



Rancang Bangun Sistem Keamanan Otomatis pada Mesin Pemotong Kayu Berbasis Arduino Uno, Sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*), dan Motor Servo

Muhammad Fikri Mubarak^{1*}, Nadira Alfiyantika², Nada Candika³,
Desman Jonto Sinaga⁴, Arwadi Sinuraya⁵

¹⁻⁵ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email: muhammadfikry2244@gmail.com^{1*}, nadiravntka99@gmail.com², nadacandi52@gmail.com³

*Penulis korespondensi: muhammadfikry2244@gmail.com

Abstract. *This study discusses the design and development of an automatic safety system for a wood cutting machine using Arduino Uno, a PIR (Passive Infrared) sensor, and a servo motor as the main components. The system is designed to automatically stop the movement of the wood cutting machine when human motion is detected around the cutting area, thereby minimizing the risk of work-related accidents. The research method includes hardware design, microcontroller programming, and system response testing using two types of test objects: the human body and a wooden block. The results show that the system operates according to the programmed logic. When the PIR sensor detects human motion, the servo motor stops and the red LED lights up as a danger indicator. In contrast, when no human motion is detected, the servo motor continues to move normally and the green LED remains on as a safe indicator. The system's average response time is 0.6 seconds, indicating a fast and accurate performance. Therefore, the designed system is considered effective and can serve as a prototype of a simple safety tool to enhance operator safety in wood cutting machines.*

Keywords: *Arduino Uno; Automatic Safety System; PIR Sensor; Servo Motor; Wood Cutting Machine.*

Abstrak. Penelitian ini membahas rancang bangun sistem keamanan otomatis pada mesin pemotong kayu menggunakan Arduino Uno, sensor PIR (Passive Infrared Sensor), dan motor servo sebagai komponen utama. Sistem ini dirancang untuk menghentikan pergerakan mesin pemotong kayu secara otomatis apabila terdeteksi adanya gerakan manusia di sekitar area pisau pemotong, sehingga dapat meminimalkan potensi kecelakaan kerja. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian respon sistem terhadap dua jenis objek uji, yaitu tubuh manusia dan batang kayu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan logika yang diprogram. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan manusia, motor servo berhenti dan LED merah menyala sebagai indikator bahaya, sedangkan saat tidak ada gerakan manusia, motor servo tetap bergerak normal dan LED hijau menyala sebagai indikator aman. Waktu respon sistem rata-rata sebesar 0,6 detik, yang menunjukkan kinerja cepat dan akurat. Berdasarkan hasil ini, sistem yang dirancang dinilai efektif dan dapat dijadikan prototipe alat keselamatan kerja sederhana untuk meningkatkan keamanan operator mesin pemotong kayu.

Kata Kunci: Arduino Uno; Mesin Pemotong Kayu; Motor Servo; Sensor PIR; Sistem Keamanan Otomatis.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern telah membawa dampak besar terhadap kehidupan manusia, terutama dalam bidang industri dan keselamatan kerja. Seiring meningkatnya kebutuhan produksi dan efisiensi, penggunaan mesin otomatis semakin meluas dalam berbagai bidang industri, termasuk pada sektor pertukangan kayu. Tetapi, kemajuan teknologi tersebut juga menimbulkan tantangan baru, khususnya dalam hal keselamatan kerja (K3). Mesin pemotong kayu merupakan salah satu alat industri yang memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja cukup tinggi, karena melibatkan pisau pemotong berkecepatan tinggi yang dapat menyebabkan luka serius jika terjadi kesalahan operasi atau kelalaian manusia.

Berdasarkan data dari International Labour Organization (ILO), lebih dari 2,3 juta pekerja di dunia meninggal setiap tahun akibat kecelakaan kerja, sedangkan ratusan juta lainnya mengalami cedera dan kehilangan waktu kerja akibat kurangnya penerapan sistem pengamanan kerja (International Labour Organization, 2019).

Kecelakaan kerja pada penggunaan mesin pemotong kayu umumnya disebabkan oleh kurangnya perhatian terhadap faktor keselamatan dan tidak tersedianya sistem pengaman otomatis yang dapat mendeteksi keberadaan manusia di area berbahaya. Beberapa kasus menunjukkan bahwa operator sering kali terlambat mematikan mesin saat terjadi situasi berisiko, sehingga mengakibatkan cedera fisik pada tangan dan anggota tubuh lainnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sulistari (2022), penerapan sistem otomatis berbasis sensor gerak seperti Passive Infrared (PIR) sensor dapat secara signifikan menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja, karena sistem mampu mendeteksi gerakan manusia dan memberikan respon cepat melalui sinyal otomatis ke pengendali. Oleh karena itu, pengembangan sistem keamanan otomatis yang terintegrasi dengan sensor gerak menjadi salah satu solusi efektif untuk meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan industri.

Kemajuan teknologi mikrokontroler telah membuka peluang besar dalam penerapan sistem pengaman cerdas. Salah satu perangkat mikrokontroler yang banyak digunakan adalah Arduino Uno, karena bersifat open-source, mudah diprogram, dan kompatibel dengan berbagai jenis sensor serta aktuator. Mikrokontroler Arduino mampu membaca sinyal dari sensor PIR dan mengatur kerja aktuator, seperti motor servo, secara real-time sesuai dengan kondisi yang terdeteksi di lingkungan kerja. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adi dan Kurniawan (2024), sistem keamanan berbasis sensor PIR yang dihubungkan dengan Arduino terbukti mampu memberikan respon cepat terhadap pergerakan manusia serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem keamanan otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara Arduino Uno dan sensor PIR dapat diterapkan tidak hanya pada sistem keamanan ruangan, tetapi juga pada sistem pengaman mesin industri yang memiliki potensi bahaya tinggi.

Selain penggunaan sensor PIR dan mikrokontroler Arduino, sistem keamanan otomatis juga memerlukan aktuator sebagai perangkat penggerak untuk menghentikan atau mengontrol pergerakan mekanik. Untuk penelitian ini, motor servo digunakan untuk mensimulasikan fungsi pisau pemotong kayu, di mana pergerakannya dapat diatur oleh Arduino sesuai dengan sinyal yang diterima dari sensor PIR. Motor servo berperan sebagai aktuator yang merespons kondisi aman atau bahaya. Ketika sensor PIR tidak mendeteksi gerakan manusia, motor servo beroperasi seperti pisau pemotong yang bekerja normal. Namun, jika sensor PIR mendeteksi

adanya pergerakan manusia di area berbahaya, sistem segera mengirimkan perintah untuk menghentikan motor servo dan menyalakan indikator lampu LED merah sebagai tanda bahaya. Sebaliknya, lampu LED hijau menyala ketika sistem dalam kondisi aman. Penelitian serupa oleh Lesmana dkk. (2021) menunjukkan bahwa integrasi antara sensor PIR dan sistem aktuator dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi pergerakan manusia dan memberikan respon otomatis yang akurat untuk mencegah kecelakaan kerja.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis melakukan penelitian berjudul “Rancang Bangun Sistem Keamanan Otomatis pada Mesin Pemotong Kayu Berbasis Motor Servo, Sensor PIR (Passive Infrared Sensor), dan Arduino Uno”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem keamanan otomatis yang mampu menghentikan kerja mesin pemotong kayu secara otomatis apabila terdeteksi adanya gerakan manusia di sekitar area pemotongan. Sistem ini diharapkan dapat menjadi prototipe alat pengaman mesin pemotong kayu yang efektif dalam mengurangi potensi kecelakaan kerja, serta memberikan kontribusi terhadap peningkatan penerapan teknologi otomatisasi dalam bidang keselamatan kerja. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi edukatif bagi mahasiswa dan masyarakat umum dalam memahami penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada sistem keamanan industri.

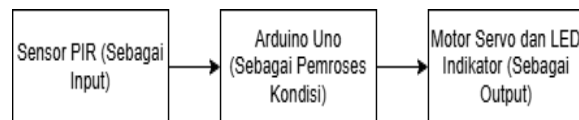
Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat tidak hanya dalam aspek teknis, tetapi juga dalam aspek sosial dan edukatif. Secara teknis, sistem ini dapat membantu menciptakan alat pengaman yang lebih cerdas dan efisien, sementara secara sosial dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penerapan sistem keamanan kerja berbasis teknologi. Penelitian oleh Tarus (2017) menunjukkan bahwa sistem keamanan berbasis sensor PIR dan mikrokontroler mampu memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan keselamatan kerja dan keamanan lingkungan industri. Dengan adanya rancang bangun sistem ini, diharapkan kecelakaan akibat kelalaian manusia saat menggunakan mesin pemotong kayu dapat diminimalkan secara signifikan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (design and implementation) dengan pendekatan eksperimen laboratorium, di mana sistem keamanan otomatis dirancang, dibuat, dan diuji untuk mengetahui kinerja alat dalam mensimulasikan mekanisme penghentian otomatis pada mesin pemotong kayu. Tahapan utama dalam penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras (hardware), pembuatan perangkat lunak (software), perakitan alat, serta pengujian dan analisis sistem. Tujuan utama dari metode ini

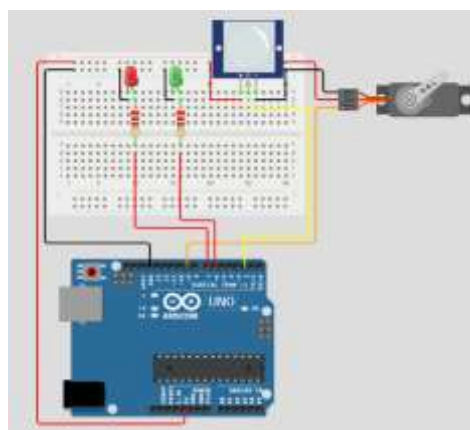
adalah untuk mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan aktuator dalam satu sistem kendali otomatis yang dapat mendeteksi keberadaan manusia dan memberikan respon cepat terhadap potensi bahaya.

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Arduino Uno, sensor PIR (Passive Infrared Sensor), motor servo, LED indikator merah dan hijau, resistor 220 ohm, breadboard, serta sumber daya 5V DC. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur seluruh proses kerja sistem, mulai dari membaca sinyal masukan dari sensor PIR hingga mengendalikan aktuator motor servo dan indikator LED. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi gerakan manusia berdasarkan perubahan pancaran radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia. Ketika sensor mendeteksi adanya pergerakan di sekitar area kerja, sensor mengeluarkan sinyal logika HIGH yang kemudian diteruskan ke pin digital Arduino.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem.

Motor servo digunakan sebagai aktuator, yang berperan untuk mensimulasikan pisau pemotong kayu. Motor ini bergerak secara terus-menerus selama kondisi aman, dan akan berhenti secara otomatis ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan manusia di sekitar area pemotongan. Dua buah LED digunakan sebagai indikator visual, di mana LED hijau menyala saat sistem dalam kondisi aman dan LED merah menyala saat terdeteksi bahaya.

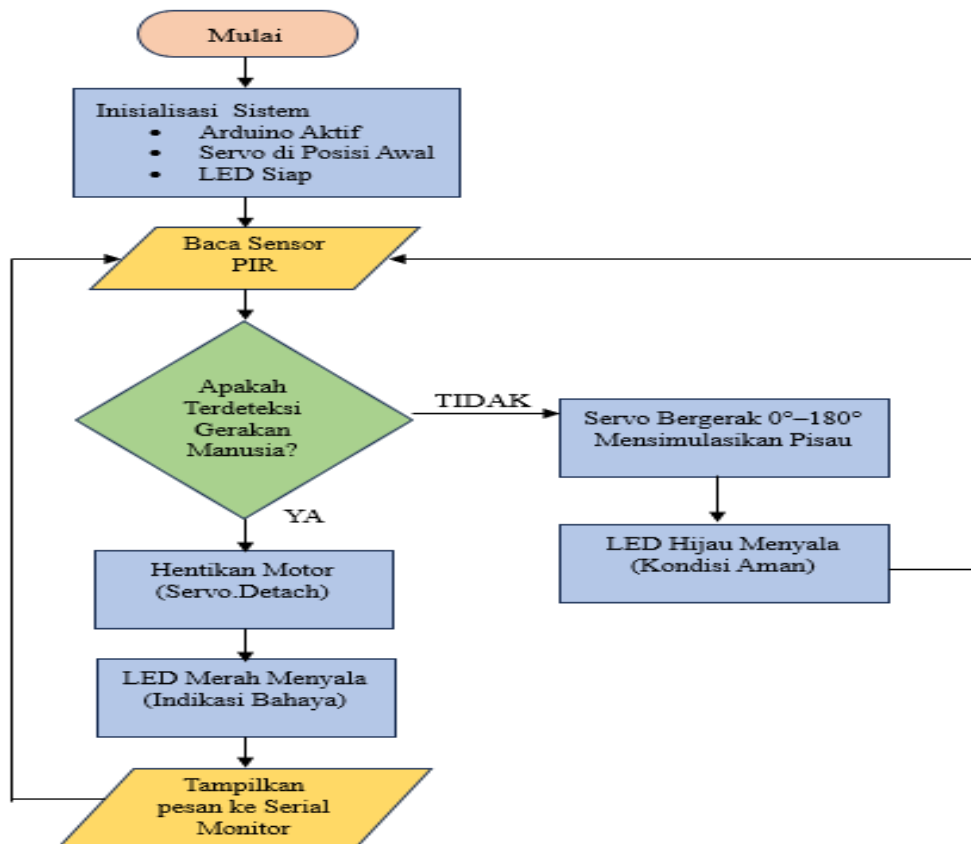


Gambar 2. Wiring Diagram Rangkaian Sistem.

Sistem ini dirancang berdasarkan tiga komponen utama, yaitu bagian input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari sensor PIR yang bertugas mendeteksi keberadaan manusia. Bagian proses menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang mengolah sinyal

dari sensor dan menentukan respon sistem. Sedangkan bagian output terdiri atas motor servo dan LED indikator yang menampilkan kondisi kerja alat. Blok diagram sistem menggambarkan hubungan antar komponen secara sederhana, di mana sinyal dari sensor PIR masuk ke Arduino untuk diproses, dan hasilnya dikirimkan ke motor servo serta LED untuk menampilkan status sistem. Dengan demikian, sistem mampu bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual dari pengguna (Sulistari, 2022).

Pada tahap perancangan perangkat lunak, sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program dibuat untuk mengatur logika kerja sistem berdasarkan kondisi sinyal dari sensor PIR. Jika sensor PIR tidak mendeteksi adanya gerakan manusia, maka motor servo bergerak secara berulang dari sudut 0° hingga 180° dan LED hijau menyala menandakan kondisi aman. Sebaliknya, jika sensor PIR mendeteksi gerakan manusia, maka Arduino akan segera menghentikan gerakan motor servo dengan perintah `detach()` dan menyalakan LED merah sebagai tanda bahaya. Logika ini dirancang agar sistem dapat merespons bahaya dengan cepat untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja (Adi & Kurniawan, 2024).



Gambar 3. Flowchart Sistem Keamanan Mesin Pemotong Kayu).

Berikut adalah kode program Arduino IDE utama yang digunakan dalam sistem ini:

```
#include <Servo.h> // Library untuk motor servo

Servo motorServo;

// Definisi pin
const int pirPin = 2; // Pin sensor PIR
const int ledHijau = 6; // LED hijau
const int ledMerah = 7; // LED merah

int gerakan = 0; // Variabel untuk menyimpan status deteksi PIR

void setup() {
  pinMode(pirPin, INPUT);
  pinMode(ledHijau, OUTPUT);
  pinMode(ledMerah, OUTPUT);

  motorServo.attach(9); // Servo di pin 9
  motorServo.write(0); // Posisi awal servo

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sistem Keamanan Mesin Pemotong Kayu Aktif");
}

void loop() {
  gerakan = digitalRead(pirPin); // Baca data dari sensor PIR

  if (gerakan == HIGH) {
    // Jika PIR mendeteksi gerakan manusia
    digitalWrite(ledHijau, LOW);
    digitalWrite(ledMerah, HIGH);
    motorServo.detach(); // Lepas kontrol servo agar berhenti
  }
}
```

```

Serial.println(" ⚠️ GERAKAN TERDETEKSI! Mesin berhenti untuk keamanan!");
} else {
// Jika tidak ada gerakan manusia
digitalWrite(ledHijau, HIGH);
digitalWrite(ledMerah, LOW);

// Servo bergerak maju mundur sebagai simulasi pisau berputar
motorServo.attach(9);
for (int pos = 0; pos <= 180; pos += 5) {
  motorServo.write(pos);
  delay(15);
}
for (int pos = 180; pos >= 0; pos -= 5) {
  motorServo.write(pos);
  delay(15);
}
Serial.println("✅ Aman - Mesin bekerja normal");}}

```

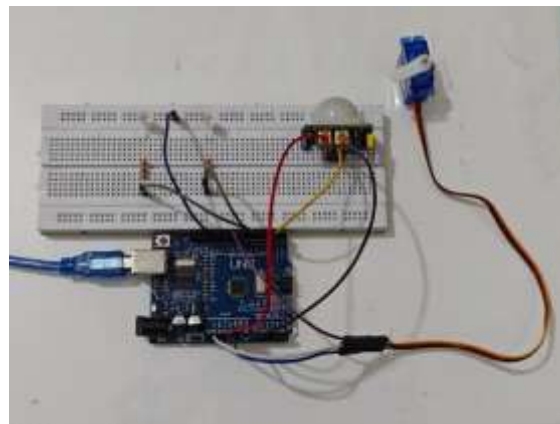
Program di atas digunakan untuk mengatur logika pengendalian motor servo dan indikator LED berdasarkan sinyal input dari sensor PIR. Fungsi detach() pada servo digunakan untuk menghentikan motor secara mendadak saat terdeteksi gerakan manusia, sedangkan fungsi attach() mengaktifkan kembali servo ketika kondisi kembali aman. Dengan cara ini, sistem dapat mensimulasikan mekanisme penghentian otomatis yang terjadi pada mesin pemotong kayu di dunia nyata. Tahap berikutnya adalah pengujian sistem. Pengujian dilakukan di secara langsung dengan dua kondisi: (1) saat ada gerakan bagian tubuh manusia di sekitar sensor, dan (2) saat ada gerakan dari batang kayu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem keamanan otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dirancang untuk mensimulasikan mesin pemotong kayu. Sistem ini terdiri dari sensor PIR (Passive Infrared Sensor) sebagai pendeteksi keberadaan manusia, motor servo sebagai aktuator yang mensimulasikan pisau pemotong kayu, serta dua buah LED yaitu LED hijau sebagai indikator kondisi aman dan LED merah sebagai indikator

kondisi bahaya. Tujuan utama dari sistem ini adalah menciptakan keamanan kerja dengan menghentikan mesin pemotong kayu secara otomatis apabila terdeteksi adanya gerakan manusia di sekitar area berbahaya, sehingga potensi kecelakaan dapat diminimalkan.

Sistem bekerja dengan prinsip deteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia. Saat tidak ada gerakan manusia di sekitar area sensor, PIR menghasilkan logika LOW, yang menandakan kondisi aman. Dalam keadaan ini, LED hijau menyala, motor servo bergerak bolak-balik dari 0° hingga 180° sebagai simulasi pisau pemotong kayu yang beroperasi normal, dan LED merah padam. Namun, apabila ada manusia yang bergerak di sekitar area sensor, PIR akan menghasilkan logika HIGH. Arduino kemudian mengeksekusi perintah `motorServo.detach()` untuk menghentikan motor servo, mematikan LED hijau, menyalakan LED merah, dan menampilkan pesan “ ⚠ Gerakan terdeteksi! Mesin berhenti untuk keamanan!” pada Serial Monitor.



Gambar 4. Prototipe Sistem Keamanan Mesin Pemotong Kayu Berbasis Arduino Uno.

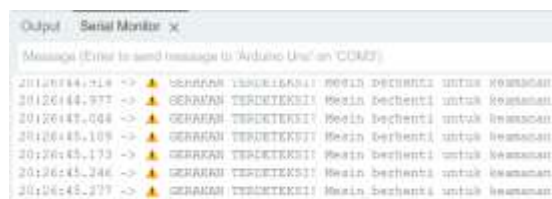
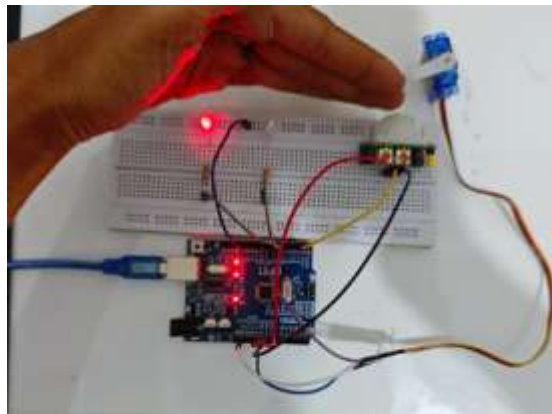
Untuk memastikan sistem bekerja sesuai rancangan, dilakukan pengujian terhadap dua jenis objek yaitu tubuh manusia dan batang kayu. Pengujian dilakukan dengan menempatkan kedua objek di sekitar area kerja pisau pemotong kayu (motor servo) untuk melihat respon sistem terhadap masing-masing objek.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem terhadap Objek Uji di Sekitar Pisau Pemotong Kayu.

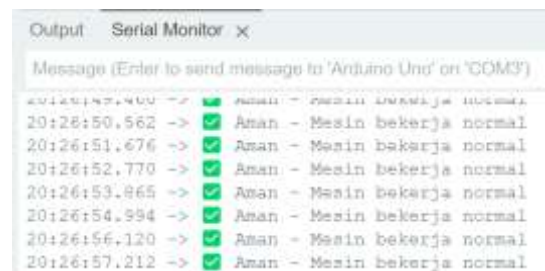
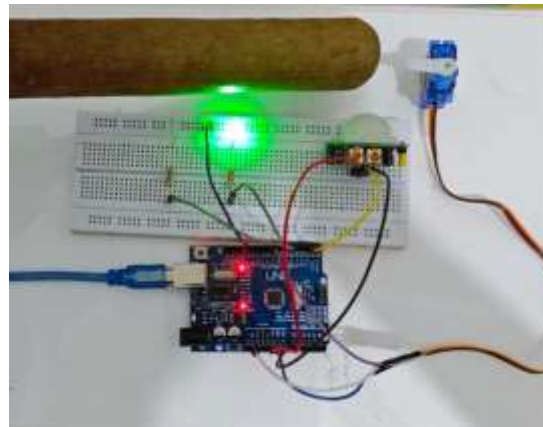
No.	Objek Uji	Status Sensor PIR	Kondisi Motor Servo	Kondisi LED Hijau	Kondisi LED Merah	Status Serial Monitor	Waktu Respon (detik)
1	Tubuh manusia	HIGH	Motor berhenti (detach)	OFF	ON	Gerakan terdeteksi! Mesin berhenti untuk keamanan!	0,6
2	Batang kayu	LOW	Motor bergerak bolak-balik (0°–180°)	ON	OFF	Aman – Mesin bekerja normal	–

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa sistem memberikan respon yang berbeda terhadap kedua jenis objek. Ketika objek uji berupa tubuh manusia, sensor PIR memberikan sinyal logika HIGH, menandakan adanya deteksi gerakan. Arduino segera memerintahkan motor servo untuk berhenti dengan perintah `motorServo.detach()`, LED hijau padam, dan LED merah menyala sebagai tanda bahaya. Selain itu, muncul pesan pada Serial Monitor yang menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi keberadaan manusia dan menghentikan mesin pemotong kayu secara otomatis.

Sementara itu, pada pengujian dengan batang kayu, sistem tidak memberikan respon karena kayu tidak memancarkan radiasi panas seperti tubuh manusia. Oleh karena itu, output sensor PIR tetap LOW, motor servo tetap bergerak bolak-balik seperti biasa, LED hijau menyala, dan LED merah padam. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan antara objek hidup dan benda mati, serta tidak mengalami kesalahan deteksi (false trigger).



Gambar 5. Hasil uji Sistem Dan Tampilan Serial Monitor Pada Arduino IDE Ketika Bagian Tubuh Manusia Berada Di Sekitar Sensor.



Gambar 6. Hasil uji Sistem Dan Tampilan Serial Monitor Pada Arduino IDE Saat Ketika Batang Kayu Berada Di Sekitar Sensor.

Hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah berfungsi sesuai dengan logika yang diprogram. Ketika tidak ada gerakan manusia di sekitar sensor, sistem tetap dalam kondisi aman dan motor servo bekerja normal, sedangkan ketika terdeteksi gerakan manusia, sistem segera menghentikan motor servo untuk mencegah terjadinya potensi kecelakaan. Waktu respon sebesar 0,6 detik menunjukkan bahwa sistem mampu bereaksi dengan cepat terhadap deteksi manusia, yang dipengaruhi oleh waktu internal sensor PIR dalam menstabilkan sinyal.

Hasil akhir dari sistem keamanan otomatis berbasis Arduino Uno, sensor PIR, dan motor servo ini telah bekerja dengan baik dan efektif. Sistem mampu mendeteksi keberadaan manusia di sekitar area bahaya dan menghentikan pergerakan motor secara otomatis, memberikan indikator visual yang jelas melalui LED, serta menampilkan notifikasi keamanan melalui Serial Monitor. Jadi, sistem ini berpotensi diterapkan sebagai prototipe alat keselamatan kerja pada mesin pemotong kayu yang dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan di lingkungan bengkel atau industri.

PENUTUP

Berdasarkan dari hasil perancangan, pengujian, dan analisis sistem yang telah dilakukan, dapat di tarik suatu kesimpulan bahwa sistem keamanan otomatis pada mesin pemotong kayu berbasis Arduino Uno, sensor PIR (Passive Infrared Sensor), dan motor servo berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Sistem ini mampu mendeteksi keberadaan manusia di sekitar area pisau pemotong kayu dengan baik serta memberikan respon cepat dalam menghentikan kinerja motor servo untuk mencegah potensi kecelakaan kerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat sensor PIR mendeteksi gerakan tubuh manusia, sistem secara otomatis menghentikan pergerakan motor servo, menyalakan LED merah sebagai indikator bahaya, dan menampilkan pesan peringatan pada Serial Monitor. Sebaliknya jika, ketika tidak ada gerakan manusia atau saat objek uji berupa batang kayu, sistem tetap bekerja normal dengan motor servo bergerak bolak-balik dan LED hijau menyala sebagai tanda kondisi aman. Waktu respon sistem terhadap deteksi manusia tercatat sekitar 0,6 detik, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan reaksi cepat terhadap perubahan lingkungan. Untuk hasil penelitian ini, didapatkan bahwa sistem keamanan otomatis yang dirancang efektif, responsif, dan akurat dalam membedakan objek hidup dengan benda mati, serta dapat berfungsi sebagai prototipe alat keselamatan kerja untuk mesin pemotong kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. W., & Kurniawan, F. (2024). Implementasi keamanan ruangan berbasis IoT dengan sensor PIR, Telegram, dan peringatan suara. *Jurnal JACOST*, 7(2). <https://journal.isas.or.id/index.php/JACOST/article/view/860>
- Arduino-based automatic greeting with PIR sensors. (2023). *Jurnal E-Komtek*. <https://jurnal.politeknik-kebumen.ac.id/E-KOMTEK/article/download/1762/846>
- Automatic light control system for bathroom using Arduino Uno. (2024). *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 2(3), 229–244. <https://edutech-journals.org/index.php/jhytel/article/view/134>
- Automatic toilet tool based on Arduino Uno and sensor passive infrared receiver (PIR). (2022). *Journal of Electronics, Telecommunication, Electrical, and Physics Sciences (ETAPs)*, 1(2). <https://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/jteprima/article/download/5131/3197/20323>
- Bolton, W. (2021). *Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering* (7th ed.). Pearson Education.

- Design and construction of an IoT-based automatic wood cutting calculation system on a table saw. (2023). ResearchGate Publications. <https://www.researchgate.net/publication/396363996>
- Design and construction of pest detection and repellent device based on Arduino Uno using PIR (Passive Infrared Receiver) sensor. (2024). Journal of Computer Science Advancements, 2(5), 285–296. <https://journal.ypidathu.or.id/index.php/jcsa/article/download/1326/957>
- Design, fabrication and performance test of Arduino-based automatic cutting device. (2024). Akademia Baru Proceedings Series on Engineering & Applied Science, 1(1), 1–9. <https://akademiabaru.com/submit/index.php/ard/article/download/6333/6260/33303>
- International Labour Organization. (2019). Safety and health at the heart of the future of work. ILO. https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_686645
- Lesmana, Y., et al. (2021). A review of motion sensors as a home security system. Media Neliti. <https://media.neliti.com/media/publications/558806-a-review-of-motion-sensors-as-a-home-sec-b91e43a8.pdf>
- Monk, S. (2017). Programming Arduino: Getting started with sketches (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Perancangan pintu otomatis menggunakan sensor PIR berbasis Arduino. (2023). Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 9(14). <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/4460>
- Sulistari, Y. (2022). Sistem keamanan ruangan menggunakan sensor PIR dengan buzzer alarm dan notifikasi email. Jurnal JUPITER, 4(1). <https://ojs.ibm.ac.id/index.php/jupiter/article/view/79>
- Tarus, Z. (2017). PIR sensor-based security system [Undergraduate thesis]. Theseus.fi. <https://www.theseus.fi/bitstream/10024/140210/1/PIR-Sensor-based-Security-System.pdf>
- Zamri, A., Yuliarman, Y., Zuhendri, Z., Menhendri, M., & Rosadi, N. A. (2024). Design and construction of automatic safety system potato stick cutting machine. IJIMCE: International Journal of Innovation in Mechanical Construction and Energy, 1(1), 21–28. <https://ijimce.ppj.unp.ac.id/index.php/ijimce/article/view/9>