

Makalah Penelitian

## ANALISIS KINERJA HELM PELINDUNG DIRI PADA PEKERJA INDUSTRI MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR UNTUK MINIMALISIR KECELAKAAN

Mhd Rizki Syahputra<sup>1</sup>, Adisastra Pengalaman Tarigan<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Sains dan teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi  
<sup>1</sup>kytelkom89@gmail.com, <sup>2</sup> adisastra@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Mhd Rizki Syahputra

### ABSTRACT

Industry is a sector that requires special attention regarding worker safety. To increase the level of safety, the use of Personal Protective Equipment (PPE) connected to sensors is an innovative smart solution. By utilizing Internet of Things technology, the PPE system can provide real-time information regarding worker conditions and the work environment. Worker helmets are equipped with LDR sensors, which function to provide warnings to workers who are not wearing helmets and send information to the field supervision center via the Telegram application. These sensors confirm the presence of workers and provide information about their activities. The LDR sensors are connected to a central monitoring system that enables real-time monitoring and rapid response to workers who are not wearing PPE helmets. This solution not only provides maximum protection against the risk of accidents, but also increases efficiency in safety management in industry. With automatic notifications and connection to a central system, this solution is a proactive step towards a safer and more efficient work environment in the industrial sector.

**Keywords** : Helm, Personal protective equipment, safety, workers, Industry, sensor LDR, Telegram

### ABSTRAK

Industri merupakan sektor yang memerlukan perhatian khusus terkait keselamatan pekerja. Untuk meningkatkan tingkat keselamatan, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang terhubung dengan sensor menjadi solusi cerdas yang inovatif. Dengan memanfaatkan teknologi Internet Of Things, sistem pada APD dapat memberikan informasi secara real-time terkait kondisi pekerja dan lingkungan kerja. Helm pekerja dilengkapi dengan sensor LDR, yang berfungsi untuk memberikan peringatan pada pekerja yang tidak memakai helm dan mengirim informasi kepada pusat pengawas lapangan melalui aplikasi Telegram. Sensor ini memastikan keberadaan pekerja dan memberikan informasi tentang aktivitasnya. Sensor LDR terhubung dengan sistem pemantauan sentral yang memungkinkan pengawasan secara real-time dan respons cepat terhadap pekerja yang tidak menggunakan helm APD. Solusi ini tidak hanya memberikan perlindungan maksimal terhadap risiko kecelakaan, tetapi juga meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan keselamatan di industri. Dengan notifikasi otomatis dan koneksi ke sistem sentral, solusi ini menjadi langkah proaktif menuju lingkungan kerja yang lebih aman dan efisien di sektor perindustrian.

**Kata kunci** : Helm, Alat pelindung diri, keselamatan, pekerja, Industri, sensor LDR, Telegram

## 1. Pendahuluan

Sektor industri merupakan salah satu sektor yang memiliki risiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi. Menurut data dari Organisasi Perburuhan Internasional (ILO), setiap tahun terdapat 2,78 juta kematian akibat kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja di seluruh dunia, dengan sebagian besar kasus terjadi di sektor industri. (Organisasi Perburuhan Internasional ILO:2023).

Maka dari itu, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi prioritas utama bagi perusahaan-perusahaan industri untuk melindungi pekerja dan mencegah kerugian ekonomi yang signifikan. Salah satu upaya penting dalam menjamin K3 adalah penggunaan alat



pelindung diri (APD) yang sesuai, seperti helm pelindung kepala (Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja OSHA:2023).

Helm berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, jatuhnya benda, atau bahaya lainnya yang dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan kematian. Akan tetapi, penggunaan helm konvensional memiliki beberapa batasan dan tantangan. Pertama, kepatuhan pekerja dalam menggunakan helm seringkali menjadi masalah. Banyak pekerja yang mengabaikan penggunaan helm karena alasan kenyamanan atau kelalaian, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja yang fatal. Menurut data Badan Pengawas Ketenagakerjaan Republik Indonesia, pada tahun 2021, sebanyak 23,5% dari total kecelakaan kerja di sektor industri yang melibatkan cedera kepala.

Oleh sebab itu, dibutuhkan solusi cerdas yang dapat memantau dan memberikan informasi secara real-time jika terdapat pekerja yang tidak menggunakan helm APD. serta memberikan peringatan dini jika terdapat potensi bahaya (Goswami,S & Dey,s, 2021). Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan mengintegrasikan teknologi ke dalam APD, seperti sensor LDR (Light Dependent Resistor). Sensor LDR dapat digunakan untuk mendeteksi apakah helm digunakan atau tidak berdasarkan intensitas cahaya yang diterima. Dengan menggabungkan sensor LDR dan sistem notifikasi, seperti aplikasi Telegram, pekerja yang tidak menggunakan helm dapat diidentifikasi dan diberikan peringatan secara real-time.

Konsep rancangan sistem ini melibatkan penempatan sensor LDR di bagian dalam helm, di dekat area kepala pekerja. Mikrokontroler atau sistem tertanam digunakan untuk memproses data dari sensor LDR dan menentukan apakah helm digunakan atau tidak. Jika sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya yang tinggi (helm tidak digunakan), sistem akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram ke nomor atau grup yang telah ditentukan sebelumnya, seperti supervisor atau petugas keamanan.

## 2. Bahan & Metode

Penelitian terdahulu dijadikan rujukan rujukan dalam pembuatan penelitian Alat Pelindung Diri Pada Pekerja Industri berbasis Internet of Things pada tabel 2.1 dibawah ini:

*Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu*

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	(Suharto & Kusuma, 2022)	Suharto, A., & Kusuma, W. (2022). Implementasi Sistem Pemantauan Penggunaan Alat Pelindung Diri dengan Sensor LDR dan Kamera untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja. Teknik Industri, 28-37.	Sistem pemantauan menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor) dan kamera berhasil diimplementasikan untuk memantau penggunaan alat pelindung diri (APD). Penggunaan teknologi ini kemungkinan meningkatkan tingkat kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD. Sistem ini mungkin membantu mengidentifikasi area atau situasi di mana pekerja cenderung tidak menggunakan APD dengan benar. Implementasi sistem ini kemungkinan berdampak positif pada tingkat keselamatan pekerja secara keseluruhan.



2.	(Nastiti et al., 2023)	Nastiti, V., Cahyadi, N. H., Jasmine, M. A., & Santiasih, I. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kesehatan Dan Tracking Pekerja Kontruksi Melalui Safety Vest Berbasis Iot. NJCA (Nusantara Journal of Computers and Its Applications), 8(2), 39. <a href="https://doi.org/10.36564/njca.v8i2.321">https://doi.org/10.36564/njca.v8i2.321</a>	Penilaian ini memiliki ujian untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan kesejahteraan pekerja melalui inovasi teknologi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sensor pada alat sudah dikalibrasi dengan baik dan layak digunakan. Pembacaan sensor dapat diamati pada website secara realtime dengan kecepatan pengiriman data 3scnd/data atau data akan update selama 3 detik sekali. Didapatkan hasil bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dengan akurasi keberhasilan mencapai 95%. Saran untuk peneliti selanjutnya yakni perlu dilakukan pengembangan fitur keselamatan tambahan sehingga tidak hanya fitur monitoring kesehatan saja serta optimalisasi sensor dan teknologi agar menjadi lebih canggih dan akurat dalam memberikan hasil yang konsisten dan akurat.
3.	(Djaohar & Sunawar, 2022)	Djaohar, M., & Sunawar, A. (2022). Rancang Bangun Pengecekan Alat Pelindung Diri Menggunakan Algoritma You Only Look Once (Yolo) 1. Unj, 1–6.	Dalam streaming langsung IPCCTV terdapat delay 1 detik, apabila streaming IPCCTV di masukan dalam program algoritma YOLO akan terjadi delay 3 detik. 2. Dari percobaan pengujian dengan batas kemampuan jarak 0.5m sampai 5 meter di hasilkan: a) Pendeteksian kaca mata safety maksimal pada jarak 1.5 meter b) Pendeteksian sepatu safety minimal pada jarak 1.5 meter. pengujian pendeteksian alat pelindung diri di dapatkan helm safety, masker, sarung tangan safety, rompi safetu, earmuff, dan sepatu safety memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100%, dan kaca mata safety memiliki tingkat keberhasian 81,3%
4.	(Nirvana et al., 2023)	Nirvana, M. N., Rachmadi, R. F., & Purnama, I. K. E. (2023). Sistem Pendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja	Penelitian ini, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu;(1) Berdasarkan seluruh pengujian, varian YOLOv7 menjadi pilihan yang optimal untuk deteksi APD yang kemudian digunakan untuk semua percobaan pada pengujian sistem. Hasil testing menggunakan testing set, pengujian



		<p>Konstruksi Berbasis Convolutional Neural Network. <i>Jurnal Teknik ITS</i>, 12(3), 1–7. <a href="https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i3.121850">https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i3.121850</a></p>	<p>berdasarkan perbedaan jarak, pengujian pada kondisi tidak ideal, dan pengujian pada kondisi keramaian secara berurutan memiliki mAP bernilai 0.877, 0.93, 0.784, dan 0,856.; (2) Merujuk pada regulasi yang mengatur tentang APD, fitur deteksi pada sistem yang telah dikembangkan telah memenuhi ketentuan APD yang telah diatur pada undang-undang tersebut. Namun, akurasi sistem dalam mendeteksi objek kaca mata dan sarung tangan masih kurang memenuhi ketentuan dalam memberikan pengawasan dan peringatan pada penggunaan APD.</p>
5.	(Laily et al., 2022)	<p>Laily, M. E., Fajri, F. N., &amp; Pratamasunu, G. Q. O. (2022). Deteksi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN). <i>Jurnal Komputer Terapan</i>, 8(2), 279–288. <a href="https://doi.org/10.35143/jkt.v8i2.5732">https://doi.org/10.35143/jkt.v8i2.5732</a></p>	<p>Penelitian ini, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu;(1) Berdasarkan seluruh pengujian, varian YOLOv7 menjadi pilihan yang optimal untuk deteksi APD yang kemudian digunakan untuk semua percobaan pada pengujian sistem. Hasil testing menggunakan testing set, pengujian berdasarkan perbedaan jarak, pengujian pada kondisi tidak ideal, dan pengujian pada kondisi keramaian secara berurutan memiliki mAP bernilai 0.877, 0.93, 0.784, dan 0,856.; (2) Merujuk pada regulasi yang mengatur tentang APD, fitur deteksi pada sistem yang telah dikembangkan telah memenuhi ketentuan APD yang telah diatur pada undang-undang tersebut. Namun, akurasi sistem dalam mendeteksi objek kaca mata dan sarung tangan masih kurang memenuhi ketentuan dalam memberikan pengawasan dan peringatan pada penggunaan APD.</p>

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

K3 merupakan upaya untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan bebas dari kecelakaan serta penyakit akibat kerja. Penerapan K3 di industri bertujuan untuk melindungi pekerja, mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja. (Suma'mur, PK (2022)). K3 merupakan aspek penting dalam menjamin kesejahteraan dan keselamatan pekerja, serta menciptakan lingkungan kerja yang kondusif. Penerapan K3 juga bertujuan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja, cedera,



dan penyakit akibat kerja, yang dapat menimbulkan kerugian bagi pekerja, perusahaan, dan masyarakat

### 2.2.2 Kondisi Tingkat Kecelakaan di Indonesia

Kecelakaan kerja yang kerap terjadi dalam hubungan kerja, termasuk kecelakaan dalam perjalanan dari rumah menuju tempat kerja atau sebaliknya, serta penyakit akibat kerja (PAK). Menurut laporan Kementerian Ketenagakerjaan (Kemnaker), korban kecelakaan kerja di Indonesia cenderung meningkat dalam beberapa tahun belakangan. (Ahdiat,A. 2023)

*Tabel 2. 2 Jumlah Korban Kecelakaan Kerja di Indonesia (2005-2021)*

No	Tahun	Jumlah Korban Kecelakaan Kerja / Orang
1	2005	99.023
2	2006	95.624
3	2007	83.714
4	2008	93.823
5	2009	96.134
6	2010	98.712
7	2011	99.491
8	2012	103.074
9	2013	103.285
10	2014	105.383
11	2015	89.322
12	2016	102.929
13	2017	128.491
14	2019	210.789
15	2020	221.740
16	2021	234.370

(Sumber: Ahdiat A. 2023)

Ketidak patuhan pekerja dalam penggunaan alat pelindung diri (APD). Dalam



banyak kesempatan. Banyak kecelakaan kerja yang disebabkan kelalaian dari pekerja karena tidak penggunaan APD, kerusakan pada APD, APD yang terpasang belum sempurna dan pihak tempat sipekerja yang tidak memberikan APD.

*Tabel 2. 3 Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri*

<b>Penggunaan APD</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Menggunakan APD Lengkap	16	45,7
Tidak Menggunakan APD Lengkap	19	54,3
Total	35	100

(Sumber: Mewengkang, C. et al. 2019)

*Tabel 2. 4 Distribusi Usia dalam Kepatuhan Pekerja Terhadap Penggunaan Alat Pelindung Diri*

<b>No</b>	<b>Kategori</b>	<b>&lt; 30 Tahun</b>		<b>&gt; 30 Tahun</b>		<b>Total</b>	
		<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
1	Patuh	12	80	3	20	15	75
	Tidak Patuh	0	0	5	100	5	25
2	Penggunaan Alat dan Peralatan						
	Patuh	9	75	3	25	12	60
	Tidak Patuh	3	37.5	5	62.5	8	40
3	Mengikuti Prosedur Kerja						
	Patuh	7	70	3	30	10	50
	Tidak Patuh	5	50	5	50	10	50

### 2.2.3 Helm APD

Helm APD merupakan perlengkapan keselamatan yang didesain khusus untuk melindungi kepala pengguna dari berbagai bahaya di tempat kerja, seperti benturan, jatuhnya benda,



Gambar 2. 1 Helm APD

Helm APD adalah pelindung kepala yang dirancang khusus untuk melindungi pekerja dari benturan, jatuhnya benda, percikan api, atau bahaya lainnya yang dapat menyebabkan cedera kepala (Nurfajri et al., 2019). Helm APD merupakan salah satu APD utama yang wajib digunakan oleh pekerja di industri berisiko tinggi, seperti industri.

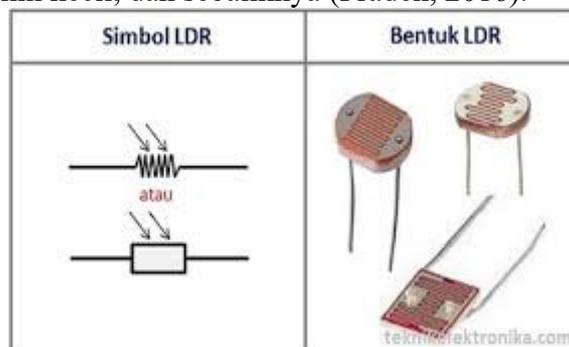
Secara umum, helm APD terdiri dari komponen utama, yaitu cangkang luar yang terbuat dari material kuat seperti plastik atau logam untuk menyerap energi benturan, lapisan penyerap benturan seperti busa untuk melindungi kepala dari guncangan, sistem pengikat yang menjaga helm tetap terpasang di kepala, serta ventilasi untuk sirkulasi udara.

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri menyatakan bahwa "pengusaha wajib menyediakan APD yang memenuhi standar, helm termasuk untuk melindungi kepala pekerja dari bahaya benturan, terciprat bahan panas atau cair, terkena benda jatuh atau terpukul benda tajam atau keras." [Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 8 Tahun 2010] Pekerja juga "diwajibkan untuk menggunakan APD yang telah disediakan oleh

Untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pekerja, helm APD modern saat ini dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor-sensor dan teknologi terkini, seperti sensor gas, sensor suhu, kamera, konektivitas nirkabel, dan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) (Sarkar et al., 2022; Zheng et al., 2017; Anitha & Rodrigues, 2021).

#### 2.2.4 Sensor Light Dependent Resistor

Sensor LDR (Light Dependent Resistor) adalah sebuah komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor, dimana resistansinya akan berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima LDR, maka resistansinya akan semakin kecil, dan sebaliknya (Fraden, 2016).



Gambar 2. 2 Sensor LDR

Sensor LDR bekerja berdasarkan prinsip efek fotokonduktivitas, yaitu perubahan nilai resistansi bahan semikonduktor ketika terkena cahaya. Bahan semikonduktor yang umum digunakan dalam LDR adalah kadmium sulfida (CdS) atau kadmium selenida (CdSe). Ketika cahaya mengenai permukaan LDR, energi foton dari cahaya akan diserap oleh bahan semikonduktor, menyebabkan elektron-elektron berenergi lebih tinggi dan menghasilkan pasangan hole-elektron. Pasangan hole-elektron ini akan meningkatkan konduksi listrik dan menurunkan resistansi LDR (Mukhopadhyay & Jayaraman, 2022).

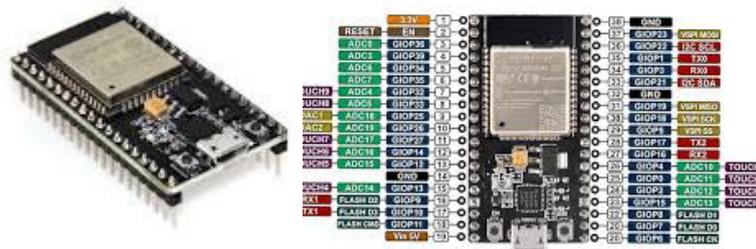
Resistansi LDR dapat berkisar dari beberapa ratus ohm pada kondisi terang hingga mencapai beberapa Megaohm pada kondisi gelap (Fraden, 2016).

1. Respon spektral: LDR paling sensitif terhadap cahaya dengan panjang gelombang sekitar 520-630 nm, yaitu rentang spektrum cahaya tampak berwarna hijau hingga merah (Mukhopadhyay & Jayaraman, 2022).
2. Waktu respons: LDR memiliki waktu respons yang cukup cepat, sekitar beberapa milidetik hingga puluhan milidetik (Shoewu & Badejo, 2022).
3. Linieritas: Hubungan antara resistansi LDR dan intensitas cahaya tidak sepenuhnya linier, sehingga dalam aplikasi tertentu diperlukan kalibrasi dan linearisasi (Fraden, 2016).

Sensor LDR dapat diintegrasikan pada helm APD (Alat Pelindung Diri) untuk mendeteksi penggunaan helm oleh pekerja tambang. Ketika helm digunakan, sensor LDR akan terkena cahaya dan resistansinya akan menurun. Sebaliknya, ketika helm tidak digunakan, sensor LDR tidak akan terkena cahaya dan resistansinya akan tinggi. Perubahan resistansi ini dapat dideteksi oleh sistem pemantauan untuk memberikan informasi tentang penggunaan helm (Sarkar et al., 2022; Anitha & Rodrigues, 2021).

### 2.2.5 ESP 32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan teknologi yang berbasis di Tiongkok. Mikrokontroler ini sangat populer di kalangan pengembang IoT dan robotika karena kemampuan yang sangat luas dan harga yang relatif terjangkau (Repository UIN Syarif Hidayatullah Jakarta n.d.).



Gambar 2. 3 ESP 32

ESP32 memiliki beberapa spesifikasi yang membuatnya sangat berguna dalam berbagai aplikasi, seperti:

Tabel 2. 5 Spesifikasi ESP32

*	Nama	Keterangan
1	Prosesor	Xtensa single/dual-core 32-bit LX6 160/240 MHz



Lisensi  
 Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

2	SRAM	520 KB
3	Memori Flash	4 MB
4	Wi-Fi	802.11 b/g/n
5	Bluetooth	Bluetooth v4.2 / Bluetooth Low Energy
6	Tegangan Operasi	3.3V
7	Tegangan Input	7-12V (Vin) / 5V (USB)
8	Pin GPIO	Pin GPIO: 30 atau 36 (sesuai model)
9	Digital IO	Digital IO: 25
10	ADC	18 (12-bit)
11	DAC	2 (8-bit)
12	Capacitive Touch	9
13	UART	3
14	SPI	2
15	I2C	3
16	Kontroler USB	CP2102

## 2.2.6 WiFi

WiFi (Wireless Fidelity) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan. Dalam rancang bangun alat pelindung diri dengan sensor LDR, WiFi dapat digunakan sebagai media komunikasi untuk mengirimkan data dari sensor ke pusat pemantauan atau server.



Gambar 2. 4 Wifi

Menurut Sharma et al. (2018) dalam jurnalnya "A Secure and Energy-Efficient Wireless Body Area Nanonetwork for Next-Generation Internet of Things", WiFi merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang dapat dimanfaatkan dalam Internet of Things (IoT) untuk menjamin keamanan dan efisiensi energi. Selain itu, Goudos et al. (2017) dalam jurnalnya "Designing a Building Evacuation Scheme Using Wireless Sensor Networks" menyatakan bahwa WiFi dapat digunakan untuk membangun sistem pemantauan dan evakuasi dalam lingkungan berbahaya, yang relevan dengan konsep alat pelindung diri berbasis sensor.

Dengan menggunakan WiFi, data dari sensor LDR pada alat pelindung diri dapat dikirimkan secara nirkabel ke pusat pemantauan atau server, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi pencahayaan secara real-time dan pengambilan tindakan yang tepat untuk meminimalisir risiko kecelakaan. WiFi menawarkan kecepatan transfer data yang cukup tinggi, jangkauan yang memadai, dan kemudahan dalam implementasi jaringan nirkabel (Zeng et al., 2018 dalam jurnal "Wireless Communications with Unmanned Aerial Vehicles: Opportunities and Challenges").

### 2.2.7 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak open-source yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke papan Arduino.



*Gambar 2. 5 Arduino IDE*

Sebagaimana dijelaskan oleh Jamieson (2011) dalam jurnalnya "Arduino for Teaching Embedded Systems. Are Computer Scientists and Engineering Educators Missing the Boat?", Arduino IDE menyediakan lingkungan pengembangan yang mudah digunakan dan bermanfaat bagi pendidikan embedded systems. Selain itu, Kushku (2019) dalam jurnalnya "Integrating Arduino Microcontroller in Mechanical Engineering Curriculum" menyatakan bahwa Arduino IDE memungkinkan mahasiswa untuk mengembangkan proyek-proyek mekatronika dengan lebih efisien.

Arduino IDE memiliki beberapa fitur utama, seperti editor teks untuk menulis dan mengedit kode program, compiler untuk mengonversi kode program ke dalam kode biner yang dapat dimengerti oleh papan Arduino, upload tool untuk mengunggah kode biner ke papan Arduino, serial monitor untuk memantau data yang dikirim dan diterima dari papan Arduino, serta contoh kode dan library manager untuk memudahkan penambahan dan pengelolaan library tambahan. Menurut Jamieson dan Herdtner (2015) dalam jurnalnya "More Missing the Boat -- Arduino, Raspberry Pi, and Smaller Devices in Computer Science Education", Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman yang didasarkan pada C/C++, dengan beberapa fungsi dan struktur tambahan yang disederhanakan untuk memudahkan penggunaan pada papan Arduino.

Arduino IDE dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi, seperti Windows, macOS, dan Linux, serta kompatibel dengan berbagai jenis papan Arduino dan papan pengembangan lainnya yang menggunakan arsitektur mikroprosesor/mikrokontroler yang sama. Sebagaimana dibahas oleh Badamasi (2014) dalam jurnalnya "The Working Principle of an Arduino", Arduino memiliki komunitas yang besar dan aktif, dengan banyak sumber daya online, tutorial, forum diskusi, dan proyek-proyek open-source yang dapat membantu pengguna dalam mempelajari dan mengembangkan proyek-proyek Arduino.

## 3. Hasil

Hasil yang diperoleh dari pengujian terhadap alat yang telah dibuat untuk mengetahui apakah telah berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan terhadap sensor LDR dan didapatkan hasil bahwasanya yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.





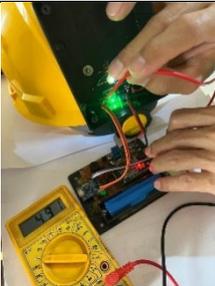
*Gambar 4. 1 Prototipe Alat Pelindung Diri pada Helm Tampak Belakang dan Dalam*

Skema pengujian prototipe sistem dapat dilihat pada gambar 4.2. Prototipe sistem APD ini di gunakan ataupun tidak digunakan. Pedoman peringatan dini yang digunakan adalah Jika pekerja tidak menggunakan helm selama >10 detik maka sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pemantau, akan tetapi jika pengguna helm tidak menggunakan helm <10 maka tidak mengirimkan notifikasi kepada pemantau.

#### 4.1.2 Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan output menggunakan multimeter digital. Pengujian sensor LDR dapat dilihat pada tabel 4. 1 Dibawah ini

*Tabel 4. 1 Pengujian sensor LDR*

Sensor LDR	Data Sheet	Terukur	Gambar
Bebas Cahaya	5,0 $\Omega$	4,91 $\Omega$	
Tidak Terkena Cahaya	0,2 m $\Omega$	0.15 m $\Omega$	

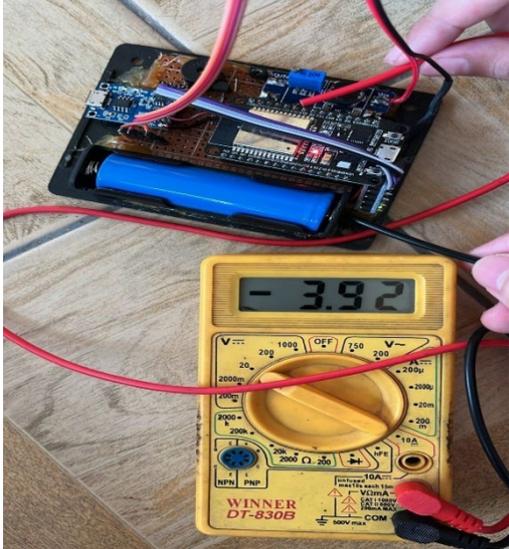
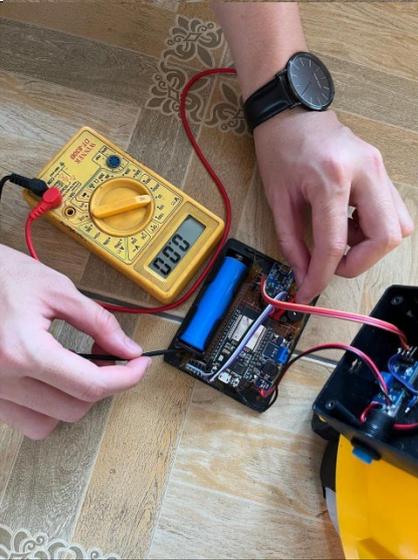
#### 4.1.3 Pengujian Tegangan Buzzer

Pengujian tegangan Buzzer dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan output



menggunakan multimeter digital. Pengujian tegangan Buzzer dapat dilihat pada tabel 4.2  
 Dibawah ini

*Tabel 4. 2 Pengujian Tegangan Buzzer*

Buzzer	Terukur	Gambar
Hidup	3,92 Volt	
Mati	0 Volt	

#### 4.1.4 Pengujian Modul Step Up

Modul step up berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai, apabila di putar kekiri maka tegangan baterai akan terus meningkat. Dan jika di putar kekanan akan menurunkan tegangan.

*Tabel 4. 3 Pengujian Modul Step Up*

Modul Step Up	Data sheet	Terukur 1	Terukur 2	Terukur 3	Terukur 4	Terukur 5
Input	2 Volt-24 Volt (DC)	Bat 3,7V	Bat 3,7V	Bat 3,7V	Bat 3,7V	Bat 3,7V
Output	5 Volt-28 Volt (DC)	3,07 Volt	4,98 Volt	10,18 Volt	13,16 Volt	18,20 Volt



#### 4.1.5 Pengujian Modul Baterai

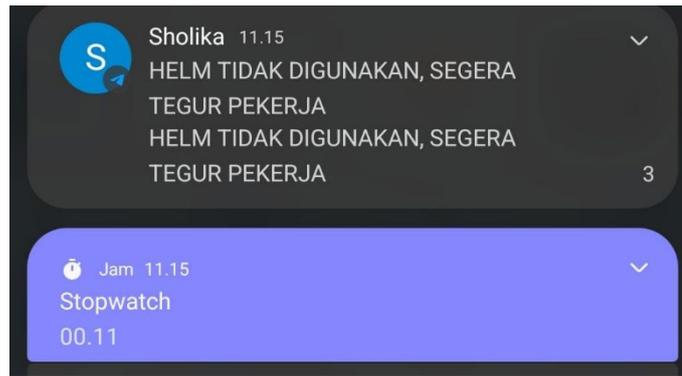
Pengujian baterai dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan output menggunakan multimeter digital. Pengujian baterai dapat dilihat pada tabel 4.4 Dibawah ini

*Tabel 4. 4 Pengujian Modul Baterai*

Baterai Saat Hidup	3,93 Volt	
Baterai Saat Mati	3,90 Volt	

#### 4.1.5 Pengujian Pada Telegram

Gambar 4.2 dibawah merupakan pengujian secara realtime pada aplikasi telegram yang dilakukan secara *real-time* dan melihat kecepatan pengiriman notifikasi yakni 11 detik.



*Gambar 4. 2 Pengujian pada Telegram*

#### 4.1.6 Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan dilakukan untuk menguji alat yang telah dibuat apakah telah berjalan sesuai dengan rancangan.

*Tabel 4. 5 Tabel Percobaan Alat Selama 10 Kali*

No	Keaadan Helm	Kondisi LDR	Kondisi Buzzer	Notifikasi di Aplikasi Telegram
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Tidak Memakai Helm	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan

3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2	Helm Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan



3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja
1.	Helm Normal	Off	Off	Helm Normal
2.	Helm Telah Digunakan	On	Off	Helm Telah Digunakan
3.	Helm Tidak Digunakan	Off	On	Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekeja

#### 4.1 Pembahasan

##### 4.2.1 Analisis Hasil Prototipe

Prototipe yang diuji menunjukkan hasil yang sesuai dengan rancangan awal. Gambar 4.1 menampilkan tampilan samping, depan, dan dalam helm, yang memperlihatkan pemasangan sensor LDR, modul step up, dan buzzer. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi apakah helm digunakan atau tidak, dan mengirimkan notifikasi jika helm tidak dipakai selama lebih dari 10 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, dimana helm yang tidak dipakai selama lebih dari 10 detik akan mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi melalui Telegram.



#### 4.2.2 Kinerja Sensor LDR

Sensor LDR memainkan peran penting dalam mendeteksi perubahan cahaya untuk menentukan apakah helm digunakan. Pada saat helm digunakan LED akan menyala, sebaliknya jika helm tidak digunakan LED tidak akan menyala.

Hasil pengujian sensor LDR ditampilkan pada Tabel 4.1. Pada kondisi bebas cahaya, resistansi sensor mendekati nilai yang tercantum pada data sheet, yaitu  $4.91 \Omega$  dibandingkan dengan  $5.0 \Omega$ . Namun, pada kondisi tidak terkena cahaya, resistansi yang terukur adalah  $0.15 \Omega$ , yang jauh berbeda dari rentang data sheet  $0,2 \text{ m}\Omega$ . Perbedaan ini menunjukkan bahwa sensor LDR sangat sensitif terhadap perubahan cahaya, namun perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut untuk memastikan akurasi yang lebih tinggi. Penggunaan multimeter digital dalam pengujian ini menunjukkan bahwa alat ukur yang digunakan memiliki tingkat presisi yang tinggi.

#### 4.2.3 Efektivitas Tegangan Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai alat pemberi peringatan jika helm tidak digunakan. Hasil pengujian tegangan buzzer ditampilkan pada Tabel 4.2. Saat buzzer hidup, tegangan yang terukur adalah 3.92 Volt, cukup untuk menghasilkan suara yang jelas. Saat buzzer mati, tegangan adalah 0 Volt, menunjukkan bahwa buzzer tidak aktif. Hasil ini sesuai dengan desain sistem, di mana buzzer seharusnya aktif hanya ketika helm tidak dipakai selama lebih dari 10 detik. Efektivitas buzzer dalam memberikan peringatan suara memastikan bahwa pengguna dapat dengan cepat mengetahui kondisi yang memerlukan perhatian.

#### 4.2.4 Kinerja Modul Step Up

Modul step up berfungsi untuk meningkatkan tegangan baterai, memungkinkan sistem untuk bekerja dengan berbagai tegangan input. Hasil pengujian modul step up ditampilkan pada Tabel 4.3. Tegangan output meningkat dari 3.07 Volt hingga 18.20 Volt saat modul diputar ke kiri, yang menunjukkan kemampuan modul dalam mengatur dan meningkatkan tegangan sesuai kebutuhan sistem. Kemampuan modul step up untuk menaikkan tegangan dengan stabil penting untuk memastikan bahwa semua komponen sistem mendapatkan daya yang cukup untuk beroperasi dengan optimal.

#### 4.2.5 Pengujian Modul Baterai

Modul baterai diuji untuk memastikan stabilitas tegangan saat sistem beroperasi. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.4, menunjukkan tegangan baterai yang stabil dengan 3.93 Volt saat hidup dan 3.90 Volt saat mati. Stabilitas tegangan ini penting untuk memastikan bahwa sistem memiliki daya yang cukup untuk beroperasi secara kontinu tanpa gangguan. Baterai yang stabil juga berarti bahwa sistem dapat diandalkan untuk penggunaan jangka panjang tanpa perlu sering mengganti atau mengisi ulang baterai.

#### 4.2.6 Pengujian Notifikasi pada Telegram

Sistem dirancang untuk mengirimkan notifikasi real-time melalui Telegram ketika helm tidak digunakan. Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan notifikasi dengan tepat waktu dan akurat. Notifikasi ini memberikan informasi yang jelas kepada pemantau mengenai kondisi penggunaan helm, memungkinkan tindakan cepat jika ada pekerja yang tidak menggunakan helm. Pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi sistem dengan platform komunikasi seperti Telegram dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemantauan keselamatan di lapangan.

#### 4.2.7 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam kondisi operasional sebenarnya. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian alat selama lima kali percobaan. Setiap percobaan menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi kondisi helm dengan benar dan memberikan notifikasi yang sesuai. Misalnya, dalam setiap percobaan ketika helm digunakan, buzzer tetap mati dan notifikasi "Helm Telah Digunakan" dikirimkan. Sebaliknya, ketika helm tidak digunakan, buzzer hidup dan notifikasi "Helm Tidak Digunakan, Segera Tegur Pekerja" dikirimkan. Konsistensi hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan yang tinggi dan dapat diandalkan dalam penggunaan sehari-hari.

#### 4. Kesimpulan

Setelah dilakukannya perencanaan, perancangan, dan pengujian, pada seluruh komponen . di peroleh beberapa kesimpulan dari sistem Alat Pelindung Diri Pada Pekerja Industri Menggunakan Sensor LDR untuk Minimalisir Kecelakaan, antara lain sebagai berikut:

1. Sistem pemantauan helm berbasis sensor LDR menunjukkan efektivitas tinggi dalam mendeteksi penggunaan helm, dengan keberhasilan mencapai 100% setelah di uji selama 10 kali percobaan.
2. Waktu respon sistem rata-rata 10 detik dari deteksi helm dilepas hingga notifikasi diterima menunjukkan kecepatan yang cukup baik untuk pencegahan kecelakaan
3. Fitur kontrol jarak jauh melalui Telegram, termasuk aktivasi buzzer, menambah kenyamanan dalam manajemen keselamatan
4. *Pengujian sensor LDR, saat keadaan bebas cahaya memiliki tegangan 4,91  $\Omega$ , saat tidak bebas cahaya memiliki tegangan 0,15 m  $\Omega$*
5. Pengujian Tegangan Buzzer, saat hidup 3,92 Volt da saat mati 0 Volt
6. Modul step up berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai, apabila di putar kekiri maka tegangan baterai akan terus meningkat. Dan jika di putar kekanan akan menurunkan tegangann
7. Pengujian Modul Baterai, baterai saat hidup 3,93 Volt dan saat mati 3,90 Volt

#### REFERENSI

- [1] BIBLIOGRAPHY Implementasi Sistem Pemantauan Penggnaan Alat Pelindung Diri dengan Sensor LDR dan KAMERA untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja. (2022). *Teknik Industri*, 28-37.
- [2] Lombardi, D. M., & Perry, M. (2009). Faktor faktor yang mempengaruhi penggunaan kacamata pelindung diri oleh pekerja. *Analisis dan Pencegahan Kecelakaan*, 755-762.
- [3] Santoso, D., & Widyastuti, N. (2021). Rancang Bangun Sistem Pengingat Penggunaan ALat Pelindung Diri Menggunakan Sensor Gerak dan Suara. *Jurnal Teknik Industri*, 112-120.



- [4] Suharto, A., & Kusuma, W. (2022). Implementasi Sistem Pemantauan Penggunaan Alat Pelindung Diri dengan Sensor LDR dan Kamera untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja. *Teknik Industri*, 28-37.
- [5] Suryanto, A., & Nugroho, A. (2019). Desain Sistem Pemantuan Penggunaan Alat Pelindung Diri Menggunakan Sensor Inframerah dan RFID. *Jurnal Teknik Elektro*, 45-22.
- [6] Wibowo, B., & Pratama, R. (2020). Pengenmbangan Sistem Monitoring Penggunaan Alat Pelindung Diri Berbasis IoT untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 17-25.
- [7] Wulandari, R., & Pramono. (2023). Evaluasi Efektivitas Sistem Pengingat Penggunaan Alat Pelindung Diri dengan Sensor Gerak di Industri Manufaktur. *Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, 89-97.
- [8] Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHA). (2020). "Alat Pelindung Diri (APD) di Tempat Kerja." <https://www.osha.gov/personal-protective-equipment>
- [9] Hakim, dkk. (2021). "Sistem Pemantauan Keselamatan Pekerja Berbasis IoT dan Notifikasi Telegram."
- [10] Badan Pengawas Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2022). "Laporan Kecelakaan Kerja Sektor Industri 2021." <https://naker.go.id/publikasi/laporan-kecelakaan-kerja-2021.pdf>
- [11] Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). "Statistik Kecelakaan Kerja di Indonesia 2020." <https://www.bps.go.id/publication/2021/06/28/f8c9a6c6f6f2a8e9f1e3f7d5/statistik-kecelakaan-kerja-di-indonesia-2020.html>

\*\*\*\*\*

