan pemeriksaan hasil tegangan, arus dan daya menggunakan panel surya.

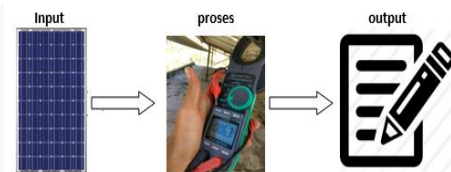


Gambar 3. 1 Gambaran Sistem Saat Ini
Keterangan :

Petugas turun ke lapangan secara langsung untuk melakukan pengecekan tegangan, arus pada panel surya satu-persatu sehingga membutuhkan sumber daya manusia yang banyak dan memerlukan waktu yang lama.

3.1.2 Block Diagram

Pada gambar 3.2 menjelaskan block diagram saat ini. Block diagram ini masih bersifat manual. Dari pengecekan menggunakan multimeter dan pencatatan tegangan dan arus panel surya dengan cara petugas PLTS turun langsung kelapangan.



Gambar 3. 2 Block Diagram

Deskripsi :

Tahapan sistem saat meliputi dari panel surya yang menyerap energi cahaya menjadi energi listrik. Setelah itu proses pengukuran secara langsung oleh petugas PLTS menggunakan multimeter untuk mengetahui tegangan dan arus yang didapat dari pengukuran panel surya.

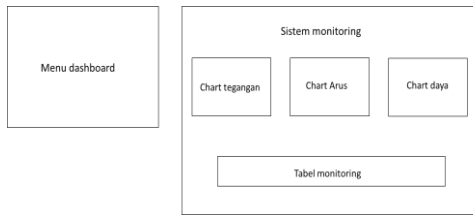
3.1.3 Cara Kerja Sistem

Cara kerja sistem antara lain :

1. Petugas turun langsung ke tempat panel surya dipasang, kemudian petugas mengukur satu-persatu tegangan dan arus yang didapatkan panel surya menggunakan multimeter.
2. Selanjutnya petugas akan mencatat hasil pengukuran dalam buku pencatatan yang disediakan.
3. Setelah selesai pencatatan hasil rekap dan pengukuran, petugas akan memberikan catatan tersebut ke kantor PLTS.

3.2 Perancangan

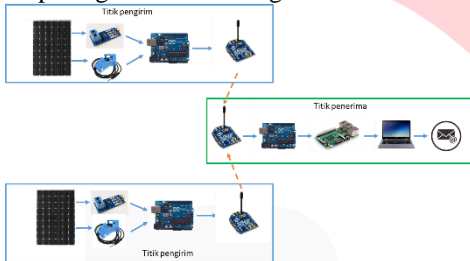
3.2.1 Desain Aplikasi



Gambar 3.3 Desain Aplikasi

3.2.2 Gambaran Sistem Usulan

Berdasarkan pada alat yang telah dibuat sebelumnya adalah alat pendeteksi performansi photovoltaik modul, namun hasil pada penelitian ini masih menggunakan LCD yang terhubung di Arduino uno untuk melihat hasil data yang didapatkan oleh sensor tegangan dan arus, maka dibutuhkan pengembangan monitoring dengan membuat aplikasi web agar pemantauan dapat dilihat dengan jelas dan bisa dilakukan secara jarak jauh. Gambaran sistem usulan dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut



Gambar 3.4 Gambaran Sistem Usulan

3.2.3 Cara Kerja Sistem

Berikut ini adalah cara kerja sistem alat pendeteksi performansi PV modul dan monitoring performansi PV modul yang akan dibuat dalam proyek akhir ini :

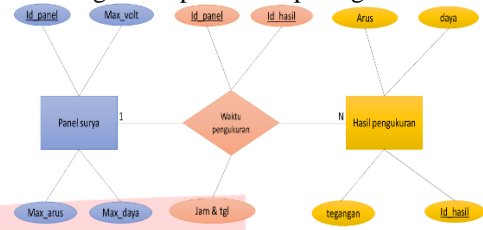
1. Sensor tegangan dan arus dihubungkan dengan Arduino sebagai sistem utama mendapatkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada panel surya.
2. Arduino UNO akan memproses data dan dihubungkan dengan modul komunikasi Xbee transmitter
3. Modul komunikasi Xbee transmitter melakukan pengiriman secara nirkabel (*wireless*) ke modul komunikasi Xbee Receiver.

Setelah tahapan kerja sistem alat pendeteksi performansi PV modul, selanjutnya kerja di sistem monitoring PV modul sebagai berikut :

4. Setelah Xbee receiver menerima data, data akan dikirimkan ke Raspberry Pi
5. Raspberry Pi sebagai sistem server untuk mengolah dan menyimpan data ke dalam *database* agar data bisa di akses di aplikasi web
6. Output dari sistem monitoring ini adalah data tegangan, arus dan daya yang sudah di olah dan disimpan di *database*
7. Data yang ditampilkan berupa table dan grafik
8. Pada waktu yang ditentukan akan ada notifikasi data ke email

3.1.4 ERD (Entity Relationship Diagram) sistem saat ini

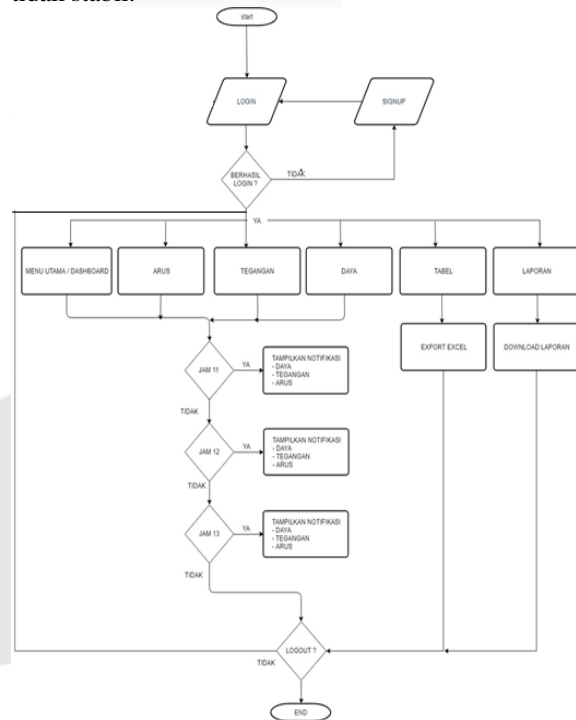
Berikut ini merupakan ERDiagram dari sistem monitoring yang akan dibuat dalam proyek akhir ini. ERDiagram dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 ERD (Entity Relationship Diagram) sistem saat ini

3.1.5 Flowchart Sistem Saat Ini

Pada gambar 3.6 di bawah merupakan gambaran flowchart sistem monitoring yang akan dibuat. Pada gambar 3.6 penjelasan flowchart sistem saat ini. Masuk ke halaman login, input *username* dan *password* secara benar, jika benar user akan masuk ke halaman menu atau dashboard apabila salah *user* akan kembali kehalaman login. Di dashboard ada menu tegangan, arus, daya, tabel, dan laporan. Pada saat jam 11, 12, dan 13 akan ada sistem notifikasi data tegangan, arus dan daya stabil, kurang stabil, dan tidak stabil.



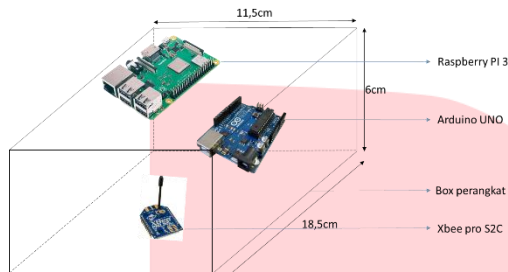
Gambar 3.6 Flowchart Sistem Saat Ini

3.1.6 Desain Titik Penerima

Fungsi titik penerima yaitu menerima data sensor yang dikirim oleh titik pengirim dan memproses data sensor. Data dari titik pengirim nantinya akan diterima oleh titik penerima dan dilakukan proses pembedaan data dari titik penerima satu atau dua. Data tersebut selanjutnya akan dipersiapkan untuk diproses oleh bagian *Monitoring*. Komponen penyusun titik penerima adalah:

- Arduino UNO 1 buah.
- XBee Pro S2C 1 buah.
- Raspberry PI3

Gambar 3.7 Menunjukkan desain dari titik penerima



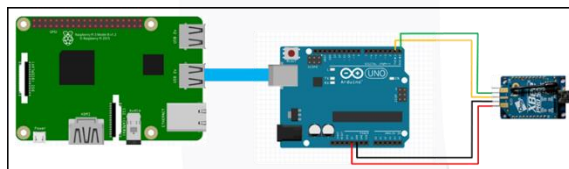
Gambar 3. 7 Desain Titik Penerima

4. Implementasi dan Pengujian

Implementasi adalah penerapan cara kerja sistem yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai skematik yang digunakan, dan menjelaskan alat yang telah dibuat serta menjelaskan pembuatan aplikasi untuk sistem *monitoring*.

4.1 Rangkaian Skematik

Berdasarkan pada bab sebelumnya, komunikasi yang digunakan adalah XBee S2C pro. Berikut gambaran skematik yang telah dibuat.



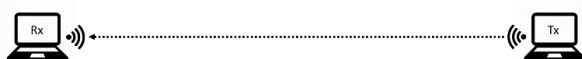
Gambar 4. 1 Rangkaian Skematik

4.2 Pengujian Xbee Pro S2C

Tujuan dilakukannya pengujian pada modul komunikasi XBee Pro S2C adalah untuk mengetahui jarak komunikasi yang dapat ditempuh oleh modul tersebut, sehingga dapat mengetahui seberapa jauh jarak efektif komunikasi Xbee untuk diimplementasikan di PLTS.

4.3 Skenario Pengujian Jarak Xbee

Pengujian dilakukan dengan Pengujian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu di lingkungan Telkom university. Pada gambar 4.2 dapat dilihat skenario pengujian LOS dan pada gambar 4.3 skenario pengujian non-LOS



Gambar 4. 2 skenario pengujian LOS



Gambar 4. 3 skenario pengujian non-LOS

Pada pengujian ini pengiriman data melalui Xbee dengan data yang berupa serial di Python Grabserial, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh Xbee yang digunakan dapat mengirim data.

4.4 Hasil Pengujian Jarak Xbee

Pada tempat dengan adanya hambatan, komunikasi XBee hanya dapat menjangkau jarak 195 meter. Gambar 4.4 merupakan jarak yang dapat dijangkau oleh XBee saat pengujian, di lokasi pengujian terdapat banyak pohon dan kendaraan yang terparkir di bahu jalan yang menyebabkan komunikasi hanya bisa mencapai jarak 195 m.



Gambar 4. 4 Jarak Pengujian non-LOS

Berikut adalah tabel pengujian XBee dengan lokasi banyak hambatan. Pada jarak 200 m status pengiriman XBee tidak terkirim dan tidak ada data serial yang diterima.

Tabel 4. 1 Status Pengiriman Pengujian non-LOS

Jarak	Status Pengiriman Data Serial	Tampilan Serial Monitor
10 m	Terkirim	
50 m	Terkirim	
100 m	Terkirim	
150 m	Terkirim	
195 m	Terkirim	
200 m	Tidak Terkirim	

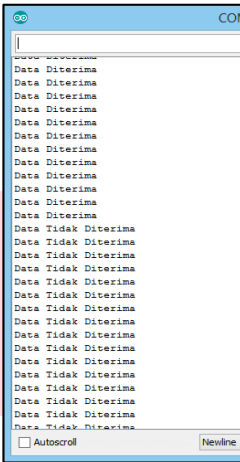
Pada tempat tanpa adanya hambatan, komunikasi XBee dapat menjangkau jarak 652 meter. Gambar 4.9 merupakan jarak yang dapat dijangkau oleh XBee saat pengujian di lokasi tanpa hambatan *line of sight* (LOS).



Gambar 4. 5 Jangkauan Jarak Pengujian LOS

Tabel 4. 2 menunjukkan status pengiriman data serial dari *transmitter* ke *receiver* saat pengujian di lokasi tanpa hambatan.

Tabel 4. 2 Status Pengiriman Pengujian LOS

Jarak	Status Pengiriman Data Serial	Tampilan Serial Monitor
10 m	Terkirim	
100 m	Terkirim	
200 m	Terkirim	
300 m	Terkirim	
400 m	Terkirim	
500 m	Terkirim	
550 m	Terkirim	
600 m	Terkirim	
652 m	Terkirim	
700 m	Tidak Terkirim	

4.5 Analisa Hasil Pengujian Xbee

Berdasarkan hasil pengujian komunikasi XBee jarak yang dapat dijangkau pada lokasi dengan adanya hambatan hanya mencapai 195 meter, hal tersebut terjadi karena sinyal komunikasi XBee terhambat oleh adanya penghalang berupa pepohonan dan kendaraan yang diparkir di bahu jalan di sekitar lokasi pengujian seperti diilustrasikan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 6 Sinyal Loss

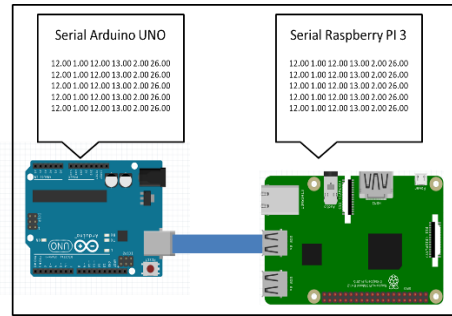
Hal tersebut terjadi karena komunikasi menggunakan sinyal radio pada frekuensi 2.4 GHz memerlukan jalur yang kosong agar komunikasi dapat berjalan lancar, apabila terdapat hambatan maka dapat terjadi refleksi pada sinyal atau kondisi sinyal menabrak benda penghalang merambat dan menjauhi penghalang.

4.6 Pengujian Pengiriman Data

Pengujian penerimaan data bertujuan untuk mengetahui data yang dikirimkan dari alat pendeteksi performansi. Data dari alat pendeteksi performansi yang diterima akan ditampilkan diserial Arduino UNO dan pada serial Raspberry PI 3 menggunakan aplikasi python grabserial. Data tersebut selanjutnya akan disimpan pada file berjenis txt.

4.7 Skenario Pengujian Penerimaan Data

Pengujian penerimaan data dilakukan dengan menampilkan data yang ada pada serial Arduino UNO di serial Raspberry PI 3 menggunakan aplikasi python grabserial. Data yang diterima adalah data tegangan, arus, daya dari panel surya A dan panel surya B kemudian data tersebut akan disimpan pada file berjenis txt.

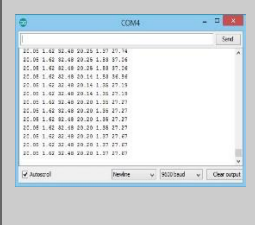
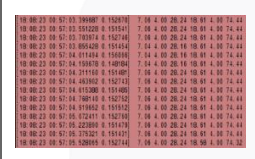
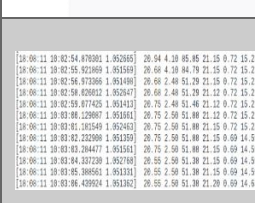


Gambar 4. 7 skenario pengujian penerimaan data

4.8 Hasil Pengujian Penerimaan Data

Berdasarkan pengujian penerimaan data pada serial Arduino UNO dan Rasperry PI yang diubah menjadi file txt dapat dilihat dari tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian penerimaan data

Pengujian penerimaan data	Penjelasan
	Tampilan pengujian penerimaan data pada serial monitor Arduino UNO, data yang diterima adalah data tegangan, arus, daya panel surya A dan panel surya B
	Tampilan pengujian penerimaan data pada python grabserial, data yang diterima adalah data tanggal, jam, tegangan, arus, daya panel surya A dan panel surya B
	Tampilan pengujian penerimaan data yang sudah tersimpan kedalam file berjenis txt, data yang diterima adalah data tanggal, jam, tegangan, daya, arus panel surya A dan panel surya B

berdasarkan pengujian data yang diterima berupa data tegangan, arus dan daya dari panel surya A dan panel surya B yang dikirimkan dari alat pendeteksi performansi photovoltaik.

4.9 Pengujian aplikasi web

Pengujian aplikasi web bertujuan untuk mengetahui data yang tersimpan didatabase dapat diuji pada setiap menu bar halaman web.

4.10 Skenario pengujian aplikasi web

Dalam skenario pengujian aplikasi web diuji pada setiap menu bar. Berikut adalah skenario pengujian pada aplikasi web.

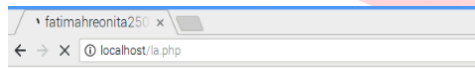
1. Tahap Awal
2. Dashboard
3. Menu Arus

- 4. Menu Tegangan
- 5. Menu Daya
- 6. Menu Tabel
- 7. Menu Laporan

4.11 Hasil Pengujian Aplikasi Web

Berdasarkan pengujian pada aplikasi web bertujuan untuk mengecek apakah semua menu telah berjalan sesuai dengan fungsi masing-masing menu bar. Pengujian dari aplikasi web sebagai berikut .

1. Tahap Awal
Merupakan halaman web yang berfungsi untuk mengambil data yang diterima modul komunikasi Xbee Receiver kemudian data dikirim ke halaman selanjutnya melalui metode GET untuk diproses.



Gambar 4. 8 Tahap Awal

2. Dashboard
Menu dashboard merupakan menu untuk menampilkan aplikasi monitoring panel surya. Pada gambar 4.9 tampilan dari menu dashboard.

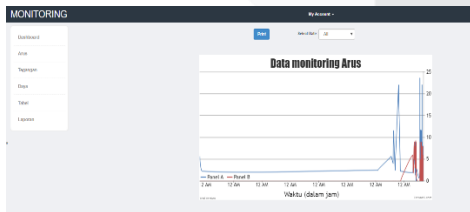


Gambar 4. 9 Dashboard

Data yang ditampilkan di dashboard adalah data tegangan, arus, daya dari panel surya A dan panel surya B dalam bentuk grafik.

3. Arus

Menu arus merupakan tampilan chart yang dihasilkan dari data sensor arus dengan berbentuk grafik, grafik berwarna biru adalah penerimaan data panel surya A dan Grafik yang berwarna Merah adalah penerimaan data panel surya B. Pada gambar 4.10 tampilan dari menu arus.



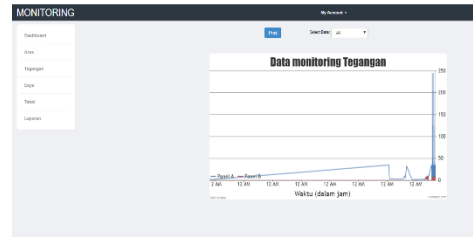
Gambar 4. 10 Arus

Data yang ditampilkan di menu arus adalah chart yang didapatkan dari sensor arus

4. Tegangan

Menu tegangan merupakan tampilan chart yang dihasilkan dari data sensor tegangan dengan berbentuk grafik, grafik berwarna biru adalah penerimaan data panel surya A dan Grafik yang berwarna Merah adalah

penerimaan data panel surya B.. Pada gambar 4.11 tampilan dari menu tegangan.

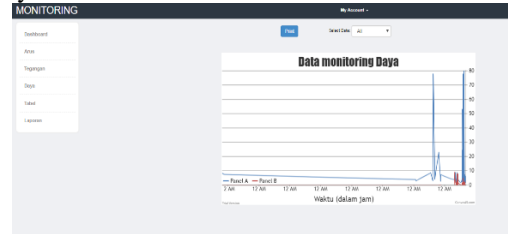


Gambar 4. 11 Tegangan

Data yang di tampilkan di menu tegangan adalah chart yang didapatkan dari sensor tegangan.

5. Daya

Menu daya merupakan tampilan chart yang dikalkulasikan dari data tegangan x arus dengan berbentuk grafik. Pada gambar 4.12 tampilan dari menu daya



Gambar 4. 12 Daya

Data yang ditampilkan dimenu daya adalah grafik yang di kalkulasikan dari data tegangan x arus. grafik berwarna biru adalah penerimaan data panel surya A dan Grafik yang berwarna Merah adalah penerimaan data panel surya B.

6. Tabel

Menu di tabel merupakan tampilan dari beberapa kolom, kolom no, tanggal, jam, arus, tegangan, daya panel surya A dan panel surya B. pada gambar 4.13 tampilan dari tabel monitoring.

Gambar 4. 13 Tabel

7. Laporan

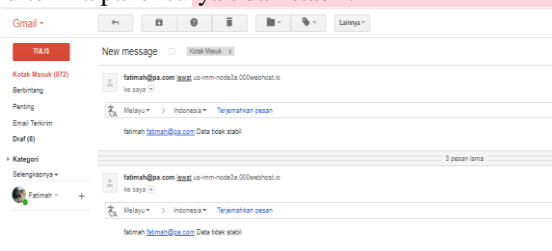
Menu laporan merupakan sistem yang membuat laporan datalog yang telah dimasukkan ke dalam database, semua data yang masuk ke dalam database dapat ditampilkan kedalam bentuk csv diantaranya tanggal, waktu, tegangan, arus, daya panel surya A dan panel surya B. Pada gambar 4.14 Dapat dilihat hasil dari laporan

No	Tanggal	Jam	Panel Surya A			Panel Surya B		
			Arus	Tegangan	Daya	Arus	Tegangan	Daya
1	7/31/2018	12:48:27	2.33	2.37	7.55	0	0	0
4	7/31/2018	12:48:27	2.33	2.37	7.55	0	0	0
5	7/31/2018	12:48:27	2.33	2.37	7.55	0	0	0
6	8/3/2018	12:48:27	2.33	2.37	7.55	0	0	0
7	8/3/2018	12:48:27	2.33	2.37	7.55	0	0	0
8	8/3/2018	6:00:00	2.33	2.37	7.55	0	0	0
9	7/30/2018	6:00:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
10	8/3/2018	6:01:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
11	7/30/2018	6:00:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
12	7/30/2018	6:00:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
13	8/3/2018	6:00:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
14	8/3/2018	6:00:00	5.68	3.55	8.66	0	0	0
15	7/30/2018	19:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
16	7/30/2018	19:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
17	8/3/2018	7:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
18	8/3/2018	19:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
19	8/3/2018	9:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
20	7/30/2018	19:00:00	9.89	10.44	3.24	0	0	0
21	7/30/2018	19:30:00	2.55	5.76	7.65	0	0	0

Gambar 4. 14 Laporan

8. Notifikasi

Notifikasi adalah fitur tambahan yang dirancang untuk memberikan informasi melalui email ketika data yang diterima panel surya tidak stabil.



Gambar 4. 15 Notifikasi

4.12 Pengujian pengiriman data ke aplikasi web

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan penerimaan data yang dikirimkan dari data txt ke database online.

4.13 Hasil Pengujian data pada aplikasi web

hasil pengujian pengiriman data ke aplikasi web dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4. 4 pengujian pengiriman data ke aplikasi web

Waktu	Kecepatan jaringan	gambar
3.13 detik		

Berdasarkan pengujian pada saat penerimaan data pada sistem monitoring terdapat delay. Hal tersebut terjadi karena pengiriman ke aplikasi web sangat tergantung pada kondisi jaringan internet. Data di atas membuktikan dengan kecepatan internet 10.60 Mbps membutuhkan waktu sebesar 3.13 detik untuk mengirim data ke aplikasi web.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil kesimpulan pembuatan SISTEM MONITORING PERFORMANSI PHOTOVOLTAIK MODUL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS WEB dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem monitoring diimplementasikan untuk mengetahui hasil tegangan, arus, daya yang

dihasilkan panel surya dan ditampilkan kedalam web monitoring

2. Sistem penerimaan data monitoring menggunakan alat Xbee pro S2C
3. Hasil pengujian dari alat yang diterima berupa data tegangan, arus, daya dari panel surya A dan B
4. Menggunakan Raspberry Pi sebagai server untuk mengolah dan menyimpan data dalam bentuk database agar dapat diakses melalui website.
5. Pada saat pengujian terdapat delay pada saat penerimaan data oleh modul monitoring

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil pembangunan sistem dan pengujian alat ini adalah

1. Penambahan fitur pengaturan waktu agar bisa di sinkronkan waktu pada saat penerimaan data
2. Pengembangan aplikasi web dengan menggunakan prosedur dan fungsi dalam sistem notifikasi agar web menjadi lebih efektif
3. Membuat aplikasi monitoring photovoltaik bersifat mobile (Aplikasi monitoring berbasis android)
4. Menambahkan monitoring IP kamera agar dapat mengawasi atau memantau keadaan sekitar lingkungan panel surya

Daftar Pustaka

[L. R. P. Yuriawan, "Peninjauan Lapangan PLTS," 1 Gili Trawangan, 2017.]

[D. S. Simon siregar, "Solar Panel and Battery 2 Street Light Monitoring system using GSM] Wireless Communication System," pp. 272-275, 2014.

[S. S. Muhammad Ikhsan Sani, "Web-Based 3 Monitoring And Control System For Aeroponics] Growing Chamber," p. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7814977/>, 2016.

[M. R. ., A. S. Damar Irawan, "PEMBANGUNAN 4 SISTEM MONITORING PENJADWALAN] PEMBERIAN MAKAN IKAN LELE BERBASIS SMS GATEWAY," pp. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:61Leaif-tFwJ:openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/137115/jurnal_eproc/pembangunan-sistem-monitoring-penjadwalan-pemberian-makan-ikan-lele-berbasis-sms-gateway.pdf+&cd=1&hl=id&ct=clnk&gl=id, 2017.

["Denkinosm," [Online]. Available: 5 <http://denkinosm.com/2016/09/06/apa-itu-panel-surya/>. [Accessed 2016].

- [[Online]. Available:
6 <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.
]
- ["Xbee Pro S2C," [Online]. Available:
7 <https://www.digi.com/resources/documentatio>
] <n/digidocs/pdfs/90002002.pdf>.
- [[Online]. Available:
8 <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3->
] [telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-](telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm)
] <lainnya.htm>. [Accessed 2015].
- [[Online]. Available:
9 <http://id.timedoor.net/dictionary/LAMP>.
]