

SISTEM PENGATURAN PENCAHAYAAN PADA RUANG KULIAH UNTUK MENDUKUNG PROGRAM HEMAT ENERGI BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

Wilyanto¹, Firdaus^{1*}, Wahyudi Budi Pramono¹, Ida Nurcahyani¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta

*Email : firdaus@uii.ac.id

Abstrak

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satu institusi yang cukup banyak mengonsumsi energi listrik adalah kampus, terutama untuk kebutuhan penerangan dan pendingin ruangan. Salah satu upaya penghematan listrik adalah dengan melakukan pengaturan konsumsi energi listrik menggunakan teknologi. Pada penelitian ini, akan dibuat prototype sistem yang dapat mengontrol intensitas cahaya pada ruangan sesuai dengan kondisi ruangan sehingga bisa menghemat konsumsi listrik. Dalam pengujian didapat LDR memiliki nilai keluaran 1,4 V ketika kondisi gelap dan 2,2 V ketika kondisi terang. Perubahan intensitas cahaya lampu dikendalikan berdasar nilai yang diperoleh dari sensor cahaya (LDR) dengan menggunakan mikrokontroler. Datanya dikirimkan secara nirkabel melalui Xbee-proS2B menggunakan standar komunikasi zigbee.

Kata kunci: LDR, hemat listrik, pengaturan cahaya, wireless sensor network, zigbee

1. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Total kebutuhan listrik di Indonesia merupakan akumulasi dari kebutuhan listrik pada masing-masing sektor pengguna energi di 22 wilayah pemasaran listrik PLN. Selama kurun waktu 17 tahun (2003 s.d. 2020) diperkirakan tumbuh sebesar 6,5% per tahun dari 91,72 TWh pada tahun 2002 menjadi 272,34 TWh pada tahun 2020 (Muchlis & Permana, 2003). Sementara total kapasitas yang sudah terpasang menurut data Badan Pusat Statistik adalah 51647,39 MW (Badan Pusat Statistik, 2016).

Selain masalah belum tercukupinya kebutuhan listrik, masalah lainnya adalah terkait dengan tarif listrik yang semakin meningkat. Maka perlu selalu dilakukan upaya upaya penghematan konsumsi energi listrik. Ada dua pendekatan yang bisa dilakukan, yang pertama adalah pola hidup hemat energi, misalnya dengan selalu mematikan listrik yang tidak digunakan dan memilih alat-alat dengan konsumsi watt yang rendah. Pendekatan kedua adalah dengan melakukan pengaturan konsumsi energi listrik menggunakan teknologi.

Salah satu institusi yang cukup banyak mengonsumsi energi listrik adalah kampus, terutama untuk kebutuhan penerangan dan pendingin ruangan (AC). Salah satu usaha yang bisa dilakukan untuk menghemat konsumsi listrik adalah usaha untuk mengontrol intensitas cahaya pada ruangan sesuai dengan kebutuhan. Maka perlu dirancang sistem pengaturan pencahayaan pada ruang kuliah supaya bisa menghemat konsumsi energi listrik dengan cara mengontrol tingkat pencahayaan ruangan secara otomatis menyesuaikan dengan kondisi cahaya yang ada dan target tingkat penerangan yang ditentukan. Ketika ada banyak sumber cahaya dari luar, terutama dari cahaya matahari, maka tingkat penerangan dari lampu dikurangi atau bahkan otomatis akan dimatikan.

Perubahan intensitas cahaya lampu dapat dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler yang memanfaatkan masukan dari sensor cahaya (dalam hal ini menggunakan sensor LDR). Jika pada ruangan tersebut intensitas cahaya yang diterima berada di bawah standar lux, maka mikrokontroler secara otomatis menambahkan intensitas cahaya lampu. Dan sebaliknya, jika intensitas cahaya yang diterima pada ruangan tersebut berada di atas standar lux, maka mikrokontroler akan memerintahkan lampu secara otomatis untuk mengurangi intensitas cahaya tersebut. Hal ini dikakukan supaya dapat menghemat energi dengan tetap mempertahankan tingkat

pencapaian dalam ruangan. Karena semakin terang lampu maka konsumsi daya listriknya juga makin besar.

Perancangan kontrol lampu pada ruangan terbuka sebelumnya telah dilakukan oleh Fabio Leccese (Leccese, 2013) dan Siddiqui dkk. Pada penelitian ini (Siddiqui dkk, 2012) dirancang arsitektur *user-centric* untuk kontrol lampu jalan yang efisien. Sistem ini menggunakan teknologi ZigBee untuk membangun jaringan nirkabel bertopologi *mesh* dari lampu jalan. Koordinator jaringan berfungsi sebagai gateway antara node ZigBee dan internet. Sistem yang diusulkan terdiri dari lampu LED, gateway, dan perangkat lunak manajemen yang melakukan pemantauan dan pengendalian lampu jarak jauh. Setiap lampu LED terintegrasi dengan node ZigBee, sensor dan modul kontroler dan juga *ballast actuator*. Untuk menguji efektivitas sistem yang diusulkan, prototipe telah dipasang di dalam lingkungan Universitas.

Pendekatan lain pada manajemen pencahayaan dalam ruangan adalah menggunakan teknik kontrol jarak jauh. Kim memperkenalkan sistem penghematan energi pada rumah berdasarkan sistem tertanam kecil dengan fitur pengendali jarak jauh (Kim & Kim, 2014). Sistem ini terdiri dari router nirkabel berdasarkan platform Linux dan ponsel pintar untuk aplikasi pengendali jarak jauh. Sistem prototipe diimplementasikan pada port OpenWRT ke router nirkabel yang terhubung dengan *board* antarmuka. Akses dan fungsi GUI menggunakan pemrograman TCP/IP pada Apple iPhone.

Saedah dkk (Saidah et al., 2011) telah merancang sistem yang mampu mengidentifikasi kuat penerangan dalam ruang serta mempelajari pengaruh posisi sensor terhadap pembacaan iluminasi ruang. Penelitian dilakukan di ruang simulasi dengan ukuran panjang 3,5 m, lebar 3,46 m dan tinggi 2,76 m. Dengan penerangan oleh sumber cahaya alami (sinar matahari) disimulasikan menggunakan jenis lampu halogen dan sensor cahaya (LDR) yang dipasang pada masing-masing dinding. Sistem kontrol yang dirancang disesuaikan dalam beberapa kondisi ruang (terang, agak terang, remang-remang, redup dan gelap) dengan memadukan sumber cahaya alami (lampu halogen) dan buatan (lampu TL). Dari hasil penelitian diketahui bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan kondisi penerangan ruang yang stabil.

Pratama dkk (2014) telah membuat perancangan model penerangan dengan menggunakan dimmer otomatis berbasis mikrokontroler ATmega8, sebuah sensor PIR (Passive Infrared Receiver), dan sebuah sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Prinsip kerja sensor PIR mendeteksi adanya gerak dari seseorang yang menghasilkan perubahan suhu tubuh, sedangkan sensor LDR berfungsi untuk mengatur perubahan intensitas cahaya. Berdasarkan perancangan alat ini didapatkan hasil dalam suatu ruang dengan ukuran (2,5x2,5)m sebelum menggunakan dimmer besarnya intensitas penerangan 0 – 350 lux. Untuk memenuhi standar nasional penerangan sebuah ruang kamar yang berukuran (2,5x2,5)m sebesar 100 – 250 lux, sedangkan dalam penelitian ini telah mampu menghasilkan intensitas penerangan 135 - 180 lux.

Salah satu perkembangan teknologi yang mendukung pengembangan smart home atau smart building adalah *wireless sensor network* (WSN). Beberapa penelitian telah dilakukan misalnya terkait protokol (Ghayvat dkk, 2015), peningkatan efektifitas sistem (Byun dkk, 2012), teknik otentifikasi (Han dkk, 2010). Aplikasi pun luas, misalnya terkait manajemen penggunaan energi (Suryadevara dkk, 2015). Standar komunikasi yang digunakan bisa menggunakan standar komunikasi nirkabel seperti zigbee, wifi, dan bisa pula digabung dengan *power line communication* (Li & Lin, 2015).

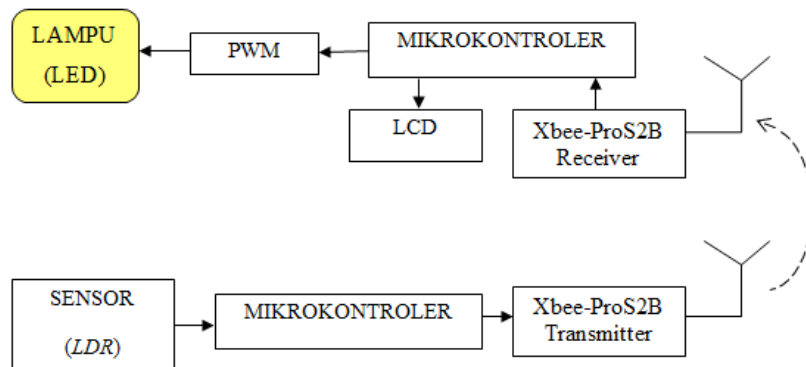
Pada penelitian sebelumnya telah dihasilkan alat yang dapat mengontrol intensitas cahaya lampu dalam suatu ruangan. Namun, pada hasil dari beberapa percobaan sebelumnya (terutama kontrol tingkat pencahayaan dalam ruangan), komunikasi antara sensor dan mikrokontroler masih menggunakan kabel, sehingga tingkat fleksibilitasnya masih kurang. Maka pada penelitian kali ini penulis berusaha untuk merancang perangkat WSN (*Wireless Sensor Network*) untuk mengontrol pencahayaan lampu pada suatu ruangan. Sehingga memudahkan dalam pemasangan di lapangan.

2. METODOLOGI

Perancangan sistem pengaturan pencahayaan ruangan berbasis *wireless sensor network* meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

Perangkat keras yang akan dibangun adalah suatu aplikasi mikrokontroler untuk efisiensi energi listrik pada penerangan ruangan. Perangkat input untuk aplikasi ini menggunakan rangkaian

sistem minimum mikrokontroler dan LDR. Untuk perangkat pengolahannya digunakan mikrokontroler ATmega16 sedangkan untuk perangkat outputnya berupa LCD dan lampu LED. Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok kontrol pencahayaan

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) berfungsi sebagai feedback dan mendeteksi kondisi pencahayaan ruangan. Nilai keluaran dari sensor LDR berupa tegangan. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data sensor. Data yang diperoleh dari sensor akan dikonversi melalui ADC (*Analog to Digital Converter*) menjadi data digital. Setelah itu data akan dikirimkan ke mikrokontroler (*receiver*) melalui xbee-proS2B (*transmitter*).

Xbee-ProS2B berfungsi sebagai modul *transceiver* yang menerima data dari mikrokontroler serta mengirimkan data sensor ke mikrokontroler lainnya, atau bisa disebut juga sebagai jalur data menuju mikrokontroler (*receiver*). Pada modul xbee-proS2B ini menggunakan komunikasi serial dengan modulasi FSK (*frequency shift keying*). Modulasi FSK sendiri adalah salah satu modulasi yang dipakai dalam proses pengiriman sinyal. Standar komunikasi yang digunakan adalah zigbee (IEEE 802.15.4) yang merupakan kelompok komunikasi PAN (*Personal Area Network*) bersama dengan Bluetooth.

LCD berfungsi untuk menampilkan data keluaran sensor LDR yang berasal dari mikrokontroler ATmega16. PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengatur sinyal analog (dalam penelitian ini digunakan sebagai pengatur tegangan lampu) dengan menggunakan data digital. Besar kecilnya tegangan yang dihasilkan tergantung dari lebar pulsa pada sinyal pengendali (sinyal PWM). PWM 10 bit terdiri dari 0 hingga 1023. Lampu LED berfungsi sebagai benda yang dikendalikan dan dimonitoring.

Sistem yang akan dibangun ini dapat mengendalikan intensitas lampu berdasarkan banyaknya cahaya yang terdapat pada suatu ruang. Apabila jumlah cahaya yang terdapat pada ruangan tersebut cukup terang, maka sensor akan merespon dan membuat mikrokontroler bekerja untuk menampilkan data ke LCD serta membuat lampu di ruangan itu akan meredup bahkan mendekati mati total. Begitu pula sebaliknya ketika keadaan di ruangan tersebut minim cahaya, maka sensor akan kembali merespon dan membuat mikrokontroler menampilkan data keluaran berupa ADC ke LCD serta membuat lampu di ruangan itu akan menjadi terang.

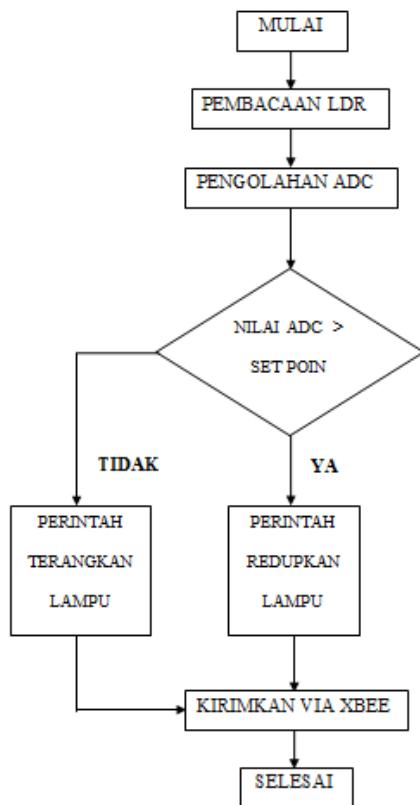
Dimulai pada saat sensor mendapatkan sumber cahaya yang berasal dari luar, yaitu sinar matahari. Lalu akan mengirimkan data ke mikrokontroler yang nantinya akan diolah untuk dapat menampilkan keluaran berupa ADC melalui LCD. Setelah itu melalui Xbee-ProS2B (*transmitter*) data yang telah diolah akan dikirimkan secara nirkabel kepada Xbee-ProS2B (*receiver*), data tersebut digunakan oleh dimmer sebagai pengatur terang atau redupnya cahaya lampu LED.

2.1. Flowchart Rangkaian Sistem

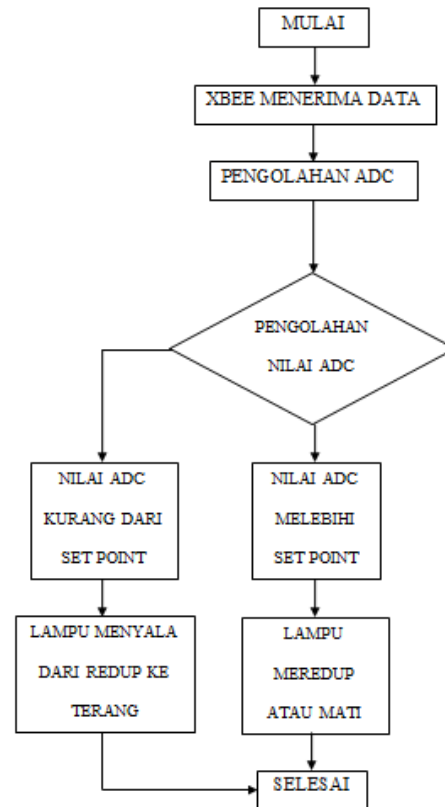
Flowchart pada rangkaian sistem *transmitter* dapat dilihat pada gambar 2. Sistem akan membaca tingkat pencahayaan menggunakan LDR. Hasil pembacaan oleh LDR diubah menjadi sinyal digital oleh ADC yang terdapat pada sistem mikrokontroler. Nilai tersebut kemudian akan dibandingkan set point. Apabila lebih besar dari set point, maka sistem akan mengirimkan perintah supaya lampu diredupkan. Sebaliknya jika nilainya lebih kecil dari set poin, maka sistem akan

mengirimkan perintah untuk menambah tingkat penerangan. Perintah dikirim secara nirkabel. Menggunakan standar komunikasi zigbee (IEEE 802.15.4).

Sistem transmitter ini dipasang pada ruangan, pada bagian yang dekat dengan user atau pengguna ruangan. Pada satu ruangan kelas bisa dipasang lebih dari satu sistem, tergantung pada luas ruangan. Namun pada percobaan ini hanya akan dipasang satu sistem transmitter pada ruangan. Jadi sistem transmitter ini terdiri dari LDR, sistem mikrokontroller, modul komunikasi nirkabel zigbee, dan catu daya. Dan flowchart pada rangkaian sistem receiver dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 2. Flowchart transmitter.



Gambar 3. Flowchart receiver

2.2. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada bagian ini akan dijelaskan bagian-bagian perangkat keras serta bagaimana perancangannya yang terdapat dalam penulisan penelitian ini. Perangkat keras yang digunakan adalah sensor cahaya, mikrokontroler, LCD, *dimmer*, dan *RF transceiver*.

Sebagai sensor cahaya, LDR berfungsi untuk menghitung besarnya intensitas cahaya di ruangan. Rangkaian sensor akan dihubungkan dengan LCD yang terhubung dari mikrokontroler. Pengendali pencahayaan ruangan ini menggunakan satu buah LDR sebagai transducer yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler. Sensor LDR diletakkan dekat dengan sumber cahaya dan akan diproses oleh mikrokontroler. Nilai ADC saat LDR terkena cahaya adalah 14, dan saat tidak terkena cahaya nilainya 1024. Untuk menampilkan data yang ada, sistem pada LCD menggunakan tampilan 16cm x 2cm.

Port A mikrokontroler terhubung pada sensor LDR, yaitu pada PA.0. Rangkaian *dimmer* berfungsi untuk mengatur besaran tegangan AC yang masuk ke perangkat lampu yang berpengaruh kepada tingkatan terang atau redupnya cahaya lampu. Xbee digunakan sebagai pengirim data secara nirkabel dari bagian transmitter ke bagian receiver.

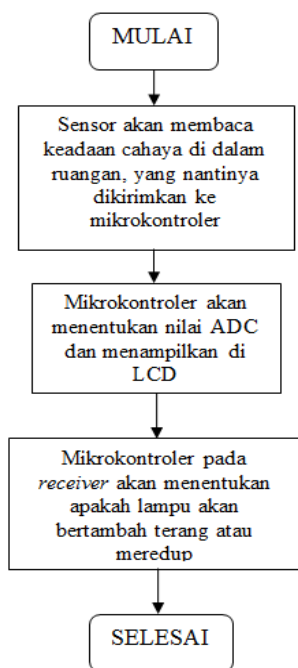
2.3. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak merupakan sekumpulan instruksi yang digunakan sebagai sistem operasi yang mengontrol perangkat keras dalam memberikan masukan dan keluaran data serta pertukaran

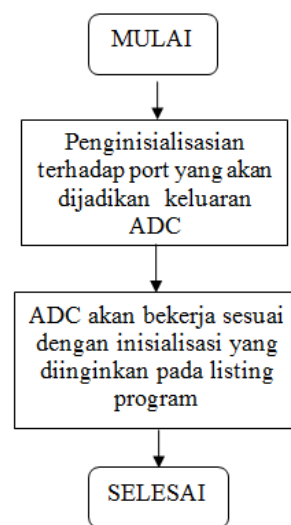
informasi. Jadi perangkat lunak direalisasikan untuk mendukung perangkat keras. Dalam perancangan perangkat lunak dibahas tentang perancangan bagaimana perubahan data digital menjadi kode ASCII agar nantinya dapat dibaca oleh LCD dan implementasi diagram air yang menjadi inisialisasi program. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu bahasa basic (*bascom*).

Untuk menjalankan sistem yang diperlukan perangkat lunak untuk mengendalikan perangkat keras. Perangkat lunak terdiri dari program utama yang di dalamnya terdapat beberapa sub program. Program pada mikrokontroler ini diawali dengan proses inisialisasi terhadap port mikrokontroler dan LCD.

Data input akan dikirim dari sensor LDR dan kemudian data akan diolah oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada LCD sebanyak 2x16 karakter. Data keluaran di LCD merupakan data yang diambil dari percobaan. Untuk memudahkan dalam program diperlukan diagram air sebagai kerangka dasar sebuah program. Diagram air (flowchart) program dapat ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Flowchart program



Gambar 4. Subrutin ADC

Pada rangkaian transmitter, terdapat program yang harus dijalankan agar mikrokontroler dapat berfungsi. Yang mana nantinya akan dimasukkan nilai minimum dan maksimum untuk keluaran nilai ADC yang akan ditampilkan melalui LCD. Subrutin ADC ini adalah merupakan bagian dari program inti dari sistem keseluruhan yang akan dibangun, yang menjelaskan alur kerja dari sistem ADC tersebut. Detail *flowchart* program ditunjukkan gambar 4. Penggunaan ADC internal dari mikrokontroler membutuhkan penyetingan atau inisialisasi port yang diaktifkan, fungsi ADC disini sebagai pembanding atau komperator internal dalam merubah data linier menjadi pengelompokan data digital. Secara alur *flowchart*, program mengawali dengan menginisialkan port tertentu untuk dijadikan sebagai input ADC. Selanjutnya ADC akan bekerja sesuai inisialisasi yang diinginkan pada listing program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan spesifikasi sistem yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem. Tujuan pengujian ini adalah untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya atau belum. Dalam penelitian ini dipilih dua macam metode pengujian, yaitu pengujian fungsional dan pengujian kinerja sistem. Pengujian fungsional digunakan untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan dapat memenuhi persyaratan fungsi operasional seperti yang

direncanakan. Pengujian kinerja sistem dimaksudkan untuk memperoleh beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan dan kehandalan sistem dalam menjalankan fungsi operasionalnya.

3.1. Pengujian Fungsional

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, pengujian fungsional bertujuan untuk memeriksa fungsi operasional sistem yang diimplementasikan apakah telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan dan sistem menjalankan fungsinya sesuai dengan pengembangannya. Ada dua macam metode pengujian fungsional yang dilakukan, yang pertama adalah pengujian fungsional bagian demi bagian, sedangkan yang kedua adalah pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian rangkaian sensor LDR dilakukan dengan cara mengukur tegangan output sensor ketika ruangan gelap dan ketika keadaan kondisi ruangan terang. Hasil pengujian tegangan output pada sensor LDR adalah 1,4 V ketika kondisi gelap dan 2,2 V ketika kondisi terang. Dari hasil pengujian sensor LDR (Light Dependent Resistor) maka dapat disimpulkan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik. Mikrokontroler beroperasi pada level TTL. Syarat logika 0 (rendah) level TTL yaitu tegangan 0 – 0,8 volt dan logika 1 (tinggi) level TTL adalah tegangan 2 – 5 volt. Penggunaan LDR untuk aplikasi ini digunakan untuk mendeteksi ketika keadaan gelap malam hari dan terang/siang hari dan digunakan untuk pengaturan intensitas lampu pada suatu ruangan.

Mikrokontroler merupakan pemroses utama dalam perancangan alat ini. Pengujian rangkaian mikrokontroler dilakukan dengan cara memberikan logika high dan low pada keempat port masukan dan keluarannya, kemudian membaca kondisi logika pada masing-masing port. Dari hasil pengujian, pada semua port mempunyai logika sesuai dengan diprogram, sehingga rangkaian mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai pemroses utama.

3.2. Hasil Pengujian Sistem

Untuk hasil keseluruhan pengujian sistem dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini. Dari hasil yang ditunjukkan oleh tabel 1 terlihat bahwa lampu LED berfungsi dengan baik pada saat kondisi ruangan tertutup. Dan nilai ADC terbanding terbalik dengan nilai PWM, dimana semakin besar nilai ADC maka nilai PWM akan semakin kecil. Sebaliknya, apabila nilai ADC semakin kecil maka nilai PWM akan semakin membesar.

Tabel 1. Hasil pengujian sistem.

Kondisi Ruang	Sumber Cahaya di ruangan (selain LED)	Kondisi Lampu LED	Nilai LDR	Nilai PWM
Tertutup	Cahaya lampu neon	Menyala (redup)	234	245
Tertutup	Tidak ada	Menyala (terang)	90	371
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu	Menyala (redup)	276	208
Terbuka	Cahaya lampu neon dan cahaya matahari dari jendela	Menyala (redup)	289	196
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu dan jendela	Mati	415	86

Tabel 2. Hasil pengamatan nilai LUX pada ruang dan LUX LED.

Kondisi Ruang	Sumber Cahaya di ruangan (selain LED)	Kondisi Lampu LED	Nilai LUX ruangan	Nilai LUX LED
Tertutup	Cahaya lampu neon	Menyala (redup)	23	48
Tertutup	Tidak ada	Menyala (terang)	15	164
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu	Menyala (redup)	136	102
Terbuka	Cahaya lampu neon dan cahaya matahari dari jendela	Menyala (redup)	170	0.33
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu dan jendela	Mati	215	0.08

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada masing-masing kondisi dan keadaan cahaya pada suatu ruang, memiliki nilai lux yang berbeda-beda. Begitu pula nilai lux yang dihasilkan oleh lampu LED. Semakin banyaknya cahaya pada ruang tersebut, nilai lux akan semakin membesar.

Nilai lux didapat dengan cara mendekatkan luxmeter disekitar sumber cahaya dengan jarak 30 – 40 cm.

Tabel 3. Hasil pengamatan daya pada lampu LED.

Kondisi Ruang	Sumber Cahaya di ruangan (selain LED)	Kondisi Lampu LED	Daya lampu LED (w)
Tertutup	Cahaya lampu neon	Menyala (redup)	1.8
Tertutup	Tidak ada	Menyala (terang)	3.6
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu	Menyala (redup)	2.1
Terbuka	Cahaya lampu neon dan cahaya matahari dari jendela	Menyala (redup)	0.3
Terbuka	Cahaya matahari dari pintu dan jendela	Mati	0

Pada tabel 3 dapat dilihat daya yang dihasilkan oleh lampu LED akan semakin kecil., berbanding lurus dengan keadaan lampu yang semakin meredup yang menyesuaikan keadaan cahaya di ruangan pada saat itu. Hal ini dapat pula dihitung dengan cara pada persamaan 1 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= \text{Watt} \times \text{Waktu} \\ \text{Kwh} &= W \times t \end{aligned} \quad (1)$$

Dapat diasumsikan waktu 1 bulan adalah 21 hari kerja, dimana masing-masing berlangsung selama 10 jam. Mengambil data baris ke 2 dan baris ke 3, maka dapat dihitung ketika tanpa alat = $3.6 \times 210 = 0.75$ Kwh dan saat menggunakan alat = $2.1 \times 210 = 0.441$ Kwh. Sehingga selisih dalam menggunakan alat dan tidak adalah = 0.75 Kwh - 0.441 Kwh = $0,39$ Kwh. Ini membuktikan bahwa berhasil dilakukan penghematan energi sebesar 0.39 Kwh.

4. KESIMPULAN

Dari ujicoba yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Telah berhasil dirancang suatu sistem yang dapat mengontrol pecahayaan pada ruang sesuai kondisi cahaya berbasis wireless sensor network. Sensor mampu membaca kondisi pencahayaan dengan baik dan sistem komunikasi data nirkabel menggunakan zigbee bekerja dengan baik. Prototype yang dibuat telah berhasil melakukan penghematan energi. Hal ini dapat dilihat dengan hasil perhitungan yang mendapatkan selisih daya yang dikeluarkan ketika menggunakan alat dan ketika tidak menggunakan alat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Islam Indonesia atas hibah penelitian yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2016, June 26). Kapasitas Terpasang PLN menurut Jenis Pembangkit Listrik 1995-2014. Retrieved December 9, 2016.
- Byun, J., Jeon, B., Noh, J., Kim, Y., & Park, S. (2012). An intelligent self-adjusting sensor for smart home services based on ZigBee communications. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 58(3), 794–802.
- Ghayvat, H., Liu, J., Mukhopadhyay, S. C., & Gui, X. (2015). Wellness Sensor Networks: A Proposal and Implementation for Smart Home for Assisted Living. *IEEE Sensors Journal*, 15(12), 7341–7348.
- Han, K., Shon, T., & Kim, K. (2010). Efficient mobile sensor authentication in smart home and WPAN. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 56(2), 591–596.
- Kim, C. G., & Kim, K. J. (2014). Implementation of a cost-effective home lighting control system on embedded Linux with OpenWrt. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(3), 535–542.
- Leccese, F. (2013). Remote-control system of high efficiency and intelligent street lighting using a ZigBee network of devices and sensors. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1), 21–28.

- Li, M., & Lin, H. J. (2015). Design and Implementation of Smart Home Control Systems Based on Wireless Sensor Networks and Power Line Communications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(7), 4430–4442.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. (2003). *Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sd 2020. Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, Jakarta. Retrieved from
- Pratama, G. P., Yuningtyastuti, Y., & Sukmadi, T. (2014). Parancangan Dimer Lampu Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroller Pada Penerangan Dalam Ruangan. *TRANSMISI*, 15(4), 186–190.
- Saidah, I. N., Fahad, R. E. W., Danurwendo, A., Suyatno, S., Rachmat, D. B., & Cahyono, Y. (2011). Analisis dan Perancangan Kontrol Pencahayaan dalam Ruangan. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 7(2), 110208–1.
- Siddiqui, A. A., Ahmad, A. W., Yang, H. K., & Lee, C. (2012). ZigBee based energi efficient outdoor lighting control system. In *Advanced Communication Technology (ICACT), 2012 14th International Conference on* (pp. 916–919). IEEE.
- Suryadevara, N. K., Mukhopadhyay, S. C., Kelly, S. D. T., & Gill, S. P. S. (2015). WSN-Based Smart Sensors and Actuator for Power Management in Intelligent Buildings. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 20(2), 564–571.