



Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dengan Mengimplementasikan *Bluetooth Low Energy*

Pezi Apriliani, Budi Rahmadya, Derisma

Jurusan Sistem Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 INDONESIA

ARTICLE INFORMATION

Received: February 9th, 2021
Revised: March 12th, 2021
Available online: March 31st, 2021

KEYWORDS

Kwh Meter Prabayar, Sensor Arus SCT 013, *Bluetooth Low Energy*, Daya Listrik.

CORRESPONDENCE

Budi Rahmadya
E-mail: budi-r@fti.unand.ac.id

A B S T R A C T

Electricity becomes a major need for human in this era. PLN's electricity payment system in residential areas is divided into two ways, postpaid electricity and prepaid electricity. Prepaid electricity using digital kWh meter that shows the use of current, electric power, etc on LCD. The usage of current and electric power can be monitored using Android application using Bluetooth Low Energy (BLE) as communication media. BLE has many advantages module compared to classic bluetooth, for example having a wider range, data transfer speeds up to 1 Mbps, and low power consumption. Therefore the writer researched by implementing Bluetooth Low Energy in the electric power monitoring system. The results of this research showed that the electric power monitoring system and the BLE module could send the result of sensor measurement to android applications. From the testing that has been done showed that the BLE send module can be up to 25 meters distance for unhindered conditions and 8 meters with hindered conditions. And the BLE module energy consumption is more efficient than HC-05 energy comparison BLE module 5,728 mW and the HC-05 module 13.47 mW.

PENDAHULUAN

Listrik menjadi kebutuhan pokok bagi manusia pada saat sekarang ini. Sistem pembayaran listrik PLN yang ada pada perumahan masyarakat terbagi atas dua macam, yaitu listrik pascabayar dan listrik prabayar. Pada listrik prabayar menggunakan kwh meter digital yang dapat menampilkan penggunaan arus, daya listrik, dan lain-lain pada lcd. Penggunaan arus dan daya listrik dapat dimonitoring menggunakan aplikasi android dengan menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE) sebagai media komunikasi.

Pada penelitian sebelumnya oleh Afriadi[1], membahas tentang pengendalian dan monitoring biaya pemakaian listrik peralatan elektronik rumah tangga dengan menggunakan aplikasi pada *smartphone* sebagai sistem kontrol. Pada penelitian ini digunakan sensor arus ACS712 untuk mengukur arus pada lampu pijar dan televisi dengan menggunakan *bluetooth* sebagai media komunikasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai *error* pembacaan arus yaitu sebesar 13,89%.

Selanjutnya penelitian mengenai BLE yang dilakukan oleh Arief Sukma Indrayana[2], diperoleh kesimpulan bahwa performansi pengiriman data pada parameter *delay* melalui BLE dapat

dipengaruhi oleh jarak. Semakin besar jarak, maka *delay* yang didapat juga menjadi semakin besar. Sedangkan pengaruh *connection interval* pada pengiriman data melalui BLE tidak terlalu besar karna pesan yang dikirim berukuran kecil.

Pada penelitian ini, penulis melakukan implementasi *Bluetooth Low Energy* sebagai media komunikasi pada sistem monitoring arus dan daya listrik. Penulis ingin mengetahui bagaimana performansi modul BLE saat diimplementasikan pada sistem monitoring daya listrik melalui aplikasi android.

Listrik

Listrik merupakan energi yang dapat disalurkan melalui penghantar berupa kabel, adanya arus listrik dikarenakan muatan listrik mengalir dari saluran positif ke saluran negatif.[3]

Listrik sudah menjadi kebutuhan sehari-hari yang memiliki peran yang sangat penting. Peran listrik antara lain adalah sebagai sumber energi. Salah satu pemanfaatan listrik sebagai sumber energi yaitu pada rumah-rumah untuk peralatan elektronik.

Listrik 1 fasa

Listrik 1 fasa adalah instalasi listrik yang menggunakan dua kawat penghantar yaitu 1 kawat fasa dan 1 kawat 0 (netral).

Pengertian sederhananya adalah listrik 1 fasa terdiri dari dua kabel yaitu 1 kabel bertegangan dan 1 netral. Umumnya listrik 1 fasa bertegangan 220 volt yang di gunakan banyak orang untuk listrik perumahan. Listrik PLN di jalanan memiliki 3 fasa, akan tetapi yang masuk ke perumahan hanya 1 fasa saja karena di dalam perumahan tidak memerlukan daya yang besar.[4]

Bluetooth

Bluetooth adalah sebuah teknologi komunikasi *wireless* yang beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 GHz *unlicensed ISM (Industrial, Scientific and Medical)* dengan menggunakan sebuah *frequency hopping transceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *real-time* antara *host-host Bluetooth* dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas.[5]

Bluetooth Low Energy

BLE bekerja dengan menggunakan sinyal radio dengan modulasi GFSK pada pita frekuensi 2.4 GHz. BLE bekerja dengan lebar chanel 2 MHz dengan menggunakan prinsip *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)*.

Seperti teknologi Bluetooth klasik, stak protokol pada BLE terdiri atas 2 bagian utama, yaitu *Controller* dan *Host*. Pada *Controller* terdapat *Physical Layer* dan *Link Layer*, dan diimplementasikan sebagai *System-on-Chip (SoC)* dengan sebuah radio terintegrasi. *Host* berjalan pada sebuah prosesor dan terdapat beberapa layer fungsional seperti *Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)*, *Attribute Protocol (ATT)*, *Generic Attribute Profile (GATT)*, *Security Manager Protocol (SMP)* dan *Generic Access Profile (GAP)*. Komunikasi antara *Host* dan *Controller* distandarisasi sebagai *Host Controller Interface (HCI)*. [2]

Modul BLE HM-10



Gambar 1. Modul BLE HM-10

Modul BLE HM-10 bekerja pada voltase 3.3V atau 5V. *Board HM-10* memiliki voltase yang terintegrasi (DC-DC) dan *Logic Level Converters (LLC)* sehingga pin-pinnya dapat langsung dihubungkan ke Arduino. HM-10 mengimplementasikan koneksi serial pada pin 1 (TXD) dan pin 2 (RXD) yang terhubung secara logika ke layanan dan koneksi BLE. Setiap data yang diterima melalui pin RXD dikirim melalui notifikasi ke perangkat pusat. Setiap data yang ditulis oleh perangkat pusat dilewatkan melalui pin TXD. Mekanisme ini menjadikan koneksi BLE sebagai koneksi serial standar untuk mikrokontroler yang terkoneksi.[6]

Spesifikasi Modul Inti HM-10 :

- Power Supply : 3.3V hingga 5V
- Memenuhi spesifikasi Bluetooth v4.0 BLE
- Menggunakan IC SoC TI CC2540/1 dengan 256 KB *Flash Memory* dan 8 KB RAM
- Mengirim dan menerima data tanpa batasan ukuran (*unlimited data size*)
- Bekerja pada pita frekuensi 2,4 GHz ISM Band
- Modulasi GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*)
- Mendukung moda transmisi data maupun moda pengendali jarak jauh/*remote control*

- Dapat berperan sebagai *master* atau *slave*, peran dipilih dengan *AT Command (AT+ROLE)*
- Daya siar dapat diatur antara -23 dBm hingga 6 dBm lewat *AT Command (AT+POWER)*
- Kecepatan transisi data 6 Kbps (pada mode asinkron maupun mode sinkron)
- Fitur keamanan dengan prosedur otentifikasi yang terenkripsi
- Layanan terpusat (*central*) & peralatan UUID FFE0 FFE1
- Catu daya operasional 3,3 Volt DC dengan konsumsi arus 50 mA
- Jarak komunikasi hingga 100 meter (pada udara tanpa hambatan)
- Konsumsi daya pada mode *sleep* kurang dari 1,5 mA, pada mode siaga 8,5 mA
- Rentang suhu operasional -5°C ~ +65°C

Android

Android merupakan sistem operasi yang digunakan untuk perangkat *mobile* yang mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi. Salah satu kelebihan android adalah bersifat *Open Source*, yang berarti bebas dikembangkan oleh siapapun tanpa dikenakan biaya terhadap sistem karena berbasis Linux. Para pembuat perangkat menyukai hal ini karena dapat membangun *platform* sesuai keinginan tanpa biaya royalti. Sementara pengembang *software* menyukainya karena android dapat digunakan diperangkat manapun tanpa terikat oleh segala vendor.[7]

Mikrokontroler Arduino Uno



Gambar 2. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu varian mikrokontroler *Arduino* seberat 25 gram berbasis Atmega 328p. Memiliki 14 pin digital untuk input/output (6 untuk output PWM), 6 input analog, sebuah Kristal 16 MHz, koneksi USB, power jack, header ICSP, dan tombol reset. Beroperasi pada voltase 5V, dengan input yang direkomendasikan yaitu 7-12 V. [6]

Berikut spesifikasi arduino uno yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega 328
Operasi voltage	5 V
Input voltage	7-12 V (Rekomendasi)
Input voltage	6-20 V (Limits)
Pin I/O digital	14 pin (6 pin untuk PWM)
Pin input analog	6
Arus DC untuk pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3V	50 mA
Flash memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB

Clock speed	16 Hz
-------------	-------

Sensor Arus SCT 013-000



Gambar 3. Sensor SCT 013-000

Sensor SCT 013-000 adalah sensor yang digunakan untuk membaca seberapa besar nilai arus yang lewat pada suatu penghantar terhadap suatu beban. Prinsip kerja dasar dari sensor ini adalah sebuah penghantar yang dilewati oleh arus akan dilewatkan oleh sebuah *ring toroid* yang nantinya akan menimbulkan medan magnet, sehingga pada komponen sensor memiliki *fluks* magnet yang menginduksi kumparan di dalam sensor tersebut sehingga akan memunculkan sinyal listrik yang nantinya akan dibaca dan dikonversikan oleh arduino.[8]

Spesifikasi sensor arus SCT 013-000 adalah sebagai berikut:

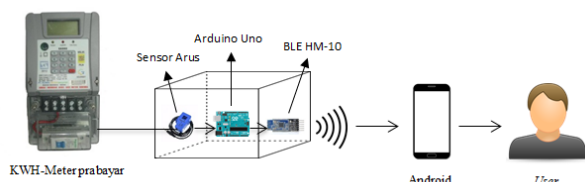
- Arus yang dapat dibaca : 0~100A AC
- Output arus : 0~55mA
- Resistance Grade : Grade B
- Standar panjang kabel : 1 meter
- Non-linearity : $\pm 3\%$
- Turn Ratio : 100A:0.05A
- Suhu kerja : $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
- Open size : 13mm x 13mm
- Dielectric Strength (between shell and output) : 1000V AC/1min 5mA

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini merupakan jenis *experimental research* (penelitian percobaan). Dalam *experimental research*, subjek penelitian diberikan suatu *treatment*, kemudian dipelajari apa pengaruh *treatment* terhadap sistem dan subjek tersebut. Dalam hal ini, subjek penelitian merupakan kwh meter pada listrik prabayar dan *treatment* yang diberikan berupa monitoring daya listrik yang mengalir pada kwh meter.

Rancangan Alat

Bentuk rancangan alat sistem monitoring daya listrik dapat dilihat pada Gambar 4.

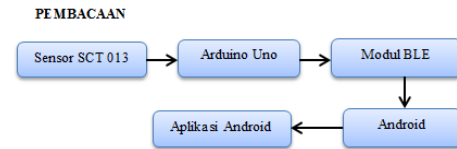


Gambar 4. Skema Rancangan Alat

Berdasarkan Gambar 4. Kwh meter dihubungkan dengan sensor arus untuk mendapatkan nilai arus yang nantinya akan dikirimkan ke mikrokontroler. Kemudian data dikirimkan melalui *bluetooth* ke aplikasi android. Pada aplikasi android *user* dapat memonitoring arus dan penggunaan daya listrik.

Perancangan Perangkat Keras

Sistem ini terdiri dari sebuah sensor arus SCT 013-000. Sensor ini menjadi alat untuk mendeteksi arus yang mengalir pada kwh meter. Nilai arus yang didapat nanti akan dikirimkan ke android melalui modul *Bluetooth Low Energy*. Untuk penggunaan daya pada kwh-meter, *user* dapat memonitoring nya melalui aplikasi android. Gambar 5 berikut ini merupakan perancangan perangkat keras dari sistem.



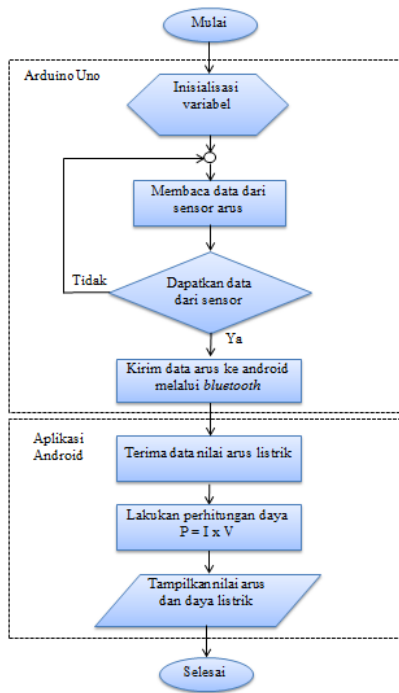
Gambar 5. Rancangan Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 5, berikut ini prinsip kerja masing-masing komponen :

- Sensor**
Sensor digunakan untuk mendeteksi nilai arus pada kwh-meter prabayar. Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor arus SCT 013-010.
- Arduino Uno**
Arduino UNO digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi pengontrol utama dari sistem, yang nantinya akan mengolah masukan yang telah dibaca oleh sensor, dan melakukan aksi sesuai program.
- Modul BLE**
Modul BLE digunakan sebagai media komunikasi dalam pengiriman data.
- Android**
Android digunakan sebagai *platform* untuk komunikasi dalam sistem monitoring.
- Aplikasi android**
Aplikasi android berguna sebagai *user interface* untuk menampilkan arus dan daya listrik, sehingga dapat dimonitoring oleh *user*.

Rancangan Proses

Rancangan proses yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



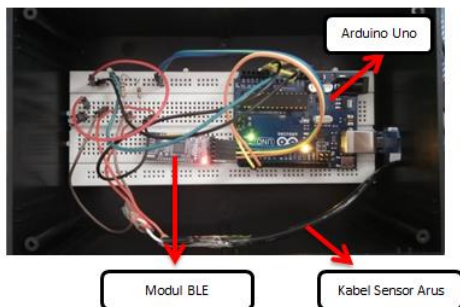
Gambar 6. Flowchart Rancangan Proses Sistem

Proses dimulai dengan menginisialisasikan variabel yang akan digunakan. Kemudian dilakukan pembacaan data nilai arus oleh sensor. Jika pembacaan data berhasil dilakukan, maka data akan dikirimkan ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler akan mengirimkan data nilai arus ke android melalui modul BLE. Pada pemrograman aplikasi android dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai daya listrik. *User* dapat memonitoring arus dan penggunaan daya listrik pada kwh meter melalui aplikasi android.

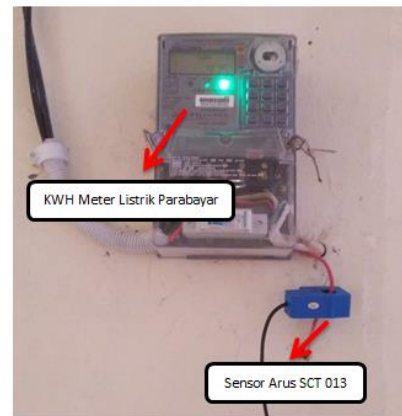
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Perangkat Keras

Sistem monitoring daya listrik ini dibangun dengan menggunakan perangkat keras berupa sensor arus SCT 013-010, mikrokontroler Arduino Uno, dan modul BLE. Kabel sensor arus, Arduino Uno dan modul BLE dirangkai dan diletakkan pada sebuah kotak di dekat kwh meter seperti terlihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kotak Sistem



Gambar 8. Implementasi Perangkat Keras

Pada Gambar 8 terdapat kwh meter prabayar dan sensor arus. Sensor arus dipasangkan pada kabel fasa dari kwh meter yang menuju ke beban (rumah).

Penjelasan masing-masing komponen :

- Arduino Uno, berfungsi sebagai mikrokontroler yang memproses seluruh kerja dari sistem yang dirancang.
- Modul BLE, berfungsi sebagai media komunikasi yang akan mengirimkan data ke android.
- Sensor arus SCT 013-000, berfungsi sebagai pendeteksi arus listrik pada kwh meter.

Implementasi Aplikasi Android

Implementasi aplikasi android berfungsi sebagai *user interface* untuk memonitoring arus dan penggunaan daya listrik pada kwh meter. Aplikasi android memiliki satu buah halaman yang berisi menu memonitoring. Menu monitoring merupakan menu tempat *user* memonitoring arus dan daya listrik. Terdapat *button scan*, *disconnect*, dan *connect to master* untuk menghubungkan aplikasi ke modul *bluetooth*. Selanjutnya terdapat indikator status *bluetooth*, apakah terkoneksi atau tidak. Nilai arus dan daya listrik akan ditampilkan pada *textbox1* dan *textbox2*. Bagian paling bawah terdapat *button exit* yang digunakan untuk keluar dari aplikasi. Berikut merupakan tampilan menu monitoring yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Android

Keterangan :

- Button Scan*, digunakan untuk mencari perangkat *bluetooth* yang tersedia. Kemudian dapat dipilih *bluetooth* yang ingin dikoneksikan.
- Button Disconnect*, digunakan untuk memutuskan koneksi *bluetooth*.
- Button Connect to Master*, digunakan untuk langsung terkoneksi dengan perangkat *bluetooth* yang telah diketahui *address* nya dan di *setting* pada program.
- Status, berfungsi sebagai indikator koneksi *bluetooth* apakah terkoneksi atau tidak.

5. *Textbox1*, berfungsi untuk menampilkan nilai arus yang dibaca oleh sensor.
6. *Textbox2*, berfungsi untuk menampilkan nilai daya yang telah dilakukan perhitungan dengan mengalikan nilai arus yang diterima dari sensor dengan nilai tegangan standar listrik 1 fasa yaitu 220 volt.
7. *Button Exit*, digunakan untuk keluar dari aplikasi.

Pengujian Sensor Arus SCT 013-000

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai arus listrik yang dibaca oleh sensor sama dengan yang diukur dengan kwhmeter agar didapat tingkat keakuratan sensor. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan yang ditampilkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Sensor Arus

Percobaan Ke	Arus listrik pada kwhmeter (A)	Arus listrik yang dibaca sensor (A)	Selisih Pengukuran (A)
1	0,25	0,24	0,01
2	0,27	0,27	0,00
3	0,16	0,14	0,02
4	0,09	0,09	0,00
5	0,18	0,18	0,00
6	0,15	0,11	0,04
7	0,25	0,22	0,03
8	0,20	0,20	0,00
9	0,29	0,25	0,04
10	0,26	0,25	0,01
Σ Selisih Pengukuran			0,15

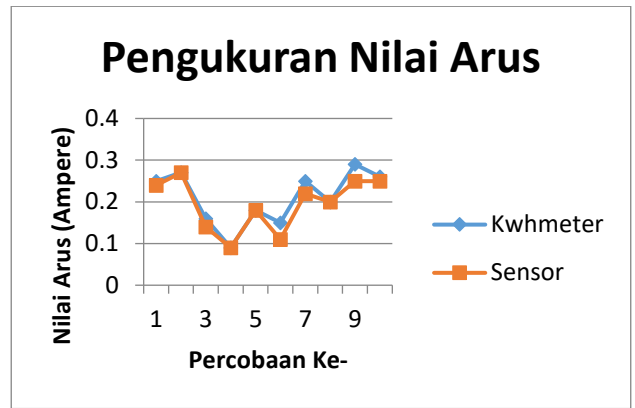
Berdasarkan pengujian di atas, dapat dilihat bahwa pengukuran arus oleh sensor memiliki nilai yang tidak terlalu jauh berbeda dengan pengukuran arus menggunakan kwhmeter. Selisih pengukuran terkecil bernilai 0,00 yang artinya sensor dapat membaca nilai arus 100% benar. Sedangkan selisih pengukuran terbesar bernilai 0,04. Dari tabel diatas dapat diketahui nilai rata-rata selisih pengukuran dari pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$Rata - rata\ selisih\ pengukuran = \frac{\sum(selisih\ pengukuran)}{(jumlah\ pengujian)}$$

$$Rata - rata\ selisih\ pengukuran = \frac{\sum(0,15)}{(10)}$$

$$Rata - rata\ selisih\ pengukuran = 0,015$$

Dari tabel 2 didapatkan grafik hasil pengujian seperti pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Grafik Pengukuran Nilai Arus

Pengujian Modul BLE Dari Segi Waktu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *delay* waktu dalam pengiriman data dari modul BLE hingga penerimaan data oleh android dalam rentang jarak yang berbeda tanpa halangan. Pengujian dilakukan dengan 15 kali percobaan pengiriman data dengan jarak 1 meter, 5 meter, dan 10 meter dengan masing-masing percobaan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Modul BLE Dari Segi Waktu

Pegiriman Data

Percobaan	Jarak	Waktu <i>delay</i> (millisecond)
1	1 meter	1261
2		1264
3		1263
4		1264
5		1264
6	5 meter	1262
7		1264
8		1263
9		1263
10		1264
11	10 meter	1262
12		1264
13		1264
14		1263
15		1263

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa rata-rata *delay* waktu yang dibutuhkan modul *bluetooth* untuk mengirim data ke android adalah 1264 *millisecond* atau 1,264 detik dari jarak 1 meter hingga jarak 10 meter. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa *delay* waktu pengiriman data oleh modul BLE tidak bergantung terhadap jarak. Selama koneksi *bluetooth* masih terhubung, maka *delay* waktu pengiriman datanya akan bernilai sama.

Pengujian Modul BLE Dari Segi Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal komunikasi modul BLE dibandingkan dengan modul HC-05

dalam kondisi saat tanpa halangan yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan saat ada halangan seperti dinding yang dapat dilihat pada Tabel 5. Pengujian dilakukan sebagai berikut.

Tabel 4. Pengujian Modul *Bluetooth* Dari Segi Jarak Tanpa Halangan

Percobaan ke	Jarak (m)	Modul BLE	HC-05
		Respon	Respon
1	3	Berhasil	Berhasil
2	6	Berhasil	Berhasil
3	9	Berhasil	Berhasil
4	12	Berhasil	Berhasil
5	15	Berhasil	Berhasil
6	18	Berhasil	Berhasil
7	21	Berhasil	Tidak Berhasil
8	24	Berhasil	Tidak Berhasil
9	27	Tidak Berhasil	Tidak Berhasil
10	30	Tidak Berhasil	Tidak Berhasil

Tabel 5 Pengujian Modul *Bluetooth* Dari Segi Jarak Ada Halangan

Percobaan ke	Jarak (m)	Modul BLE	HC-05
		Respon	Respon
1	1	Berhasil	Berhasil
2	3	Berhasil	Berhasil
3	5	Berhasil	Berhasil
4	7	Berhasil	Tidak Berhasil
5	9	Tidak Berhasil	Tidak Berhasil

Berdasarkan percobaan diatas, untuk mengetahui jarak yang dapat dijangkau oleh modul BLE dilihat respon modul pada rentang jarak yang berbeda dan dalam kondisi yang berbeda, yaitu tanpa halangan dan ada halangan. Pada kondisi tanpa halangan, modul BLE berhasil memberi respon hingga jarak 25 meter. Pada jarak 27 meter modul tidak berhasil saling terkoneksi. Sedangkan untuk modul HC-05, *bluetooth* masih terkoneksi hingga jarak 19 meter Pada kondisi adanya halangan, modul BLE dan android dapat saling terkoneksi hingga jarak 8 meter. Pada jarak 9 meter modul tidak berhasil memberikan respon. Sedangkan pada modul HC-05 koneksi *bluetooth* mencapai jarak 6 meter. Hal ini menunjukkan bahwa jarak yang dapat dijangkau oleh modul BLE sangat berpengaruh terhadap adanya halangan seperti dinding yang dapat mempersingkat jarak jangkauan modul. Pengujian dilakukan pada lorong yang panjang di dalam ruangan, sehingga pada bagian sisi kiri dan kanan terdapat dinding. Inilah yang dianggap sebagai penyebab jarak jangkauan modul BLE hanya mencapai 25 meter.

Pengujian Modul BLE Dari Segi Keakuratan Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai arus listrik yang dibaca oleh sensor sama dengan yang dikirimkan oleh modul *bluetooth* agar didapat tingkat keakuratan data. Pengujian dilakukan dengan 10 kali percobaan perbandingan seperti yang ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Pengujian Modul BLE Dari Segi Keakuratan Data

Percobaan Ke	Arus listrik yang dibaca sensor (A)	Arus listrik yang dikirim oleh modul BLE (A)	Selisih nilai arus (A)
1	0,09	0,09	0,00
2	0,13	0,13	0,00
3	0,15	0,15	0,00
4	0,15	0,15	0,00
5	0,37	0,37	0,00
6	0,35	0,35	0,00
7	0,45	0,45	0,00
8	1,03	1,03	0,00
9	1,15	1,15	0,00
10	1,34	1,34	0,00

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil yang menyatakan bahwa modul *bluetooth* dapat mengirimkan data sesuai dengan yang dibaca oleh sensor. Sehingga tingkat keakuratan data yang dikirim adalah sebesar 100%.

Pengujian Konsumsi Energi

Pengujian dilakukan untuk mengetahui penggunaan energi (daya) pada saat mengoperasikan modul BLE dibandingkan dengan *bluetooth* HC-05. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan cara mengukur nilai arus dan tegangan pada masing-masing *bluetooth* menggunakan multimeter. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai daya dengan menggunakan persamaan :

$$P = I \times V$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Nilai tegangan yang digunakan adalah tegangan standar untuk listrik 1 fasa yaitu 220 volt.

Pada tabel 7 diperlihatkan hasil pengujian konsumsi energi pada modul BLE dan modul HC-05.

Tabel 7. Pengujian Konsumsi Energi Modul *Bluetooth*

Percobaan Ke	Modul HC-05			Modul BLE		
	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
1	2,6	5,06	13,156	1,1	4,97	5,467
2	2,5	5,02	12,55	1,1	5,02	5,522
3	2,7	5,04	13,608	1,1	4,98	5,478
4	2,7	5,08	13,716	1,2	4,98	5,976
5	2,7	5,22	14,094	1,1	5,15	5,665
6	2,6	5	13	1,1	4,96	5,456
7	2,7	5,02	13,554	1,1	5	5,5
8	2,7	5,08	13,716	1,2	5,08	6,096
9	2,7	5,07	13,689	1,2	5,04	6,048
10	2,7	5,06	13,662	1,2	5,06	6,072
	Rata-rata		13,47	Rata-rata		5,728

Dari tabel di atas dapat dilihat rata-rata konsumsi energi modul HC-05 adalah sebesar 13,47 mW. Yang mana angka ini lebih besar jika dibandingkan dengan konsumsi energi oleh modul BLE yang hanya mengkonsumsi daya sebesar 5,728 mW. Sehingga dapat disimpulkan bahwa modul BLE lebih hemat dalam penggunaan energi.

Pengujian Pembacaan Nilai Arus

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai arus yang dilihat pada kwh meter dan yang ditampilkan pada aplikasi. Tabel dibawah menunjukkan perbedaan pembacaan nilai arus. Pengujian dilakukan pada perangkat elektronik berbeda yang dicolokkan pada stop kontak. Kemudian dilakukan pembacaan nilai arus pada aplikasi dan kwh meter. Berikut hasil pengujian pembacaan nilai arus yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Pembacaan Nilai Arus

Percobaan ke-	Arus yang diukur pada kwh meter (A)	Arus yang ditampilkan pada aplikasi (A)	Selisih Pengukuran (A)	Error (%)
1	0,884	0,90	0,016	1,778
2	0,715	0,72	0,005	0,694
3	0,736	0,76	0,024	3,157
4	0,654	0,69	0,036	5,217
5	2,049	2,06	0,011	0,533
6	0,936	0,94	0,004	0,425
7	0,710	0,74	0,030	4,054
8	2,225	2,28	0,055	2,412
9	0,722	0,76	0,038	5
10	0,678	0,70	0,022	3,142
Σ error				26,412
Rata-rata Error				2,641

Dari Tabel 8 dapat dilihat perbedaan pengukuran dari sensor arus dengan yang ditampilkan pada kwh meter. Selisih pengukuran tertinggi terjadi pada saat percobaan ke-8 dengan selisih pengukuran sebesar 0,055 ampere dan selisih terendah terjadi pada saat percobaan ke-6 dengan selisih pengukuran 0,004 ampere. Sedangkan nilai *error* tertinggi terjadi pada saat percobaan ke-4 dengan nilai *error* sebesar 5,217% dan terendah terjadi pada saat percobaan ke-6 dengan nilai *error* 0,425%. Berikut merupakan presentase *error* rata-rata pada pengujian sensor arus.

$$Error\ rata - rata = \frac{\sum(Error)}{jumlah\ data}$$

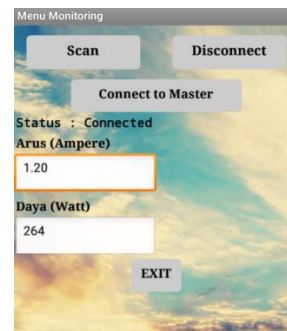
$$Error\ rata - rata = \frac{\sum(26,412)}{(10)}$$

$$Error\ rata - rata = 2,641\%$$

Dari hasil pengujian diatas juga dapat diambil kesimpulan bahwa nilai *error* rata-rata yang didapat adalah sebesar 2,641%. Nilai ini didapatkan berdasarkan jumlah total semua nilai *error* dibagi dengan banyak nya data yang diambil atau banyak nya percobaan.

Pengujian Kerja Aplikasi Android

Nilai arus dan daya listrik akan ditampilkan pada *textbox1* dan *textbox2*. Berikut pada Gambar 11 merupakan tampilan monitoring arus dan daya listrik pada aplikasi android.



Gambar 11. Tampilan Monitoring Arus dan Daya Listrik
Dari Gambar 11, nilai arus yang terbaca oleh aplikasi adalah sebesar 1,20 ampere dan nilai daya listrik adalah 264 watt. Pembacaan data dilakukan secara *real time*, sehingga data akan terus berubah tiap satu detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring yang dirancang mampu melakukan monitoring nilai arus dan daya listrik secara *real time* melalui aplikasi pada android dengan presentase *error* rata-rata 2,641%.
2. Modul BLE dapat digunakan sebagai media komunikasi dalam pengiriman data dengan hasil pengujian kinerja modul BLE dapat dilihat seperti dibawah ini:
 - Waktu, *delay* pengiriman data rata-rata adalah 1264 millisecond atau 1,264 detik.
 - Jarak, jarak terjauh jangkauan modul BLE dalam kondisi tanpa halangan (dinding) adalah 25 meter, dan 8 meter untuk kondisi ada halangan.
 - Keakuratan data, tingkat keakuratan data yang dikirimkan oleh modul *bluetooth* adalah senilai 100%.
 - Rata-rata konsumsi energi modul BLE lebih hemat dibandingkan dengan konsumsi energi modul *bluetooth* HC-05 dengan perbandingan modul BLE sebesar 5,728 mW dan modul HC-05 adalah sebesar 13,47 mW.

SARAN

Mengingat masih terdapat beberapa kekurangan dalam penelitian ini, maka perlu dilakukan perbaikan untuk lebih mengoptimalkan kinerja sistem, antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengimplementasikan teknologi IoT pada sistem agar monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan jaringan internet.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat membuat aplikasi yang bersifat *multiuser*.
3. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat meningkatkan sistem tidak hanya sekedar memonitoring tapi juga bisa melakukan pengisian token listrik dengan melakukan kerjasama dengan pihak PLN.

REFERENCES

- [1] Afriadi. 2017. *Sistem Kendali Pemakaian Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Android Menggunakan Sensor Arus*. Padang : Universitas Andalas.
- [2] Indrayana, Arief Sukma, dkk. 2017. *Rancang Bangun Sistem Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) Pada Sistem Pengamatan Tekanan Darah*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [3] Zulpa, Ariefman. 2015. *Prototype Monitoring Pengukuran Beban dan Biaya Arus Listrik dengan Mikrokontroler Arduino pada Pelanggan Pascabayar Berbasis Web*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [4] Putra, Komang Deliana. 2016. *Teknologi Energi Listrik*. Malang : Institut Teknologi Nasional.
- [5] Sukamto, Victorio. 2011. *Teknologi Bluetooth dan Aplikasinya Terhadap Jaringan Komputer*. Semarang : Universitas AKI.
- [6] Naghi, I Wayan Bobby Astagina, dkk. 2017. *Implementasi Sistem Pervasive Pada Smarthome Berbasis Bluetooth Versi 4.0 Menggunakan Modul BLE HM-10 dan Sensor*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [7] Yuniar, Supriadi. 2014. *Semua Bisa Menjadi Programmer Android*. Elex Media : Bandung
- [8] Wildani, Erick Pratama. 2017. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Di Rumah Tangga*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.