

Sistem *Monitoring* Energi Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Topologi *Mesh*

Rudy Santoso Lukito¹,Deddy Susilo²,F. Dalu Setiaji³

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
¹612011047@student.uksw.edu,²deddy.susilo@staff.uksw.edu, ³dalusetaaji@staff.uksw.edu,

Ringkasan

Pada makalah ini dibuat suatu sistem untuk memantau energi listrik yang terpakai pada lampu penerangan jalan umum dan mengirimkan datanya, berbasis *wireless sensor network* dengan topologi *mesh*. Terdapat modul *slave* yang dipasang pada tiang lampu jalan yang terdiri dari sensor tegangan jala-jala PLN, sensor arus yang terpakai oleh lampu, dan sensor intensitas cahaya yang dihasilkan lampu. Mikrokontroler Arduino pro mini 3,3V 8MHz digunakan untuk mengolah data dari sensor sehingga dapat diketahui besarnya daya yang digunakan oleh lampu. *Wireless sensor network* dengan topologi *mesh* dirancang untuk mengatasi gagalnya pengiriman data dari modul *slave* ke modul *master* di komputer *server*. *Wireless sensor network* dirancang menggunakan RF transceiver. Hasil pengujian menunjukkan sensor tegangan, arus dan intensitas cahaya memiliki ralat di bawah 3%. Perancangan *wireless sensor network* dengan topologi *mesh* berhasil direalisasikan, dimana ketika salah satu modul *slave* yang tidak berfungsi, semua data dari modul *slave* yang berfungsi tetap dapat diterima oleh modul *master*.

Kata kunci: Sistem monitoring, *wireless sensor network*, *slave*, *master*, topologi *mesh*.

1. Pendahuluan

Energi listrik yang sangat berharga, banyak digunakan untuk lampu penerangan jalan umum dalam jumlah banyak. Untuk satu buah lampu jalan, konsumsi daya yang dibutuhkan cukup besar yaitu antara 18W sampai 700W. Namun sering terlihat bahwa lampu jalan belum mati saat siang hari, sehingga memboroskan energi listrik. Belum lagi jika lampu sudah mulai menurun kualitasnya sehingga intensitas cahayanya menjadi tidak maksimal.

Maka dari itu, dirancang sebuah sistem pemantau energi listrik yang digunakan lampu jalan dengan pengiriman data berbasis *wireless sensor network* bertopologi *mesh*. Data tersebut nantinya diharapkan dapat digunakan untuk mengambil langkah yang tepat jika terjadi masalah pada lampu jalan, yang tujuan utamanya adalah menghemat pemakaian energi listrik. Penggunaan *wireless sensor network* dengan topologi *mesh* dirancang menggunakan modul RF transceiver NRF24L01 0dBm yang hemat daya, tidak memerlukan biaya dalam pengiriman datanya dan dapat digunakan untuk pengiriman data jarak jauh.

2. Kajian Pustaka

Sejumlah sistem dengan tujuan sejenis telah dikembangkan dengan menggunakan berbagai macam cara pengiriman data dan penerapannya. Pada bab ini akan dibahas beberapa di antaranya sebagai bahan acuan dan perbandingan.

2.1. Desain Sistem Monitoring dan Kontrol Penggunaan Energi Listrik Menggunakan *Wireless Sensor Network* [1]

Sistem monitoring energi listrik digunakan untuk mendeteksi penggunaan energi listrik yang dipakai oleh beban. Dalam sistem *monitoring* ini dilakukan pengukuran besaran arus listrik menggunakan sensor arus. Pengukuran arus listrik dilakukan pada beberapa titik beban yang telah dimodifikasi dengan penambahan pemancar dan sebuah modul penerima pada *server* yang digunakan untuk menerima dan mengolah data hasil pengamatan. Desain sistem ini menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN), dengan transmisi data menggunakan standar protokol IEEE 802.15.4/zigbee. Dari pengujian sistem didapatkan jarak jangkauan transmisi data maksimal dalam kondisi *Line of Sight* (LOS) adalah 100 meter, sedangkan pada kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) sejauh 35 meter, dengan penghalang berupa tembok beton setebal 15cm.

2.2. Implementasi *Wireless Sensor Network* untuk *Monitoring Parameter Energi Listrik* sebagai Peningkatan Layanan Bagi Penyedia Energi Listrik [2]

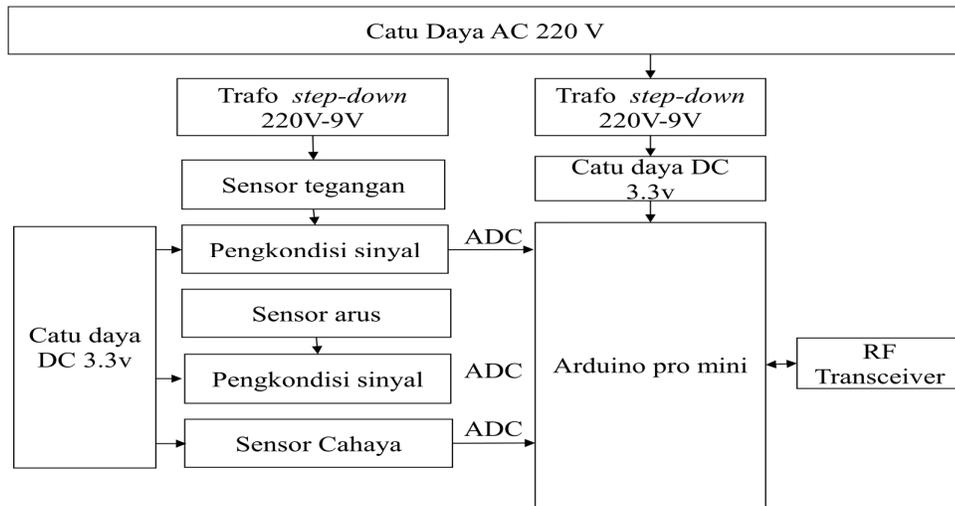
Pada acuan ini, parameter energi listrik yang dimonitor adalah tegangan, arus, frekuensi dan beda *phase*. Data parameter energi listrik pada setiap sensor dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul RF ke *gateway*. Sisi *gateway* akan terkoneksi GPRS menggunakan modem GPRS dan mengirim paket-paket data ke *web database*. Konsumen dapat mengakses data-data tersebut melalui telepon genggam. Pada *web* tersebut akan ditampilkan data-data energi listrik sesuai waktu dan wilayah yang ingin ditampilkan, untuk menginformasikan penggunaan energi listrik yang dikonsumsi. Modul RF yang digunakan dapat mengirimkan data sejauh 300 meter.

Perbedaan sistem yang dibuat dibandingkan dua pustaka di atas adalah, pada sistem ini pengiriman dan penerimaan data dilakukan menggunakan modul transceiver umum yang memiliki frekuensi kerja 2,4GHz dan menanamkan protokol *Wireless Sensor Network* secara *software*. Juga terdapat kendali terpusat untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu jalan secara paksa (*force control*) untuk keperluan *maintenance* rutin dan hal-hal khusus dari pusat kendali. Terdapatnya sensor pengukur intensitas cahaya lampu jalan dapat mendukung keperluan *maintenance* rutin lampu jalan yang rusak atau mati.

3. Perancangan dan Penerapan

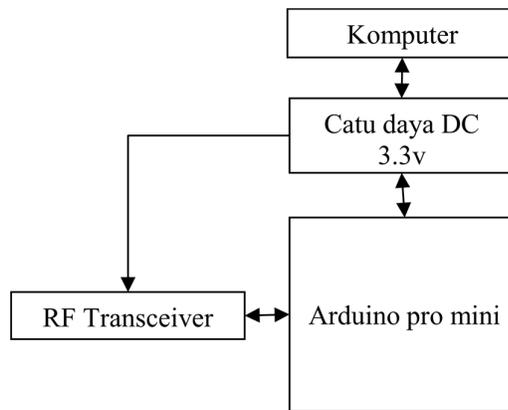
3.1. Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino pro mini 3,3 V 8MHz sebagai pengendali utama. Terdapat lima modul *slave* terpasang pada tiang lampu jalan dan 1 modul *master* pada komputer *server*. Tiap modul *slave* terdiri sensor arus, sensor tegangan, sensor cahaya dan NRF24L01. Gambar 1 menunjukkan blok diagram modul *slave*.



Gambar 1. Blok diagram modul *slave*

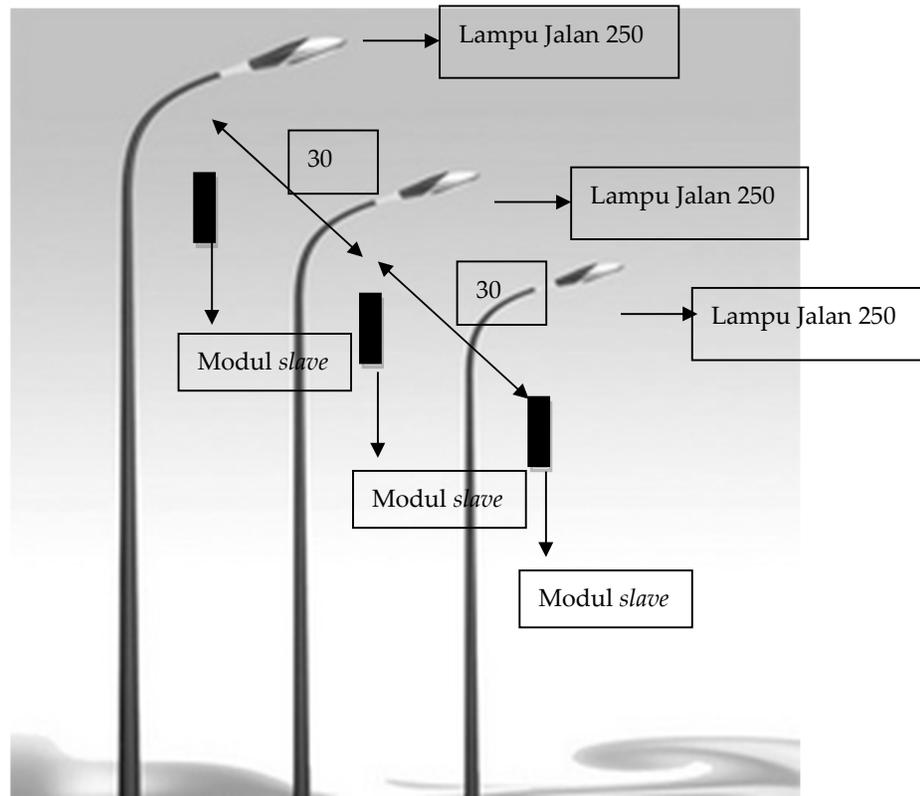
Sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan rms jala-jala, sensor arus *non-invasive* YHDC SCT-020 digunakan untuk mengukur arus rms, dan sensor cahaya BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya cahaya lampu jalan. Pengkondisi sinyal dirancang agar tegangan yang keluar dari sensor dapat sesuai dengan jangkauan tegangan masukan pin ADC arduino. Modul *master* sebagai penerima data terdiri dari NRF24l01. Gambar 2 menunjukkan blok diagram modul *master*.



Gambar 2. Blok diagram modul *master*

3.2. Perangkat Keras Sistem

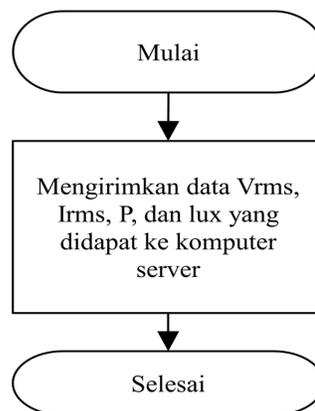
Perangkat keras modul *slave* yang direalisasikan dalam penelitian ini memiliki ukuran pampang 11cm×8,6 cm yang dapat mudah ditempelkan pada tiang lampu jalan seperti ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Gambaran lampu jalan dan penempatan modul

3.3. Perangkat Lunak Sistem

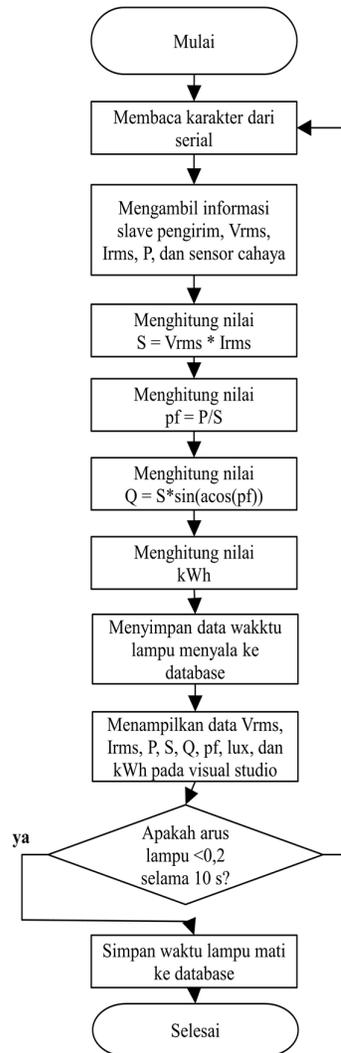
Perancangan perangkat lunak yang akan dijelaskan dibagi menjadi tiga bagian yaitu perancangan perangkat lunak modul *slave*, modul *master*, dan komputer *server*. Gambar 4 menunjukkan diagram alir modul *master* yang bertugas menerima data dari modul *slave* dan dikirimkan ke komputer *server* secara serial.



Gambar 4. Diagram alir modul *master*

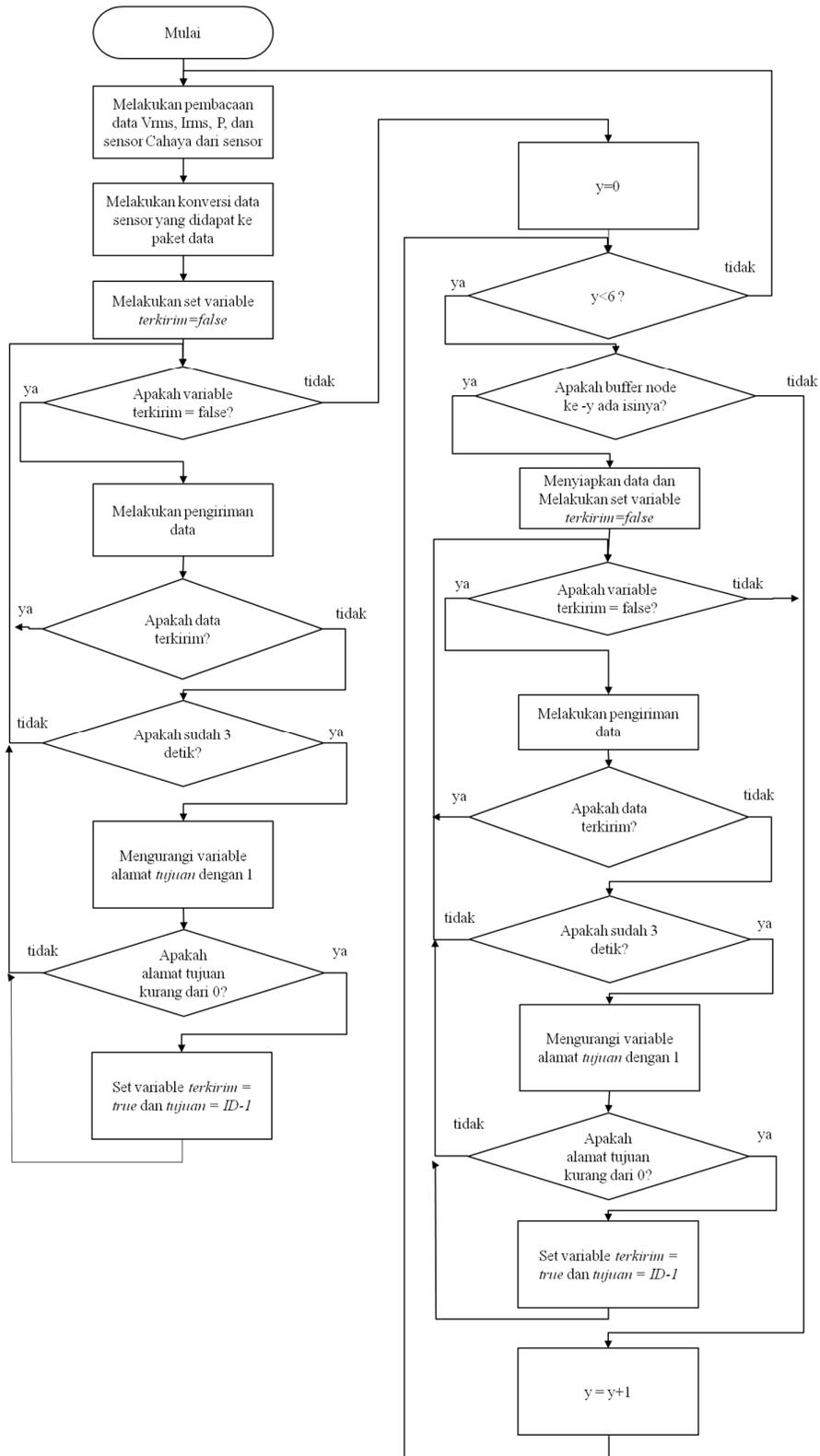
Pada komputer server, digunakan aplikasi *Microsoft Visual Studio 2010* untuk menampilkan data yang dikirimkan modul *master* dan melakukan perhitungan daya nyata (S), daya reaktif (Q), faktor daya (pf), dan jumlah energi (dalam kWh). *Microsoft*

Access 2010 digunakan sebagai *database*. Gambar 5 menunjukkan diagram alir komputer *server*.



Gambar 5. diagram alir komputer *server*.

Pada modul *slave*, data yang diambil berupa tegangan rms, arus rms, intensitas cahaya, dan melakukan perhitungan daya aktif. Gambar 6 menunjukkan diagram alir modul *slave*.



Gambar 6. diagram alir modul slave.

4. Pengujian dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan mengambil 10 data pembacaan tegangan dan arus menggunakan multimeter dan hasil perhitungan daya nyatanya, kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan alat yang dibuat. Beban yang digunakan yaitu lampu jalan 250 W. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tersebut. Pengujian dilanjutkan dengan menguji sensor cahaya seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan RMS, arus RMS, dan daya nyata

Data	Vrms Multi(V)	Vrms Alat(V)	Ralat (%)	Irms Multi(A)	Irms Alat(A)	Ralat (%)	Daya Nyata(VA)	Daya Nyata Alat(VA)	Ralat (%)
1	224,5	224,07	0,0019	1,864	1,86	0,0021	418,46	416,77	0,4
2	224,2	223,67	0,0023	1,864	1,86	0,0021	417,9	416,02	0,44
3	224,5	223,38	0,0049	1,864	1,86	0,0021	418,46	415,48	0,71
4	224,7	224,3	0,0017	1,863	1,86	0,0016	418,61	417,19	0,33
5	224,5	224,19	0,0013	1,863	1,86	0,0016	418,24	416,99	0,29
6	224,6	224,22	0,0016	1,862	1,86	0,001	418,2	417,04	0,27
7	224,1	223,84	0,0011	1,862	1,86	0,001	417,27	416,34	0,22
8	224,9	224,56	0,0015	1,862	1,86	0,001	418,76	417,68	0,25
9	225,5	225,04	0,002	1,861	1,86	0,0005	419,65	418,57	0,25
10	225,5	225,03	0,002	1,861	1,86	0,0005	419,65	418,55	0,26
Rata-rata	224,7	224,23	0,002	1,86	1,86	0,0013	418,52	417,06	0,34

Tabel 2. Hasil pengujian sensor cahaya

Data ke	Lux Meter (lux)	Sensor Cahaya (lux)	Ralat(%)
1	5180	5236	1,08
2	5170	5123	0,9
3	5180	5024	3,01
4	5160	5132	0,54
5	5170	5234	1,23
6	5170	5135	0,67
7	5170	5022	2,86
8	5180	5113	1,29
9	5170	5230	1,16
10	5180	5154	0,5
11	5160	5024	2,63
12	5150	5091	1,14
13	5160	5222	1,2
14	5180	5172	0,15
15	5100	5031	1,35

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan nilai lux lampu jalan oleh sensor cahaya yang digunakan dengan alat LUX Meter TES 1330. Cara pengujian yaitu dengan meletakkan lux meter dan sensor cahaya bersebelahan dan sejajar. Lampu jalan berjarak 85 cm dari sensor cahaya dan lux meter Dengan mengacu pada pembacaan LUX Meter maka hasil pengujian sensor cahaya memiliki ralat maksimum 3%.

Pengujian *wireless sensor network* dilakukan untuk menguji kemampuan dari topologi *mesh* dalam mengirimkan data ke modul *master* walaupun ada modul *slave* yang mati. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan melihat data yang masuk ke modul *master* ketika salah satu modul *slave* 1. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3, yaitu semua data dapat terkirim dengan baik.

Tabel 3. Pengujian *wireless sensor network* ketika modul *slave* 1 mati

Pengujian ke	data dari <i>slave</i>			
	2	3	4	5
1	V	V	V	V
2	V	V	V	V
3	V	V	V	V
4	V	V	V	V
5	V	V	V	V
6	V	V	V	V
7	V	V	V	V
8	V	V	V	V
9	V	V	V	V
10	V	V	V	V

Tanda centang (V) pada Tabel 3 menunjukkan data yang berhasil diterima dengan baik oleh modul *master*. Dilakukan juga pengujian untuk mematikan lampu jalan dari modul *master* yang berhasil dengan baik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, perealisasiian dan pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat dapat mengukur nilai tegangan jala-jala dengan ralat maksimal sebesar 0,005%.
2. Alat dapat mengukur nilai arus beban dengan ralat maksimal sebesar 0,0021%.
3. Alat dapat mengukur nilai daya nyata beban dengan ralat maksimal sebesar 0,71%.
4. Alat dapat mengukur nilai intensitas cahaya lampu dengan ralat maksimal sebesar 3%.
5. Dengan menerapkan *Wireless Sensor Network* bertopologi *mesh*, ketika ada satu modul *slave* mati maka data dari empat modul *slave* lainnya tetap dapat terkirim dengan baik ke modul *master*.

Daftar Pustaka

- [1] Sirojuddin, Muhammad dkk, 2014 ,“Desain Sistem Monitoring dan Kontrol Penggunaan Energi Listrik Menggunakan *Wireless Sensor Network*”, Salatiga:FSM UKSW
- [2] Arrosyid, Moch Harun dkk, 2009, “Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Monitoring Parameter Energi Listrik Sebagai Peningkatan Layanan Bagi Penyedia Energi Listrik”, Surabaya:PENS ITS