

Pengembangan Database Sistem Pemantauan Daya Panel Surya Berbasis Borland Delphi dan Komunikasi Nirkabel LoRa

Development of a Photovoltaic Monitoring System Database Based on Borland Delphi and LoRa Wireless Communication

Rachmadi Setiawan^{1*}, Citra Dewi Megawati², Bima Romadhon Parada Dian Palevi³, Sirojul Hadi⁴

^{1,3}Institut Teknologi Nasional Malang

²Universitas Brawijaya Malang

⁴Universitas Bumigora

rachmadi@lecturer.itn.ac.id^{1*}, citramegawati@ub.ac.id², bimarpd@lecturer.itn.ac.id³,

sirojulhadi@universitasbumigora.ac.id⁴

Submitted: 23 Mei 2022, Revised: 11 Juni 2022, Accepted: 29 Juni 2022

Abstrak – Perangkat lunak database pemantauan yang kami kembangkan memanfaatkan daya tarik teknologi untuk memotivasi mahasiswa dan membantu peneliti melakukan analisis data. Sistem ini dirancang pada sistem operasi Windows dan terdiri dari board akuisisi data, catu daya, pemrosesan data, sensor, perangkat komunikasi radio, GUI dan sistem database. Board akuisisi dibangun dari platform Node MCU. Secara praktis, sistem ini bekerja dengan melakukan pengukuran pada PV dan lingkungan sekitar menggunakan sensor. Database pemantauan digunakan untuk menyimpan data hasil pengukuran kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel pada GUI. Dalam hal ini, peneliti dapat memperoleh kurva karakteristik V-I, sehingga dapat membantu pengamatan, pengumpulan data dan memahami prinsip kerja PV. Pada hasil uji coba yang telah dilakukan pada sistem database pemantauan daya panel surya berbasis komunikasi radio LoRa, sistem mampu berkomunikasi dengan baik antara bagian transmitter dan receiver pada frekuensi radio 433 MHz dan jarak 0 hingga 900 meter. Baud rate 38400 digunakan karena memiliki kecepatan transfer data yang tinggi dengan tingkat rata-rata error yang rendah. Dalam pengujian database, data dapat ditampilkan dalam grafik dengan baik, dan database yang dibangun menggunakan Microsoft Access 2007 mampu bekerja dengan normal pada sistem operasi Windows 7 dan Windows 10.

Kata Kunci: GUI, LoRa, Node MCU ESP8266, PV, Radio, Realtime.

Abstract – The monitoring database software we develop takes advantage of the power of technology to motivate students and help researchers perform data analysis. The system is designed on the Windows operating system and consists of a data acquisition board, power supply, data processing, sensors, radio communication device, GUI and database system. The acquisition board is built from the Node MCU platform. Practically, this system works by measuring the PV and the surrounding environment using sensors. Monitoring database is used to store measurement data and then displayed in the form of graphs and tables on the GUI. In this case, the researcher can obtain the V-I characteristic curve, so that it can assist in observing, collecting data and understanding the working principle of PV. Based on the results of trials that have been carried out on a solar panel power monitoring database system based on LoRa radio communication, the system is able to communicate well between the transmitter and receiver on a radio frequency of 433 MHz and a distance of 0 to 900 meters. The baud rate of 38400 is used because it has a high data transfer rate with a low average error rate. In database testing, data can be displayed in graphs well, and databases built using Microsoft Access 2007 are able to work normally on Windows 7 and Windows 10 operating systems.

Keywords: GUI, LoRa, Node MCU ESP8266, PV, Radio, Realtime.

1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak pada garis katulistiwa, sehingga mempunyai sumber energi matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 KWh/m²/hari di seluruh wilayah [1]. Karena memiliki potensi energi matahari yang melimpah dan pemerintah Indonesia mempromosikan pembangkit listrik energi terbarukan yang mandiri terutama bersumber dari energi matahari, sejak saat itu pemanfaatan sel surya atau biasa dikenal sebagai sel *photovoltaic* (PV) menjadi populer dengan peningkatan rata-rata pertahun mencapai 60%[2]. Meningkatnya popularitas pembangkit listrik energi matahari terlihat dari banyaknya pengembangan pemanfaatan sel surya dalam banyak kegunaan. Dalam bidang pendidikan dan riset terkait pemanfaatan sel surya di fakultas teknik elektro, ini terkait dengan isu tentang teori yang berkaitan dengan mata pelajaran selama perkuliahan[3]. Dengan demikian, teknologi PV merupakan topik perkuliahan dan riset yang ideal untuk mengajarkan konsep dasar kelistrikan dan pembangkit energi listrik sambil memberi informasi kepada mahasiswa, tentang tren teknik saat ini serta mempromosikan teknologi energi terbarukan.

Sistem perangkat lunak akuisisi data berbasis *database* pemantauan yang kami kembangkan memanfaatkan daya tarik teknologi PV untuk memotivasi mahasiswa, dan membantu peneliti mempelajari lebih lanjut karakteristik PV untuk melakukan analisis data. Sistem ini dirancang serta berjalan pada sistem operasi Windows yang terdiri dari *board* akuisisi/kontrol data, catu daya, *board* pemrosesan data, elemen penginderaan (sensor), perangkat komunikasi radio (LoRa)[4], antarmuka pengguna grafis (GUI) dan sistem *database*. *Board* akuisisi/kontrol data dibangun dari *platform prototipe* elektronik *open source* Node MCU ESP 8266[5]. Secara praktis, sistem ini bekerja dengan melakukan akuisisi data pada PV dan lingkungan sekitar menggunakan sensor, kemudian melakukan pemrosesan data dan mengirimkannya melalui perangkat komunikasi radio (LoRa). Perlu ditekankan komunikasi data pada sistem pemantauan jarak jauh yang kami kembangkan, dibangun menggunakan arsitektur radio komunikasi LoRa alih-alih menggunakan IoT (internet). Menggunakan internet pada sistem pemantauan jarak jauh adalah pilihan lain yang menjadi populer akhir-akhir ini. Namun penerapan internet di daerah terpencil dan pedesaan masih belum terlalu mendukung, baik dari segi teknis maupun ekonomis, karena masalah jaringan telepon dan koneksi internet yang terbatas. Untuk mengatasi kelemahan ini, komunikasi radio LoRa adalah pilihan yang cukup handal untuk digunakan. Perangkat komunikasi LoRa terhubung dengan perangkat pemrosesan data, yang terdiri dari dua bagian yang terpisah yaitu, *transmitter* dan *receiver*. Pada penelitian ini, peneliti tidak membahas bagian *transmitter* dengan detail, secara garis besar *transmitter* merupakan gabungan perangkat akuisisi data, sensor dan radio pengirim. *Receiver* merupakan bagian yang akan melakukan komunikasi data dengan komputer secara *serial*, pada bagian ini terdiri dari sebuah perangkat akuisisi data, radio penerima, dan *Graphic User Interface* (GUI). GUI dikembangkan dalam bahasa pemrograman Pascal menggunakan *builder* Borland Delphi 7[6], [7] dan komponen Comport[8] digunakan untuk melakukan komunikasi secara serial dengan perangkat akuisisi data yang dibangun dari *platform* Node MCU ESP 8266, yang ditunjang dengan sistem akuisisi data berbasis *database* yang dibangun dari Microsoft Access 2007[9]. *Database* pemantauan melakukan penyimpanan data hasil pemantauan pada *harddisk* komputer *server* kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel pada GUI. Dalam hal ini, peneliti dapat memperoleh kurva karakteristik V-I, untuk membantu dalam pengamatan, pengumpulan data secara *realtime* dan memahami cara kerja PV.

2. Metode Penelitian

Menjelaskan kronologis, prosedur, dan desain sistem.

2.1. Kronologis

Dalam bidang penelitian terdapat berbagai macam teknik pengumpulan data, baik teknik kuantitatif maupun kualitatif. Selain teknik pengumpulan data yang baik, tingkat kepresisian pengukuran juga diperlukan untuk mendapatkan akurasi data yang tinggi. Terdapat 4 jenis skala

pengukuran yang umum digunakan untuk menilai dan membedakan objek yang diteliti, yaitu skala nominal, skala ordinal, skala interval, dan rasio. Tetapi pengumpulan data secara manual tidak dapat memenuhi 4 skala pengukuran, dikarenakan tidak akan mungkin seseorang melakukan pencatatan beberapa data pada waktu yang sama[10], [11].

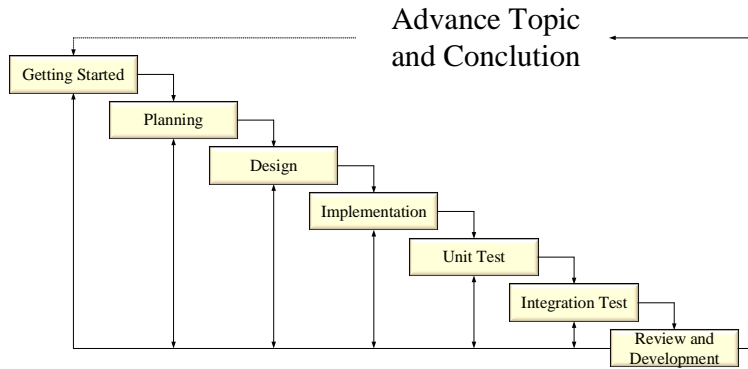
2.2. Prosedur

Skala nominal, atau disebut dengan skala kategori variabel, didefinisikan sebagai skala yang digunakan untuk menandai variabel ke dalam pengelompokan yang berbeda dan tidak melibatkan nilai atau urutan kuantitatif. Skala ini adalah yang paling sederhana dari empat skala pengukuran variabel. Perhitungan yang dilakukan pada variabel-variabel ini akan sia-sia karena tidak ada nilai numerik dari opsi. Dalam penelitian ini, skala nominal terdiri dari kategori pengukuran intensitas cahaya (lux), suhu panel surya ($^{\circ}\text{C}$), tegangan (Volt), arus (Ampere), dan daya listrik (Watt). Pada skala *ordinal*, data dapat ditampilkan dalam format tabel atau grafik bagi peneliti untuk melakukan analisis dari data yang telah dikumpulkan. Metode ini umumnya diterapkan untuk membandingkan dua atau lebih kelompok *ordinal*. Tentunya dengan menambahkan variabel nilai dari variabel kategorikal. Pada penelitian ini variabel *ordinal* merupakan nilai dalam satuan bilangan bulat maupun pecahan, yang mendeskripsikan suatu nilai dari skala nominal, sehingga skala nominal seperti suhu udara *ambient* dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) dapat ditulis sebagai contoh 10°C dalam skala *ordinal*. Skala interval didefinisikan sebagai skala numerik di mana urutan variabel diketahui. Variabel interval menunjukkan jarak antara dua entitas, yang membantu dalam mencapai skala interval. Skala ini efektif karena dapat digunakan untuk analisis statistik dari data yang telah dikumpulkan. Nilai *mean*, *median*, dan *modus* dapat digunakan untuk menghitung tendensi sentral dalam skala ini. Satu-satunya kelemahan skala ini adalah tidak ada titik awal yang ditentukan sebelumnya atau nilai nol yang sebenarnya, contoh dari skala interval adalah sampling data dalam satuan waktu. Dengan menambahkan skala interval yang melengkapi skala ordinal, maka akan terdapat nilai sebelumnya, nilai sekarang, dan nilai berikutnya. Skala rasio didefinisikan sebagai skala pengukuran variabel yang tidak hanya menghasilkan urutan variabel tetapi juga membuat perbedaan antar variabel diketahui beserta informasi nilai nol yang sebenarnya. Ini dihitung dengan mengasumsikan bahwa variabel memiliki opsi untuk nol, perbedaan antara kedua variabel adalah sama dan ada urutan tertentu di antara opsi. Untuk meningkatkan akurasi data, tentunya perlu diperhatikan parameter dari 4 skala pengukuran. Penggunaan alat ukur standar merupakan salah satu pilihan yang dapat diambil untuk melakukan pengukuran dengan akurat. Tetapi pengukuran secara manual tidak dapat memenuhi 4 skala pengukuran, dikarenakan tidak akan mungkin seseorang melakukan pencatatan 6 data (intensitas cahaya, suhu panel surya, tegangan, arus, daya listrik, dan waktu) pada waktu yang sama. Secara *realtime* tentunya akan terjadi keterlambatan pencatatan data yang dimungkinkan lebih dari 1 detik, hal ini mengakibatkan adanya selisih, sehingga data yang dicatat merupakan data yang tidak akurat. Penggunaan sistem akuisisi data berbasis *database* pemantauan daya panel surya, memungkinkan memperkecil skala interval sehingga hasil pencatatan data dapat dikatakan akurat, meskipun tetap memiliki jeda beberapa mili detik[12]–[16].

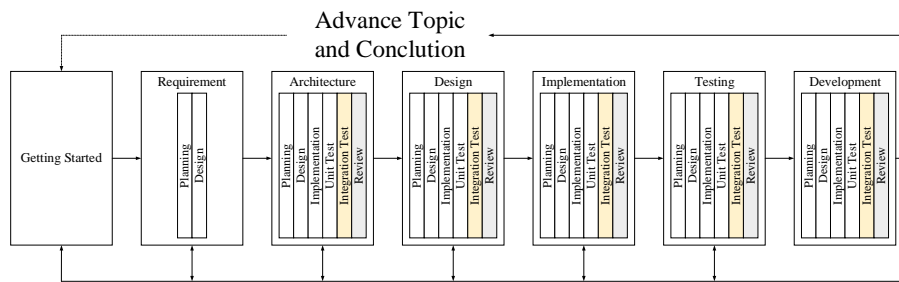
2.3. Desain Sistem

Dalam pengembangan perangkat lunak *database* pemantauan, proses *waterfall* secara efektif dapat digunakan. Metode *waterfall* memiliki enam jenis tugas yaitu, *Planning*, *Design*, *Implementation*, *Unit test*, *Integration test* dan *Review*[17], untuk mendefinisikan proses pengembangan perangkat lunak yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada sistem yang kami kembangkan, tidak hanya bekerja berdasarkan sistem komputer saja, tetapi terkait dengan pengembangan perangkat lunak *database* pemantauan, instrumen perangkat keras, dan sistem komunikasi, sehingga proses *waterfall* perlu dilakukan penyesuaian untuk memenuhi kriteria pengembangan[18]. Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini, menyebabkan setiap sub sistem pada Gambar 1 memiliki tugas *Design*, *Implementation* dan *Unit test*, masing-masing. Durasi waktu total tugas *Design*, *Implementation* dan *Unit test* adalah sama, tetapi dapat menjadi

lebih singkat atau lebih lama tergantung proses pengembangan yang dilakukan. Gambar 2 menunjukkan contoh proses *waterfall* yang telah dikembangkan dari Gambar 1.



Gambar 1. Proses *Waterfall* Skema Jalan Penelitian.



Gambar 2. Pengembangan Proses *Waterfall* Skema Jalan Penelitian.

2.3.1. Getting Started

Merupakan tahap persiapan awal dalam pengembangan sistem, dalam tahap ini peneliti melakukan *project planning*, analisa kebutuhan, dan penentuan model perangkat lunak *database* pemantauan.

2.3.2. Requirement

Terdiri dari *user requirement* dan *system requirement* untuk menentukan apakah *planning* dan *design* yang akan digunakan dapat diterima oleh pengguna. *User requirement* yang dituju adalah mahasiswa dan peneliti dalam bidang teknik elektro, yang familiar dengan desain model tabel dan grafik. Untuk *system requirement* yang digunakan berjalan pada sistem operasi Windows secara *desktop* komputer.

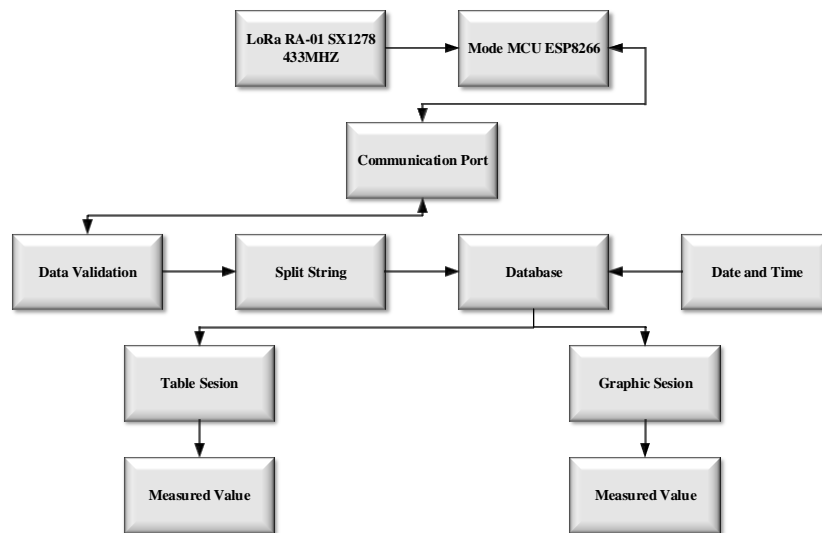
2.3.3. Architecture

Desain arsitektur dalam perangkat lunak ini dirancang memiliki kecepatan yang tinggi, tetapi mampu bekerja secara ringan pada sistem operasi Windows dan komputer *desktop* dengan spesifikasi yang rendah. Bahasa pemrograman Pascal pada *builder* Borland Delphi dan *database* Microsoft Access 2007 digunakan karena dinilai memiliki performa yang masih handal hingga saat ini, dan tentunya mendukung spesifikasi perangkat komputer yang rendah. Komunikasi dengan perangkat keras *receiver* dilakukan menggunakan *port serial* USB.

2.3.4. Design

Rancangan keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada Gambar 3, yang memperlihatkan sebuah *board* mikrokontroller Node MCU digunakan untuk melakukan pemrosesan data dari radio komunikasi LoRa. Node MCU yang digunakan menggunakan spesifikasi mikrokontroller ESP8266 dan komunikasi data ke komputer berjenis serial USB dengan *setting baud rate* 115200. Instalasi koneksi antara *board* Node MCU dengan radio komunikasi LoRa tipe RA-01 SX1278

433 MHz menggunakan jenis koneksi SPI, dimana konfigurasi koneksinya ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 4. Pada sisi komputer, digunakan fasilitas komponen ComPort 7 untuk menyesuaikan tipe *builder* Borlad Delphi 7.0.



Gambar 3. Diagram Blok Keseluruhan Sistem.

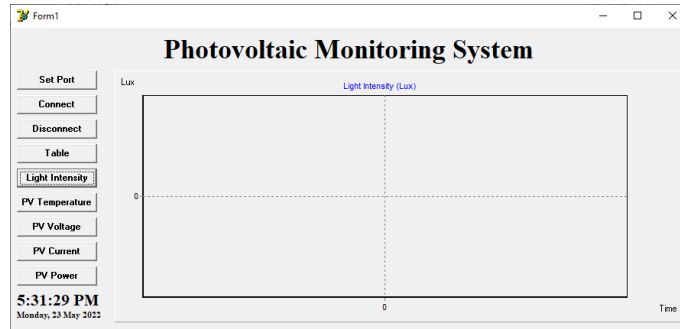
Tabel 1. Konfigurasi Pin LoRa RA-01 SX1278 433MHZ dan Node MCU ESP8266.

RA-01 SX1278 433MHZ	Node MCU ESP8266
Antena	-
GND	GND
DIO1	D2
VCC	3.3V
DIO0	D1
Reset	D0
SCK	D5
MISO	D6
MOSI	D7
NSS	-

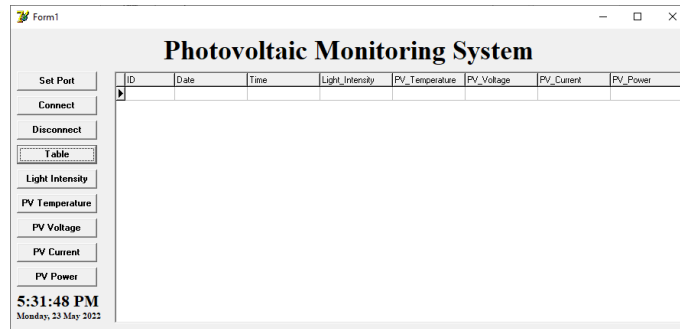


Gambar 4. Board LoRa dan Node MCU ESP8266 pada breadboard.

Data yang diterima secara *serial USB* dari *board* mikrokontroler Node MCU ESP 8266 masih memiliki kemungkinan *error*, sehingga diperlukan algoritma untuk validasi apakah data yang diterima merupakan data yang *error* atau tidak. Setelah dilakukan validasi data, maka akan dilakukan fungsi *split string* sebelum data ditampilkan ke grafik dan disimpan pada *database*. Secara praktis desain GUI (*Graphic User Interface*) hanya menampilkan tampilan grafik (Gambar 5) dan tabel (Gambar 6) secara sederhana, serta beberapa fungsi tombol (Gambar 8) untuk melakukan pengaturan.



Gambar 5. Rancangan Tampilan Grafik pada GUI.



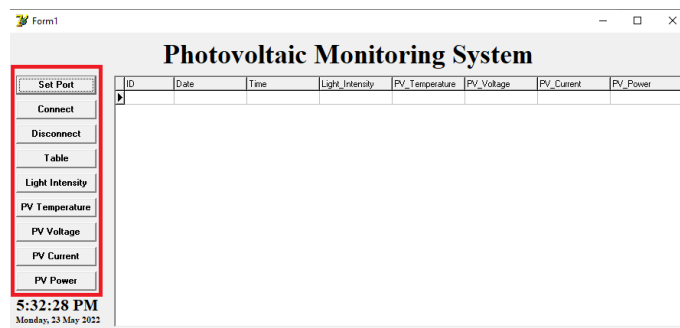
Gambar 6. Rancangan Tampilan Tabel pada GUI

Tampilan grafik pada GUI dibangun menggunakan komponen TChart, menampilkan beberapa informasi seperti tampilan intensitas cahaya, suhu panel surya, tegangan, arus, dan daya. Tampilan grafik ini *diupdate* secara *realtime* dengan interval 10 detik

Field Name	Data Type
ID	AutoNumber
Date	Short Text
Time	Short Text
Light_Intensity	Short Text
PV_Temperature	Short Text
PV_Voltage	Short Text
PV_Current	Short Text
PV_Power	Short Text

Gambar 7. Tabel Database pada Microsoft Access 2007

Database dibangun berdasarkan *platform* Microsoft Access 2007 (Gambar 7), tampilan *database* hanya berupa tabel dan memiliki fungsi print-out untuk mempermudah peneliti dalam melakukan pengamatan dan dokumentasi data.



Gambar 8. Rancangan Tampilan Pengaturan pada GUI

Pada tampilan pengaturan terdiri dari beberapa bagian yang dengan fungsi dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Tombol

Nama Tombol	Fungsi
Set Port	Setting Com Port dan baud rate serial
Connect	Menghubungkan komunikasi serial
Disconnect	Memutuskan komunikasi serial
Table	Menampilkan tabel database
Light Intensity	Menampilkan grafik intensitas cahaya
PV Temperature	Menampilkan grafik suhu panel surya
PV Voltage	Menampilkan grafik tegangan panel surya
PV Current	Menampilkan grafik arus panel surya
PV Power	Menampilkan grafik daya panel surya

2.3.5. Implementation

Setelah tahap perancangan/*design* dilakukan, selanjutnya dilakukan tahap *implementasi* atau penerapan sistem *database* pemantauan. Pada tahap ini juga bertujuan untuk melakukan pengujian apakah sistem mampu berjalan dengan baik.

2.3.6. Testing

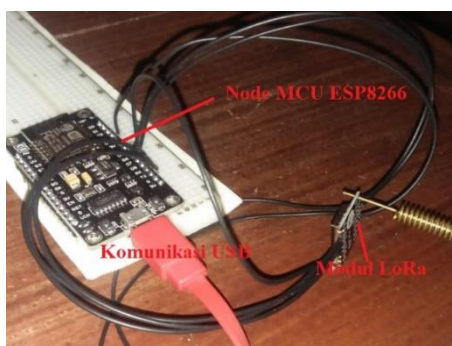
Tahap ini terdiri dari instalasi dan konfigurasi, yang meliputi pengujian komunikasi radio LoRa, komunikasi serial, *split string* atau pemecahan data, tampilan grafik, dan pengujian *database*. Selain itu juga dilakukan pengujian dengan waktu *running* untuk setiap skenario pengujian tersebut sehingga diketahui nilai *error* data yang terjadi.

3. Hasil dan Pembahasan

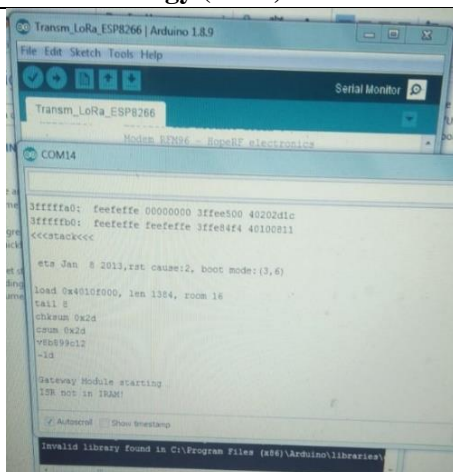
Pada bagian ini membahas tentang hasil instalasi perangkat keras dan konfigurasi, yang meliputi pengujian komunikasi radio LoRa, komunikasi serial, *split string* atau pemecahan data, tampilan grafik, dan pengujian *database*.

3.1. Hasil Instalasi dan Konfigurasi

Terdapat prosedur instalasi dan konfigurasi yang dilakukan pada *database* sistem pemantauan daya panel surya, hasil instalasi mencakup pemasangan board pada komputer yang ditunjukkan pada Gambar 9. *Board* LoRa dihubungkan pada *board* Node MCU ESP8266, kemudian koneksi USB digunakan untuk komunikasi dengan komputer. Hasil pengujian konektifitas LoRa ditampilkan pada Gambar 10, pada pengujian ini dilakukan uji kecepatan dan kehandalan pengiriman data dengan jarak bervariasi antara 0-900 meter, dengan *baud rate* 2400 hingga 115200, panjang data yang dikirimkan memiliki jumlah 19 karakter pada frekuensi *carrier* 344 Mhz, hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 hingga Tabel 10.



Gambar 9. Koneksi Modul Radio LoRa dan Node MCU ESP8266



Gambar 10. Hasil Pengujian Konektifitas LoRa pada Serial Monitor Arduino.

Tabel 3. Keandalan Pengiriman Data pada Baud Rate 2400

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	8.8	8.3	5.68%
100	8.8	8.8	0.00%
200	8.2	7.5	8.54%
300	8.8	5.1	42.05%
400	8.6	5.6	34.88%
500	8.0	3.1	61.25%
600	8.1	4.3	46.91%
700	8.7	3.1	64.37%
800	8.0	2.7	66.25%
900	8.8	2.6	70.45%
Rata-rata Error			40.04%

Tabel 4. Keandalan Pengiriman Data pada Baud Rate 4800

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	14.5	14.5	0.00%
100	14.1	14.0	0.71%
200	14.6	14.6	0.00%
300	14.9	13.0	12.75%
400	14.0	13.3	5.00%
500	14.3	14.1	1.40%
600	14.9	13.6	8.72%
700	14.5	13.5	6.90%
800	14.3	12.8	10.49%
900	14.9	7.0	53.02%
Rata-rata Error			9.90%

Tabel 5. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 9600

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	17.3	17.1	1.16%
100	17.8	17.3	2.81%
200	17.5	15.1	13.71%
300	17.5	16.6	5.14%
400	17.3	12.2	29.48%
500	17.7	10.1	42.94%
600	17.5	9.1	48.00%
700	17.4	10.7	38.51%
800	17.6	8.7	50.57%
900	17.2	4.4	74.42%
Rata-rata Error			30.67%

Tabel 6. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 19200

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	18.7	18.2	2.67%
100	18.4	18.4	0.00%
200	18.7	18.0	3.74%
300	18.8	14.6	22.34%
400	18.7	15.7	16.04%
500	18.8	10.1	46.28%
600	18.4	8.4	54.35%
700	18.1	8.0	55.80%
800	18.5	6.2	66.49%
900	18.3	7.5	59.02%
Rata-rata Error			32.67%

Tabel 7. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 38400

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	27.6	27.1	1.81%
100	27.3	27.1	0.73%
200	27.4	27.4	0.00%
300	27.5	27.2	1.09%
400	27.7	26.6	3.97%
500	27.2	20.4	25.00%
600	27.7	19.2	30.69%
700	27.7	19.9	28.16%
800	27.7	18.5	33.21%
900	27.6	17.3	37.32%
Rata-rata Error			16.20%

Tabel 8. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 57600

Jarak (Meter)	Jumlah Data Ter kirim	Jumlah Data Diterima	Error (%)
0	28.6	28.1	1.75%
100	28.5	28.1	1.40%
200	28.6	27.5	3.85%
300	28.6	26.3	8.04%
400	28.9	24.8	14.19%
500	28.0	22.0	21.43%
600	28.0	19.5	30.36%
700	28.0	17.3	38.21%
800	28.9	17.4	39.79%
900	28.3	6.8	75.97%
Rata-rata Error			23.50%

Tabel 9. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 74880

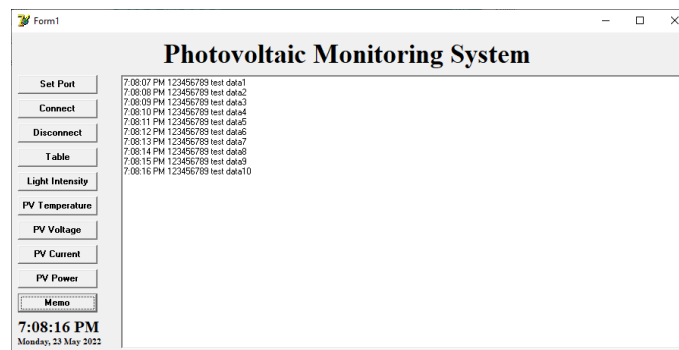
Jarak (Meter)	Jumlah Data		Error (%)
	Terkirim	Diterima	
0	33.3	33.0	0.90%
100	33.6	33.0	1.79%
200	33.9	32.0	5.60%
300	33.9	30.0	11.50%
400	33.7	29.3	13.06%
500	33.1	29.8	9.97%
600	33.7	18.9	43.92%
700	33.6	16.4	51.19%
800	33.9	12.5	63.13%
900	33.8	10.1	70.12%
Rata-rata Error			27.12%

Tabel 10. Keandalan Pengiriman Data pada *Baud Rate* 115200

Jarak (Meter)	Jumlah Data		Error (%)
	Terkirim	Diterima	
0	37.5	37.2	0.80%
100	37.3	37.2	0.27%
200	37.9	33.8	10.82%
300	37.4	29.2	21.93%
400	37.2	26.1	29.84%
500	37.4	24.5	34.49%
600	37.0	18.7	49.46%
700	37.3	18.7	49.87%
800	37.7	16.9	55.17%
900	37.8	10.9	71.16%
Rata-rata Error			32.38%

3.2. Hasil Komunikasi Serial dengan Database Monitoring

Pengujian komunikasi serial dengan database monitoring daya panel surya menggunakan data *dummy* dengan nilai “123456789 test data”, pada Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian yang ditampilkan pada *form Memo* untuk melihat apakah data berhasil dikirimkan tanpa adanya *error*, data dikirimkan dengan interval 1 detik dan *baud rate* 38400, hasil pengujian menunjukkan data dapat dikirimkan dengan baik tanpa ada *error*.

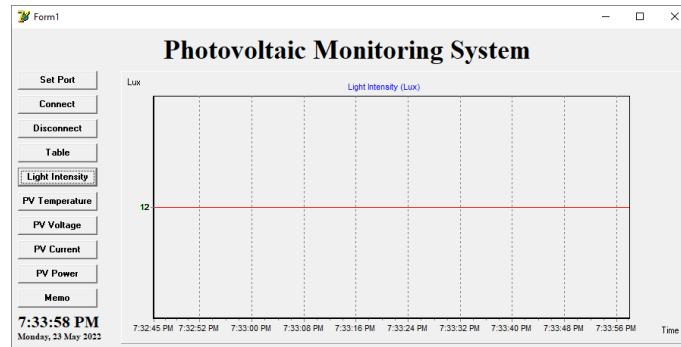


Gambar 11. Pengujian Komunikasi Serial Memo

3.3. Hasil Tampilan Grafik

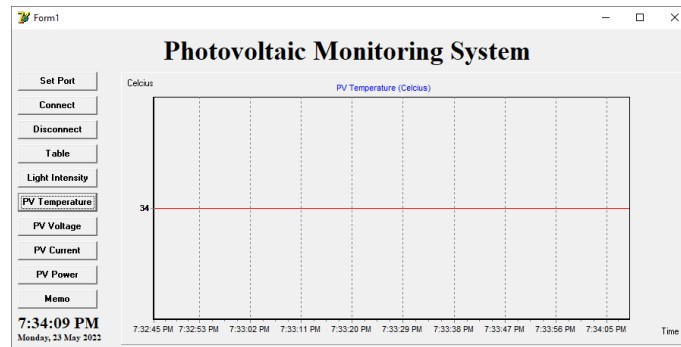
Data *dummy* yang dikirimkan oleh modul LoRa dari bagian *transmitter*, selanjutnya diterima oleh bagian *receiver* dan akan diproses sebelum dikirimkan secara serial ke komputer, data serial yang diterima oleh program *database* sistem pemantauan akan dilakukan *split string*, sehingga data *serial* dapat dipecah menjadi beberapa data pengukuran yang akan ditampilkan pada grafik. Data *dummy* dengan nilai “123456789 test data”, akan dipecah dengan komposisi nilai “12” untuk data “*light intensity*”, “34” untuk data “*PV Temperature*”, “56” untuk data “*PV Voltage*”,

“78” untuk data “PV Current”, dan “9” untuk data “PV Power”. Hasil data ditampilkan pada Gambar 11 hingga Gambar 16.



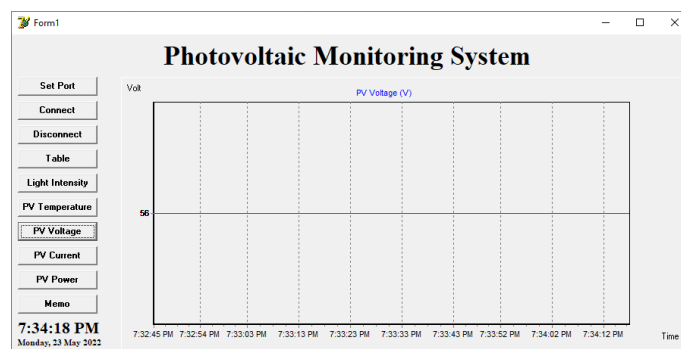
Gambar 12. Tampilan Grafik “Light Intensity”

Tampilan grafik pada Gambar 12 menunjukkan bahwa komunikasi data antara bagian *transmitter* dan *receiver* dapat berkomunikasi dengan baik tanpa adanya *error*, grafik pada Gambar 12 menunjukkan data intensitas cahaya matahari dalam Lux pada sumbu Y, dan menampilkan waktu secara real time pada sumbu X.

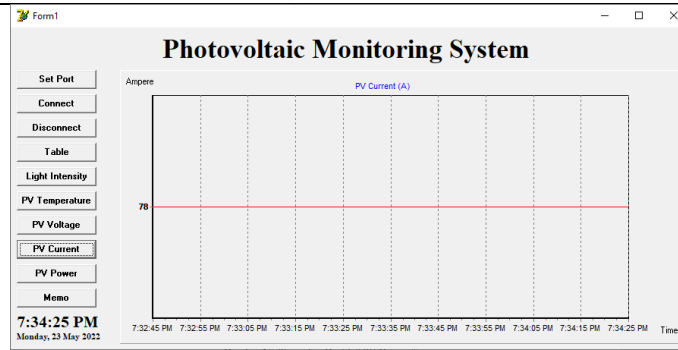


Gambar 13. Tampilan Grafik “PV Temperature”

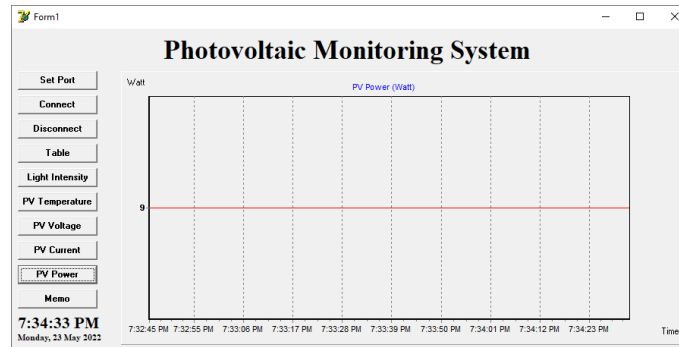
Seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 12, pada Gambar 13 komunikasi data yang menampilkan grafik suhu panel juga dapat bekerja dengan baik tanpa adanya *error*, ditunjukkan pada sumbu Y merupakan nilai suhu dalam derajat celcius



Gambar 14. Tampilan Grafik “PV Voltage”



Gambar 15. Tampilan Grafik “PV Current”



Gambar 16. Tampilan Grafik “PV Power”

Pada Gambar 14, 15, dan 16 grafik masing masing menunjukkan nilai tegangan (Volt), arus (Ampere) dan daya (Watt) pada sumbu Y, dan pada sumbu X menampilkan data waktu secara *real time*.

3.4. Hasil Tampilan Database

Data *dummy* juga disimpan pada *form database*, pada saat penyimpanan ke *database* data akan disimpan beserta dengan data tanggal dan waktu yang ditunjukkan pada Gambar 17.

ID	Date	Time	Light_Intensity	PV_Temperature	PV_Voltage	PV_Current	PV_Power
1	Monday, 23 May 2022	7:29:24 PM	12	34	56	78	9
2	Monday, 23 May 2022	7:29:34 PM	12	34	56	78	9
3	Monday, 23 May 2022	7:29:44 PM	12	34	56	78	9
4	Monday, 23 May 2022	7:29:54 PM	12	34	56	78	9
5	Monday, 23 May 2022	7:30:04 PM	12	34	56	78	9
6	Monday, 23 May 2022	7:30:14 PM	12	34	56	78	9
7	Monday, 23 May 2022	7:30:24 PM	12	34	56	78	9
8	Monday, 23 May 2022	7:30:34 PM	12	34	56	78	9
9	Monday, 23 May 2022	7:30:44 PM	12	34	56	78	9

Gambar 17. Tampilan Tabel Database

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tingkat error rata-rata terendah berada pada *baud rate* 4800 dengan tingkat error 9,90% dan tingkat error tertinggi berada pada *baud rate* 40.04%. Tingkat pengiriman data terbaik dengan rata-rata error terendah berada pada *baud rate* 38400, dimana error terjadi sebesar 16.20% dengan rata-rata kecepatan transfer data 27 data/detik. Dapat disimpulkan bahwa untuk komunikasi radio LoRa 433 MHz *baud rate* 38400 merupakan *baud rate* terbaik, dan tingkat kecepatan pengiriman data/detik, dipengaruhi oleh *baud rate*. Pada pengujian sistem *database* pemantauan daya panel surya berbasis komunikasi radio LoRa berhasil berkomunikasi dengan baik tanpa *error* antara bagian *transmitter* dan *receiver* yang berjarak 900

meter dan interval pengiriman data 1000 mili detik. Tingkat error tidak terdeteksi pada saat pengujian pengiriman data dengan pengaturan *baud rate* 38400 dan frekuensi radio 433MHz. Pengujian penampilan data pengukuran pada grafik dapat dilakukan dengan baik, dan performa *database* yang dibangun menggunakan Microsoft Access 2007 mampu bekerja dengan normal pada sistem operasi Windows 10. Adapaun saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut, adalah mengembangkan *database* yang dapat diakses secara offline dan online menggunakan fasilitas *cloud*. Selain itu peneliti berharap sistem ini dapat dikembangkan lebih baik selanjutnya agar dapat dimanfaatkan sebagai *datalogger* yang dapat dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan riset.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Universitas Bumigora atas dukungan sarana dan prasarana dalam penyelesaian penelitian ini. Selain itu disampaikan terimakasih pula kepada tim jurnal BITE yang telah memberikan kesempatan untuk mempublikasikan hasil penelitian yang telah. Semoga sehat selalu, dan sampai berjumpa pada kesempatan selanjutnya.

Referensi

- [1] Sahlan, "Analisis Strategi Teknologi Plts Fotovoltaik Di Indonesia Terhadap Nilai Ekuivalensi Dan Pemanfaatan Perwilayah," *Jurnal Power Plant*, vol. 5, no. 1, pp. 51–55, 2018, doi: 10.33322/powerplant.v5i1.108.
- [2] I. W. S. Putra, I. N. S. Kumara, and I. G. D. Arjana, "Studi Terhadap Konservasi Energi Pada Gedung Sewaka Dharma Kota Denpasar Yang Menerapkan Konsep Green Building," *Spektrum*, vol. 2, no. 4, pp. 07–13, 2015.
- [3] J. Zimny, S. Bielik, P. Michalak, and M. Bojko, "The laboratory stand for measurements and analysis of photovoltaic modules," *International Journal of Electrical Engineering and Education*, vol. 55, no. 2, pp. 142–154, 2018, doi: 10.1177/0020720917750954.
- [4] AI-Thinker, "Ra-01 SPECIFICATION," 2020.
- [5] E. S. I. Team, "ESP8266EX Datasheet," 2015. [Online]. Available: https://www.adafruit.com/images/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf.
- [6] B. S. Corporation, "Borland C++ Builder 6 for Windows," 2002.
- [7] B. S. Corporation, "Borland Delphi 7 Studio Advance Product Certification," 2003.
- [8] M. Computing, "Windows Standard Serial Communications Library for Delphi Programmer 's Manual," 2015.
- [9] V. Andersen, *Microsoft Office Access 2007: The Complete Reference*, vol. 59. 2007.
- [10] M. C. Thomas, W. Zhu, and J. A. Romagnoli, "Data mining and clustering in chemical process databases for monitoring and knowledge discovery," *Journal of Process Control*, vol. 67, pp. 160–175, 2018, doi: 10.1016/j.jprocont.2017.02.006.
- [11] A. Gopinath, C. Arun, A. Hanumanthaiah, and R. Murugan, "An analogy of the datalogger implementation in arduino UNO and PSoC5LP," *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020*, no. IcSSIT, pp. 328–332, 2020, doi: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214222.
- [12] J. Wei, M. L. Bolton, and L. Humphrey, "Subjective Measurement of Trust: Is It on the Level?," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 63, no. 1, pp. 212–216, 2019, doi: 10.1177/1071181319631062.
- [13] P. F. Velleman and L. Wilkinson, "Nominal, ordinal, interval, and ratio typologies are misleading," *American Statistician*, vol. 47, no. 1, pp. 65–72, 1993, doi: 10.1080/00031305.1993.10475938.
- [14] A. I. Vodyaho, N. A. Zhukova, M. A. Chervontsev, and S. A. Abbas, "Architectural Design of Cyberphysical Monitoring Subsystem," *Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020*, pp. 66–68, 2020, doi: 10.1109/SCM50615.2020.9198820.

- [15] Q. Aini, S. R. Zuliana, and N. P. L. Santoso, "Management Measurement Scale As A Reference To Determine Interval In A Variable," *Aptisi Transactions on Management (ATM)*, vol. 2, no. 1, pp. 45–54, 2018, doi: 10.33050/atm.v2i1.775.
- [16] P. Mishra, C. M. Pandey, U. Singh, and A. Gupta, "Scales of measurement and presentation of statistical data," *Annals of Cardiac Anaesthesia*, vol. 21, no. 4, pp. 419–422, 2018, doi: 10.4103/aca.ACA_131_18.
- [17] M. N. Williams, "Levels of measurement and statistical analyses," *Meta-Psychology*, vol. 5, 2021, doi: 10.15626/mp.2019.1916.
- [18] T. Mitsuyuki, K. Hiekata, T. Goto, and B. Moser, "Evaluation of Project Architecture in Software Development Mixing Waterfall and Agile by Using Process Simulation," *Journal of Industrial Integration and Management*, vol. 02, no. 02, p. 1750007, 2017, doi: 10.1142/s2424862217500075.