

Aplikasi Pengakuisisi Data Arus Beban Perangkat Elektronika untuk Monitoring Konsumsi Energi Listrik Perusahaan

Eka Wiantara

Program Studi Sistem Komputer, STMIK STIKOM Bali
Jl. Raya Puputan No. 86 Renon, Denpasar, telp: 0361 244445
e-mail: wiantara@stikom-bali.ac.id, videline@yahoo.com.

Abstrak

Listrik dewasa ini telah menjadi sebuah kebutuhan primer bagi masyarakat, khususnya pada suatu perusahaan, sehingga dibutuhkan pengelolaan yang baik agar dapat dikonsumsi secara efektif. Umumnya, konsumsi energi listrik di suatu perusahaan dengan banyak divisi, cukup menyulitkan bagian manajemen dalam memantau konsumsi energi listrik. Pada makalah ini, disampaikan sebuah metode dan implementasi sensor arus berbasis microcontroller untuk akuisisi data konsumsi arus listrik pada suatu perangkat elektronika. Selain itu, data arus listrik tersebut dapat ditampilkan pada komputer server melalui modul WiFi, sehingga tidak membebani suatu perusahaan dengan biaya tinggi untuk pembangunan infrastruktur yang baru. Arus listrik (I) dalam satuan Ampere (A) merupakan salah satu parameter pengukuran daya listrik (P) yang dibutuhkan oleh suatu perangkat elektronika. Besarnya daya listrik tersebut selanjutnya dapat dikalkulasi dengan waktu penggunaannya untuk memperoleh besaran energi listrik dalam satuan kWh. Dengan demikian, maka hasil kalkulasi dengan harga per-kWh dapat dibandingkan dengan biaya listrik suatu perusahaan pada rentang waktu tertentu atau berkala. Hasil penelitian ini, selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pengembangan aplikasi monitoring maupun analisis terhadap pola konsumsi energi listrik di suatu perusahaan.

Kata kunci: Sensor Arus, Akuisisi Data, Manajemen Energi Listrik.

1. Pendahuluan

Konsumsi energi listrik yang besar di suatu perusahaan umumnya tidak dikelola secara efektif karena tidak tersedianya alat pemantau. Sehingga, hal ini menyebabkan pembengkakan biaya listrik perusahaan pada rentang waktu tertentu atau berkala. Dalam rangka menekan konsumsi energi listrik yang tidak efektif, umumnya perusahaan akan memberikan himbauan kepada staff, melakukan pemantauan secara manual melalui bagian *security*, hingga menambah infrastruktur pembangkit energi listrik (seperti PLTS). Berdasarkan hal tersebut, pada makalah ini akan disampaikan sebuah metode pemantauan konsumsi energi listrik pada suatu perangkat elektronika melalui jaringan modul WiFi menggunakan sensor arus hall effect ACS712 berbasis *microcontroller*.

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan pengukuran arus listrik, disampaikan bahwa terdapat beberapa jenis sensor yang bekerja berdasarkan prinsip: Resistansi Hukum Ohm, Induksi Hukum Faraday, Sensor Medan Magnet, dan Efek Faraday [1]. Keempat prinsip tersebut masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan baik dari parameter akurasi hingga biaya. Berdasarkan prinsip sensor medan magnet, sensor arus ACS712 dan modul ZigBee telah diimplementasikan pada Raspberry Pi dan modul-modul lainnya [2],[3],[4],[5],[6]. Namun demikian, untuk menekan biaya pembangunan alat ukur, pada penelitian ini sensor ACS712 tersebut diimplementasikan pada Arduino Pro-mini yang berbiaya rendah dan berdimensi kecil.

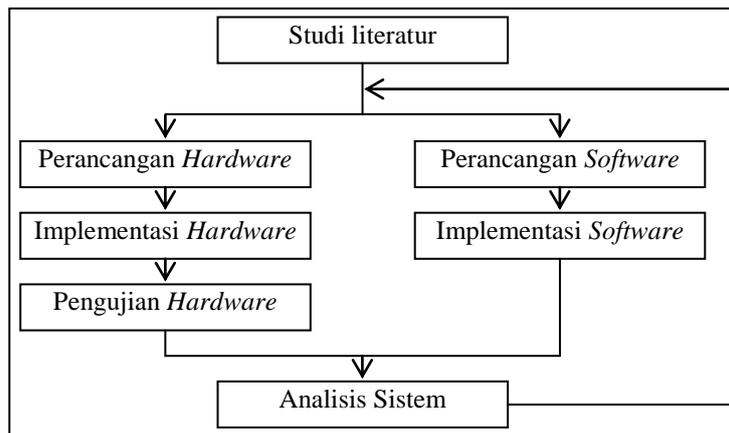
Dalam penelitian ini, pemantauan energi listrik dilakukan dengan mengukur konsumsi arus listrik (I) yang dibutuhkan suatu perangkat dengan tegangan rata-rata 220 Volt, sehingga pada satuan rentang waktu tertentu diperoleh konsumsi energi listrik dalam satuan kWh (*kilo Watt per-hour*)[7]. Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya dikirimkan ke komputer server secara nirkabel dan ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan penentuan kebijakan suatu perusahaan dalam pengelolaan konsumsi energi listrik yang lebih efektif.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan referensi terkait rancangan metode yang akan digunakan. Implementasi sistem pengakuisisi data pada pengukuran arus listrik ini melibatkan dua bagian, yaitu *hardware* dan *software*. Bagian *hardware* meliputi modul-modul *microcontroller* baik berupa sensor, transmisi, maupun *mainboard*. Referensi terkait *datasheet* modul tersebut sangat diperlukan untuk menghindari kesalahan perhitungan dan pemasangan, terlebih sistem yang dirancang akan melibatkan pengukuran arus bertegangan tinggi. Selain membahayakan komponen *hardware*, juga berdampak pada kinerja perangkat yang akan diukur.

Dalam penelitian ini, pengukuran arus listrik pada perangkat dilakukan dengan metode konversi besaran arus listrik ke besaran tegangan menggunakan modul sensor arus. Konversi arus listrik ke tegangan pada modul ini akan bekerja secara linier, dimana, semakin besar arus yang melewati modul, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan. Modul sensor ini menggunakan komponen *integrated circuit* (IC) ACS712 [8], dengan maksimum pengukuran ± 5 A, ± 20 A, dan ± 30 A. Modul ini selanjutnya dihubungkan ke *microcontroller Arduino Pro-mini* sebagai pengubah sinyal analog ke sinyal digital (ADC) 10 bit (0-1023) [9] dan dikirimkan ke komputer server menggunakan modul WiFi NRF24L01 [10]. Data yang diterima oleh komputer server selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik, sehingga memudahkan pengguna dalam proses pemantauan dan rekapitulasi kebutuhan energi listrik.

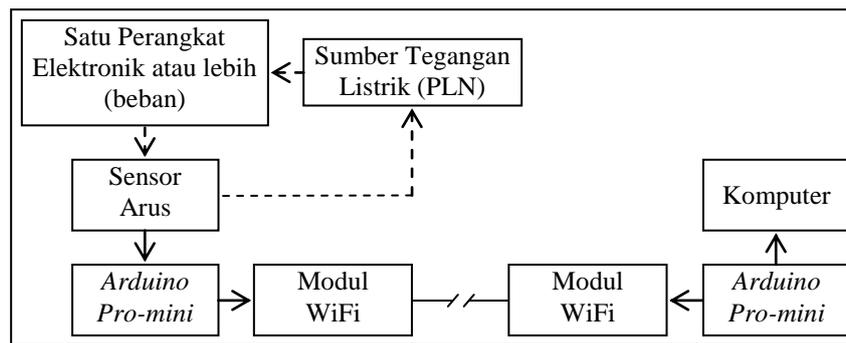
Setelah perancangan dan implementasi, selanjutnya dilakukan pengujian dan analisis *hardware*. Pada tahap ini, dilakukan pengukuran secara manual menggunakan *AVO-meter* untuk mengetahui karakteristik tegangan keluaran pada rangkaian setelah dibebani perangkat elektronik dengan kebutuhan daya yang besar.



Gambar 1. Metodologi penelitian

Setelah karakteristik tegangan pengukuran oleh *hardware* diperoleh, selanjutnya bagian antarmuka pada *software* dirancang secara sederhana (*user friendly*) agar mudah dipantau oleh pengguna, dan disesuaikan dengan karakteristik data pengukuran. Data yang ditampilkan pada bagian ini adalah hasil perhitungan nilai bit yang dikirimkan oleh rangkaian sistem dengan karakteristik sensor yang digunakan. Dalam penelitian ini, *software* diimplementasikan menggunakan bahasa Pascal dengan komponen *ComPort* sebagai media komunikasi serial. Setelah diimplementasikan, selanjutnya bagian *hardware* dan *software* dihubungkan dan dilakukan analisis terhadap kemampuan sistem dalam mengukur arus listrik serta menampilkannya pada monitor. Atas ketidaksesuaian hasil yang diharapkan, maka sebagaimana bagan pada Gambar 1, akan dikembalikan ke bagian awal sebagai proses perbaikan dan penyempurnaan.

Secara khusus, bagan teknik pemasangan salah satu perangkat pada rangkaian sistem ditunjukkan pada Gambar 2. Teknik ini tidak hanya untuk pengukuran satu perangkat saja, namun dapat digunakan untuk mengukur konsumsi arus listrik di setiap ruangan (divisi/bagian) pada suatu perusahaan dengan memperhatikan kemampuan maksimum dari sensor arus yang digunakan. Sumber tegangan listrik (PLN) untuk perangkat elektronik dengan sensor arus dirangkai secara seri, sebagaimana teknik pengukuran arus menggunakan alat ukur lainnya.



Gambar 2. Skema rangkaian *hardware*

3. Hasil dan Pembahasan

Modul sensor arus yang digunakan adalah tipe ± 30 A dan diimplementasikan pada sebuah stop kontak yang dirangkai secara seri dengan perangkat yang akan diukur. Pemilihan tipe ini bertujuan untuk mengantisipasi pengukuran perangkat berarus besar. Kebutuhan tegangan listrik modul sensor ini adalah 5 Volt dan dipasang secara paralel dengan sumber tegangan *Arduino Pro-mini*. Keluaran modul sensor ini selanjutnya dihubungkan dengan pin analog A0 untuk menampilkan nilai konversi satuan tegangan ke dalam satuan bit. Saat tanpa beban, nilai bit yang ditampilkan pada *serial monitor* adalah 512. Sedangkan saat dibebani perangkat elektronik berupa *active speaker*, nilai bit mulai berubah, namun tidak signifikan. Namun demikian, dengan meningkatkan volume *active speaker* tersebut, perubahan yang signifikan terjadi pada nilai bit yang ditampilkan. Hal ini berarti bahwa kebutuhan arus oleh perangkat mulai meningkat dan mengindikasikan bahwa modul bekerja dengan baik.

Berdasarkan [8], nilai sensitifitas sensor ini didasarkan pada karakteristik tipe IC yang digunakan, yaitu: 185 mV/A, 100 mV/A, dan 66 mV/A untuk masing-masing ± 5 A, ± 20 A, dan ± 30 A. Sebelum menentukan nilai arus berdasarkan nilai bit yang terukur pada *Arduino*, maka dilakukan pembagian rentang tegangan 0 - 5 Volt (berdasarkan rentang input analog *Arduino*) dengan nilai 10 bit (1024) untuk mengetahui perubahan tegangan yang terjadi. Pada sensor ± 30 A, maka diperoleh 1 bit = $1A / [(66 \text{ mV/A}) / (4.88)] = 73.98 \text{ mA}$. Hal ini berarti, dari rentang bit 0 hingga bit 1023, terdapat perubahan arus sebesar 73.98 mA/bit dari rentang -30 A sampai 30 A. Dengan demikian, untuk pengukuran tanpa beban (0 A), maka nilai bit yang ditampilkan adalah setengah dari nilai bit keseluruhan, yaitu 512. Karena pengukuran arus listrik dilakukan pada tegangan AC (*Alternating Current*), maka pencapaian nilai bit di bawah 512 mengindikasikan bahwa nilai arus saat itu adalah negatif (-).

```

//Pada modul pengirim=====
const byte rxAddr[6] = "00100"; //alamat penerima
void loop(){
  int sensor=analogRead(A0); //pembacaan sensor
  radio.write(&sensor, sizeof(sensor)); //pengiriman data
}

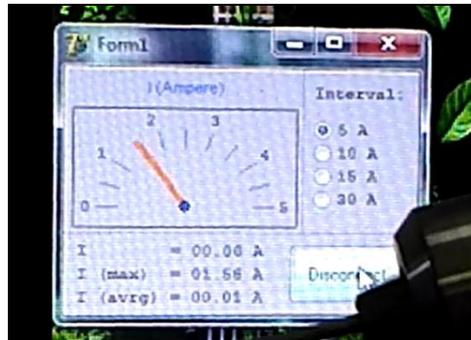
//Pada modul penerima=====
const byte rxAddr[6] = "00100"; //alamat penerima
void loop(){
  if (radio.available()) {
    radio.read(&sensor, sizeof(sensor)); //penerimaan data
    Serial.print("a"); //penulisan string awal paket data
    Serial.print(sensor); //data sensor
    Serial.print("b"); //penulisan string akhir paket data
  }
}

//Pada Borland Delphi 7=====
procedure TForm1.ComDataPacket1Packet(Sender: TObject; const Str: String);
begin
  ComDataPacket1.StartString:='a'; //pembacaan awal paket data
  ComDataPacket1.StopString:='b'; //pembacaan akhir paket data
  data[i]:=StrToFloat(str); //penyimpanan data sensor ke variabel data
end;
  
```

Gambar 3. *syntax* yang diimplementasikan pada *Arduino IDE* dan *Borland Delphi 7*.

Pada sisi pengiriman data menggunakan modul WiFi, pengaturan alamat penerima yang digunakan adalah "00100", sedangkan data yang diterima selanjutnya dikirimkan dalam bentuk paket data dengan string awal dan string akhir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Hal ini dibutuhkan dalam pembacaan data oleh komputer melalui *ComPort*.

`data[i]` pada *syntax* di atas selanjutnya dapat diolah sebagai data dalam bentuk tabel maupun grafik. Dalam penelitian ini, data tersebut disajikan dalam bentuk *gauge* dengan tampilan antarmuka seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *gauge* sebagai pemantau konsumsi arus listrik

Pada Gambar 4, tampilan program telah dilengkapi dengan pilihan rentang maksimum pendeteksian arus listrik. Hal ini berguna untuk pembacaan *gauge* yang lebih jelas khususnya pada pengukuran arus yang lemah.

Tabel 1. Perbandingan spesifikasi perangkat dengan hasil pengukuran

No	Nama Perangkat	Spesifikasi	Hasil Pengukuran
1	Lampu LED INDIR	5 W (220 V) = 22.72 mA	0 - 66 mA
2	Lampu Tornado Philips	5 W (220 V) = 22.72 mA	0 - 66 mA
3	Monitor LED LG	800 mA (19V) = 15.2 W	0 - 150 mA
4	Pengisian Baterai HP	11.5 Wh (3.85V) = 2.98Ah	0 - 150 mA
5	Bor listrik Tosita	450 W (220 V) = 2.045 A	0 - 6.8 A



Gambar 5. Grafik konsumsi arus listrik untuk perangkat bor listrik.

Pengujian terhadap sistem secara keseluruhan telah berjalan sesuai dengan perancangan, dimana, hasil pengukuran arus yang ditampilkan telah sesuai dengan kisaran maksimum konsumsi daya perangkat yang diukur, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Dalam hal ini, dilakukan perbandingan kebutuhan arus berdasarkan spesifikasi perangkat dengan nilai arus terukur. Sebagaimana pengukuran sebuah perangkat bor listrik dengan daya 450 Watt, akan membutuhkan arus sebesar $450 \text{ Watt} / 220 \text{ Volt} = 2.045 \text{ Ampere}$. Sedangkan pada hasil pengukuran telah memenuhi kisaran nilai tersebut. Namun demikian, bila dilihat melalui grafik pada Gambar 5, maka menyalakan perangkat tertentu untuk pertama kalinya, akan membutuhkan arus yang besar. Hal ini dapat terjadi karena kualitas sebuah perangkat elektronik tidak sepenuhnya mampu bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Hal ini berarti bahwa setiap perangkat memungkinkan untuk mengkonsumsi daya listrik yang lebih atau kurang dari spesifikasi perangkat.

Di sisi lain, pengujian terhadap kemampuan perangkat dalam pengiriman data menggunakan modul WiFi masih diperlukan penyempurnaan. Sebab rentang pengiriman data terbatas pada kisaran jarak 20 meter, dan dibatasi oleh kondisi lingkungan.

4. Simpulan

Sistem pengakuisisi data arus listrik pada suatu perangkat elektronika dapat diimplementasikan menggunakan modul sensor arus dengan IC ACS712, dengan memperhatikan nilai sensitifitas sensor yang digunakan. Selain itu, untuk menyempurnakan kualitas dan kestabilan pengukuran, maka dibutuhkan sumber tegangan yang stabil bagi rangkaian sensor.

Pengembangan penelitian ini selanjutnya dapat diarahkan ke penerapan pada suatu perusahaan dalam bentuk studi kasus dan pengujian sistem. Pada sisi pengiriman data, modul WiFi NRF24L01 dapat digantikan dengan modul WiFi yang sama namun dengan antenna tambahan untuk jangkauan yang lebih jauh.

Daftar Pustaka

- [1] Ziegler S, Woodward RC, Iu HH, Borle LJ. Current sensing techniques: A review. *IEEE Sensor Journal*. 2009 Apr; 9(4): 354-76.
- [2] Despa D, Kurniawan A, Komarudin M, Nama GF. Smart monitoring of electrical quantities based on single board computer BCM2835. In *Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 2015 2nd International Conference on 2015 Oct 16* (pp. 315-320). IEEE.
- [3] Ghorbanpanah H, Moghaddam MY, Saeedi A, Alishahi S. Design and implementation of building energy monitoring system using wireless sensor networks. *22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm*. 10-13 June 2013; 0867-0867.
- [4] Abo-Zahhad M, Ahmed SM, Farrag M, Ahmed MF, Ali A. Design and implementation of building energy monitoring and management system based on wireless sensor network. In *Computer Engineering & Systems (ICCES), 2015 Tenth International Conference on 2015 Dec 23* (pp.230-233). IEEE.
- [5] Ahmed MS, Mohamed A, Homod RZ, Shareef H, Sabry AH, Khalid KB. Smart plug prototype for monitoring electrical appliances in Home Energy Management System. In *Research and Development (SCORED), 2015 IEEE Student Conference on 2015 Dec 13* (pp. 32-36). IEEE.
- [6] Kim WH, Lee S, Hwang J. Real-time energy monitoring and controlling system based on Zigbee sensor networks. *Procedia Computer Science*. 2011 Jan 1;5:794-7.
- [7] Theraja, B., and Theraja, A. *A Textbook of Electrical Technology: Basic Electrical Engineering*. Volume I. New Delhi: S. Chand. 2002: 168-179.
- [8] Allegro MicroSystem, Inc. Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and Low-Resistance Current Conductor. Datasheet ACS712 [Copyright 2006].
- [9] Atmel. Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32 kBytes in-system programmable Flash. Datasheet ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P [Revised Nov. 2015].
- [10] NORDIC Semiconductor. nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver: Preliminary Product Specification v1.0. Datasheet [Revised 1, March 2008].