

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENGATUR SUHU DAN CAHAYA BERDASARKAN OKUPANSI PADA RUANGAN KELAS BERBASIS *SMART BUILDING*

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF TEMPERATURE AND LIGHT CONTROL SYSTEM ACCORDING TO CLASSROOM OCCUPANCY BASED ON *SMART BUILDING*

Putu Raha Adiwinata¹, Dr. Purba Daru Kusuma, S.T., M.T.², Faisal Candrasyah Hasibuan, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹rahaadiwinata@students.telkomuniversity.ac.id, ²purbodaru@telkomuniversity.ac.id,
³faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Internet telah menjadi kebutuhan sehari-hari yang paling efektif sebagai media untuk berinteraksi dan berkomunikasi dengan saling menukar data dan informasi yang ada di lingkungan sekitar kita. Salah satu pengaplikasian internet yang sudah banyak ada yaitu *Internet of Things* (IoT). Berkat *Internet of Things*, objek-objek tertentu di sekitar kita dapat berhubungan secara mandiri dengan dunia nyata dan tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam penelitian ini penulis menggunakan IoT untuk mengatur kondisi lingkungan agar menjadi hemat energi di ruangan kelas. Ini adalah salah satu implementasi pada sistem *smart building* dengan menggunakan *Internet of Things*.

Pada penelitian ini dibuat sistem yang berbasis *smart building* yang memiliki fungsi untuk mengatur suhu dan cahaya pada ruangan kelas dengan mengatur kipas, tirai dan lampu berdasarkan data sensor dan okupansi pada ruangan kelas. Pengendali yang digunakan pada penelitian ini adalah Mikrokontroler Arduino Uno. Adapun sensor-sensor yang digunakan yaitu sensor DHT11 sebagai pendeteksi suhu pada ruangan dan sensor BH1750 sebagai pendeteksi tingkat intensitas cahaya pada ruangan kelas. Dari hasil pengujian yang dilakukan, hasil rata-rata *error* pada BH1750 adalah sebesar 14% dan hasil rata-rata *error* DHT11 sebesar 4%. Sistem kontrol dapat berjalan sesuai dengan *decision making* dengan rata-rata *delay* eksekusi yaitu sebesar 5.6 detik dan akurasi 100%.

Kata kunci: Arduino Uno, BH1750, DHT11, *Internet of Things*, *smart building*.

Abstract

The internet has become the most effective daily necessity as a medium for interacting and communicating by exchanging data and information around us. One application of the internet that already exists is the *Internet of Things* (IoT). Thanks to the *Internet of Things*, certain objects around us can be connected independently to the real world and without direct human intervention. In this research, the authors used IoT to be deployed in the environment to increase the energy efficiency in the classroom. This is an implementation of a *smart building* system using the *Internet of Things*. In this research, a *smart building* based system has a function as a system that can regulate temperature and light in the classroom by controlling fan, curtains and lights based on sensor data and occupancy in the classroom. The controller used in this research is Arduino Uno Microcontroller. The sensors used are the DHT11 module as a temperature sensor in the room and the BH1750 module as a sensor for the level of light intensity in the classroom. From the results of tests conducted, the average error result of BH1750 is 14% and the average DHT11 error result is 4%. The control system can run according to *decision making* with an average execution delay of 5.6 seconds and 100% accuracy.

Keywords: Arduino Uno, BH1750, DHT11, *Internet of Things*, *smart building*.

1. Pendahuluan

Pada saat ini, penggunaan sumber daya masih menjadi salah satu masalah di lingkungan sekitar kita. Masih banyak sumber daya yang dipakai namun tidak dijaga kelestariannya. Salah satu sumber daya yang sering kita gunakan adalah listrik. Contohnya pada ruangan kelas, saat kelas dipakai dan perlu untuk menyalakan lampu dan kipas, maka kita akan menyalakannya dan sering lupa untuk mematikan kembali. Penggunaan listrik akan menjadi boros dan tidak efektif. Maka dari itu, sangat diperlukan sistem *smart room* untuk membantu pekerjaan manusia dalam melestarikan sumber daya [1].

Smart room sering diartikan sebagai sistem dalam ruangan yang dapat mengatur dan melakukan otomatisasi beberapa fitur dan peralatan di dalam ruangan itu sendiri [2]. Konsep dari *smart room* yaitu ruangan yang dikontrol dengan menggunakan perangkat lunak, sensor atau pengidentifikasi, dan jaringan ke perangkat yang biasanya tidak terkomputerisasi yang mengarah ke *Internet of Things* (IoT) [3]. Sistem dari *smart room* ini akan sangat membantu pekerjaan-pekerjaan manusia dan berguna untuk menjaga sumber daya.

Pada penelitian *IoT based Classroom Automation using Arduino*, lampu dan kipas otomatis menyala bergantung pada intensitas cahaya dan gerakan di dalam ruangan tersebut dengan menggunakan sensor LDR (*Light Dependant Resistor*) untuk mendeteksi intensitas cahaya dan PIR (*Passive Infrared*) untuk mendeteksi adanya gerakan [4]. *Smart room* mengacu pada penghematan energi, efisiensi waktu dan efisiensi pekerjaan yang dilakukan manusia [5], sehingga diperlukan dalam upaya pelestarian sumber daya. Dalam penelitian ini, lampu dan kipas akan

secara otomatis menyala dan mati serta tirai akan secara otomatis terbuka dan tertutup tergantung dari okupansi orang di dalam ruangan, khususnya ruang kelas. Kamera diperlukan untuk mengambil data okupansi di dalam ruangan kelas tersebut. Sensor cahaya digunakan untuk mengatur intensitas cahaya, sedangkan sensor suhu digunakan untuk mengatur suhu ruangan.

2. Landasan Teori

2.1 Internet of Things

Perkembangan zaman yang begitu pesat menyebabkan banyak teknologi-teknologi canggih baru yang bermunculan, salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT). Pada tahun 1991, Mark Weiser telah menggambarkan visi internet masa depan dengan nama "*Ubiquitous Computing*" [6]. Melalui visi ini, ia berfokus pada cara menghidupkan lingkungan yang layak huni di hadapan teknologi ponsel yang menyediakan sistem multimedia yang kuat. Kevin Ashton adalah salah satu perintis yang berbicara tentang IoT. Menurut Atzori A.lera et al, IoT [6] diklasifikasikan ke tiga paradigma yaitu:

1. berorientasi internet (Middleware),
2. berorientasi pada hal-hal (Sensor),
3. berorientasi semantik (pengetahuan).

IoT dapat didefinisikan sebagai seperangkat benda / benda pintar seperti perangkat rumah, ponsel, laptop dan lain-lain, yang ditangani oleh skema pengalamatan yang unik dan terhubung ke Internet melalui kerangka kerja terpadu [7]. Kemajuan dalam IoT memotivasi untuk adopsi semakin banyak aplikasi teknologi inovatif tersebut. Salah satu dampak dari semakin meluasnya penggunaan IoT adalah semakin efisiennya penggunaan sumber daya dan waktu di berbagai sektor industri, pelayanan publik, maupun swasta. Sistem pemantauan dan pengendalian adalah salah satu aplikasi umum dari IoT [7].



Gambar 2.1 Teknologi Internet of Things

2.2 Smart Building

Smart building adalah sebuah bangunan, ruangan, gedung, kantor yang dirancang agar menjadi pintar dengan menggunakan proses otomatis untuk mengendalikan operasional seperti pemanasan, ventilasi, penyejuk ruangan, pencahayaan, keamanan dan sistem-sistem lainnya. Perancangan *smart building* akan terintegrasi dengan perusahaan, kontrol, bahan dan konstruksi yang diimplementasikan baik secara individu maupun sebagai sistem agar dapat beradaptasi [8]. *Smart Building* dirancang dengan berbasis penghuni, memberikan umpan balik baik ke dan dari penghuni tentang penggunaan pada bangunan mereka. *Smart building* memberdayakan penghuni untuk membuat keputusan kenyamanan mereka sendiri dengan mempertahankan pengaturan dan kendali yang sudah dirancang [8]. Tujuan utama *smart building* adalah untuk mengoptimisasi penggunaan energi pada suatu rumah, kantor, gedung atau ruangan yang sudah di desain sedemikian rupa, serta akan mempermudah pekerjaan manusia [9].

2.3 Embedded System

Embedded system atau sistem tertanam adalah sebuah sistem yang diprogram untuk mengendalikan dan mengoperasikan sistem dengan fungsi khusus dalam sistem mekanis atau elektrik yang lebih besar, sering kali disertai dengan kendala komputasi *real time* [10].

Sistem tertanam memerlukan operasi secara *real time*, kehandalan, pemeliharaan, dan keefektifan biaya yang karenanya tergantung pada perangkat lunak (antarmuka pengguna, pemrosesan data, kontrol mesin) dan perangkat keras (I/O, Asics, DSP, FPGA) [11]. Sistem tertanam secara luas dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu sebagai berikut:

1. Perangkat Lunak Tertanam,
2. Perangkat Keras Tertanam [11]

2.4 Intensitas Cahaya

Menurut NOAO (National Optical Astronomy Observatory) level cahaya pada outdoor adalah sekitar 10.000 lux pada hari yang cerah [12]. Di gedung, di daerah paling dekat dengan jendela, tingkat cahaya dapat dikurangi menjadi sekitar 1.000 lux. Di area tengahnya mungkin serendah 25-50 lux [12]. Peralatan pencahayaan tambahan sering diperlukan untuk mengkompensasi ke level rendah. Biasanya tingkat cahaya di kisaran 100 - 300 lux untuk kegiatan normal [12]. Akhir-akhir ini tingkat cahaya lebih umum di kisaran 500 - 1000 lux – tergantung aktivitas. Untuk presisi dan pekerjaan rinci, tingkat cahaya bahkan dapat mendekati 1500 - 2000 lux [12]. Adapun tingkat intensitas cahaya yang disarankan di ruang kerja yang berbeda dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tingkat cahaya pada ruangan kerja yang berbeda[12].

Aktivitas	Intensitas Cahaya(lux/lumen/m ²)
Area publik dengan lingkungan yang gelap	20 - 50
Orientasi sederhana dengan kunjungan yang singkat	50 – 100
Area pekerjaan visual yang dilakukan hanya sesekali	100 – 150
Gudang, Rumah, Teater, Penyimpanan arsip	150
Pekerjaan kantor yang ringan, Ruang kelas	250
Pekerjaan kantor yang normal, Pekerjaan dengan menggunakan komputer, Perpustakaan, Ruang pertunjukan, Laboratorium	500
Supermarket, Bengkel Mekanik	750
Pekerjaan dengan aktivitas menggambar, Pekerjaan mekanik yang rinci	1000
Pekerjaan dengan aktivitas menggambar secara rinci, Pekerjaan mekanik yang sangat rinci	1500 – 2000
Kinerja pekerjaan visual dengan kontras rendah dan ukuran sangat kecil untuk periode waktu yang lama	2000 – 5000
Kinerja pekerjaan visual yang menuntut untuk periode waktu yang lama	5000 – 10000
Kinerja tugas visual yang sangat spesial dengan kontras sangat rendah dan ukuran kecil	10000 - 20000

2.5. Temperatur

Untuk menentukan temperatur atau suhu yang ideal, dalam penelitian ini digunakan konsep suhu dari beberapa literatur. Standar suhu 22^o-25^o C adalah salah satu langkah untuk mengurangi penggunaan listrik yang tidak efektif. Standar yang ditentukan ini merupakan pesan yang jelas kepada publik bahwa pemerintah akan terus menghimbau untuk menghemat energi demi kemajuan generasi selanjutnya. Dengan upaya bersama dan didistribusikan dari publik hingga ke setiap rumah tangga, konsumsi energi listrik yang berlebihan dapat dikurangi dari sisi permintaan [13]. Adapun desain temperatur di beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

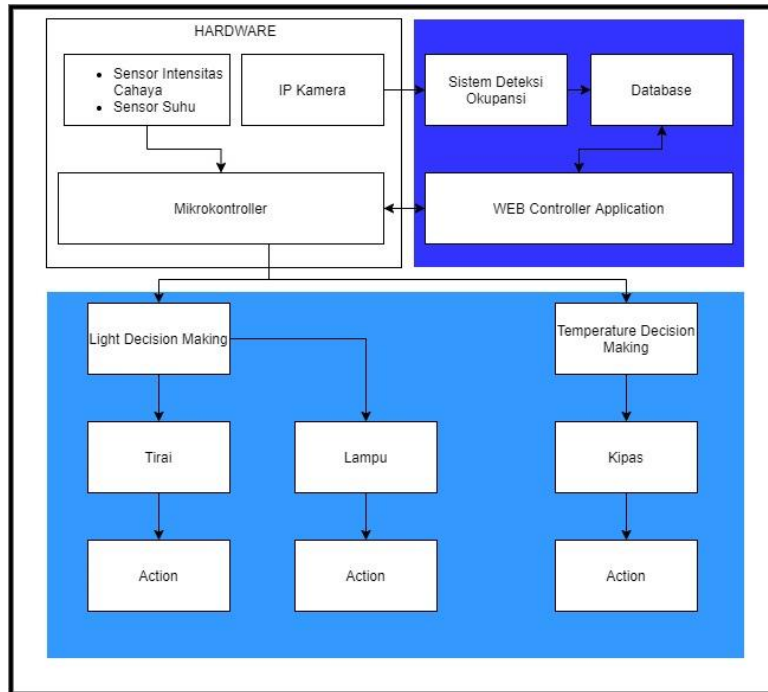
Tabel 2.2. Desain temperatur di beberapa negara.[13]

Country	Australia	China	Singapore	USA
<i>Design/Designated Temperature</i>	23 ~ 26	25 ~ 27	22.5 ~ 25.5	25.5 (78 deg F)

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum

Pada perancangan gambaran umum, menjelaskan mengenai alur dari proses sistem bekerja. Gambaran umum pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Gambaran umum sistem.

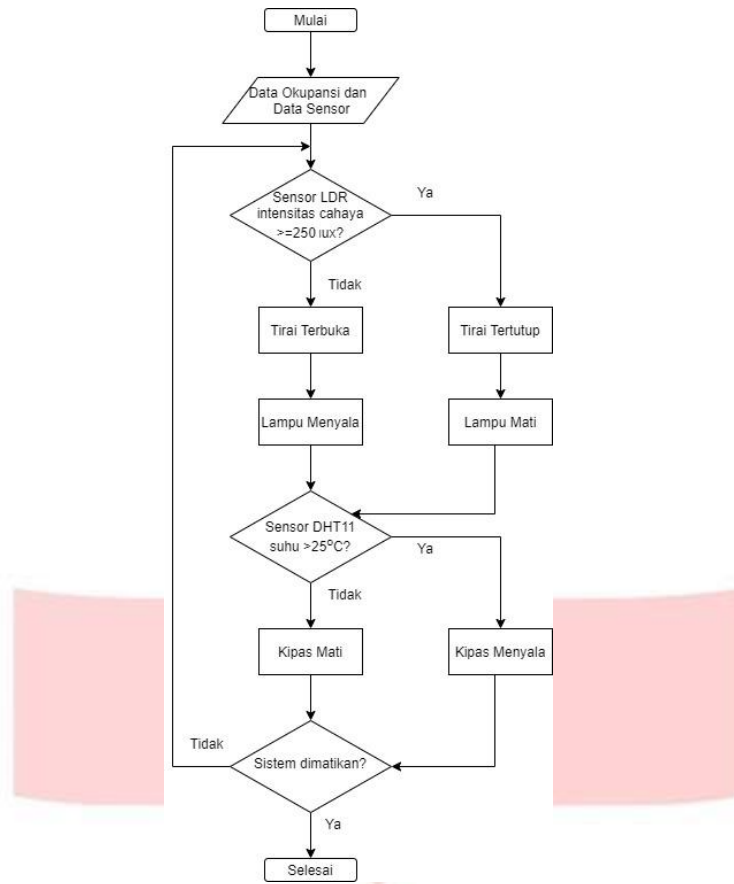
Gambar 3.1 menunjukkan proses sistem bekerja dimulai dari hasil deteksi okupansi yang akan dikirimkan ke sistem dan disimpan ke dalam *database* dan hasil data dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler. Setelah mengetahui letak okupansi di dalam ruangan dan mendapat data dari sensor, kemudian sistem akan melakukan pengambilan keputusan untuk melakukan *action* yang sesuai yang bertujuan untuk mengatur cahaya dan suhu pada ruangan.

Berikut adalah penjelasan dari peran-peran yang terdapat pada gambaran umum:

1. *Hardware*, komponen utama dalam *hardware* di sini adalah mikrokontroler, sensor intensitas cahaya, sensor suhu dan IP Kamera.
 - a. Mikrokontroler, berfungsi mengelola data yang di dapat dari sensor serta mengatur komponen-komponen elektronika yang lainnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
 - b. Sensor intensitas cahaya, berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya.
 - c. Sensor suhu, berfungsi untuk mengukur suhu.
 - d. IP Kamera, berfungsi untuk mengambil gambar okupansi.
2. *Web Controller Application*, aplikasi web yang dibuat untuk mengontrol sistem yang dibuat.
3. *Light decision making*, membuat keputusan berdasarkan intensitas cahaya yang didapat.
4. *Temperature decision making*, membuat keputusan berdasarkan suhu yang didapat.

3.2 Gambaran Khusus

Pada gambaran khusus ini menjelaskan tentang alur sistem khususnya untuk alur sistem kontrol cahaya dan suhu pada ruangan kelas, dengan mengetahui tata okupansi pada ruangan kelas, yang kemudian sistem akan mendapat data dari sensor DHT11 dan sensor BH1750. Pada proses *decision making*, sistem memiliki 2 parameter penting yaitu nilai suhu dan nilai intensitas cahaya. Kedua parameter tersebut yang akan menentukan hasil *decision making* dari sistem. Kemudian akan dilakukan *action* yang sesuai. Gambaran khusus sistem akan dibuat dalam bentuk flowchart, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alur kerja sistem.

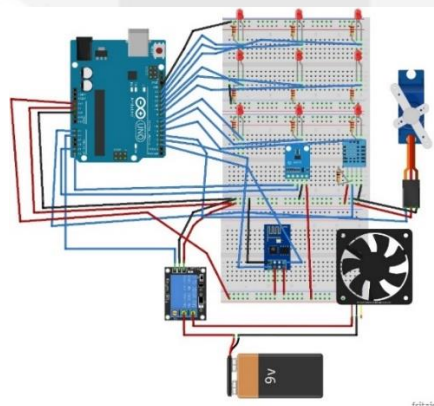
Pada gambar 3.2 setelah sistem melakukan *decision making*, dapat diputuskan tirai akan terbuka atau tertutup, lalu kipas dan lampu akan mati atau menyala sesuai dengan data yang didapat dari sensor.

Berikut beberapa penjelasan dari gambaran khusus di atas :

1. Data Okupansi
Pada tahap awal ini sistem akan menerima data okupansi yang sudah didapat, kemudian akan di proses oleh sistem. Hasil yang didapat adalah bagaimana tata okupansi pada ruangan kelas tersebut.
2. Data Sensor
Pada tahap ini sistem akan membaca nilai dari masing-masing sensor yang sudah tertanam pada Arduino.
3. Decision Making
Dalam tahap decision making, jika sensor DHT11 mendeteksi suhu $>25^{\circ}$ maka kipas akan menyala. Jika tidak, maka kipas akan mati. Kemudian jika sensor BH1750 mendeteksi intensitas cahaya ≥ 250 lux, maka tirai akan tertutup dan lampu akan mati. Jika tidak, maka tirai akan terbuka. Namun jika sensor BH1750 masih mendeteksi intensitas cahaya belum ≥ 250 lux, maka lampu akan menyala

3.3 Desain Perangkat Keras

Pada desain perangkat keras akan digambarkan perancangan sistem secara garis besar, meliputi komponen-komponen yang digunakan, koneksi dari masing-masing komponen ke pin Arduino. Desain perangkat keras dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras

Desain pada Gambar 3.4 dibuat menggunakan aplikasi Fritzing dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler, serta digunakan total 9 LED yang terkoneksi ke pin digital 5 sampai dengan pin digital 13 pada Arduino Uno. LED dibagi menjadi 3 baris sesuai dengan bagian ruangan pada prototipe ruangan kelas. Kemudian sensor intensitas cahaya BH1750 yang terhubung ke pin analog A4 dan A5, terhubung ke VCC 3.3V dan ground pada Arduino. Sensor suhu DHT11 yang terhubung ke pin digital 4, VCC 5V dan ground. *Micro* servo yang digunakan untuk mengatur tirai terhubung ke pin digital 2, VCC 5V dan ground pada Arduino. Relay yang nantinya digunakan untuk menyalakan kipas terhubung ke pin digital 3 pada, VCC 5V dan ground pada Arduino. Kipas yang digunakan adalah kipas DC dengan sumber daya baterai 9V. Modul ESP8266-01 digunakan untuk menghubungkan sistem ke jaringan internet. VCC terhubung ke 3.3V, pin Rx terhubung pada pin digital 2 dan pin Tx terhubung ke pin digital 3.

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

Pada hasil pengujian dan analisis, akan dijelaskan pengujian dan analisa yang dilakukan pada sistem.

4.1 Pengujian Akurasi dan Delay Sistem Keseluruhan

Tabel 4.1 Hasil pengujian akurasi dan *delay* pada sistem.

No	Bagian Okupansi	Intensitas Cahaya	Suhu	Kondisi Alat					Delay Respon (detik)	Akurasi
				LED Baris Depan	LED Baris Tengah	LED Baris Belakang	Tirai	Kipas		
1	Depan	30 lx	25 °	Menyala	Mati	Mati	Terbuka	Mati	4	100%
2	Depan	33 lx	26 °	Menyala	Mati	Mati	Terbuka	Menyala	2	100%
3	Depan	389 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	1	100%
4	Tengah	32 lx	25 °	Mati	Menyala	Mati	Terbuka	Mati	1	100%
5	Tengah	33 lx	26 °	Mati	Menyala	Mati	Terbuka	Menyala	2	100%
6	Tengah	421 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	5	100%
7	Belakang	32 lx	25 °	Mati	Mati	Menyala	Terbuka	Mati	15	100%
8	Belakang	33 lx	26 °	Mati	Mati	Menyala	Terbuka	Menyala	17	100%
9	Belakang	437 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	7	100%
10	Depan dan Tengah	52 lx	25 °	Menyala	Menyala	Mati	Terbuka	Mati	2	100%
11	Depan dan Tengah	53 lx	26 °	Menyala	Menyala	Mati	Terbuka	Menyala	3	100%
12	Depan dan Tengah	424 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	5	100%
13	Depan dan Belakang	54 lx	25 °	Menyala	Mati	Menyala	Terbuka	Mati	4	100%
14	Depan dan Belakang	52 lx	26 °	Menyala	Mati	Menyala	Terbuka	Menyala	2	100%
15	Depan dan Belakang	397 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	7	100%
16	Tengah dan Belakang	64 lx	25 °	Mati	Menyala	Menyala	Terbuka	Mati	7	100%
17	Tengah dan Belakang	67 lx	26 °	Mati	Menyala	Menyala	Terbuka	Menyala	6	100%
18	Tengah dan Belakang	324 lx	26 °	Mati	Mati	Mati	Tertutup	Menyala	12	100%
Rata-rata delay									5.6	
Rata-rata akurasi										100%

Pada Tabel 4.1, sistem kendali dapat melakukan *action* yang benar sesuai dengan *decision making* yang dirancang. Rata-rata akurasi sistem yang didapat yaitu 100%. Rata-rata *delay* yang terjadi saat arduino mulai mengeksekusi perintah yang diberikan dari aplikasi web adalah sebesar 5.6 detik. Dengan waktu tercepat yaitu 1 detik dan waktu terlama yaitu 17 detik. Hal ini dipengaruhi oleh faktor utama yaitu kecepatan pada jaringan internet yang digunakan saat melakukan pengujian.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor-sensor yang digunakan masih dalam keadaan baik dan layak pakai. Hasil rata-rata error yang didapat pada sensor BH1750 adalah 14% sedangkan hasil rata-rata error pada sensor DHT11 adalah 4%.
2. Berdasarkan hasil pengujian *decision making*, serta pengujian akurasi dan delay sistem keseluruhan, sistem dapat mengontrol dengan benar sesuai dengan *decision making* yang dibuat dengan akurasi 100%.
3. Berdasarkan hasil pengujian *delay*, sistem kontrol dapat mengeksekusi dengan rata-rata waktu sebesar 5.2 detik, sesuai dengan okupansi yang didapat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pada Tugas Akhir ini, penulis memiliki beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan *prototype* sistem pengatur suhu dan cahaya otomatis berdasarkan okupansi di ruangan kelas.
2. Menggunakan *Air Conditioner* sebagai pengatur suhu di ruangan kelas.
3. Menambahkan parameter *humidity*, sehingga kelembaban kelas dapat diatur agar ideal.
4. Menggunakan *PID controller* dan *Fuzzy controller*.
5. Menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang lebih baik untuk perancangan *Internet of Things*.

Daftar Pustaka

- [1] A. Jabeen dan D. M. Kumar, "Automatic Classroom Lighting Controller and Energy Saving based on Microcontroller Uni," *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, vol. 3, no. 7, pp. 201-203, 2016.
- [2] G. Sfikas, C. Akasiados dan E. Spyrou, "Creating Smart Room using an IoT approach," *National Center for Scientific Research Demokritos*, 2016.
- [3] A. M. Sukumar, N. S Thanjan, M. Varghese dan R. K R, "Automated Smart Room," *International Journal of Advances in Engineering & Scientific Research*, pp. 24-39, 2017.
- [4] Y. R, P. Roy, K. H. Khrisnan dan B. , "IoT based Classroom Automation using Arduino," *International Jurnal of Trend in Scientific Research and Development*, pp. 306-313, 2018.
- [5] M. Malathi, M. Dahnushyaa, A. Gowshyala dan A. Janani, "Home Automation On Esp8266," *SSRG International Journal of Computer Science and Engineering*, no. Special Issue, pp. 1-4, 2017.
- [6] Z. Hassan dan H. A. Ali, "Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions," *International Journal of Computer Applications*, vol. 128, pp. 37-47, 2015.
- [7] A. S. Abdul-Qowy, "The Internet of Things (IoT): An Overview," *International Journal of Engineering Research and Applications* , vol. 5, no. 12, pp. 71-82, 2015.
- [8] A. Buckman, M. Mayfield dan S. B. Beck, "What is A Smart Building?," *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 3, no. 2, pp. 92-109, 2014.
- [9] D. Minoli, K. Sohraby dan B. Occhiogrosso, "IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings – Energy Optimization and Next Generation Building Management Systems," *The IEEE Internet of Things Journal*, pp. 1-16, 2016.
- [10] A. S, "Embedded System Paper Document," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 6, no. 14, pp. 1-2, 2018.
- [11] O. O. Oyetoke, "Embedded Systems Engineering, the Future of Our Technology World; A Look Into the Design of Optimized Energy Metering Devices," *International Journal of Recent Engineering Science (IJRES)*, vol. 18, pp. 17-25, 2015.
- [12] N. O. A. O. "Recommended Light Levels," *Association of Universities for Research in Astronomy, United States*.
- [13] M. S. Kam, "25.5 DEG C AND HUMAN COMFORT," *HKIE (Environment Annual Seminar Paper)*.