

# Perancangan Modul *Energy Awareness System* Menggunakan *Wireless Sensor Actuator Network (Wsan)* pada Ruang Kelas Fakultas Teknik Universitas Surabaya

Ivan Taufan<sup>1\*</sup>, Henry Hermawan<sup>1</sup>, Djuwari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Surabaya, Kalirungut,  
Surabaya - Indonesia 60293

\*corresponding author: ivantaufan96@gmail.com

**Abstrak** - Penggunaan listrik yang berlebihan dapat menyebabkan tingginya biaya listrik yang harus dibayar. Pada Tugas Akhir ini dibuat sistem yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan daya listrik sehingga dapat menekan biaya listrik. Sistem ini dipasang dan diuji cobakan pada ruang kelas Fakultas Teknik Universitas Surabaya. Sistem yang dipasang ini dapat mengurangi penggunaan daya listrik dengan cara mengontrol penggunaan lampu dan AC. Sistem ini terdiri atas beberapa bagian yaitu koordinator *node* yang berada pada pusat dan berfungsi sebagai *decision maker* dari sistem, *master node* yang berfungsi untuk mengontrol lampu dan AC, dan *router node* yang berfungsi untuk menambah jarak jangkauan antara koordinator *node* dan *master node*. Lampu dan AC yang dikontrol oleh sistem ini akan menyesuaikan dari kondisi yang ada pada ruangan, ketika ruangan terasa panas, AC akan dikontrol untuk menurunkan suhunya atau ketika ruangan terasa gelap lampu akan dinyalakan sehingga ruangan menjadi terang. Pada *master node* akan dibagi lagi menjadi 2 bagian yaitu kontroler *slave* dan *master* kontroler. *Slave* mempunyai 2 fungsi yaitu sebagai sensor dan aktuator, sedangkan untuk *master* berfungsi untuk mengumpulkan semua data dari *slave* yang berfungsi sebagai sensor lalu mengirimkan ke koordinator dan untuk mengatur *slave* yang berfungsi sebagai aktuator. Hasil akhir dari Tugas Akhir berupa modul *custom Wsan* yang merupakan bagian dari *energy awareness system*. Modul *custom* yang dibuat sudah dapat mengontrol lampu, baik berdasarkan nilai yang dikirimkan oleh *slave* sensor maupun perintah yang berasal dari koordinator.

Kata kunci: *Awareness System, Wireless Sensor Actuator Network*

**Abstract** – Excessive use of electricity can cause high electricity cost. This Final Project is about a system that has a function to reduce electricity usage so it can reduce electrical cost. This system is installed and tested on the classroom in the Faculty of Engineering, Universitas Surabaya. This system can reduce the usage of electricity by controlling the use of light and air conditioner. The system consisted of several parts, namely coordinator node that has a function as a decision maker on this system, master node that has a function to control the light and AC, and router node that has a function to increase the distance between the coordinator node and master node. The light and AC that controlled by this system will adjust their status according to the situation, when the temperature is high, the system will order the AC to reduce their temperature or when the room is dark, the system will order the light to be turned on. Master node will be divided into 2 parts, namely slave controller and master controller. Slave controller has 2 function, namely as a sensor and actuator, while master controller has a function to collect all data from the slave that has a function as a sensor, send the sensor data to coordinator node and manage the slave that has a function as actuator. The final result of this Final Project is a custom Wsan module that is a part of energy awareness system. The custom module that have been made can control the light, based on the value of sensor or from the coordinator node.

Key words: *Awareness System, Wireless Sensor Actuator Network*

## PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan sehari-hari. Hampir sepertiga penggunaan energi listrik digunakan oleh bangunan. Tidak semua bangunan adalah bangunan baru yang dilengkapi dengan peralatan listrik yang hemat energi. Beberapa gedung yang lama masih menggunakan peralatan yang lama dan mengonsumsi daya listrik yang besar. Penggunaan daya listrik yang besar ini menyebabkan biaya yang harus dibayar juga semakin besar. Penggantian seluruh peralatan listrik juga tidak ekonomis karena memakan biaya yang banyak [1]. Untuk itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mengurangi penggunaan daya listrik pada gedung tanpa biaya renovasi yang besar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Tim Jurusan Teknik Elektro Universitas Surabaya telah dibuat sebuah sistem *low cost* dan *low power* yang dapat mengontrol lampu dan pendingin ruangan melalui *webserver* [2]. Sistem yang mengontrol dapat dibuat otomatis atau manual. Jika sistem diatur bekerja otomatis, sistem akan mendeteksi keberadaan orang pada ruangan dengan menggunakan sensor. Jika sistem mendeteksi orang di dalam ruangan tersebut, sistem akan menyalakan lampu atau pendingin ruangan, sedangkan jika sistem tidak mendeteksi ada orang di ruangan tersebut, sistem akan mematikan lampu atau pendingin ruangan tersebut. Pada sistem manual, pengguna dapat menyalakan dan mematikan lampu secara *wireless* dengan menggunakan Wi-Fi.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mendesain modul kontroler *custom* untuk sebuah sistem yang berfungsi sebagai *energy awareness system* yang menggunakan *Wireless Sensor Actuator Node* (WSAN). Sistem ini nanti dapat mengurangi penggunaan daya listrik dengan cara mengontrol penggunaan lampu dan AC pada ruangan kelas.

## METODE PENELITIAN

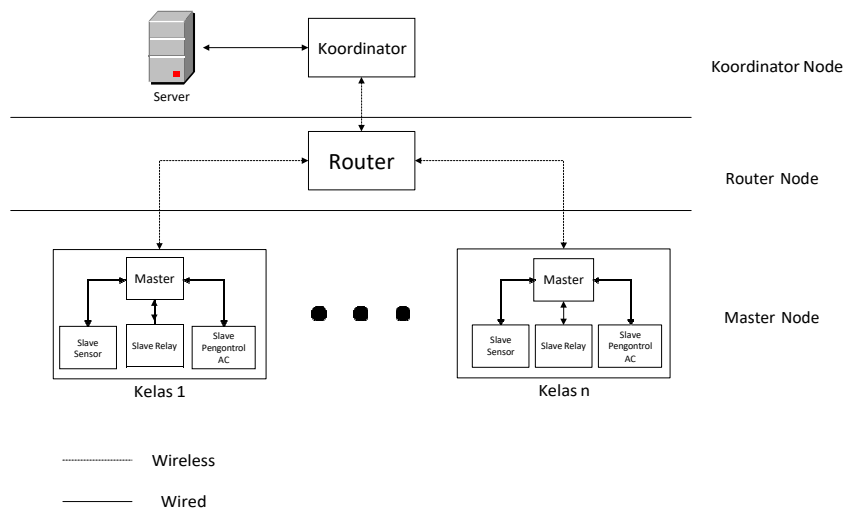
Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan perancangan dan implementasi WSAN pada sistem manajemen energi dalam ruang kelas Fakultas Teknik Universitas Surabaya dengan menggunakan ATSAMG55 sebagai kontroler *master* dan ATMEGA8 sebagai *slave* kontroler.

Cara kerja dari sistem ini adalah dengan mengatur penggunaan lampu dan pendingin ruangan pada ruangan kelas sesuai dengan kebutuhan secara *wireless* agar sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat menghemat penggunaan energi berdasarkan data yang diterima dari sensor.

Sistem ini dibagi menjadi 3 *node*, *node* pertama adalah *master node*, *node* kedua adalah *router node*, dan *node* terakhir adalah koordinator *node*. Pada *master node* terdapat kontroler *master* dan *slave* kontroler. *Master* kontroler berfungsi sebagai tempat untuk mengumpulkan data untuk dikirim ke koordinator *node* dan memberikan perintah untuk mengubah status *slave* aktuator. *Slave* kontroler berfungsi untuk untuk mengambil data ruangan seperti suhu, cahaya, pergerakan pada ruangan dan mengubah status aktuator sesuai dengan perintah dari koordinator *node*. *Router node* berfungsi untuk mencegah paket data yang dikirim hilang atau tidak lengkap sehingga dapat dikatakan fungsi dari *router node* adalah menambah jarak jangkauan dari koordinator *node* dan *master node*. Pada koordinator *node* terdapat koordinator yang merupakan *Single Board Computer* (SBC) dan *server*. SBC berfungsi sebagai tempat *decision making* dan menentukan status dari *slave* aktuator. *Server* berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan catatan data sensor dan status aktuator.

Pada *master node*, jumlah pemasangan sensor berbeda-beda tergantung kebutuhan setiap kelas. Sensor mengirimkan data sensor ke kontroler *slave* untuk diproses terlebih dahulu. Setelah itu data sensor akan dikirimkan secara serial menggunakan protokol RS-485 ke kontroler *master*. Data sensor akan disimpan oleh pada memori *master*. Setelah disimpan. data sensor cahaya akan dibandingkan dengan *set point* yang sudah dikirim oleh koordinator atau *set point default master*.

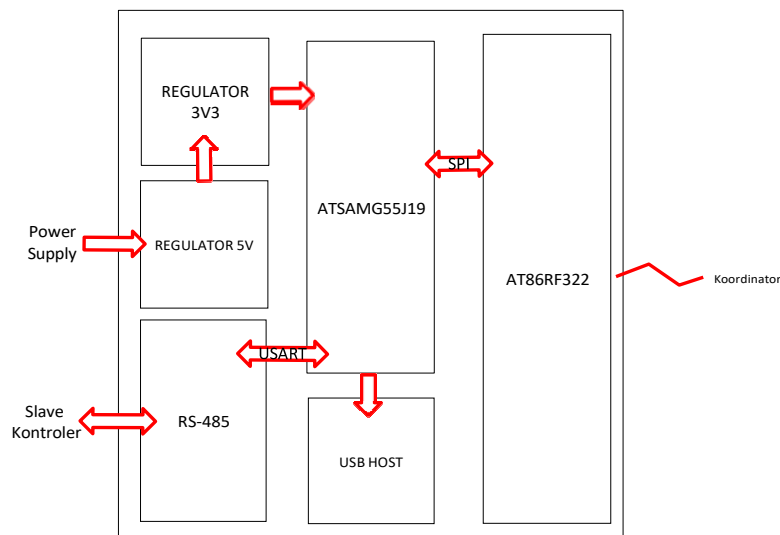
Jika data sensor cahaya melebihi batas atas *set point*, *master* akan memberikan perintah untuk mematikan lampu ke *slave relay*, sedangkan jika data sensor cahaya dibawah *set point*, *master* akan memberikan perintah ke *slave relay* untuk menyalakan lampu. Untuk perintah *slave* pengontrol AC, akan diberi perintah oleh *master* sesuai dengan *preset* AC yang dikirimkan oleh koordinator atau *preset default master*. Setelah memproses semua *slave*, *master* akan mengirimkan data sensor dan aktuator tadi ke koordinator melalui modul *transciever* AT86RF322. Jika jarak antara kontroler *master* dan koordinator terlalu jauh, data sensor akan dikirimkan melalui *router node* terlebih dahulu. Jaringan yang digunakan oleh *router node* menggunakan protokol IEEE 802.15.4. Setelah data yang dikirimkan sampai ke koordinator, koordinator akan mengirimkan *log data* sensor dan status aktuator ke server. Pada koordinator akan dilakukan *decision making* untuk menentukan kondisi lampu harus menyala atau tidak berdasarkan sensor gerak dan menentukan *preset* AC yang dikirim berdasarkan sensor suhu. Setelah proses *decision making* selesai, koordinator akan mengirim *set point* cahaya dan *preset* AC ke *master* melalui modul *transceiver* AT86RF322. Jika jarak antara koordinator dan *master* terlalu jauh, data *set point* akan dikirim ke *router node* terlebih dahulu. Jaringan yang digunakan oleh *router node* menggunakan protokol IEEE 802.15.4. Diagram dari sistem besar ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram Sistem Besar

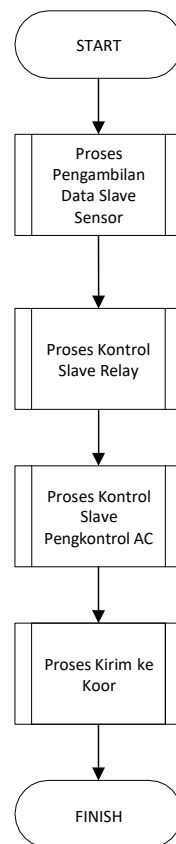
ATSAMG55 dipilih sebagai IC kontroler pada kontroler *master* dan *router node* karena konsumsi daya rendah, dan ukuran memori yang cukup besar. ATSAMG55 juga memiliki beberapa jalur komunikasi seperti SPI, TWI/I<sup>2</sup>C, USART, dan JTAG. SPI digunakan sebagai komunikasi dengan modul *transceiver* yang menggunakan AT86RF233, USART digunakan untuk komunikasi serial dengan kontroler *slave*, sedangkan JTAG digunakan untuk memprogram ATSAMG55 itu sendiri.

Kontroler *master* berfungsi untuk mengolah data yang diberikan oleh *slave* sensor dan memberikan perintah pada *slave* aktuator. Kontroler *master* menggunakan ATSAMG55J19 sebagai mikrokontrolernya, AT86RF233 sebagai modul komunikasi secara *wireless* dengan koordinator, dan Modul RS-485 yang menggunakan MAX-485 sebagai modul komunikasi secara *wired* dengan semua *slave* kontroler. Kontroler *slave* terhubung dengan *master* menggunakan kabel RJ-45, AT86RF233 menggunakan port SPI milik ATSAMG55J19 dan MAX-485 menggunakan USART ATSAMG55J19. Pada kontroler *master* juga disiapkan USB yang berfungsi sebagai USB Host untuk pemasangan kamera. Diagram blok dari kontroler *master* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Diagram Blok Kontroler *Master*

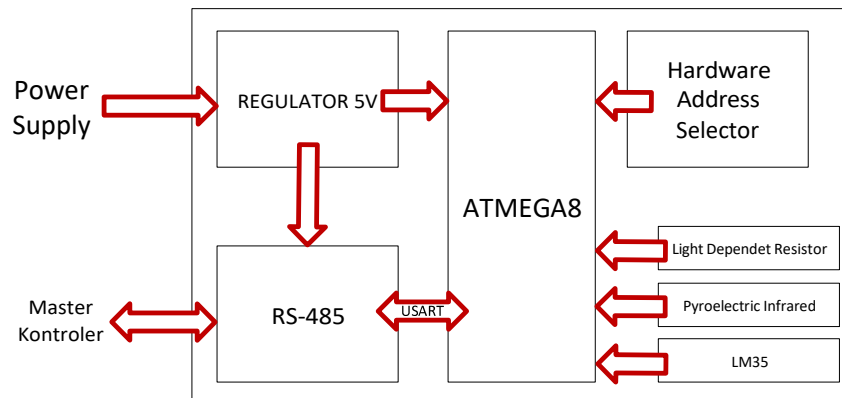
Ketika kontroler *master* pertama kali dinyalakan, *master* akan langsung memanggil *slave* sensor yang terpasang pada kontroler *master*. *Slave* sensor akan mengirimkan data sensor suhu, sensor gerak dan sensor cahaya ke kontroler *master* untuk dicatat. Kontroler *master* akan melakukan perbandingan data pencahayaan dari sensor cahaya dengan *setpoint* cahaya yang diinginkan sebelum memberikan keputusan untuk mengubah status dari *relay* untuk dinyalakan atau dimatikan. Kontroler *master* juga akan mengirimkan perintah ke *slave* pengontrol AC sesuai dengan kondisi *default slave* pengontrol AC atau sesuai dengan perintah yang diberikan oleh koordinator. Sebelum mengirimkan semua data yang sudah diambil oleh kontroler *master*, *master* akan melakukan pengecekan terhadap *flag* kirim untuk menentukan data yang disimpan saat ini perlu dikirim atau tidak. *Flowchart* dari *master* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Flowchart Kontroler *Master*

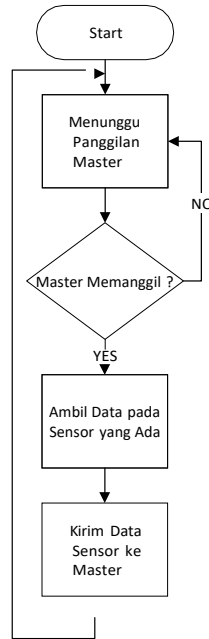
Pada kontroler *slave* terdiri dari ATmega8, DIP Switch sebagai *hardware address selector*, RS-485, dan komponen-komponen lainnya. Terdapat 3 jenis *slave* yang digunakan pada sistem ini, yaitu *slave sensor*, *slave relay*, dan *slave pengontrol AC*. Setiap jenis kontroler *slave* memiliki fungsi dan kegunaan sendiri-sendiri sesuai dengan namanya.

*Slave sensor* berfungsi untuk *input* data kondisi suhu ruangan, cahaya ruangan dan keberadaan orang pada ruangan. *Slave sensor* dipasang 3 macam sensor yaitu sensor suhu yang menggunakan LM35, sensor cahaya yang menggunakan LDR, dan sensor gerak yang menggunakan PIR. Diagram blok dari *slave sensor* dapat dilihat pada Gambar 4.



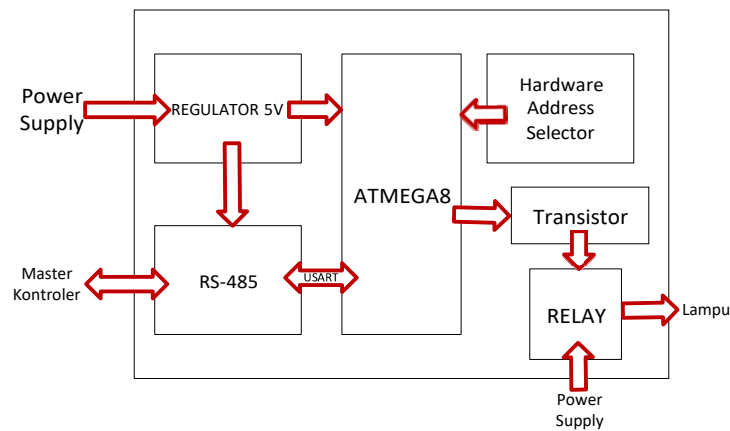
Gambar 4: Blok Diagram *Slave Sensor*

Ketika *slave sensor* pertama kali dinyalakan, *slave sensor* akan menunggu diberi perintah oleh *master*, lalu ketika kontroler *master* memberikan perintah untuk mengirim data sensor, *slave sensor* akan mengambil data dari sensor-sensor yang terpasang pada *slave sensor* dan akan mengirimkan data tersebut ke *master* melalui protokol RS-485. Cara kerja dari *slave sensor* dapat dilihat pada *flowchart* pada Gambar 5



Gambar 5: Flowchart *Slave* Sensor

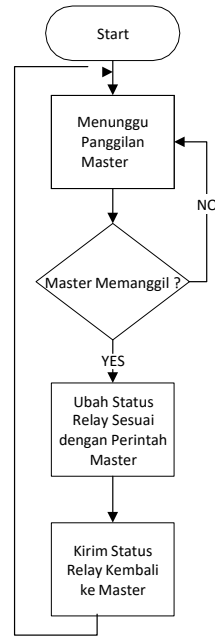
*Slave relay* berfungsi untuk mengendalikan lampu pada ruangan. Satu *relay* dapat mengontrol nyala lampu dari 1 *cluster* lampu, di mana pada 1 *slave relay* terdapat 2 *relay* untuk 2 *cluster* lampu. Diperlukan tambahan transistor pada pin ATMega8 yang terhubung dengan *relay* dikarenakan arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh ATMega8 adalah 20 mA, sedangkan sebuah *relay* memerlukan 40 mA. Blok diagram blok dari *slave relay* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Blok Diagram *Slave* Relay

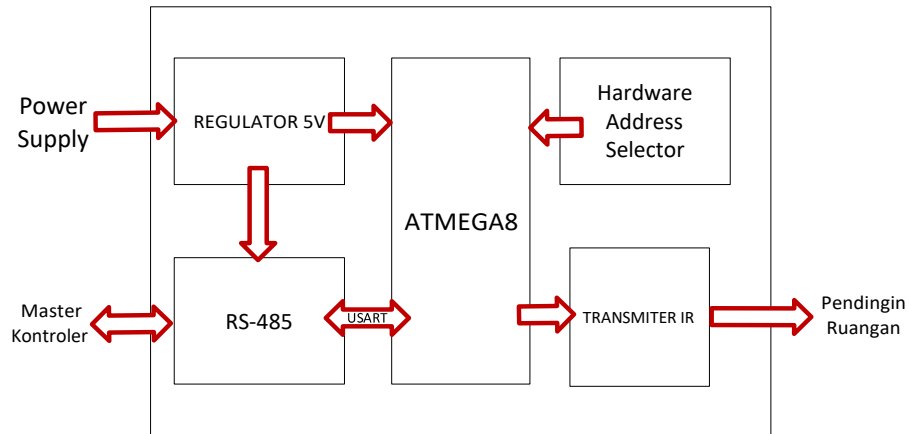


Cara kerja dari *slave relay* adalah *slave relay* menunggu panggilan dari kontroler *master*. Ketika *slave relay* dinyalakan pertama kali, *slave relay* akan menunggu diberi perintah oleh *master*, lalu ketika *master* memberikan panggilan ke *slave relay*, *slave relay* akan membaca perintah yang diberikan oleh *master* dan mengubah status *relay* sesuai dengan perintah *master*, setelah itu *slave relay* akan mengirimkan balik status *relay* yang dia terima dari *master* kembali ke *master* sebagai ACK. Gambar dari *flowchart slave relay* dapat dilihat pada Gambar 7.



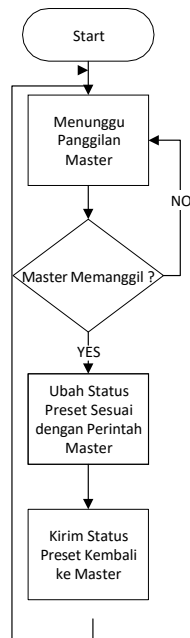
Gambar 7: Flowchart *Slave Relay*

*Slave* pengontrol AC berfungsi untuk mengendalikan suhu dan kecepatan *fan* dari pendingin ruangan. *Slave* pengontrol AC menggunakan pemancar inframerah menggantikan *remote* AC ke pendingin ruangan. *Slave* pengontrol AC ini memiliki fitur pengaturan *on/off*, suhu, *mode*, *swing*, dan *fan speed*. Setiap fitur pengaturan tersebut memiliki sinyal inframerah yang unik. Untuk mengetahui sinyal inframerah yang digunakan pada pendingin ruangan dengan merek Panasonic, digunakan data yang berasal dari Tugas Akhir dari Edward Oesnawi tahun 2014 [3]. Gambar diagram blok dari pengontrol AC dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Diagram Blok *Slave* Pengontrol AC

Ketika *slave* pengontrol AC dinyalakan pertama kali, *slave* pengontrol AC akan menunggu diberi perintah oleh *master*, lalu ketika *master* memberikan panggilan ke *slave* pengontrol AC, pengontrol AC akan membaca perintah yang diberikan oleh *master* dan mengubah status AC sesuai dengan perintah *master*, setelah itu *slave* pengontrol AC akan mengirimkan balik status AC yang dia terima dari *master* kembali ke *master* sebagai ACK. Flowchart *slave* pengontrol AC dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9: Flowchart *Slave* Pengontrol AC

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pertama ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar daya yang digunakan selama 1 minggu pada ruang kelas TF21 dan TF22. Cara pengujian ini dilakukan dengan cara mencatat angka yang tertera pada kWh meter yang terpasang pada kelas. Pada kelas TF 21, terdapat 2 KWH-Meter yang terpasang di sisi jendela kelas. KWH-Meter yang pertama digunakan untuk mengukur penggunaan daya pada lampu kelas TF21 dan KWH-Meter kedua digunakan untuk mengukur penggunaan pendingin ruangan pada TF21. Pada kelas TF22, terdapat 3 KWH-Meter yang terpasang pada bagian depan kelas, sisi kanan dan sisi kiri kelas. KWH-Meter yang berada pada sisi kiri digunakan untuk mengukur penggunaan daya pada AC di sisi kiri kelas. KWH-Meter yang berada di sisi kanan kelas berfungsi untuk mengukur AC yang berada pada sisi kanan kelas. KWH-Meter yang berada di tengah berfungsi untuk mengukur penggunaan daya lampu pada kelas. Hasil pengukuran KWH-Meter dapat dilihat pada Tabel 1 untuk lampu dan Tabel 2 untuk AC.

Tabel 1: Hasil Pencatatan KWH-Meter untuk Lampu

<b>Lampu</b>				
<b>Tanggal</b>	<b>TF21</b>	<b>Selisih</b>	<b>TF22</b>	<b>Selisih</b>
Senin, 10-12-18	1186,6		2364,2	
Selasa, 11-12-18	1189,4	2,8	2365	0,8
Rabu, 12-12-18	1192,1	2,7	2366	1
Kamis, 13-12-18	1194,2	2,1	2366,9	0,9
Jumat, 14-12-18	1195,9	1,7	2367,8	0,9
	<b>Rata-Rata (kWh)</b>	<b>2,325</b>	<b>Rata-Rata (kWh)</b>	<b>0,9</b>

Tabel 2: Hasil Pencatatan KWH-Meter untuk AC

AC						
Tanggal	TF21	Selisih	TF22 Kiri	Selisih	TF22 Kanan	Selisih
Senin, 10-12-18	14656,1		13822,3		27592,8	
Selasa, 11-12-18	14677,3	21,2	13832,6	10,3	27635,9	43,1
Rabu, 12-12-18	14701,3	24	13853,9	21,3	27664,2	28,3
Kamis, 13-12-18	14712,2	10,9	13872,8	18,9	27692,9	28,7
Jumat, 14-12-18	14731,8	19,6	13899,9	27,1	27718,9	26
	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>18,925</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>19,4</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>31,525</b>

Setelah pengukuran untuk melihat berapa penggunaan daya listrik pada ruang kelas, langkah berikutnya adalah pengujian untuk membuktikan jika sistem yang akan dipasang dapat mengurangi penggunaan daya listrik. Dengan menurunnya penggunaan daya listrik, otomatis biaya listrik dapat berkurang. Pengujian dilakukan dengan memasang sistem ini pada ruang kelas TF21 dan TF22. Setelah sistem terpasang, akan dilakukan pencatatan pada KWH-Meter yang terpasang pada kelas-kelas. Pencatatan dilakukan dengan cara mencatat angka yang tertera pada KWH-Meter yang terpasang pada kelas. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 untuk lampu dan Tabel 4 untuk AC.

Tabel 3: Hasil Pengukuran Daya Lampu Setelah Sistem Terpasang

Lampu				
Tanggal	TF21	Selisih	TF22	Selisih
Senin, 17-12-18	1198,9		2368,6	
Selasa, 18-12-18	1201,7	2,8	2369,5	0,9
Rabu, 19-12-18	1205,2	3,5	2370,8	1,3
	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>3,15</b>	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>1,1</b>

Tabel 4: Hasil Pengukuran Daya AC Setelah Sistem Terpasang

AC						
Tanggal	TF21	Selisih	TF22 Kiri	Selisih	TF22 Kanan	Selisih
Senin, 17-12-18	14753		13909,5		27756,8	
Selasa, 18-12-18	14775,7	22,7	13929	19,5	27793,1	36,3
Rabu, 19-12-18	14794,8	19,1	13947,8	18,8	27819,3	26,2
	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>20,9</b>	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>19,15</b>	<b>Rata-rata (kWh)</b>	<b>31,25</b>

Dari kedua tabel tersebut, nilai rata-rata akan dibandingkan antara penggunaan daya sebelum dipasang sistem dan penggunaan daya sesudah sistem dipasang untuk dicari berapa presentase pengurangan atau penambahan daya listrik yang digunakan. Cara perbandingan dilakukan dengan cara membagi nilai sesudah sistem dipasang dengan nilai sebelum sistem dipasang lalu dikalikan dengan 100%. Hasil perbandingan penggunaan daya listrik lampu dapat dilihat pada dan hasil perbandingan penggunaan daya listrik AC dapat dilihat pada Tabel 5 untuk lampu dan Tabel 6 untuk AC.

Tabel 5: Hasil Perbandingan Penggunaan Daya Lampu

Lampu		
Keterangan	TF21	TF22
Sebelum Pemasangan(kWh)	2,325	0,9
Sesudah Pemasangan (kWh)	3,15	1,1
Presentase	135%	122%

Tabel 6: Hasil Perbandingan Penggunaan Daya AC

AC			
Keterangan	TF21	TF22 Kiri	TF22 Kanan
Sebelum Pemasangan(kWh)	18,925	19,4	31,525
Sesudah Pemasangan (kWh)	20,9	19,15	31,25
Presentase	110%	99%	99%

## KESIMPULAN

Pembuatan modul *custom* pada sistem ini telah menghasilkan modul *custom* untuk *energy awareness system* yang berbasis *Wireless Sensor Actuator Network* (WSAN). Modul *custom* ini berupa kontroler *master* yang berfungsi untuk mengumpulkan data dari *slave* dan memerintahkan *slave* lain untuk merubah status *slave* tersebut. *Slave* yang dihasilkan dari Tugas Akhir ini adalah *slave* sensor, *slave* relay, dan *slave* pengontrol AC. Pada pengujian sistem besar, sistem yang dibuat masih belum bisa menurunkan penggunaan listrik lampu dan AC. Hal ini dikarenakan *slave* pengontrol AC yang dibuat belum mengeluarkan dataa inframerah yang sesuai. Penyebab berikutnya adalah jarak antara *master* dan koordinator yang terbatas karena tidak ada *router node*. Data yang dikirim sering tidak lengkap atau tidak sampai.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Labeodan, C. D. Bakker, A. Rosemann and W. Zeiler, "On the Application of Wireless Sensor and Actuator Network in Exsisting Building for Occupancy detection and Occupancy-driven Lighting Control," in *Energy and Building 127*, 2016, pp. 75-83.
- [2] H. Hermawan, E. Oesnawi and A. Darmaliputra, "A Reliable, Low-Cost, and Low-Power Base Platform for Energy Management System," in *Proceding of Second International Conference on Electrical System, Technology and Information 2015 (ICESTI 2015)*, 2015, pp. 271-277.
- [3] E. Oesnawi, Perancangan Sistem Pengendalian Lampu dan AC yang Terintegrasi secara Nirkabel Berbasis Low Cost dan Low Power Radio Frequency, Surabaya, 2014.