

Desain Modul Latih Sistem Kontrol Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence*

Mochamad Subchan Mauludin^{1*}, Agung Nugroho², Arief Hidayat³

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia

³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Pembelajaran mata kuliah robotika dan mekatronika di Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim masih menggunakan metode klasikal, pembelajaran teori tanpa menggunakan media pembelajaran pendukung. Beberapa materi perkuliahan seperti logika dasar jika hanya dilakukan dalam bentuk teori membuat mahasiswa sulit memahami. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sebuah inovasi dalam pembelajaran logika dasar melalui perancangan modul pelatihan sistem kontrol yang memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* (AI) sesuai dengan kebutuhan industri saat ini. Modul pelatihan ini tersusun atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler dan sensor, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk membuat kode sumber sebagai instruksi kepada mikrokontroler. *Software* yang digunakan adalah Arduino ide. Sensor dan mikrokontroler di rangkai dan di simulasikan sehingga dapat di ketahui keberhasilan dalam membuat rangkaian dan *sketch* yang di *upload* ke dalam mikrokontroler. Pembuatan dan pencetakan modul latih setelah simulasi *protheous* berhasil *running*.

Kata Kunci: *kulkas dua pintu, Raspberry Pi 3B, motion, dan PHP.*

ABSTRACT

Learning robotics and mechatronics courses at the Faculty of Engineering, Wahid Hasyim University still uses classical methods, theoretical learning without using supporting learning media. Some lecture materials such as basic logic if only done in the form of theory make it difficult for students to understand. This research aims to create an innovation in basic logic learning through the design of control system training modules that utilize the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) in accordance with current industry needs. This training module is composed of hardware and software. The hardware consists of a microcontroller and sensors, while the software is used to create the source code as instructions to the microcontroller. The software used is Arduino ide. Sensors and microcontrollers are assembled and simulated so

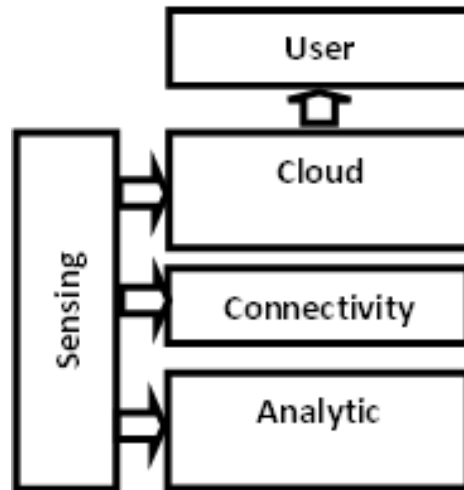
that success can be known in making circuits and sketches uploaded into the microcontroller. Creation and printing of the training module after successful protheous simulation.

Keywords: *Training Module, Hardware, Software, IoT*

1. PENDAHULUAN

Artificial Intelligence merupakan teknologi yang membuat komputer memiliki penalaran yang sama seperti manusia, sedangkan *Internet of Things* (IoT) memiliki konsep yang luas dan mencakup banyak hal seperti sensor, aktuator, penyimpanan data, dan kemampuan pemrosesan data yang saling terhubung melalui internet. Perangkat apapun yang mendukung *Internet of Things* (IoT) akan dapat melakukan aktivitas pengiriman, penyimpanan, pemrosesan data yang dikumpulkan hingga bertindak sesuai data yang ada. Kecerdasan utama dari layanan *Internet of Things* (IoT) terletak pada tingkat pemrosesan data dan tindakan yang dilakukan. Sistem *Internet of Things* (IoT) tanpa disertai dengan kecerdasan buatan akan memiliki keterbatasan dan tidak dapat berkembang sesuai dengan perkembangan data. Akan tetapi, sistem *Internet of Things* (IoT) yang disertai dengan kecerdasan buatan dapat memenuhi tujuan otomatisasi dan adaptasi yang sebenarnya. Salah satu produk yang mengolaborasikan layanan *Internet of Things* (IoT) dengan kecerdasan buatan adalah robot. Kemajuan dibidang robotika mengarah pada penciptaan robot yang mempunyai kemiripan dengan manusia dan mampu berinteraksi dengan manusia. Robot merupakan teknologi *Internet of Things* (IoT) karena mengandung banyak sensor dan akuator serta kecerdasan buatan membantu robot untuk terus belajar dan beradaptasi.

Internet of Things (IoT) merupakan sistem yang saling terhubung dan memungkinkan perangkat elektronik berkomunikasi dan bertukar data melalui konektivitas jaringan. *Internet of Things* (IoT) merupakan jembatan penghubung perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. *Internet of Things* (IoT) mengumpulkan data dari data *input* beberapa sensor, serta mengontrol beberapa peralatan yang saling berkomunikasi melalui jaringan internet. Kemampuan untuk mengontrol perangkat fisik melalui internet dan memantau nilai sensor dengan umpan langsung dari mana saja di dunia memberikan kita kesederhanaan, transparansi, efisiensi, dan keamanan yang dibutuhkan, baik untuk otomatisasi rumah maupun industri. Sistem kontrol otomatis memanfaatkan sensor dan aktuator untuk melakukan kendali jarak jauh, sehingga melibatkan sedikit masukan atau interaksi manusia. Komponen pembentuk *Internet of Things* (IoT) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen Utama *Internet of Things* (IoT)

Berdasarkan pada Gambar 1, komponen pembentuk *Internet of Things* (IoT) terdiri atas beberapa komponen penting, yaitu:

1. *Sensing*, berfungsi untuk menerima data *input* yang *real time* melalui sensor serta memberikan instruksi ke aktuator untuk melakukan Tindakan.
2. Konektivitas merupakan protokol IoT yang bertugas mentransmisikan data secara *online*.
3. *IoT Cloud* tugasnya menyimpan data.
4. *Analytic* dan manajemen data IoT berfungsi menganalisis data untuk dasar dalam pengambilan keputusan.
5. Perangkat *End User* dan *User Interface* sebagai sarana berinteraksi pengguna.

Internet of Things (IoT) dapat terhubung dengan segala sesuatu yang terhubung dengan internet. Saat ini segala sektor telah menggunakan *Internet of Things* (IoT) sebagai pengontrol otomatisnya, di sektor industri *Internet of Things* (IoT) mengontrol komunikasi P2P, mengontrol waktu *real time*, pengontrol kesehatan dan keselamatan lingkungan. Argo industri dan Otomasi Industri.

Implementasi *Internet of Things* (IoT) di kolaborasikan dengan *Artificial Intelligence* untuk mendapatkan kinerja mesin seperti kinerja manusia. Aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* dapat meningkatkan akurasi *control system* otomasi dalam industri, meningkatkan *cyber* proteksi pada *system control industry* dan efisiensi energi pada transportasi logistik rantai suplai pangan.

Pembelajaran mata kuliah mekatronika, robotika, dan *artificial intelligence* (AI) di Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim masih menggunakan metode *classical* atau

tanpa menggunakan alat bantu pembelajaran, sehingga banyak mahasiswa yang sulit memahami mata kuliah tersebut. Untuk memahami mata kuliah tersebut mahasiswa harus memiliki pemahaman tentang logika dasar, salah satunya teknik pengontrolan. Pada proses pembelajaran, ditemui banyak kendala bagi mahasiswa untuk memahami logika dasar, seperti waktu pembelajaran, model pembelajaran, serta anggaran kampus yang terbatas untuk menyediakan peralatan pendukung guna keberlangsungan kegiatan pembelajaran mata kuliah tersebut. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pengembangan inovasi pembelajaran agar mahasiswa dapat memahami logika dasar pengontrolan dengan mudah dan cepat. Penelitian ini membuat sebuah modul latihan sistem kontrol otomatis berbasis IoT dan *Artificial Intelligence* yang praktis, ekonomis, dan mudah di pahami.

Sistem otomatisasi yang dirancang dengan *artificial intelligence* adalah bentuk kemajuan teknologi kecerdasan buatan dalam dunia industri saat ini. Teknologi kontrol otomatis yang mengadopsi kecerdasan buatan akan meningkatkan efisiensi kontrol dan perluasan area penggunaan sistem menjadi semakin luas lagi. *Artificial Intelligence* (AI) pada dunia manufaktur memainkan peran penting dalam otomatisasi dan robotika. Keberadaan robotika akan dengan mudah mendeteksi dan menyelesaikan masalah dengan cepat, mengontrol seluruh sistem dengan satu sentuhan, dan menganalisa keputusan yang akurat sesuai informasi yang diterima. Robotika dan otomatisasi akan meningkatkan produktivitas, kualitas, dan keamanan dalam produksi.

Beberapa penelitian yang terkait dengan pengembangan modul latihan sistem kontrol otomatis antara lain, pada tahun 2002 di *Tokyo Metropolitan Institute of Teknologi* mengembangkan modul untuk pembelajaran mekatronika. Penelitian ini merekomendasikan simulator untuk mempelajari tentang motor *stepping* magnet permanen. Laboratorium Hitachi Jepang tahun 2001, membuat alat simulasi untuk menganalisis perilaku transien pekerjaan pemompaan yang memiliki dua simulator, simulator subsistem perpipaan untuk simulasi fenomena hidrolis dan simulator pengontrol untuk mensimulasikan perilaku subsistem kontrol. Penelitian ini merekomendasikan simulator dalam perhitungan hidrolis pompa dan pemipaan.

Motorola bekerjasama dengan Universitas Arizona tahun 2000, mengembangkan *software* simulator untuk pekerjaan manajemen. Simulasi sistem digital yang *realtime* dan interaktif. Pemodelan *training kit* untuk pembelajaran mikrokomputer di Universitas Sungkyunkwan Korea. Universitas Pendidikan Indonesia mengembangkan kit pelatihan

otomatisasi industri. Modul kuliah dan praktikum Sistem otomasi oleh Politeknik Milano Italia.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Penelitian berfokus pada desain perencanaan dan kebutuhan komponen pembuatan modul latihan sistem kontrol berbasis *Internet of Things (IoT)* dan *Artificial Intelligence (AI)* pada sistem kontrol otomatis. Implementasi pembelajaran sistem kontrol otomatis ini diwujudkan dengan pembelajaran berbasis proyek. Dosen membuat kelompok pada awal perkuliahan, dimana setiap kelompok berdiskusi untuk merancang sebuah sistem kontrol yang akan di kembangkan. Rancangan sistem kontrol ini harus memuat deskripsi kontrol, *flowchart*, dan *sketch* program yang akan di jalankan. Setelah rancangan jadi mahasiswa mempresentasikan rancangannya untuk mendapatkan persetujuan dari dosen, setelah dapat persetujuan dari dosen selanjutnya mahasiswa dapat mengaplikasikan proyeknya di modul latihan.

Panduan dalam mengaplikasikan proyek mahasiswa dapat mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Mahasiswa memahmai *flowchart*
2. Mengidentifikasi komponen dan bahan yang digunakan
3. Menyusun komponen input, output dan menghubungkan ke mikrokontroler
4. Hidupkan Modul latihan
5. Membuat di *sketch*
6. Kompaiile *sketch* yang sudah di susun di arduino ide
7. Mengupload *sketch* ke arduino ide

Penelitian ini termasuk dalam prosedur R&D karena hasil penelitian berorientasi pada produk, mulai dari penentuan komponen *hardware* seperti mikrokontroler yang akan digunakan, sensor-sensor serta komponen lain yang bisa digunakan dalam mempermudah pembuatan modul latihnya. *Software* yang di gunakan merupakan *software yang open source* sehingga tidak memberatkan mahasiswa dalam penggunaannya. Tahap selanjutnya adalah pembuatan *layout* antar muka modul latihan, pembuatan layout sekaligus di uji cobakan dalam sebuah simulasi *protheus*. Sensor dan mikrokontroler di rangkai dan di simulasikan sehingga dapat di ketahui keberhasilan dalam membuat rangkaian dan *sketch*

yang di *upload* ke dalam mikrokontroler. Pembuatan dan pencetakan modul latih setelah simulasi *protheous* berhasil *running*.

3. Hasil dan Pembahasan

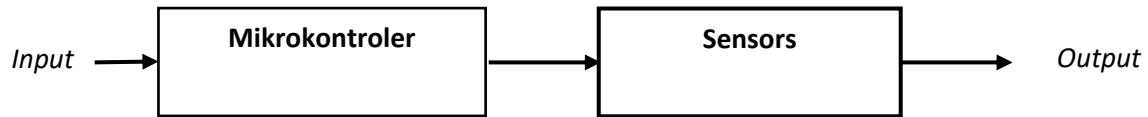
A. Analisa Peran *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* (AI) pada Sistem Kontrol Otomatis

Kemajuan teknologi di dunia digital telah membuat manusia melampaui batas proses berpikir dan mencoba menggabungkan antara otak normal dengan otak buatan untuk dapat membuat mesin yang cerdas. *Artificial Intelligence* (AI) berada di bawah domain ilmu komputer yang mampu membedakan lingkungannya dan harus berkembang untuk memaksimalkan tingkat keberhasilan. Istilah *Internet of Things* (IoT) merujuk pada komunikasi “*thing to thing*” dengan target utamanya adalah komunikasi, otomatisasi dan penghematan biaya dalam sistem [25]. Tujuan utama integrasi *Internet of Things* (IoT) adalah berbagi informasi yang memungkinkan lingkungan cerdas dapat mengidentifikasi objek lalu mengambil informasi. Perangkat yang tertanam memainkan peran penting dalam *Internet of Things* (IoT) terutama yang terhubung dengan sensor cerdas untuk pengumpulan informasi. Perangkat yang tertanam akan berinteraksi dengan lingkungan fisik dengan node sensor. Saat ini, *platform Internet of Things* (IoT) menyediakan layanan kontrol dan pemantauan tingkat lanjut untuk peralatan guna meningkatkan efisiensi kerjanya. *Internet of Things* (IoT) dirancang berdasarkan pengintegrasian berbagai standar dan memungkinkan teknologi dengan pengindraan, kemampuan komputasi, penghubung, dan kapasitas penyimpanan yang berbeda. Di sini, di *Internet of Things* (IoT), standar integrasi pada perangkat yang digunakan menghadirkan tantangan tingkat tinggi sekaligus menghubungkan segalanya secara autentik [26]. Domain *Internet of Things* (IoT) memanfaatkan dukungan *artificial intelligence* untuk membuat kemajuan analitis dan mendalam dari peralatan cerdas yang terorganisir dengan baik.

Pada sistem kontrol otomatis, melalui kecerdasan sensor yang cerdas dapat menangkap informasi yang akan digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Peran *Internet of Things* (IoT) dalam sistem kontrol otomatis ini terletak pada penggunaan *smartphone* dan jaringan internet untuk melakukan pemantauan secara lebih fleksibel dari segi waktu dan tempat karena dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja. Sedangkan *Artificial Intelligence* (AI) memegang peran pada pemrosesan informasi dan pengambilan keputusan yang dilakukan secara otomatis dan cepat.

B. Diagram Blok Sistem Kontrol Otomatis

Modul latihan dirancang untuk mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam pembelajaran tentang mekatronika, robotika, dan kecerdasan buatan. Media latihan ini dilengkapi dengan mikrokontroler dan sensor seperti terlihat pada Gambar 2.



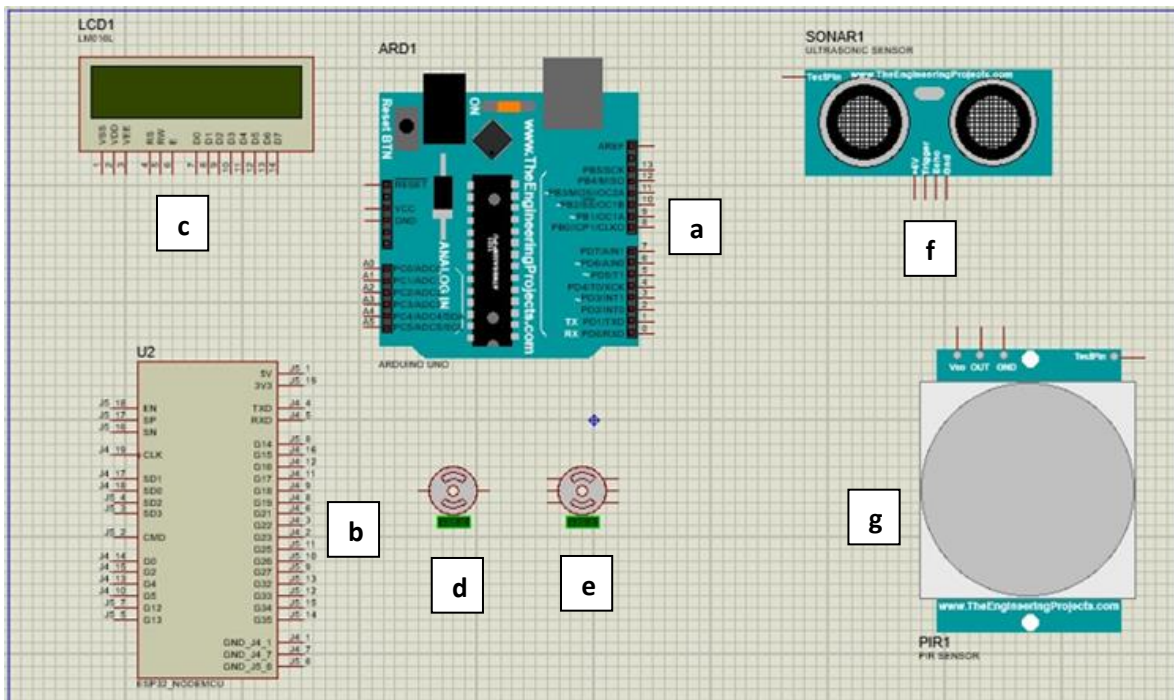
Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kontrol Otomatis

Modul ini terdiri dari *hardware* dan *software*, *software* menggunakan aplikasi Arduino ide yang bisa di unduh di <https://www.arduino.cc/en/software> untuk membuat instruksi. *Hardware* terdiri dari (1) *mikrokontroler* yang merupakan pemroses, (2) *input-an* terdiri dari sensor-sensor, (3) *output* yang menerjemahkan hasil proses dari mikrokontroler.

C. Komponen Perangkat

1. Komponen Keras

Setelah selesai mendesain antarmuka modul latihan sistem kontrol, di lanjutkan mengidentifikasi komponen dan bahan yang di perlukan. Merujuk dari rancangan desain antarmuka komponen dan bahan dapat digambarkan pada Gambar 3 dan ditabulasikan dalam Tabel 1. Modul latihan ini di rancang untuk pembelajaran sistem kontrol yang praktis, tetapi dapat menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada di lapangan, baik sekala industri maupun skala rumahan.



Gambar 3. Antarmuka Modul Latih Sistem Kontrol Otomatis

Tabel 1. Komponen Keras Modul Latih Sistem Kontrol Otomatis

Abjad	Komponen
a	Arduino Uno
b	ESP 32 Modemcu
c	LCD
d dan e	Motor Steper
f	Ultrasonic Sensor
g	PIR Sensor

2. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk merancang Modul Latih Sistem Kontrol Otomatis ditabulasikan pada Tabel 2.

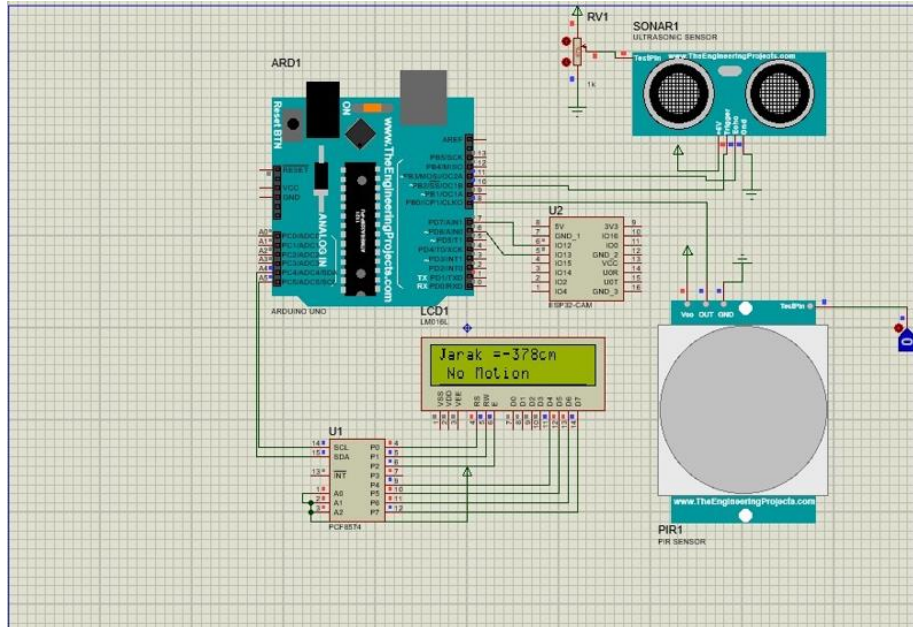
Tabel 2. Komponen Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Fungsi
Arduino Ide	Memprogram atau merancang instruksi pada mikrokontroller
Sistem Android	Untuk menjalankan sistem kontrol otomatis melalui aplikasi

Bahasa Pemrograman	Untuk memproses penerjemahan dari mikrokontroler
--------------------	--

D. Wiring Diagram Sensor PIR

Gambar 4 adalah gambar wiring diagram sensor PIR



Gambar 4. Wiring Diagram Sensor PIR

Sketch program untuk sensor PIR dapat dilihat di bawah ini :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define PIR 2
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

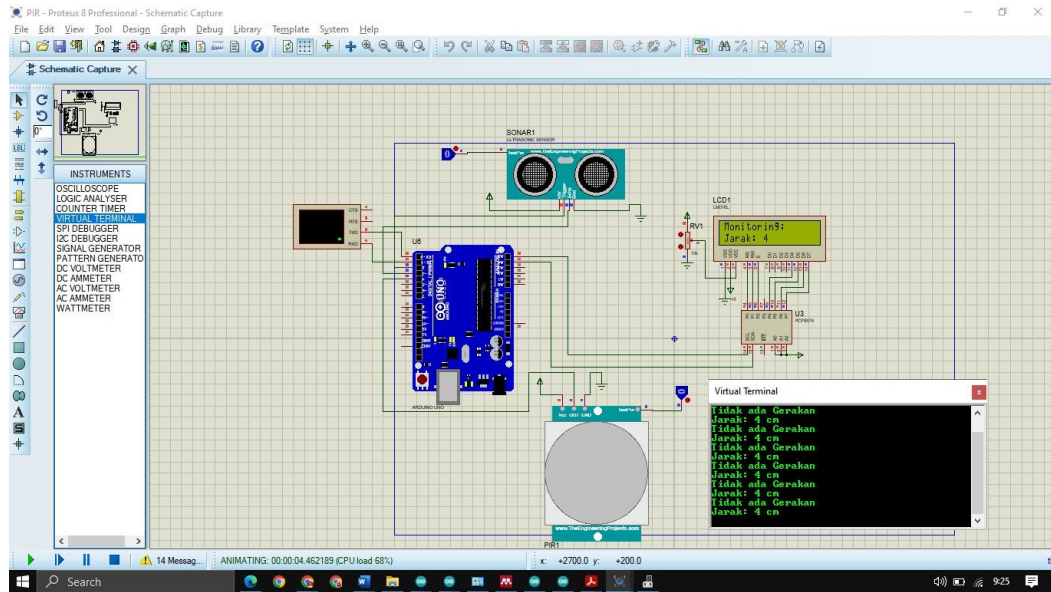
void setup() {
  pinMode(PIR,INPUT);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.print("Modul Latih");
  delay(2000);
  lcd.clear();
```

```
}  
  
void loop() {  
  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Sensor PIR :");  
  if(digitalRead(PIR)==HIGH){  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Motion");  
  } else {  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("No Motion");  
  }  
}
```

E. Pengujian

Langkah pertama sebelum pengujian modul latih sistem kontrol otomatis adalah menghubungkan wifi ESP ke arduino uno. Kemudian masuk ke menu arduino uno dengan membuka *sketch coding* yang sudah dibuat, yaitu *sketch library master* dan *sketch* wifi ESPnya. Apabila modul sudah terinstal, maka *upload sketch*-nya dan lakukan pengecekan bahwa modul arduino uno sudah tersambung dengan wifi ESP. Modul arduino uno yang sudah tersambung dengan modul wifi ESP akan menginformasikan terkait SSID, IP *Adress*, hingga kekuatan sinyalnya. Setelah arduino uno terhubung dengan modul wifi ESP, maka modul latih siap untuk dilakukan pengujian. Pengujian modul latih sistem kontrol otomatis dilakukan melalui simulasi pada *software* Proteus. *Software* Proteus dapat digunakan untuk melakukan simulasi dan perancangan desain board yang menjadi pusat rangkaian elektronik pada suatu alat. Teknik simulasi dalam pengujian modul latih sistem kontrol otomatis dimaksudkan untuk menggambarkan proses kerja antar komponen yang dirancang saling terhubung hingga dapat menghasilkan *output* Dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan.



Gambar 5. Hasil Simulasi Pengujian Modul Latih Sistem Kontrol Otomatis

Berdasarkan Gambar 5. Pengujian dilakukan pada jarak 4 cm dan diketahui bahwa hasil dari virtual terminal menunjukkan pada jarak 4 cm tidak dideteksi adanya pergerakan. Hal ini menunjukkan bahwa modul latihan sistem kontrol otomatis dapat bekerja dengan optimal pada jarak dekat. Pada sistem kontrol otomatis, hasil virtual terminal diperoleh melalui kecerdasan sensor jarak cerdas yang menangkap informasi berupa pergerakan guna mendukung proses pengambilan keputusan, misalnya pada sistem kontrol CCTV dapat mendeteksi adanya pergerakan berdasarkan informasi yang ditangkap oleh sensor yang ada. Jadi dapat disimpulkan bahwa modul latihan sistem kontrol otomatis yang dirancang dapat digunakan dalam pembuatan alat kontrol otomatis yang memanfaatkan konsep *Internet of Things* dan *artificial intelligence*.

4 Kesimpulan

Perancangan modul latihan sistem kontrol otomatis dimaksudkan untuk menunjang pemahaman logika kontrol dalam mata kuliah mekatronika, robotika, dan kecerdasan buatan. Modul latihan sistem kontrol otomatis ini dimulai dari proses input hingga menghasilkan output yang diinginkan dari penerjemahan mikrokontroler. Mikrokontroler akan menangkap sinyal dari sensor yang kemudian diterjemahkan menggunakan bahasa pemrograman Arduino Uno. Modul latihan sistem kontrol otomatis ini memanfaatkan layanan *Internet of Things* (IoT) pada sistem pengoperasiannya karena dapat dilakukan dimana saja melalui perangkat handphone yang terhubung dengan jaringan internet. Sedangkan penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dimaksudkan digunakan dalam proses

pengambilan keputusan atas respon dari sensor yang diterjemahkan dalam mikrokontroler secara otomatis. Pengujian modul latihan sistem kontrol otomatis dilakukan dengan simulasi pada software Proteus dan hasilnya menunjukkan bahwa modul latihan sistem kontrol otomatis yang dirancang dapat bekerja dengan optimal pada jarak dekat untuk mendeteksi atau pergerakan. Modul latihan ini bisa dikembangkan dengan mengganti mikrokontroler dengan *Raspberry Pi* yang mempunyai kemampuan pembacaan yang lebih cepat dan penyimpanan yang lebih bagus. Ketersediaan modul pelatihan ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan logika dasar mata kuliah robotika dan mekatronika di Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ghosh, D. Chakraborty, and A. Law, "Artificial intelligence in Internet of things," *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, vol. 3, no. 4. Institution of Engineering and Technology, pp. 208–218, Dec. 01, 2018. doi: 10.1049/trit.2018.1008.
- O. Taiwo and A. E. Ezugwu, "Internet of Things-Based Intelligent Smart Home Control System," *Security and Communication Networks*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9928254.
- A. Chatterjee, "Artificial Intelligence based IoT Automation: Controlling devices with Google and Facebook," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2018, [Online]. Available: www.irjet.net
- S. Plaga, N. Wiedermann, S. D. Anton, S. Tatschner, H. Schotten, and T. Newe, "Securing future decentralised industrial IoT infrastructures: Challenges and free open source solutions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 93, pp. 596–608, 2019, doi: 10.1016/j.future.2018.11.008.
- H. Yan, L. Jun, P. Z. Bo, X. Yue, and H. Su, "Mixed time-triggered and event-triggered industrial controller in IoT environment," *J Ind Inf Integr*, vol. 11, pp. 11–18, 2018, doi: 10.1016/j.jii.2017.06.004.
- M. Thibaud, H. Chi, W. Zhou, and S. Piramuthu, "Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review," *Decis Support Syst*, vol. 108, pp. 79–95, 2018, doi: 10.1016/j.dss.2018.02.005.
- J. M. Talavera *et al.*, "Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields," *Comput Electron Agric*, vol. 142, no. 118, pp. 283–297, 2017, doi: 10.1016/j.compag.2017.09.015.

- S. Mubeen, P. Nikolaidis, A. DIdic, H. Pei-Breivold, K. Sandstrom, and M. Behnam, "Delay Mitigation in Offloaded Cloud Controllers in Industrial IoT," *IEEE Access*, vol. 5. pp. 4418–4430, 2017. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2682499.
- H. Khaleel *et al.*, "Heterogeneous applications, tools, and methodologies in the car manufacturing industry through an IoT approach," *IEEE Syst J*, vol. 11, no. 3, pp. 1412–1423, 2017, doi: 10.1109/JSYST.2015.2469681.
- X. Yue, L. Chang, and L. Yu, "Application research of artificial intelligence technology in electric automation control," in *Proceedings - 2020 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering, ICMCCE 2020*, Harbin, China, 2020, pp. 1346–1349. doi: 10.1109/ICMCCE51767.2020.00295.
- R. Trifonov, S. Manolov, R. Yoshinov, G. Tsochev, and G. Pavlova, "Applying the Experience of Artificial Intelligence Methods for Information Systems Cyber Protection at Industrial Control Systems," in *Proceedings - 25th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, CSCC 2021*, Greece: Crete Island, 2021, pp. 21–25. doi: 10.1109/CSCC53858.2021.00012.
- G. E. Sun and J. G. Sun, "Artificial Intelligence-Based Optimal Control Method for Energy Saving in Food Supply Chain Logistics Transportation," in *2020 IEEE International Conference on Industrial Application of Artificial Intelligence, IAAI 2020*, Harbin, China, 2020, pp. 33–38. doi: 10.1109/IAAI51705.2020.9332849.
- D. S. Battina, "Application Research of Artificial Intelligence in Electrical Automation Control," *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, vol. 3, no. 4, pp. 784–787, 2015, [Online]. Available: www.ijcrt.org
- E. Balamurugan, L. R. Flaih, D. Yuvaraj, K. Sangeetha, A. Jayanthiladevi, and T. S. Kumar, "Use Case of Artificial Intelligence in Machine Learning Manufacturing 4.0," in *Proceedings of 2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy, ICCIKE 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2019, pp. 656–659. doi: 10.1109/ICCIKE47802.2019.9004327.
- T. Kikuchi, T. Kenjo, and S. Fukuda, "Developing an educational simulation program for the PM stepping motor," *IEEE Transactions on Education*, vol. 45, no. 1, pp. 70–78, 2002, doi: 10.1109/13.983224.
- S. Ie, H. Itou, R. Iwano, H. Itou, and S. Matsui, "Development of a simulation tool for pumping systems with separate simulators for piping and control subsystems," in

- IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, Denver, CO, USA, 2001, pp. 182–187. doi: 10.1109/iecon.2001.976476.
- J. S. Collofello, “University/industry collaboration in developing a simulation-based software project management training course,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 43, no. 4, pp. 389–393, 2000, doi: 10.1109/13.883347.
- N. Sukanuma, M. Tomita, and K. Hirano, “A compact simulation engine with flexible logic model expansion,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems Engineering*, Kobe, Japan, 1992, pp. 416–419. doi: 10.1109/ICSYSE.1992.236870.
- J. W. Jeon, “Designing and implementing personal microcomputer,” *IEEE Trans. on Education*, vol. 43, no. 4, pp. 426 – 433, 2000.
- A. G. Abdullah, D. L. Hakim, M. A. Auliya, and M. A. Fahrurizal, “Preliminary Design of Industrial Automation Training Kit Based Real Mobile Plant,” in *International Conference on Advances in Education Technology (ICAET 2014)*, Indonesia University of Education, 2014, pp. 133–135.
- A. Leva, “A hands-on experimental laboratory for undergraduate courses in automatic control,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 46, no. 2, pp. 263–272, 2003, doi: 10.1109/TE.2002.808223.
- A. Porebska and A. Wantuch, “The role of computer-supported tools in the education of future engineers. the case of electrical engineering laboratory,” in *Proceedings - 2015 8th International Conference on Human System Interaction, HSI 2015*, Warsaw, Poland, 2015, pp. 135–140. doi: 10.1109/HSI.2015.7170656.
- T. Ueno and K. Sorao, “Improvement of accuracy for gauge and elongation control by dynamic process control simulator,” in *Nippon Steel Technical Report*, Taipei, Taiwan, 2004, pp. 57–62. doi: 10.1109/cca.2004.1387482.
- W. Schaufelberger, “Design and Implementation of Software for Control Education,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 33, no. 3, pp. 291–297, 1990, doi: 10.1109/13.57075.
- K. Jha, A. Doshi, P. Patel, and M. Shah, “A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence,” *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 2. KeAi Communications Co., pp. 1–12, Jun. 01, 2019. doi: 10.1016/j.aiia.2019.05.004.
- B. Chander, S. Pal, D. De, and R. Buyya, “Artificial Intelligence-based Internet of Things for Industry 5.0,” *Artificial intelligence-based internet of things systems*, pp. 3–45, 2022.