

# Implementasi WSN Dalam Sistem Manajemen Energi Pada Lampu Jalan

Franky Sudarmanto<sup>1</sup>, Susilo Wibowo<sup>2</sup>, Henry Hermawan<sup>3</sup>

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya, Raya Kalirungkut Surabaya*

<sup>1</sup> frankylicm.cswie@gmail.com, <sup>2</sup> susilo\_w@staff.ubaya.ac.id, <sup>3</sup> henryhermawan@staff.ubaya.ac.id

**Abstrak** - Pada project ini, dibuat suatu sistem penerangan lampu jalan yang dapat mengontrol, dan memonitor lampu jalan melalui *website* secara jarak jauh. Pada proses monitor, selain berguna untuk memonitor kinerja sensor, juga berguna untuk memberikan pemberitahuan sistem *emergency* ke *website*. Dalam *Project* ini dibagi menjadi 2 bagian utama, yaitu layer atas dan layer bawah. Pada layer atas merupakan pembuatan dari *database* serta *website*, sedangkan pada layer bawah merupakan media utama dalam proses kontrol dan monitor yang dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu *master node system* dan *router node system*. *Router node system* hanya berfungsi untuk memonitor dan mengontrol lampu jalan, *solar PV* modul dan baterai, *master node system* memiliki fungsi yang sama dengan *router node system*, namun memiliki beberapa fitur tambahan antara lain mengirim data ke *database* dalam *webservice*, serta membaca data di *website*. *Router node system* dan *master node system* menggunakan mikrokontroler. Sistem komunikasi antar *node system*, menggunakan topologi *mesh* melalui modul komunikasi SZ05-ADV berbasis Zigbee. Data yang terdapat pada *master node system* dikirim ke *database* melalui modul SIM900 GSM GPRS. Data yang dikirim tersebut disimpan di *database* dalam *webservice* kemudian diolah dan ditampilkan ke dalam *website*. Topologi komunikasi *mesh* ini telah diuji secara pengujian jarak dengan dan tanpa penghalang, sehingga didapatkan hasil dari pengujian jarak komunikasi antar *node system* tanpa adanya penghalang (*LOS*) dapat berkomunikasi hingga jarak 100 meter, sedangkan pada pengujian jarak komunikasi antar *node system* dengan penghalang gedung, antar *node system* dapat berkomunikasi secara *reliable* pada jarak  $\leq 50$  meter. Selain itu, dari hasil pengujian, *user* dapat mengontrol lampu jalan dengan mode “on”, “off”, dan “auto” melalui *website*. Pada pengujian topologi *mesh*, antar *node system* masih dapat berkomunikasi dengan baik walaupun salah satu *node system* dimatikan.

**Kata kunci:** topologi *mesh*, SIM900 GSM-GPRS, modul SZ05-ADV, mikrokontroler.

## I. Pendahuluan

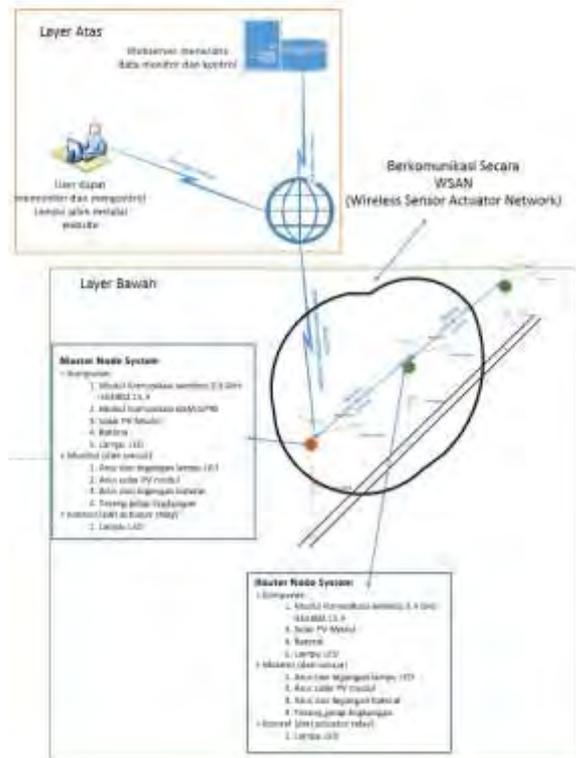
Menurut Kompas [1], salah satu penyebab terjadinya kecelakaan dikarenakan adanya faktor cuaca. Misalnya pada saat berkabut, atau dalam keadaan gelap, lampu jalan dalam keadaan mati dapat membuat terjadinya kecelakaan, karena dapat menurunkan konsentrasi dari pengemudinya. Lampu jalan mati/tidak menyala, atau lampu jalan yang hilang karena dicuri bisa disebabkan oleh tidak adanya pengawasan serta *maintenance*, sehingga banyaknya lampu jalan menjadi salah satu faktor kurangnya pengawasan terhadap lampu jalan tersebut, yang memiliki jumlah di DKI Jakarta sendiri memiliki kurang lebih 181.629 titik lampu jalan [2]. Hal tersebut mempengaruhi besarnya pemakaian listrik pada lampu jalan. Menurut Selamat [2], pada berita poskotanews, pemborosan ini seharusnya dapat dikurangi Pemprov DKI dengan penggunaan lampu hemat energi. Lampu penerangan jalan yang telah dipasang saat ini menggunakan PV modul (*Photovoltaic module*). Namun pada sistem yang telah dipasang pada lampu penerangan jalan saat ini, terdapat kekurangan, yaitu kurangnya pengawasan dan mengontrol lampu jalan tersebut.

Dari sistem yang telah dipasang, terdapat sistem serupa yang dikembangkan oleh Budapest *University Technology and Economics* di Jerman yang mengembangkan *controlling street light* dengan manajemen energi [3]. Manajemen energi yang digunakan yaitu menggunakan PV modul. Pada mikrokontroler yang digunakan adalah *Programmable Logic Control* (PLC) yang dimana sistemnya diolah dalam PLC tersebut [3]. Selain menggunakan PLC, terdapat pengembangan lain yang serupa namun menggunakan mikrokontroler *system-on-a-chip*. Penggunaan mikrokontroler dalam *smart street lighting* ini dikembangkan oleh *Institute of Technology & Management*, di India. Manajemen energi yang digunakan diproses menggunakan mikrokontroler dengan *system-on-a-chip* yang *database* serta sistem kontrol terdapat pada mikrokontroler tersebut [8].

Dengan demikian, untuk mengembangkan sistem tersebut dengan sistem yang sama, yaitu PV modul sebagai sumber daya listrik dan baterai sebagai tempat penyimpanannya, lampu jalan yang bertipe LED (*Light Emitting Diode*) dan perlu ditambahkan mikrokontroler berbasis AVR yang digunakan untuk mengontrol dan memonitor baterai, solar PV modul dan lampu LED. Diperlukan tambahan alat komunikasi secara WSN dengan standar komunikasi 802.15.4 untuk saling berkomunikasi antara lampu jalan dalam proses pertukaran data. Selain itu diperlukan alat komunikasi antara *webserver* dengan lampu jalan untuk memonitor serta mengontrol lampu jalan melalui *website*.

## II. Perancangan alat

Pada pembuatan lampu jalan ini terdapat 2 tipe *node* pada lampu jalan, yaitu *master node system* dan *router node system*, kedua tipe *node* tersebut dapat berkomunikasi antara *node* secara terintegrasi dan secara wireless melalui topologi *mesh*. Pada *master node system*, data yang telah dikumpulkan akan dikirim ke *webserver* melalui modul GSM-GPRS. Selanjutnya data tersebut dapat disimpan dalam *database* kemudian diolah dan ditampilkan pada *website* dalam bentuk grafik. Penjelasan tersebut seperti diagram garis besar pada Gambar 1.



Gambar 1: Konsep Rancangan Secara Garis Besar

Tahap perancangan tiap *node* pada lampu jalan ini yang pertama yaitu merancang dan merancang rangkaian dari *solar charge controller*. Kedua, merancang konsep dari *master node system* dan *router node system* terlebih dahulu. Dari rancangan tersebut, kemudian akan dirancang pembuatan *router node system*, yang selanjutnya dibuat *website* dan *database* sebagai *interface* dari suatu data yang disimpan pada *database*. Selanjutnya merancang program *master node system*, dan cara komunikasi antara *master node system* dengan *router node system* dan *website*.

Pada sistem lampu jalan ini, terdiri dari 2 layer yang tampak pada Gambar 1, yaitu *layer* atas yang terdiri dari *webserver*, *database*, *website*, *internet* dan *user*, dan *layer* bawah yang terdiri dari *master node system* dan *router node system*. Antara *layer* atas dengan *layer* bawah dihubungkan oleh modul SIM900 GSM-GPRS melalui jaringan *simcard* yang terdapat pada modul SIM900 GSM-GPRS.

Komponen yang terdapat pada *router node system* yaitu sebagai berikut:

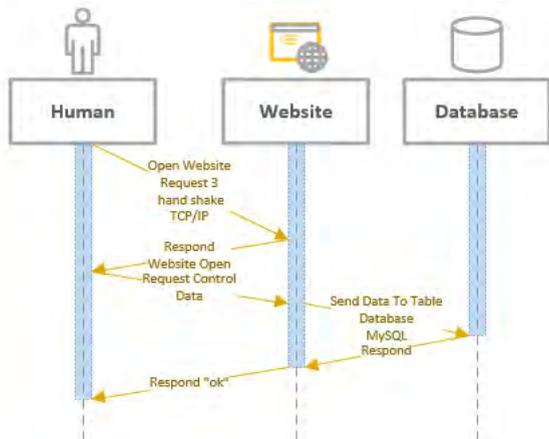
- Modul komunikasi wireless 2.4 GHz IEEE 802.15.4
- *Solar photovoltaic* modul
- Baterai
- Lampu LED
- Mikrokontroler AVR (RTC, Micro Sd Card, LDR, 3 sensor arus ACS712, 1 sensor tegangan)
- *Solar charge controller*; tegangan maksimum 27.18 Volt, arus maksimum 3.72 Ampere saat *peak sun hours* daerah Surabaya 3.6 jam [4, 6].

Komponen yang terdapat pada *master node system* yaitu sebagai berikut:

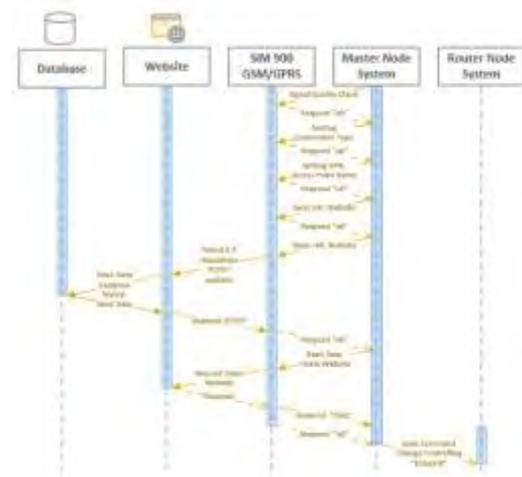
- Modul komunikasi wireless 2.4 GHz IEEE 802.15.4
- Modul komunikasi GSM GPRS 800/900/1800/1900 MHz
- *Solar photovoltaic* modul
- Baterai
- Lampu LED
- Mikrokontroler AVR (RTC, Micro Sd Card, LDR, 3 sensor arus ACS712, 1 sensor tegangan)
- *Solar charge controller*; tegangan maksimum 27.18 Volt, arus maksimum 3.72 Ampere saat *peak sun hours* daerah Surabaya 3.6 jam [4, 6].

Proses pertukaran data yang dilakukan *user* (human) memberikan mode kontrol ke dalam *database* melalui *website* yang terjadi di *layer* atas, seperti pada Gambar 2. Pada Gambar 3, proses pertukaran informasi dilakukan antara *master node system* dengan *website* untuk proses pembacaan data

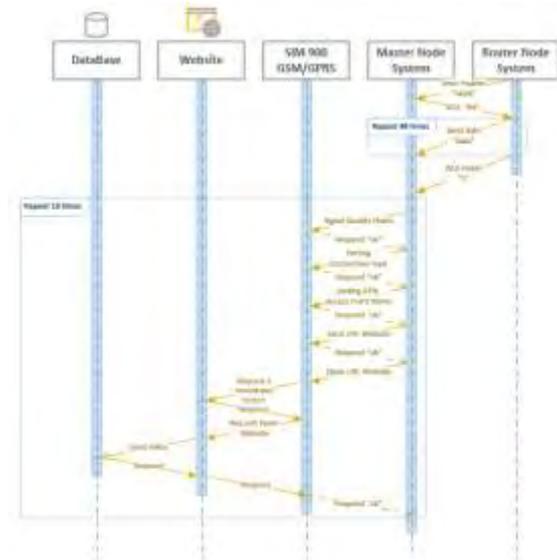
kontrol yang akan dikirim oleh *master node system* ke setiap *router node system*. Sedangkan pada Gambar 4 adalah proses pertukaran data monitor yang dilakukan *router node system* dengan *master node system* dan kemudian data tersebut dikirim ke dalam *webserver*. Pada Gambar 5 adalah proses pertukaran data monitori antar *node system* dengan *webserver*. Gambar 5 ini dibutuhkan untuk memantau modul yang digunakan jikalau terjadi kerusakan. Pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 adalah proses yang terjadi pada layer bawah pada *project* ini.



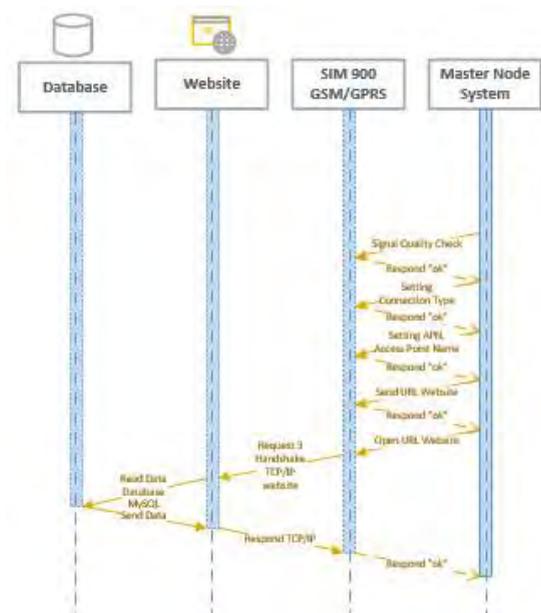
Gambar 2: Proses Pertukaran Data Layer Atas Antara User Dengan Website



Gambar 3: Proses Pertukaran Data Kontrol Layer Bawah Antara Node System Dengan Webserver



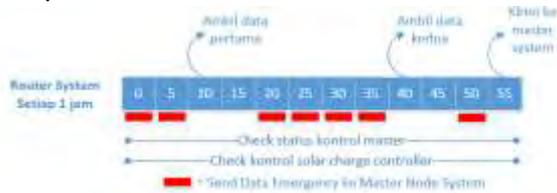
Gambar 4: Proses Pertukaran Data Monitor Layer Bawah Antara Node System Dengan Webserver



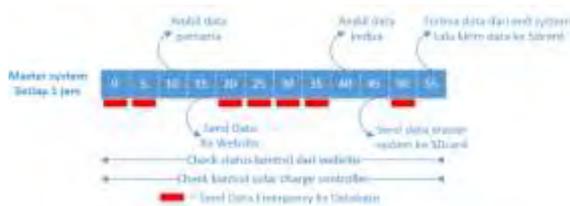
Gambar 5: Proses Peniriman Data Emergency Layer Bawah Antara Node System Dengan Webserver

Untuk proses pertukaran data, dibutuhkan manajemen waktu dalam setiap mikrokontroler. Untuk dapat mengetahui waktu pada setiap mikrokontroler digunakan RTC (*Real Time Clock*). Pada *router node system*, pembagian waktu tampak pada Gambar 6. Di *master node system* terdapat 2 pembagian waktu, pertama adalah pembagian waktu setiap 1 jam seperti pada Gambar 7, dan pembagian waktu setiap 4 jam sekali seperti pada Gambar 8. Perbedaan antara Gambar 7 dan Gambar 8 terletak pada proses

pertukaran data *master node system* dengan *webservice*. Pada Gambar 7 tidak terdapat pengiriman data monitor ke *webservice*, sedangkan pada Gambar 8 terjadi pengiriman data monitor ke *webservice* di menit ke-15.



Gambar 6: Pengaturan Waktu *Router Node System* Setiap 1 Jam



Gambar 7: Pengaturan Waktu *Master Node System* Setiap 1 Jam



Gambar 8: Pengaturan Waktu *Master Node System* Setiap 4 Jam Sekali.

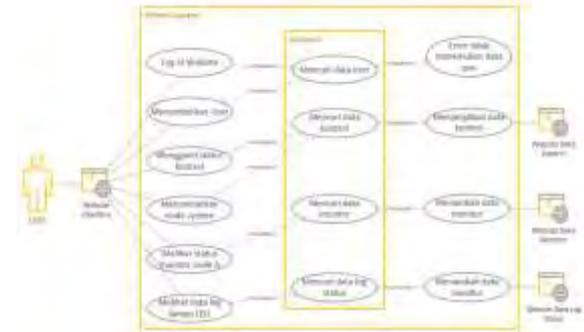
Pada perancangan lampu jalan ini, dibutuhkan suatu alat yang yang dapat menghubungkan antara *user* dengan *hardware*, sehingga diperlukan suatu *website interface* penghubung antara *user* dengan *node system*. Pada *website interface* yang telah dirancang, terdapat beberapa fungsi dari *website* tersebut yang tampak pada Gambar 9. Fungsi yang telah dirancang dalam *website interface* ini berguna untuk mendukung kinerja untuk memonitor dan mengontrol *node system* lampu jalan.

Dalam penggunaannya, pertama kali *user* masuk ke dalam *website* “www.frankyproject.esy.es” dan melakukan *log-in* terlebih dahulu. Setelah melakukan *log-in*, *website* akan menampilkan beberapa *link* untuk menampilkan data monitor dari *node system* dan kolom untuk memasukkan mode kontrol *node system*.

Untuk melakukan monitor dan kontrol lampu jalan, *user* dapat melakukan beberapa hal dalam

*website* tersebut, seperti dalam Gambar 9 *user* dapat melakukan:

- Menambahkan *user*,
- Mengganti mode kontrol lampu jalan,
- Menambahkan *node system* lampu jalan,
- Melihat status monitor lampu jalan,
- Melihat data *log status emergency* sistem.

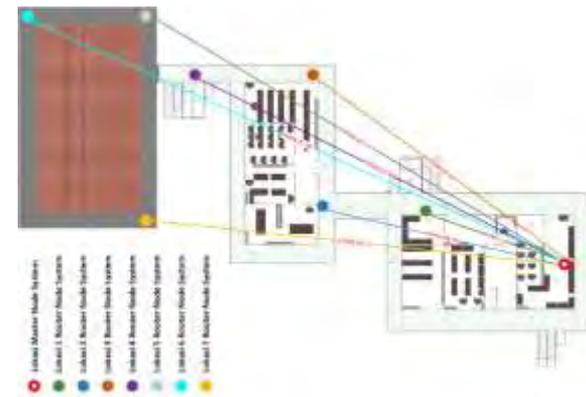


Gambar 9: UML *Use Case Diagram* Dari *Website Interface*

### III. Pengukuran dan pengujian

#### 3.1. Pengujian Jarak Dengan Penghalang

Dalam pengujian jarak modul komunikasi SZ05-ADV dengan penghalang bertujuan untuk mengetahui jarak terjauh dari *master node system* dengan *router node system* dapat berkomunikasi dengan baik. Komunikasi yang dilakukan secara *point to point* antar *node system*. Metode yang digunakan pada pengujian ini dilakukan sebanyak 7 variasi jarak dengan 5 kali pengujian pada setiap variasi. Pengujian dilakukan dengan *range* waktu 5 menit antara pengujian 1 dengan pengujian lainnya, sesuai dengan Tabel 1. Jika lebih dari 5 menit sejak *master node system* mengirim data kontrol, *router node system* tetap tidak menyala, maka dapat dikatakan pada pengujian tersebut gagal. Lokasi pengujian ini seperti pada Gambar 10, yang terletak pada 3 gedung terpisah.



Gambar 10: Lokasi Pengujian Jarak Komunikasi Dengan Penghalang

Tabel 1: Hasil Pengujian Jarak Komunikasi Dengan Penghalang

Jumlah Penghalang Dinding	Jumlah Penghalang Kaca	Lokasi	Jarak Ke Master Node System	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5
1	1	1	21,7 Meter	√	√	√	√	√
1	3	2	42,48 Meter	√	√	√	√	√
5	0	3	49,96 Meter	X	√	√	√	√
6	3	4	68,13 Meter	X	X	√	√	√
5	2	5	71,84 Meter	X	X	X	√	X
9	4	6	87,56 Meter	X	X	X	X	X
7	5	7	121,14 Meter	X	X	X	X	X

Dari percobaan komunikasi dengan adanya penghalang antar *router node system* seperti pada Tabel 1, antar *node system* dapat saling berkomunikasi 100% pada jarak 49.96 meter. Jarak komunikasi antar *node system* dengan persentase 60% *reliable* terjadi pada jarak 68.13 meter.

3.2. Pengujian Jarak Tanpa Penghalang

Pengujian modul komunikasi SZ05-ADV dalam kondisi tanpa penghalang dilakukan pada jalanan kosong tegak lurus tanpa adanya penghalang (*Line of Sight*) antar *node system* secara *point to point*. jarak yang dipakai dalam pengujian ini sepanjang 50 meter hingga 500 meter, seperti pada peta lokasi pengujian seperti pada Gambar 11 diambil dari *google map*.



Gambar 11: Lokasi Pengujian Jarak Komunikasi Tanpa Penghalang.

Tabel 2: Hasil Pengujian Jarak Komunikasi Tanpa Penghalang

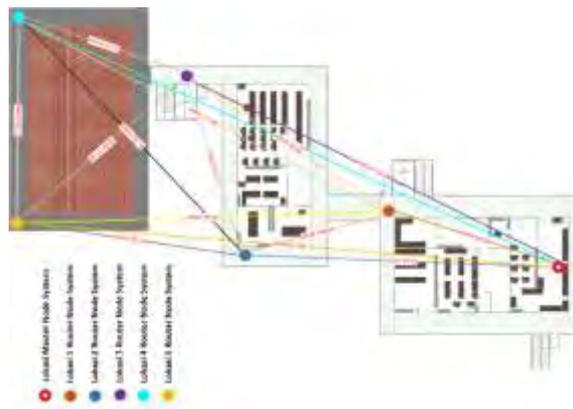
Jarak Router Ke Master Node System	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
50 Meter	√	√	√	√	√
100 Meter	√	√	√	√	√
150 Meter	√	√	√	√	√
200 Meter	√	√	√	√	√
250 Meter	√	√	√	√	√
300 Meter	√	√	√	√	√
350 Meter	√	√	√	√	√
400 Meter	√	√	√	√	√
450 Meter	√	√	√	√	√
490 Meter	√	√	√	√	√
500 Meter	X	X	X	X	X

Dari pengujian tersebut didapat hasil seperti pada Tabel 2, data yang dikirim dari *master node system* ke *router node system* masih dapat diterima 100% sampai sejauh 490 meter. Dari hasil pengujian tersebut tidak sesuai dengan *datasheet* yang memiliki jarak terjauh 2 Km [5].

3.3. Pengujian Topologi Mesh

Pada pengujian topologi *mesh* ini bertujuan untuk mengetahui apakah topologi jaringan *mesh* dapat diaplikasikan pada sistem komunikasi lampu jalan untuk mengatasi permasalahan jarak maksimum modul komunikasi antar SZ05-ADC.

Dalam pengujian topologi *mesh* ini, menggunakan 5 titik *router node system* dengan 1 *master node system*. Jarak *router node system* yang dipakai yaitu menggunakan jarak pada pengujian komunikasi SZ05-ADV dengan penghalang. Penempatan titik dari *router node system* seperti pada Gambar 12, sedangkan jarak antar *node system* seperti pada Tabel 3. Pengujian dilakukan dengan cara mematikan / menyalakan *router node system* secara bergantian seperti pada Tabel 4.



Gambar 12: Lokasi Pengujian Topologi Mesh

Tabel 3: Jarak Antar Node system

Jarak Antara Node system	Router node system				
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5
Router node system	Lokasi 2	24.02 meter			
	Lokasi 3	36.43 meter	25.23 meter		
	Lokasi 4	58.17 meter	41.26 meter	23.12 meter	
	Lokasi 5	52.46 meter	41.26 meter	28.51 meter	21.92 meter
Master node system		30.66 meter	53.13 meter	65.63 meter	87.18 meter
					82.74 meter

Tabel 4: Hasil Pengujian Topologi Mesh

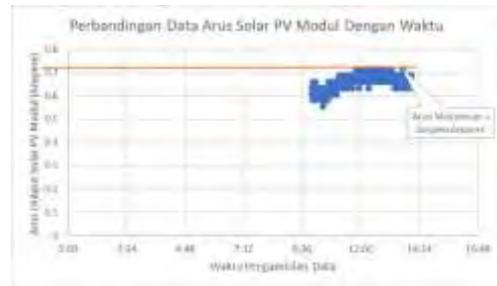
Pengujian Data Status Kontrol						
Pengujian Ke	Lokasi Router Node System					
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5	
Terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On
Tidak terdapat node yang berkomunikasi	Pengujian 1	On	On	On	On	On
	Pengujian 2	On	On	On	On	On
	Pengujian 3	On	On	On	On	On
	Pengujian 4	On	On	On	On	On
	Pengujian 5	On	On	On	On	On

Hasil dari pengujian tersebut, walaupun jarak antar *node system* dengan *master node system* lebih dari jarak terjauh komunikasi (pengujian di butir 2 dan 3), *master node system* dan *router node system* masih dapat berkomunikasi dengan baik. Maka dengan penggunaan topologi *mesh* dalam sistem komunikasi memungkinkan jarak komunikasi lebih jauh.

### 3.4. Pengujian Rangkaian Solar charge controller

Pengujian rangkaian *solar charge controller* bertujuan untuk mengetahui besar arus maksimum dalam pengisian baterai melalui *output* pin dari rangkaian *solar charge controller* [6]. Maka dari pengujian ini dapat mengetahui besar perbedaan maksimum arus *solar charge controller* tersebut.

Hasil dari pengujian *solar charge controller* ini seperti pada Gambar 14 yang dilakukan pada suasana cerah. Pada saat pengujian, tegangan baterai 26.8 Volt dan hasil dari pengujian ini memiliki maksimum arus 0.712 Ampere. Nilai ini dipengaruhi dari radiasi matahari terhadap *solar PV* modul dan faktor sistem pengisian baterai. Karakteristik tersebut sesuai dengan grafik *discharge* baterai tersebut [9].



Gambar 14: Hasil Pengujian Rangkaian Solar Charge Controller

### 3.5. Pengujian Validasi Sistem

Pada pengujian validasi sistem ini akan diuji sistem kontrol, sistem monitor serta sistem keadaan darurat dari project ini. Hal pertama yang akan diuji adalah validasi sistem kontrol yang akan menguji kontrol lampu jalan dari *website* ke *hardware* lampu jalan. Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui *node system* dikontrol melalui *website* dengan 3 mode yaitu mode on, mode off, dan mode auto.

Pada pengujian validasi sistem kontrol, pengujian dilakukan dengan cara memasukkan mode kontrol "on" ke dalam *website* seperti pada Gambar 15 (B). Hasil dari input tersebut, lampu LED dapat menyala seperti tampak pada Gambar 15 (A).



Gambar 15: Hasil Pengujian Mode Kontrol "on"

Kemudian dilakukan pengujian kedua dengan cara memasukkan mode kontrol "off" ke dalam *website* seperti pada Gambar 16 (B). Hasil dari input tersebut, lampu LED dapat non-aktif seperti tampak pada Gambar 16 (A).



Gambar 16: Hasil Pengujian Mode Kontrol "off"

Selanjutnya pengujian ketiga dilakukan dengan cara memasukkan mode kontrol "auto" ke dalam *website* seperti pada Gambar 17 (B) dan Gambar 17 (D). Hasil yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan pada kondisi siang hari, setiap *node system*

tidak akan menyalakan lampu LED tampak pada Gambar 17 (A). Lalu pada kondisi malam hari, setiap *node system* akan menyalakan lampu LED, tampak pada Gambar 17 (C).

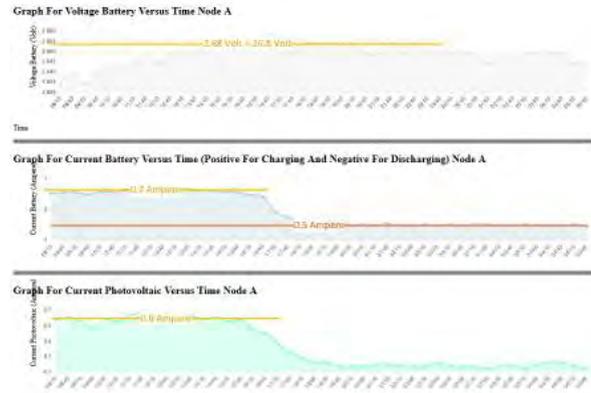


Gambar 17: Hasil Pengujian Mode Kontrol “auto”

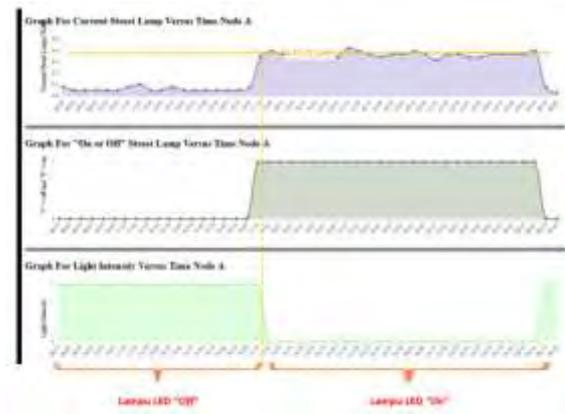
Pengujian berikutnya adalah pengujian validasi sistem monitor pada setiap *node system*. Pada pengujian validasi sistem monitor dilakukan sesuai dengan mode kontrol “auto” yang dimana pada saat siang hari, lampu LED mati, dan pada saat malam hari, lampu LED menyala. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data monitor dalam setiap *node system* (tegangan dan arus baterai, arus solar PV modul, tegangan dan arus lampu LED, sensor cahaya).

Pada pengujian ini *node system* dinyalakan kurang lebih 24 jam. Hasil bacaan sensor di setiap *node system* akan dikirimkan ke *database*. Kemudian data tersebut ditampilkan di dalam *website* seperti pada Gambar 18 dan 19.

Pada Gambar 18 grafik bagian atas adalah proses pengisian baterai, ketika siang hari mengalami pengisian daya baterai dan pada malam hari terjadi penurunan daya baterai yang diakibatkan adanya *discharge* dari baterai tersebut. Kondisi lingkungan yang gelap pada saat malam hari ini juga ditunjukkan oleh grafik bagian bawah pada Gambar 19. Besar pemakaian arus yang dipakai untuk menyalakan lampu LED pada malam hari di *node ‘A’* tampak pada Gambar 18 bagian tengah, yaitu sebesar 0.5 *Ampere* dan grafik bagian atas yang terjadi penurunan level tegangan baterai tersebut. Pada pengujian validasi sistem monitor ini, grafik *node ‘A’* dan grafik *node ‘B’* memiliki nilai rata-rata grafik yang sama. Maka data disimpulkan bahwa validasi sistem monitor ini berjalan sesuai dengan rancangan sebelumnya.



Gambar 18: Grafik Grafik Tegangan Baterai, Arus Baterai, Dan Arus Solar PV Modul Node A



Gambar 19: Grafik Arus Baterai, Grafik Deteksi Nyala Lampu Dan Grafik Terang Gelap Lingkungan Node A

Selanjutnya pengujian validasi sistem untuk keadaan darurat dilakukan dengan cara memutus koneksi *solar PV* modul pada siang hari, dan memutus koneksi lampu LED pada malam hari. Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui kinerja dari indikator *emergency website* jika terjadi kesalahan dalam sistem sensor dan *actuator* pada *hardware node system*. Hasil dari pengujian ini ketika *solar PV* modul dimatikan pada saat siang hari seperti pada Gambar 20 (A) dan (B) *Master node system* dapat memberikan notifikasi ke dalam *website* tentang terjadinya *error* pada *node system* tersebut. Tampilan notifikasi di dalam *website* seperti pada Gambar 20 (C).



Gambar 20: Hasil Pengujian Keadaan Darurat Solar PV Modul

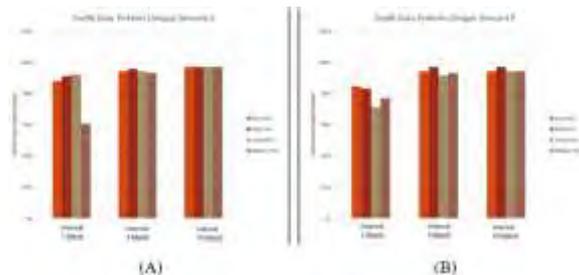
Hasil pengujian ketika lampu LED diputus koneksinya dengan modul *node system* pada saat malam hari tampak pada Gambar 21 (A) dan (B). Ketika pengujian tersebut *master node system* dapat memberikan notifikasi ke dalam *website* tentang terjadinya *error* seperti pada Gambar 21 (C). Dari pengujian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa sistem *emergency node system* berjalan sesuai dengan rancangan sebelumnya.



Gambar 21: Hasil Pengujian Keadaan Darurat Lampu LED

### 3.6. Pengujian Pengiriman Data *Master Node System* Ke *Webserver*

Pengujian ini bertujuan menguji pengiriman data monitor dari *master node system* ke *webserver* melalui modul SIM900 GSM GPRS. Pada pengujian ini dilakukan dengan 2 *simcard* yang berbeda dengan *initial simcard* 'A' dan 'B'. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 3 *interval delay* yang berbeda, *interval delay* 1 menit, 5 menit, dan 10 menit. Data yang dikirimkan berupa data monitor *node system* dan waktu. Selain itu, pengujian ini dilakukan selama 24 jam yang dibagi menjadi 4 kelompok waktu yaitu dini hari (00.00-05.59), pagi hari (06.00-11.59), siang hari (12.00-17.59), dan malam hari (18.00-23.59). Hasil dari pengujian *simcard* 'A' tampak pada Gambar 22 (A), sedangkan *simcard* 'B' tampak pada Gambar 22 (B) [7]. Dari hasil pengujian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *interval delay* paling baik terjadi pada *interval delay* 10 menit dimana kedua *simcard* mempunyai tingkat keberhasilan di atas 95%.



Gambar 22: Hasil Pengujian Jaringan *Simcard* 'A' dan 'B'

## IV. Kesimpulan

Pada implementasi WSN dalam sistem manajemen energi pada lampu jalan yang telah dilakukan dalam project ini berhasil dilakukan. Dalam sistem komunikasinya, implementasi WSN tersebut menggunakan topologi *mesh* untuk dapat berkomunikasi antar *node system*. Selain itu, dalam proses komunikasi antar *master node system* dengan *website* menggunakan *simcard* yang memiliki *interval* pengiriman data ke *webserver* (*handshaking* TCP/IP) sebesar 10 menit.

## V. Referensi

- [1]. Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas (2012). Home Page [Online]. Tersedia: <https://yuliani95.wordpress.com/2013/10/21/faktor-penyebab-kecelakaan-lalu-lintas/> diakses pada tanggal 21 September 2016.
- [2]. Poskota News (2014). Pemrov DKI Dituding Boros Bayar Rekening Listrik PJU [Online]. Tersedia: <http://poskotanews.com/2014/12/11/pemprov-dki-dituding-boros-bayar-rekening-listrik-pju/>, diakses tanggal 7 Maret 2016.
- [3]. Pedone, G, dkk. 2016. "Intelligent Control For Energy-Positive Street Lighting". Elsevier: Energy.
- [4]. Marc, F dan Brian, H. (2015). *Solar PV Powered Air Conditioner Analysis For An Office/Classroom In A Tropical Climate*. Swedia: Högskolan Dalarna.
- [5]. Datasheet SZ05. The User Manual For The Series Of SZ05 ZigBee Embedded Module. Wireless Solution.
- [6]. Electrical Technology (2014). *Solar charge controller* [Online]. Tersedia: <http://seftojepersen.blogspot.co.id/2014/10/solar-charge-controller.html>, diakses pada tanggal 10 Oktober 2016.
- [7]. Luomala, J. dan Hakala, I. 2015. *Effect of Temperature and Humidity on Radio Signal Strength in Outdoor Wireless Sensor Networks*. Finland: University of Jyväskylä.
- [8]. Malhotra, S., dan Kumar, V. 2013. *Smart Street Lighting System: An Energy Efficient Approach*. India: Institute of Technology & Management.