

ALAT PENDETEKSI PERFORMANSI PHOTOVOLTAIC MODUL MENGGUNAKAN XBee SEBAGAI MODUL KOMUNIKASI

Lalu Rizky Pratama Yuriawan¹, Anang Sularsa², Giva Andriana Mutiara³

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

¹ rizkyyuriawan@telkomuniversity.ac.id, ² anangs@telkomuniversity.ac.id, ³ giva.andriana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLST) salah satu masalah yang masih dilakukan secara manual adalah pengukuran performansi photovoltaik modul. Pemeriksaan performansi dari photovoltaik modul dilakukan dengan cara manual yaitu dengan cara pengukuran langsung menggunakan multimeter. Dengan cara pemeriksaan secara manual tersebut dibutuhkan waktu dan tenaga kerja yang banyak. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuatlah alat pendeteksi photovoltaik modul menggunakan XBee sebagai modul komunikasi. Alat pendeteksi performansi memanfaatkan hasil baca sensor-sensor yang mendapatkan data tegangan dan arus pada PV modul. Alat yang dibuat dibagi menjadi tiga titik kerja berdasarkan fungsi utamanya yaitu titik penerima sebagai penerima & pengolah data performansi, titik pengirim satu sebagai pendeteksi data performansi dan mengirimkan data performansi ke titik penerima, dan titik pengirim dua sebagai pendeteksi data performansi dan mengirimkan data performansi ke titik penerima. Alat pendeteksi performansi dibuat menggunakan Arduino UNO, XBee Pro S2C, sensor *current transformer*, sensor tegangan, dan LCD 16x2. Sumber daya listrik untuk alat pendeteksi berasal dari daya *power bank* yang disambungkan ke alat pendeteksi performansi. Masukan dari alat ini adalah data arus yang dideteksi oleh sensor *current transformer* dan data tegangan yang dideteksi oleh sensor tegangan. Data performansi selanjutnya akan diubah menjadi kode yang mewakili data performansi titik pengirim satu atau dua. Berdasarkan hasil pengujian alat ini dapat memperoleh data performansi dan berhasil mengirimkan data ketitik penerima menggunakan radio frekuensi melalui modul XBee Pro S2C.

Kata kunci— photovoltaic, performansi, nirkabel, sensor.

Abstract— *In the Solar Power Plant one of the problems that is still manually is the performance measurement of module photovoltaics. The performance check of the photovoltaic module is done manually, namely by using a direct measurement method using a multimeter. By manually checking it requires a lot of time and labor. Based on these problems, a photovoltaic module detection device is made using XBee as a communication module. The performance detection device utilizes the readings of the sensors that get the voltage and current data in the PV module. The tool made is divided into three working points based on its main function, namely the receiving point as the receiver of performance data processing, the sending point one as a detector of performance data and sending performance data to the receiving point, and two sending points as a detector of performance data and sending*

performance data to the point receiver. The performance detection tool is made using Arduino UNO, XBee Pro S2C, current transformer sensor, voltage sensor, and 16x2 LCD. The power source for the detector comes from the power of the bank which is connected to the performance detector. The input from this device is the data current detected by the current transformer sensor and the voltage data detected by the voltage sensor. Performance data will then be converted into code that represents the performance data of the sender point one or two. Based on the results of testing this tool can obtain performance data and make the performance data of the initialization code before being sent to the receiver.

Keyword : photovoltaic, performance, wireless, sensor

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari matahari. PLTS menggunakan PV (Photovoltaik) modul untuk menghasilkan energi listrik, dengan cara mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga surya sangatlah berpotensi menghasilkan energi listrik yang baik karena Indonesia mendapat intensitas cahaya matahari yang sangatlah banyak setiap tahunnya.

Pada laporan kegiatan yang berjudul Laporan Peninjauan Lapangan PLTS Gili Trawangan yang disusun oleh Lalu Rizky Pratama Yuriawan dan dilakukan 9 juni s.d 15 juni 2017 tersebut banyak gejala-gejala yang terjadi pada PLTS yang menyebabkan kurangnya performansi PLTS. Gejala-gejala pada PLTS paling banyak terjadi pada bagian PV modul yang mengalami kerusakan akibat kurangnya perawatan dari pihak pengelola. Kerusakan pada PV modul seperti *microcrack* dan *oksidasi* pada lapisan, hal itu dapat menyebabkan kurangnya cahaya matahari yang masuk untuk diproses menjadi energi listrik yang akan mempengaruhi daya hasil. Untuk mencegah kerusakan pada lapisan PV modul dilakukanlah pembersihan dan pemeriksaan daya hasil berkala pada PV modul untuk mengetahui daya hasilnya. Pemeriksaan daya hasil pada PV masih dilakukan manual oleh operator dan petugas pemeliharaan PLTS dengan cara pengukuran tegangan pada setiap *array* dan setiap PV yang bermasalah. Pemeriksaan kinerja PV modul dilakukan dengan kurun waktu yang lama karena jumlah PV sangat banyak sedangkan sumber daya manusia yang sedikit. [1]

Dari hasil laporan peninjauan di atas dapat disimpulkan pada PLTS masih belum dapat mengetahui performansi dari PV modul secara berkala dikarenakan pengukuran performansi masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu dibuatlah alat pendeteksi performansi PV modul menggunakan Xbee sebagai modul komunikasi sensor yang akan memberikan

Dengan membuat alat pendeteksi performansi Photovoltaik modul menggunakan Xbee sebagai modul komunikasi (*Performance Detector For Solar Cell Using Xbee as Communication Module*). Alat ini memanfaatkan hasil pengukuran sensor yang akan dikirim melalui media udara dan menampilkannya melalui *WEB monitoring*

data performasi PV modul secara berkala.



1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat alat pendeteksi performansi PV modul agar dapat memperoleh informasi performansi secara berkala ?
2. Bagaimana cara memanfaatkan data dari sensor tegangan dan arus agar dapat memperoleh informasi performansi PV modul ?
3. Bagaimana pengiriman data sensor dari Arduino sampai ke raspberry PI 3 ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya alat ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh informasi performansi PV modul secara berkala.
2. Menggunakan modul komunikasi berbasis RF (Radio Frekuensi) berjenis XBee untuk mengirim data sensor.

1.4 Batasan Masalah

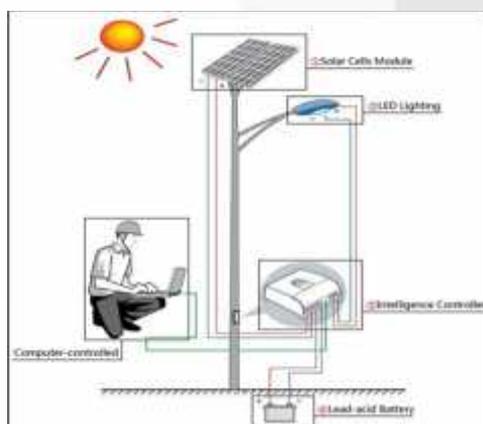
Untuk membatasi meluasnya bahasan masalah yang akan diteliti, maka dibatasi masalah yang berkaitan dengan perancangan dan implementasi alat pendeteksi ini, yaitu sebagai berikut.

1. Menggunakan sensor tegangan dan *current transformer* untuk memperoleh data performansi PV modul.
2. Pengiriman data sensor melalui gelombang radio dengan modul XBee.
3. Sensor tegangan hanya mampu membaca tegangan kurang dari 25 volt.
4. Sensor arus hanya mampu membaca arus kurang dari 100 ampere.
5. Tidak mendeteksi kerusakan pada PV modul.
6. Alat masih berupa prototype sederhana.

1. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya, terdapat perancangan suatu *Prototype Solar Cell Panel and Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wirelles Communication System*, prototipe yang dibuat dapat mengontrol lampu jalan yang menggunakan panel surya dan GSM nirkabel, mendapatkan informasi dari sensor tegangan dan arus menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan sistem komunikasi GSM memungkinkan untuk memantau baterai maupun panel surya. Informasi dari sensor arus dan tegangan kemudian diproses oleh mikrokontroler [3]. Pada Gambar 2.1 terdapat blok diagram sistem pada penelitian sebelumnya.



Gambar 1. 1 Blok Diagram Penelitian Sebelumnya[2]

2.2. Teori

2.2.1. Arduino UNO

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (*developmentboard*) mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena *board* ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit mikrokontroler [4]. Gambar arduino UNO dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 1 Arduino UNO

Spesifikasi dari Arduino UNO dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino UNO

| Uraian | Value |
|------------------------|--------|
| Tegangan Operasi | 5V |
| Arus Input (maksimal) | ~120mA |
| Arus Output (maksimal) | ~400mA |
| Frekuensi | 16 MHz |
| Pin Digital | ~30 |
| Pin Analog | ~6 |
| Kecepatan Komunikasi | ~28800 |
| Memori (RAM) | ~2KB |
| Memori (Flash) | ~32KB |
| Kecepatan Komunikasi | ~28800 |
| Kecepatan Komunikasi | ~28800 |

2.2.2. 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.



Gambar 2. 3 XBee Pro S2C

Spesifikasi XBee Pro S2C diperoleh dari datasheet modul XBee Pro S2C, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi XBee Pro S2C

| | |
|------------------------------|--------------------------|
| Jangkauan Komunikasi Indoor | Up to 90 m |
| Jangkauan Komunikasi Outdoor | Up to 3200 m |
| 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 |

2.2.3. Sensor Arus (Current Transformer)

Current transformer adalah sensor yang dapat mengukur besaran arus pada suatu sistem kelistrikan. Sensor ini dapat mengukur arus listrik DC maupun AC

dengan daya ukur sampai 100 ampere. *Current transformer* umumnya terdiri dari sebuah inti besi yang dililiti oleh konduktor beberapa ratus kali. Keluaran dari skunder biasanya adalah 1 sampai 5 ampere, ini di tunjukan dengan rasio yang dimiliki *current transformer* tersebut. Pada sensor yang digunakan pada proyek akhir ini memiliki cara kerja yang mudah, yaitu hanya mengaitkan sensor pada kabel positif dan dapat mengukur arus sampai dengan 100 ampere [6]. Sensor arus dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 2 Sensor Arus (*current transformer*)

Tabel 2.3 merupakan spesifikasi dari *current transformer*.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Arus (*current transformer*)

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Input Current | 0-100A AC / DC |
| Output mode | 0-50mV/5s |
| Linearity | ±5% |
| Turn ratio | 0.05A |
| Isolation grade | Grade II |
| Dielectric strength | 1000V DC/1min 5mA |
| Loading error at full scale | 1% |
| Clamp size | 13mm x 12mm |

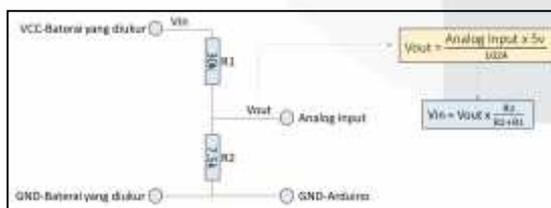
2.2.4. Sensor Tegangan 25 V

Sensor tegangan 25 V merupakan alat pendeteksi tegangan yang bekerja dengan mengimplementasikan hukum pembagi tegangan, berdasarkan pada *datasheet* sensor tegangan, resistor yang digunakan pada sensor adalah sebesar 30k Ohm dan 7.5k Ohm[13]. Sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Sensor Tegangan

Berikut ini adalah skematik sensor tegangan dan rumus untuk mencari tegangan yang dideteksi oleh sensor pada Gambar 2.8, rumus pembagi tegangan tersebut dapat diimplementasikan pada program Arduino.



Gambar 2. 8 Skematik Sensor Tegangan dan Rumus Pembagi Tegangan

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Analisis

3.3.1 Gambaran Sistem Saat ini

Pada sistem saat ini pengukuran performansi PV modul masih dengan cara manual dengan menggunakan *multimeter*. Untuk pendapat data performansi pekerja lapangan mengukur data arus dan tegangan pada PV modul. Pemeriksaan data performansi dilakukan pada siang hari dan membutuhkan

waktu yang lama dikarenakan jumlah PV modul yang sangat banyak [1].

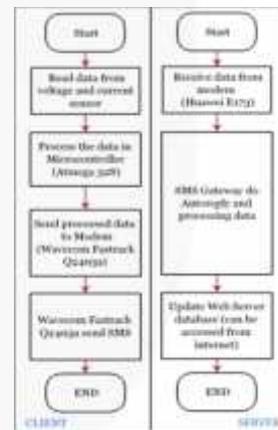


Gambar 3.1 Gambaran Sistem Saat Ini

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat suatu prototipe dengan sistem kerja yang berbasis pada mikrokontroler, fungsionalitas sistem tersebut seperti berikut.

1. Sistem berbasis mikrokontroler.
2. Sistem dapat mendeteksi persentase baterai dan arus.
3. Sistem dapat mengontrol lampu jalan yang sumber dayanya adalah panel surya.
4. Sistem dapat mengirim data persentase baterai dan arus menggunakan modul GSM.

Secara garis besar cara kerja *Prototype Solar Cell Panel and Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wireless Communication System* [3]. Sistem sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Prototipe Solar Cell And Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wireless Communication System

Cara kerja sistem adalah mendeteksi data performansi pada panel surya dan data voltase dari baterai. Selanjutnya data akan diproses oleh mikrokontroler. Setelah diproses oleh mikrokontroler selanjutnya data akan dikirim melalui modul GSM kebagian *server* menggunakan Huawei E173 modem.

3.3.2 Gambaran Sistem Usulan

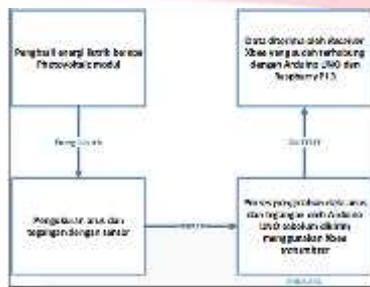
Berdasarkan analisis kebutuhan fungsionalitas dan non fungsionalitas maka alat pendeteksi performansi yang dirancang terdiri dari tiga titik kerja yaitu dua titik pengirim data performansi dan titik penerima data performansi. Penamaan titik kerja berdasarkan pada fungsi utama titik kerja di dalam alat pendeteksi performansi.

- a. Titik pengirim data (*receiver*), fungsi utama titik pengirim data adalah mendeteksi performansi dari

PV modul dan memproses data tersebut agar siap dikirim. Titik ini tersusun dari Arduino UNO, XBee Pro S2C, sensor tegangan, *current transformer*, dan LCD 16x2

- b. Titik penerima data (*transmitter*), fungsi utama penerima adalah menerima data tegangan dan arus. Data tersebut akan diproses untuk membedakan data dari titik pengirim satu atau titik pengirim dua. Selanjutnya data tegangan dan arus akan diolah agar mendapatkan data daya. Data performansi akan diproses lagi agar siap masuk ke *database* (Raspberry PI 3). Titik ini tersusun dari Arduino UNO dan XBee Pro S2C.

Modul komunikasi yang digunakan pada alat yang diusulkan adalah XBee Pro S2C. Alat pendeteksi performansi ini memanfaatkan sensor tegangan dan *current transformer* sebagai parameter bekerja atau tidaknya PV modul dan Arduino UNO sebagai mikrokontroler di setiap titik kerja. Sumber listrik untuk mikrokontroler berasal dari *power bank*. Blok diagram sistem usulan dapat dilihat pada Gambar 3. 3



Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Usulan

3.3.3 Topologi Sistem

Alat pendeteksi performansi ini dibagi menjadi tiga titik kerja yaitu dua titik pengirim dan satu titik penerima ditempatkan di sistem pembangkit listrik tenaga matahari sesuai dengan fungsi masing-masing titik. Gambar 3. 4 merupakan topologi sistem dengan 3 titik kerja.



Gambar 3. 4 Topologi Sistem Usulan

3.3.4 Cara Kerja Sistem

Dalam alat pendeteksi performansi ini dibutuhkan masukan yang dibaca oleh sensor tegangan dan arus. Berdasarkan Gambar 3. 4 terdapat 4 masukan yang diambil dari 2 sensor tegangan dan 2 sensor arus.

Gambar 3.4 adalah topologi dari keseluruhan sistem. Perancangan sistem ini terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras pada alat pendeteksi performansi meliputi sensor dua tegangan, dua sensor arus, tiga arduino UNO, tiga modul RF XBee, dan Raspberry PI 3. Perangkat keras yang menjadi inti bagian input adalah pengukuran arus dan tegangan yang dilakukan oleh sensor *current transformer* dan sensor tegangan. Setelah data arus dan tegangan telah diperoleh, selanjutnya akan dilakukan proses pengolahan data sebelum dikirim oleh transmitter XBee. Data yang diproses adalah data arus dan tegangan yang nilainya masih perlu diolah oleh arduino

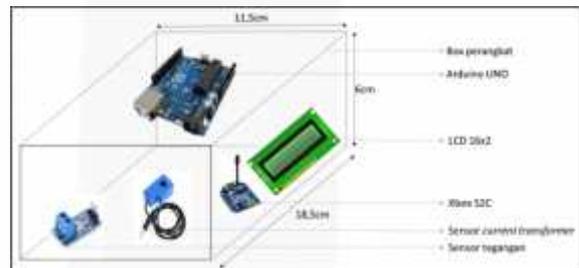
UNO. Jika data sudah siap dikirim, selanjutnya akan dilakukan pengiriman data yang dilakukan oleh arduino UNO menggunakan *transmitter* XBee. Pengiriman data oleh transmitter XBee dilakukan secara nirkabel (*wireless*). Setelah data sudah terkirim maka akan diterima oleh *reciver* XBEE yang terhubung dengan Arduino UNO untuk selanjutnya diproses untuk masuk ke Raspberry PI3. Data yang telah diterima oleh Raspberry PI3 selanjutnya akan diolah untuk proses Monitoring Performansi Photovoltaik Modul.

3.3.3.1 Desain Titik Pengirim

Fungsi utama titik penerima adalah membaca dan mengolah data sensor tegangan dan arus untuk siap dikirim melalui XBee. Komponen utama titik pengirim adalah :

-) Arduino Nano 1 buah.
-) XBee Pro S2C 1 buah.
-) Sensor tegangan.
-) Sensor *current transformer*.
-) LCD 16x2
-) Power bank 1 buah.

Untuk menyimpan komponen tersebut dibutuhkan wadah, pada kasus ini wadah yang digunakan berupa kotak berukuran 18,4cm x 11,5cm x 6cm. Sebagai wadah penyimpanan alat, kotak dilubangi dengan ukuran yang sesuai kebutuhan. Lubang tersebut berfungsi untuk mengeluarkan kabel sensor, menampilkan data yang diperoleh melalui LCD 16x2, dan *input* daya untuk Arduino UNO. Desain alat untuk titik pengirim diilustrasikan pada Gambar 3. 5.



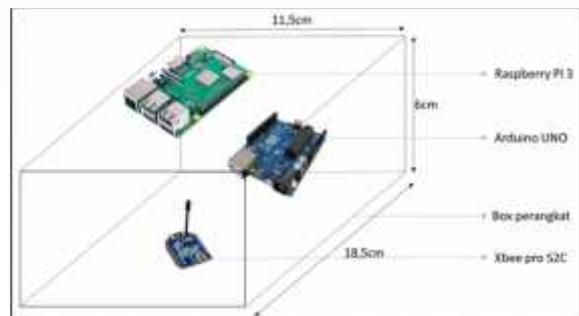
Gambar 3. 5 Desain Alat Titik Pengirim 1&2

3.3.3.2 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 di terima oleh titik penerima dan dilakukan proses pembedaan data dari titik penerima satu atau titik penerima dua. Data tersebut selanjutnya akan dipersiapkan untuk di proses oleh bagian *Monitoring*. Komponen penyusun titik penerima adalah:

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

Gambar 3.6 Menunjukkan desain dari titik penerima.

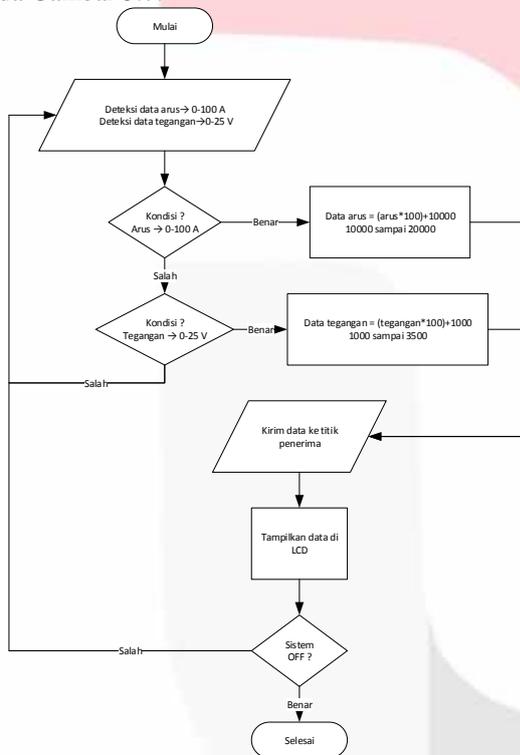


Gambar 3. 6 Desain Alat Titik Penerima

3.3.3.3 Diagram Alir dan Kode Komunikasi Serial

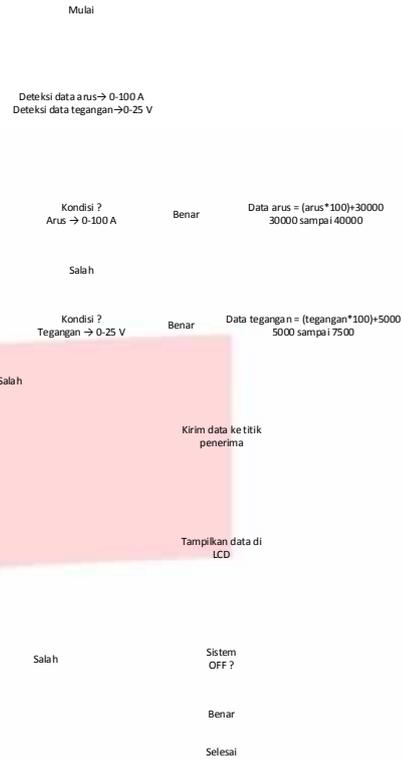
Pada sistem ini setiap kondisi yang diperoleh dari sensor arus dan sensor tegangan diubah menjadi bentuk kode, kemudian kode tersebut dikirim dari titik pengirim sampai ke titik penerima. Kode tersebut diproses untuk menentukan keluaran yang sesuai dengan kode, berikut adalah kode yang dikirim dan diterima dari setiap titik.

Pada titik pengirim satu terdapat sensor *current transformer* dan sensor tegangan yang mendeteksi performansi dari PV modul. Data performansi akan diubah menjadi kode sesuai pada tabel kode data serial dan akan dikirim secara nirkabel ke titik penerima. Diagram alir cara kerja titik pengirim satu dapat dilihat pada Gambar 3.7.



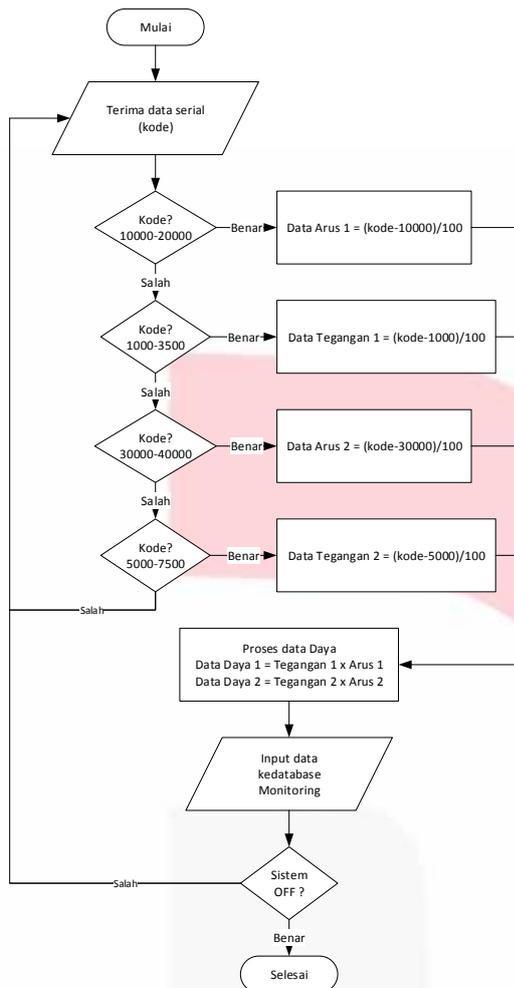
Gambar 3. 7 Diagram Alir Titik Pengirim Satu

Pada titik pengirim dua terdapat sensor *current transformer* dan sensor tegangan yang mendeteksi performansi dari PV modul. Data performansi akan diubah menjadi kode sesuai pada tabel kode data serial dan akan dikirim secara nirkabel ke titik penerima. Diagram alir cara kerja sensor arus di titik pengirim dua dapat dilihat pada Gambar 3.8 .



Gambar 3. 8 Diagram Alir Titik Pengirim Dua

Pada titik penerima terdapat Xbee S2C, Arduino UNO, dan Raspberry PI 3 yang akan menerima data performansi dari titik pengirim satu dan dua. Data yang masih berupa kode akan diproses lagi agar kembali ke data semula. Fungsi dari data yang di ubah menjadi kode adalah menginisialisasikan data arus dan tegangan agar dapat dibedakan data tersebut berasal dari pengirim satu atau dua. Berikut adalah diagram alir cara kerja titik penerima pada Gambar 3.9



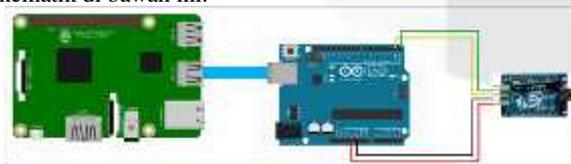
Gambar 3. 9 Diagram Alir Titik Penerima

4. Implementasi dan Pengujian

Rangkaian skematik alat dibuat menggunakan software EAGLE, setiap komponen dihubungkan berdasarkan datasheet masing-masing komponen.

4.1 Rangkaian Skematik Titik Penerima

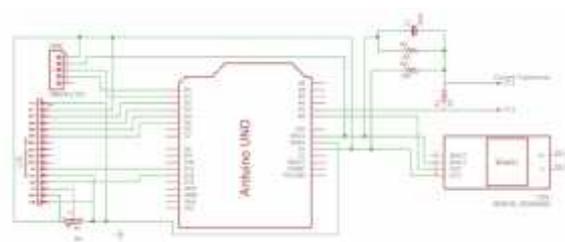
Berikut adalah rangkaian skematik titik penerima pada Gambar 4.1, pada rangkaian tersebut terdapat komponen utama yaitu Arduino UNO, XBee pro S2C, dan Raspberry PI 3 . Rangkaian skematik ini dibuat dengan menghubungkan pin di setiap modul sensor ke pin Arduino baik digital maupun analog sesuai dengan fungsinya, selanjutnya dapat dibuat prototipe alat titik penerima berdasarkan rangkaian skematik di bawah ini.



Gambar 4. 1 Rangkaian Skematik Titik Penerima

4.2 Rangkaian Skematik Titik Pengirim Satu

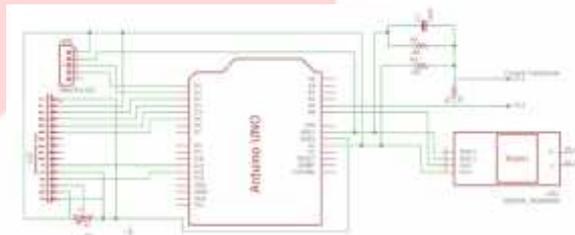
Gambar 4.2 adalah rangkaian skematik titik Pengirim satu, komponen utama dari rangkaian ini adalah Arduino nano, XBee Pro S2C, sensor *current transformer*, dan sensor tegangan. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan fungsi pin pada masing-masing *datasheet*, berikut adalah rangkaian skematik titik pengirim satu.



Gambar 4. 2 Rangkaian Skematik Titik Pengirim Satu

4.3 Rangkaian Skematik Titik Pengirim dua

Gambar 4.3 adalah rangkaian skematik titik Pengirim dua, komponen utama dari rangkaian ini adalah Arduino nano, XBee Pro S2C, sensor *current transformer*, dan sensor tegangan. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan fungsi pin pada masing-masing *datasheet*, berikut adalah rangkaian skematik titik pengirim dua.



Gambar 4. 3 Rangkaian Skematik Titik Pengirim Dua

Prototipe dari setiap titik dibuat berdasarkan pada desain masing-masing titik kerja pada sistem, pembuatan modul pada setiap titik berdasarkan pada rangkaian skematik alat yang dijelaskan pada sub bab 4.1.

4.4 Prototipe Titik Penerima

Pada modul titik penerima tidak digunakan bahan lain kecuali *jumper* dan kabel USB untuk menghubungkan perangkat. Arduino UNO dan XBee Pro S2C dipasangkan menggunakan *jumper* yang dipasangkan pada kedua perangkat. sedangkan penghubung antara Arduino UNO dan Raspberry PI3 menggunakan *port serial* pada Arduino yang dihubungkan langsung ke-*port USB* Raspberry PI 3 menggunakan kabel. Berikut adalah prototipe alat yang dibuat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Prototipe Modul Titik Penerima

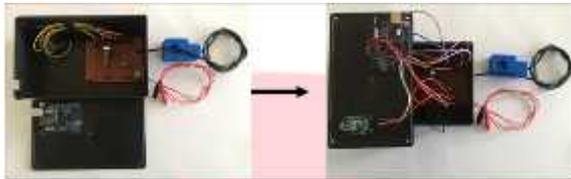
Prototipe alat titik Penerima dibuat menggunakan *box* berukuran 18,5cm x 11,5cm x 6cm untuk wadah komponen. *Prototype* alat titik penerima dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Prototipe Alat Titik Penerima

4.5 Prototipe Titik Pengirim Satu

Untuk membuat modul titik penerima satu digunakan *single side* PCB. Pada PCB dibuat rangkaian yang mengontrol LCD 16x2 dan sensor *current transformer*. Pada PCB juga terdapat *pin* yang digunakan untuk memberikan VCC dan *ground* bagi perangkat lain. Arduino UNO dihubungkan ke perangkat lain menggunakan *jumper* agar data dapat tersalurkan dengan baik. *Prototipe* pada titik pengirim satu dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Prototipe Modul Titik Pengirim Satu

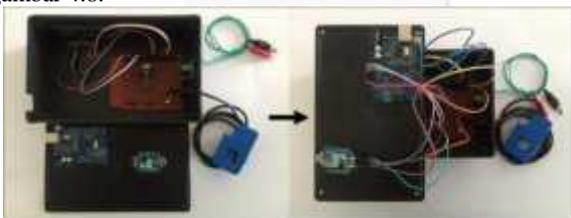
Gambar 4.7 merupakan prototipe alat titik pengirim satu dibuat menggunakan *box* berukuran 18,5cm x 11,5cm x 6cm untuk wadah komponen. Penempatan sensor *current transformer* dan sensor tegangan disesuaikan dengan cara kerja sensor tersebut.



Gambar 4. 7 Prototipe Modul Titik Pengirim Satu

4.6 Prototipe Titik Pengirim Dua

Untuk membuat modul titik pengirim dua digunakan *single side* PCB. Pada PCB dibuat rangkaian yang mengontrol LCD 16x2 dan sensor *current transformer*. Pada PCB juga terdapat *pin* yang digunakan untuk memberikan VCC dan *ground* bagi perangkat lain. Arduino UNO dihubungkan ke perangkat lain menggunakan *jumper* agar data dapat tersalurkan dengan baik. *Prototipe* pada titik pengirim dua dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Prototipe Modul Titik Pengirim Dua

Gambar 4.9 merupakan *prototype* alat titik pengirim satu dibuat menggunakan *box* berukuran 18,5cm x 11,5cm x 6cm untuk wadah komponen. Penempatan sensor *current transformer* dan sensor tegangan disesuaikan dengan cara kerja sensor tersebut.



Gambar 4. 9 Prototipe Alat Titik Pengirim Dua

4.7 Pengujian Sistem Alat Pendeteksi Performansi

Tujuan utama pengujian alat pendeteksi performansi tanpa *monitoring* adalah untuk memastikan informasi data performansi dari titik pengirim satu dan titik pengirim dua dapat diterima oleh titik penerima. Dengan dilakukannya

pengujian dapat diketahui seberapa besar kesalahan yang ditemukan pada alat sehingga dapat diminimalisir dengan perbaikan dalam perangkat keras atau perangkat lunak.

Pengujian alat pendeteksi performansi dilakukan pada pembangkit tenaga surya dengan daya hasil 200 Wp dengan memanfaatkan dua photovoltaik modul dengan daya hasil 100 W. Gambar 4. 10 merupakan pembangkit tenaga surya yang dijadikan tempat pengujian



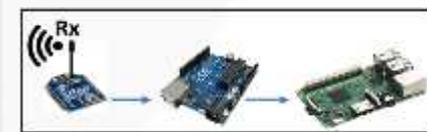
Gambar 4. 10 Lokasi Pengujian Alat Pendeteksi Performansi

Pada tahap pengujian alat, bagian dari alat yaitu titik pengirim satu dan pengirim dua mendeteksi performansi dari photovoltaik modul yang berbeda. Titik kerja pengirim satu dan dua menggunakan power bank yang sama sehingga alat tidak bisa diletakan terlalu jauh antara titiknya. Skema Pengujian titik pengirim satu dan titik pengirim dua dapat dilihat pada gambar 4. 11.



Gambar 4. 12 Skema Pengujian Titik Pengirim 1 & 2

Skema pengujian saat titik penerima berada di kolom dapat dilihat pada Gambar 4. 13.



Gambar 4. 13 Skema Pengujian Titik Penerima

4.8 Hasil Pengujian Alat Pendeteksi Performansi

Saat pengujian dilakukan, sensor pada titik pengirim satu dan dua dapat memperoleh data performansi yaitu tegangan dan arus pada photovoltaik modul. Ketika data performansi telah diperoleh selanjutnya data tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan akan diubah menjadi kode sebelum dikirim ketitik penerima menggunakan Xbee Pro S2C. Data yang masih berbentuk kode akan diterima oleh titik penerima dan akan diubah kembali menjadi data performansi. Data performansi selanjutnya akan disusun sedemikian rupa sebelum masuk kebagian Monitoring Photovoltaik Modul. Berikut adalah hasil pengujian pada Tabel 4. 1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat Pendeteksi Performansi

| Coba | Titik Pengirim | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 | Titik 4 | Titik 5 |
| 1 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 1, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 1, Point 1-5. | | | | |
| 2 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 2, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 2, Point 1-5. | | | | |
| 3 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 3, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 3, Point 1-5. | | | | |
| 4 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 4, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 4, Point 1-5. | | | | |
| 5 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 5, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 5, Point 1-5. | | | | |
| 6 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 6, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 6, Point 1-5. | | | | |
| 7 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 7, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 7, Point 1-5. | | | | |
| 8 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 8, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 8, Point 1-5. | | | | |
| 9 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 9, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 9, Point 1-5. | | | | |
| 10 | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 10, Point 1-5. | | | | |
| | Screenshot of LCD display showing performance data for Trial 10, Point 1-5. | | | | |

4.9 Analisa Hasil Pengujian Alat Pendeteksi Performansi

Berdasarkan hasil pengujian, adanya sinyal interferensi yang berasal dari XBee pada rangkaian prototype alat yang menyebabkan nilai pembacaan sensor current transformer tidak stabil. Data yang tidak stabil yang dimaksud adalah selisih antara data pertama dan seterusnya. Data arus juga masih kurang tepat karena tidak ada perangkat lain untuk kalibrasi sensor current transformer. Kalibrasi sensor bertujuan untuk memastikan nilai perolehan sensor sudah tepat.

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat keterlambatan penerimaan (delay) data pada titik penerima. Pada saat pengujian alat pendeteksi performansi, data-data performansi tidak masuk secara bersamaan namun satu persatu dan data performansi juga berubah satu persatu. Diterimanya data performansi pada titik penerima masih secara acak, pada beberapa kali pengujian data performansi diterima secara acak namun lama kelamaan akan diterima semua.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada alat pendeteksi performansi, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat pendeteksi yang berhasil diterapkan secara baik memiliki karakteristik seperti berikut.
 - a. Sensor tegangan dapat mendeteksi data performansi dengan ketepatan yang mendekati pengukuran multimeter.

- b. Sensor *current transformer* mendeteksi data performansi dengan ketepatan yang mendekati pengukuran multimeter.
 - c. Data performansi yang ditampilkan oleh LCD 16x2 merupakan data performansi yang diperoleh sensor tegangan dan *current transformer*.
 - d. Data performansi perlu diubah menjadi kode sebelum dikirim dengan tujuan membedakan jenis data performansi dan membedakan data dari titik pengirim.
2. Komunikasi nirkabel berbasis radio frekuensi yang berhasil diterapkan pada alat pendeteksi performansi memiliki karakteristik seperti berikut.
 - a. Pengiriman data antara titik pengirim dan penerima dapat dikirim dengan jarak yang jauh jika sinyal tidak terhalang benda apapun, pada pengujian alat pendeteksi performansi dilakukan dengan kondisi sinyal terhalang oleh bangunan.
 - b. Alat pendeteksi performansi dapat berkomunikasi dari titik pengirim satu dan dua ke titik penerima dengan *delay* penerimaan data di titik sekitar 2 sampai 3 detik per-datanya.
 - c. Kode data performansi yang dikirim disesuaikan susunannya untuk mempermudah penempatan data pada variabel Monitoring performansi.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian alat pendeteksi performansi ini disarankan untuk mendalami penggunaan berbagai protokol komunikasi XBee untuk meminimalisir *delay*. Penggunaan sensor arus, dan sensor tegangan dengan kualitas yang lebih baik agar pembacaan nilai analog dari objek yang deteksi lebih stabil dan akurat. Untuk mengatasi sinyal interferensi yang berasal dari XBee pada rangkaian modul prototipe yang menyebabkan nilai pembacaan sensor tidak stabil maka disarankan untuk menggunakan rangkaian *instrumentation-amplifiers* untuk memperkuat pembacaan tegangan input pada mikrokontroler dan menolak sinyal interferensi [8].

Daftar Pustaka

- [1] L. R. P. Yuriawan, "Laporan Peninjauan Lapangan PLTS," Gili Trawangan, 2017.
- [2] D. Kho. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>. [Diakses 2018].
- [3] D. S. simon siregar, "Solar panel and battery street light monitoring system using GSM wireless communication system," pp. 272-275, 2014.
- [4] ecadio. [Online]. Available: <http://ecadio.com/mengenal-dan-belajar-arduino-uno-r3>.
- [5] "DIGI," [Online]. Available: https://www.digi.com/resources/documentation/digi_docs/pdfs/90002002.pdf. [Diakses 2002].
- [6] [Online]. Available: <https://www.electronicstutorials.ws/transformer/current-transformer.html>.
- [7] [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/>. [Diakses 2018].
- [8] H.Sino, Electromagnetic Interface (EMI) Filtering Reduces Errors in Precision Analog Application, 2011, pp. 1-3.