

Embedded System

Rancang Bangun Sistem Pengawasan Pemakaian Alat Pelindung Diri berbasis *Single Board Computer*

Pungky Irlan Hidayat¹, Rahmi Eka Putri^{*2}, Budi Rahmadya³

^{1,2,3} Departemen Teknik Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: 20 Februari 2024
Revised: 18 April 2024
Available online: 30 April 2024

KEYWORDS

Personal Protective Equipment, YOLO, Realtime, Server

CORRESPONDENCE

E-mail: rahmi@fti.unand.ac.id

A B S T R A C T

Industries in Indonesia currently have a high rate of work accidents. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan noted that in 2021 there were 82,000 cases of work accidents of which 88% were caused by unsafe actions and 12% were caused by unsafe conditions. Personal Protective Equipment (PPE) is one of the safety protocols that is often ignored by workers at work. Image Processing is part of Artificial Intelligence and one of the technological developments that can be used in supervising the use of PPE workers, You Only Look Once (YOLO) is a method in image processing that can detect workers' PPE. The research is aimed at supervising the use of PPE (Safety Helmet and Safety Shoes) from workers and providing realtime warnings when workers do not use PPE completely. This research will utilize hardware in the form of a webcam, raspberry pi, speakers, and servers. As for the software, YOLOv4 will be used as a method of detecting PPE for workers and the website as a medium of information for violations committed.

1. PENDAHULUAN

Industri yang ada di Indonesia saat ini memiliki tingkat kecelakaan kerja yang tinggi. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan mencatat, pada tahun 2021 terdapat 82.000 kasus kecelakaan kerja[1]. Penyebab kecelakaan kerja 88% disebabkan tindakan/perbuatan tidak aman (berbahaya), dan 12% disebabkan oleh kondisi tidak aman. Kondisi tidak aman yang dimaksud adalah kondisi fisik atau keadaan berbahaya yang mungkin dapat langsung mengakibatkan terjadinya kecelakaan[2]. Oleh sebab itu untuk mengurangi tingkat kecelakaan kerja dianjurkan untuk menerapkan protokol Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), salah satunya dengan menggunakan Alat Pelindung Diri. Alat Pelindung Diri (APD) adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja[3].

Penelitian sebelumnya telah meneliti sistem pendeteksi APD menggunakan teknologi Image Processing[4], APD yang dapat dideteksi oleh sistem yaitu masker proyek, safety helmet, dan safety glasses. Sistem memiliki kekurangan yang hanya dapat mendeteksi APD dari satu arah. Pada penelitian lainnya juga telah meneliti sistem pendeteksi APD dengan menggunakan metode Convolution Neural Networks [5], untuk objek yang akan

dideteksi juga berupa masker, safety helmet, dan safety glasses. Berdasarkan data yang ada pada jurnal tersebut, sistem memiliki kekurangan pada penggunaan metode yang masih kurang maksimal dikarenakan spek komputer yang kurang memadai, dan hasil akurasi yang tertinggi di angka 75 persen. Pada penelitian lainnya juga telah mengidentifikasi pelanggaran lalu lintas kendaraan roda dua dengan metode Deep Learning[6]. Pada penelitian ini sistem telah mampu mendeteksi pelanggaran pengendara yang tidak memakai helm dan kaca spion pada jarak 700cm, lalu menangkap plat kendaraan dari pengendara tersebut, namun sistem ini hanya mengidentifikasi gambar, bukan berupa video secara realtime.

Pada penelitian ini sistem yang akan dirancang adalah sistem yang dapat mendeteksi APD dari segala sisi pekerja dan memberikan peringatan agar pekerja menggunakan APD dengan baik dan akurasi yang tinggi ketika berada pada zona wajib menggunakan APD. Sistem ini akan mendeteksi safety helm dan safety shoes melalui kamera, ketika terjadi pelanggaran maka sistem akan mengirim informasi berupa tanggal, jam, dan gambar ke database, lalu memberikan peringatan berupa suara untuk menggunakan APD melalui speaker.

Berdasarkan latar belakang tersebut akan dilakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pengawasan Pemakaian

Alat Pelindung Diri berbasis Single Board Computer”. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja dan memberikan efek jera terhadap pekerja yang melanggar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alat Pelindung Diri

Alat Pelindung Diri (APD) adalah seperangkat alat keselamatan yang digunakan oleh pekerja untuk melindungi seluruh atau sebagian tubuh dari kemungkinan adanya paparan potensi bahaya lingkungan kerja terhadap kecelakaan dan penyakit akibat kerja [7]. APD berfungsi untuk mengisolasi tubuh pekerja secara keseluruhan atau sebagian dari bahaya yang ada di lingkungan kerja. Terdapat beberapa jenis APD yaitu untuk bagian kepala yang biasa digunakan seperti safety helmet, penutup telinga, masker, dan resiparator, untuk bagian badan seperti vest dan apron, lalu untuk bagian anggota badan yang biasa digunakan seperti hand glove dan safety shoes [8].

2.2. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) adalah istilah luas yang dapat diartikan sebagai pemfokusan pemrograman dan pengembangan komputer yang dirancang untuk melatih mesin dan melakukan tugas. Kecerdasan buatan dapat digunakan untuk menguji teori penalaran seperti penalaran kognitif dan kesadaran [9]. Sebuah program AI belajar dari pengalamannya untuk bisa menentukan keputusan yang akan dibuatnya. Semakin lama ia dijalankan, maka ia akan semakin pintar, dan semakin bijak dalam mengambil keputusan.

2.2.1. Machine Learning

Machine Learning sendiri adalah salah satu penerapan dari *Artificial Intelligence*. *Machine Learning* merupakan suatu sistem yang dirancang dengan menggunakan bahasa mesin untuk dapat belajar sendiri tanpa perlu arahan dari penggunanya yang dikembangkan berdasarkan ilmu statistika, matematika, dan *data mining* sehingga mesin dapat belajar dengan menganalisa data tanpa harus di program ulang atau di perintah. Pada *Machine Learning* sendiri terdiri lagi menjadi beberapa kategori yaitu :

a. Supervised Learning

Pada *supervised Learning*, pembelajaran yang sudah terdapat *supervisor* atau biasa dikenal dengan label yang terdapat disetiap data, hasil dari *supervised* ini berupa klasifikasi atau prediksi nilai berdasarkan inputan yang diberikan.

b. Unsupervised Learning

Unsupervised learning merupakan kebalikan dari *supervised learning*, dimana tidak memiliki *supervisor* untuk melakukan label pada data yang ada, tetapi pembelajaran yang dilakukan berdasarkan kemiripan data, hasil akhir dari *unsupervised learning* yaitu pengelompokan data (*clustering*).

c. Reinforcement Learning

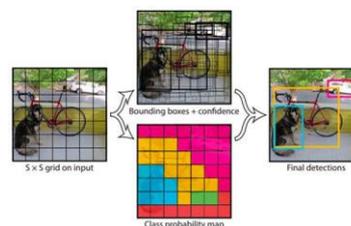
Reinforcement Learning sendiri merupakan suatu sistem yang dibuat agar dapat belajar berdasarkan lingkungannya. Pada *Reinforcement Learning* terdapat beberapa istilah seperti, *agent* merupakan entitas yang melakukan tindakan pada *environment* (lingkungan), lalu *action* (aksi) dimana setiap aksi yang dilakukan oleh *agent* akan mendapatkan *reward*, lalu *state* (kondisi) akan disesuaikan.

2.2.2. Deep Learning

Deep learning sendiri juga merupakan bagian dari *Artificial Intelligence* dan pembahasan lebih lanjut mengenai *Machine Learning*. *Deep learning* mengeksplotasi banyak lapisan *layer non-linear* dalam ekstraksi dan transformasi fitur baik secara *supervised learning* maupun *unsupervised learning* untuk menganalisis pola atau klasifikasi dari objek yang dideteksi [10]. *Model deep learning* yang digunakan pada penelitian ini adalah *supervised learning*, dimana dataset gambar akan diberikan pelabelan pada tahap awal.

2.2.3. YOLO

YOLO (*You Only Look Once*) pertama kali diciptakan oleh Joseph Redmon pada tahun 2015 adalah *system* deteksi objek secara *realtime* berdasarkan CNN (*Convolutional Neural Network*). Pada konferensi CVPR (*Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*) pada 2017, Joseph Redmon dan Ali Farhadi merilis YOLO v2 telah meningkatkan akurasi dan kecepatan algoritma. Pada April 2018, Joseph Redmon dan Ali Farhadi merilis YOLO v3 terbaru dimana memiliki *performance* / kinerja yang semakin meningkat pada deteksi objek [11].

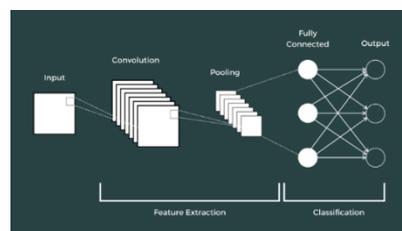


Gambar 2.1 YOLO Deteksi Objek [12]

YOLO menggunakan pendekatan *Convolution Neural Network* untuk melakukan pendeteksian sebuah gambar, dimana pada *layer* konvolusi terdapat tiga buah *layer* yolo konvolusi dan pada *pooling layer* menggunakan *max pooling*.

2.2.4. Convolution Neural Network

Convolution Neural Network (CNN) adalah teknik yang biasa digunakan dalam ruang lingkup *visual recognition*, yaitu bagaimana sistem bisa mengenali objek baik berupa gambar maupun video. Metode CNN merupakan pengembangan dari Metode *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi, sedangkan CNN mengolah data dalam bentuk tiga dimensi.

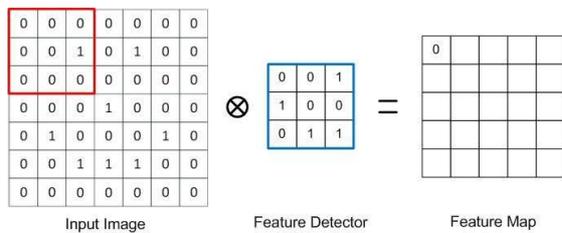


Gambar 2.2 Convolution Neural Network [13]

Terdapat beberapa tahapan yang ada pada CNN untuk mengenali sebuah objek, yaitu :

a. Convolution Layer

Sesuai dengan namanya, langkah utama CNN mengenali objek yaitu dengan mengkonvolusi masukan gambar. Pada *layer* ini terdapat *kernel*, *strides*, *zeropadding*, dan *function activation*. *Kernel* merupakan kumpulan *feature* dari objek yang akan dideteksi, hasil dari *kernel* yaitu *feature map*.



Gambar 2.3 Feature Detector [14]

Berdasarkan gambar 2.3, *strides* dan *padding* sangat berpengaruh pada proses konvolusi, *strides* merupakan pergeseran dari kotak merah yang akan dikonvolusi untuk mengisi matriks pada *feature map*, sedangkan *zeropadding* berfungsi untuk membuat ukuran *input* (*input image*) matriks sama dengan *output* matriks (*feature map*).

Selanjutnya pada *layer* konvolusi juga terdapat fungsi aktivasi yang bertujuan untuk mengurangi *linearitas* dari *feature map*. Fungsi aktivasi digunakan karena gambar pada dasarnya memiliki kecenderungan *non-linear* (tidak berhubungan). Ada banyak macam fungsi aktivasi, pada metode YOLO fungsi aktivasi yang digunakan yaitu *rectifier function*.

b. Pooling Layer

Ada banyak jenis *pooling layer*, pada metode YOLO, *pooling* yang digunakan yaitu *max pooling* yang bertujuan untuk berfokus kepada nilai *feature* kemiripan objek yang akan dideteksi. *Max pooling* yaitu mengambil nilai *feature* terbesar dari hasil *convolution* sebelumnya dan akan dimasukkan kedalam proses selanjutnya.

c. Flattening

Pada tahapan ini hasil dari *feature extraction* yang berupa matriks akan diubah menjadi vektor yang nantinya akan dijadikan *input* untuk proses *fully connection*.

d. Fully Connection

Pada tahapan ini, hasil vektor dari *flattening* akan diproses menggunakan struktur *Artificial Neural Networks* (ANN), sistem akan bekerja secara *forward propagation* dan *back propagation*. Pada CNN *node-node* yang ada pada *layer* saling terhubung, berbeda dengan ANN yang setiap *node*-nya terpisah. Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk meningkatkan akurasi dari model yang akan dibuat.

2.3. Darknet

Darknet merupakan *neural networks framework open source* yang dibuat dengan menggunakan bahasa C dan CUDA. *Darknet* sering digunakan untuk lapisan *layer* konvolusi yang terhubung sepenuhnya pada bagian akhir[15]. *Darknet* sangat cepat dan sangat *compatible* untuk dikomputasi menggunakan CPU dan GPU. Pada saat proses *training* model, *darknet* digunakan untuk melatih dataset yang ada, dataset yang ada menggunakan format YOLO, sehingga pada saat *training* konfigurasi yang digunakan yaitu *yolo-configuration*.

Tidak hanya untuk *training*, setelah model terbentuk, *darknet* juga digunakan untuk menguji tingkat akurasi dari model yang telah dilatih. Pada penelitian nantinya hasil akurasi model yang diharapkan bisa berada diatas 90%, karena sistem akan diimplementasikan pada zona wajib menggunakan APD.

2.4. OpenCV

OpenCV (*OpenSource Computer Vision Library*), adalah sebuah *library open source* yang dikembangkan oleh intel yang fokus

untuk menyederhanakan programing terkait citra digital. Di dalam OpenCV sudah mempunyai banyak fitur, antara lain: pengenalan wajah, pelacakan wajah, deteksi wajah, *kalman filtering*, dan berbagai jenis metode AI (*Artificial Intelligence*).

OpenCV mendukung *multiplatform*, dapat mendukung baik *windows* ataupun *linux*, dan sekarang telah mendukung MacOSX dan *android*. Pada penelitian ini OpenCV digunakan untuk dapat mengolah video dari kamera yang dikoneksikan ke sistem dan juga menghubungkan GPU yang ada pada *server* agar komputasi program berjalan pada GPU *server*.

2.5. CUDA

Arsitektur yang digunakan untuk memanfaatkan GPU dalam komputasi paralel adalah *Compute Unified Device Architecture* (CUDA). Arsitektur CUDA ini memungkinkan pengembang perangkat lunak untuk membuat program yang berjalan pada GPU buatan NVIDIA dengan *syntax* yang mirip dengan *syntax* C yang sudah banyak dikenal[16]. Perbedaannya dengan CPU yaitu CPU hanya memiliki beberapa inti prosesor yang bekerja secara serial, sedangkan GPU terdiri atas ribuan core yang bekerja secara paralel.

GPU didesain khusus untuk mengolah data gambar/grafis agar bisa tampil ke monitor dengan cepat dan tepat, karena GPU memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan matematika yang kompleks untuk membentuk gambar dalam ruang 3D yang tidak mungkin dapat ditangani oleh CPU. Pada penelitian ini, CUDA akan digunakan untuk meningkatkan *frame rate* dari program pendeteksian APD dari pekerja.

2.6. Website

Website adalah kumpulan dokumen berupa halaman *web* yang berisi teks dalam format *Hyper Text Markup Language* (HTML). *Website* disimpan di *server hosting* yang dapat diakses menggunakan *browser* dengan jaringan internet melalui alamat internet berupa *Uniform Resource Locator* (URL). *Website* diakses menggunakan *browser* melalui *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) atau melalui *HTTP Secure* (HTTPS).

Website terdiri dari dua jenis yaitu *website statis* (*static website*) dan *website dinamis* (*dynamic website*). *Website* statis merupakan *website* yang apabila ingin merubah konten di dalamnya harus diedit secara manual artinya harus mengubah *source code*. Biasanya halaman *website* yang statis masih menggunakan *tag* HTML dan data masih belum tersimpan dalam *database*.

Sedangkan *website* dinamis, apabila ingin mengubah konten yang terdapat dalam *website* tersebut dapat dilakukan dengan mudah tanpa harus membuka *source code* dan dapat diperbarui secara berkala. Hal ini disebabkan konten *website* disimpan di *database*. Halaman *website* yang dinamis biasanya ditulis dalam bahasa pemrograman *server side* seperti PHP, ASP, JSP dan lainnya[17].

2.7. MySQL

MySQL adalah DBMS yang *open source* dengan dua bentuk lisensi, yaitu *Free Software* (perangkat lunak bebas) dan *Shareware* perangkat lunak berpemilik yang penggunaanya terbatas). Jadi MySQL adalah *database server* yang gratis dengan lisensi *General Public Licence* (GPL) sehingga dapat dipakai untuk keperluan pribadi atau komersial tanpa harus membayar lisensi yang ada. MySQL masuk ke dalam jenis RDBMS (*Relational database Management Sistem*). Maka dari itu, istilah semacam baris, kolom, tabel, dipakai pada MySQL.

MySQL merupakan *database engine* atau *server database* yang mendukung bahasa *database SQL* sebagai bahasa interaktif dalam mengelola data. MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL atau DBMS yang *multithread*, *multi-user*[18].

2.8. HTML

HTML adalah *Hypertext Markup Language* yang artinya ada sebuah teks berbentuk *link* dan mungkin juga foto atau gambar yang saat di klik, akan membawa pengakses internet dari satu gambar yang saat di klik, akan membawa si pengakses berpindah dari satu tempat lainnya, dibuatlah semacam dokumen yang nanti akan disebut dengan istilah *website*. Untuk membuat *website*, membutuhkan *markup* yaitu *tag* (semacam kode) yang mengatur bagaimana *website* tersebut akan ditampilkan di jendela *browser*. Terakhir, HTML adalah semacam bahasa yang ditunjukkan oleh kata *Languange* yang merupakan penunjuk bahwa HTML adalah semacam *script* pemrograman[19].

2.9. PHP

PHP singkatan dari *Hypertext Preprocessor* yaitu bahasa pemrograman *web server-side* yang bersifat *open source*. PHP merupakan *script* yang terintegrasi dengan HTML dan berada pada *server (server side HTML embedded scripting)*. PHP adalah *script* yang digunakan untuk membuat halaman *website* yang dinamis. Mekanisme ini menyebabkan informasi yang diterima *client* selalu yang terbaru/*up to date*. Semua *script* PHP eksekusi pada *server* dimana *script* tersebut dijalankan[20].

2.10. Raspberry Pi

Raspberry Pi 4 Model B merupakan peningkatan kecepatan dan kinerja dari model sebelumnya. *Raspberry Pi* dikembangkan oleh *Raspberry Pi Foundation* yang berasal dari Cambridge, Inggris. *Raspberry Pi 4* cocok digunakan untuk sistem yang menerapkan *artificial intelligence*, *deep learning*, dan *machine learning* karena memiliki kinerja yang baik.



Gambar 2.4 Raspberry Pi 4 Model B

Pada penelitian ini, *raspberry pi* berfungsi untuk mengontrol *speaker* yang terhubung berdasarkan kondisi yang diterima oleh kamera, kamera yang berfungsi sebagai *input* akan mengirim video pada sistem untuk proses komputasi program.

2.11. Webcam

Webcam Logitech C270 merupakan salah satu produk dari *logitech*. *webcam* ini memiliki konektivitas USB dan *microphone build-in*.



Gambar 2.5 Logitech C270 [21]

Webcam ini memiliki resolusi 0.9 megapixel dengan resolusi tangkapan 1042x768 menggunakan VGA sensor dan bisa mencapai 30 fps. Untuk mengoperasikannya dibutuhkan sistem minimum 1GB ram, processor 1,6 Ghz dan USB port 2.0.

2.12. Speaker

Speaker merupakan sebuah aktuator yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. *Speaker* terdiri dari dua kategori yaitu *speaker* aktif dan *speaker* pasif. *Speaker* aktif merupakan *speaker* yang terdapat *amplifier* didalamnya, sedangkan *speaker* pasif merupakan *speaker* yang tidak terdapat *amplifier* didalamnya.



Gambar 2.6 Speaker [22]

Pada penelitian ini *speaker* yang digunakan adalah *speaker* aktif yang berfungsi untuk memberikan peringatan kepada pekerja yang tidak menggunakan APD dengan lengkap dan notifikasi ketika melakukan akses dengan *tag RFID*.

2.13. RFID

RFID merupakan teknologi identifikasi berbasis gelombang radio. Teknologi ini mampu mengidentifikasi berbagai objek secara simultan tanpa diperlukan kontak langsung (atau dalam jarak pendek). Sensor RFID adalah sensor mengidentifikasi objek menggunakan *frekuensi radio*. RFID adalah teknologi identifikasi yang fleksibel, mudah digunakan, dan sangat cocok untuk operasi otomatis. Pada sistem RFID umumnya, tag atau transponder ditempelkan pada suatu objek.



Gambar 2.7 RFID [23]

Setiap tag membawa dapat membawa informasi yang unik, di antaranya: serial number, model, warna, tempat perakitan, dan data lain dari objek tersebut. Ketika tag ini melalui medan yang dihasilkan oleh pembaca RFID yang kompatibel, tag akan mentransmisikan informasi yang ada pada tag kepada pembaca RFID, sehingga proses identifikasi objek dapat dilakukan [23].

2.14. Confusion Matrix

Confusion matrix atau yang biasa dikenal dengan *error* matriks merupakan metode yang biasa digunakan dalam mengevaluasi kinerja dari suatu model.

Tabel 2.1 Confusion Matrix

		Actual Values	
		Positive	Negative
Predicted Values	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

Seperti yang terlihat pada table 2.1, *confusion matrix* terdiri :

- a. *True Positive* (TP), data positif yang diprediksi benar.
- b. *True Negative* (TN), data negative yang diprediksi benar.
- c. *False Positive* (FP), data negative namun diprediksi sebagai data positif.

d. *False Negative* (FN), data positif namun diprediksi sebagai data negatif

Metode *confusion matrix* dapat digunakan untuk melihat kinerja model seperti :

a. *Accuracy* (Akurasi)

Akurasi merupakan nilai yang menggambarkan seberapa tepat model yang telah dirancang dalam mengklasifikasikan sebuah data, rumus dari akurasi adalah :

$$\text{Akurasi} = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)}$$

b. *Precision* (Presisi)

Presisi merupakan nilai yang menggambarkan banyaknya bacaan dengan akurasi yang tinggi terhadap nilai keseluruhan prediksi positif, rumus dari presisi adalah :

$$\text{Presisi} = \frac{(TP)}{(TP+FP)}$$

c. *Recall* (Sensitivitas)

Sensitivitas merupakan nilai yang menggambarkan seberapa banyak prediksi positif yang benar dibandingkan dengan seluruh data positif, rumus dari *recall* adalah :

$$\text{Sensitivitas} = \frac{(TP)}{(TP+FN)}$$

2.15. Spesifikasi Server

Pada penelitian ini, komputasi dari program akan dilakukan pada GPU *server*, yang mana *server* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi *Server*

<i>Spesification</i>	ASUS TUF Gaming F15
<i>Processor</i>	Intel® Core™ i5-10300H Processor 2.5 GHZ (8M Cache, up to 4.5 GHz, 4 cores)
<i>Grapics</i>	NVIDIA® GeForce GTX™ 1650 , 4GB GDDR6
<i>Memory</i>	8GB DDR4 SO-DIMM(2933MHz for i5-10300H/i7-10750H/i7-10870H), Max Capacity:32GB
<i>Storage</i>	512GB PCIe® 3.0 NVMe™ M.2 SSD

2.16. Aplikasi Meter Kebisingan

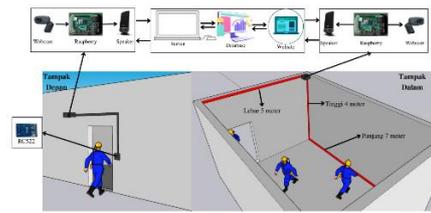
Merupakan sebuah aplikasi *smartphone* yang dapat mengganti alat meter kebisingan yang memiliki rating 4.9 dengan 238 ribu ulasan pada *playstore* [24]. Pada penelitian ini, aplikasi digunakan untuk melihat tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh *speaker* ketika aktif dan tidak aktif pada ruangan pengujian.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Umum Sistem

Untuk memenuhi tujuan penelitian, rancangan sistem harus sesuai dengan kebutuhan fungsional maupun non-fungsional. Sistem digambarkan dari beberapa komponen yang saling terhubung seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Pada Gambar 3.1 menggambarkan posisi komponen agar dapat berfungsi dengan baik. Pada bagian depan, terdapat *box* berisi *webcam*, *raspberry*, dan *speaker* yang berfungsi untuk menangkap gambar dari pekerja dari arah atas agar seluruh badan pekerja tertangkap

oleh kamera dan data akan dikirim ke *server* untuk proses deteksi *safety helmet* dan *safety shoes* pekerja.



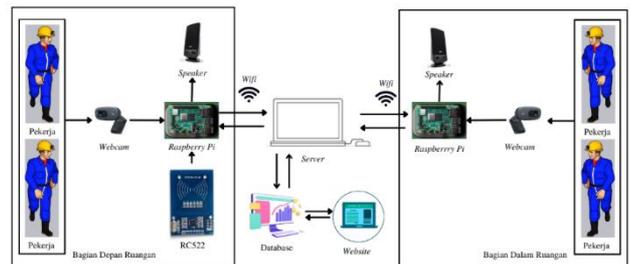
Gambar 3.1 Rancangan Umum Sistem

RC522 yang berada didekat pintu digunakan untuk proses absensi pekerja, kamera bagian depan akan menyala ketika pekerja menempelkan kartu yang terdaftar, dan dilakukan proses deteksi APD.

Pada bagian dalam terdapat *box* berisi *webcam*, *raspberry*, dan *speaker* yang berada disudut atas ruangan untuk melakukan pengawasan kepada pekerja agar pekerja selalu menggunakan APD, ketika pekerja tidak menggunakan APD maka sistem akan mengirim informasi berupa tanggal, jam, dan gambar ke *database* serta *speaker* akan aktif memberikan alarm peringatan.

3.2. Rancangan Proses

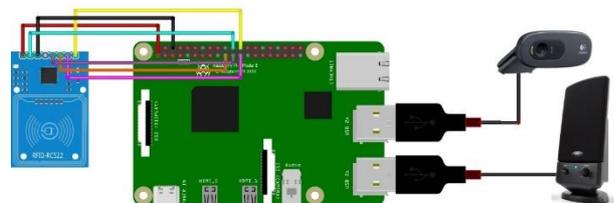
Pada tahapan ini dijelaskan bagaimana hubungan seluruh sistem mampu bekerja dengan baik untuk diimplementasikan pada zona wajib menggunakan APD, sehingga dapat menjaga keamanan pekerja saat melakukan aktifitas.



Gambar 3.2 Rancangan Umum Sistem Secara Keseluruhan

Gambar 3.2 merupakan rancangan umum sistem secara keseluruhan dimana terdapat dua bagian, yaitu bagian depan ruangan yang terdapat kamera untuk mendeteksi pekerja sebelum masuk kedalam ruangan dan proses RFID untuk akses masuk kedalam ruangan, ketika akses berhasil maka *server* akan memberikan informasi pekerja pada *database*.

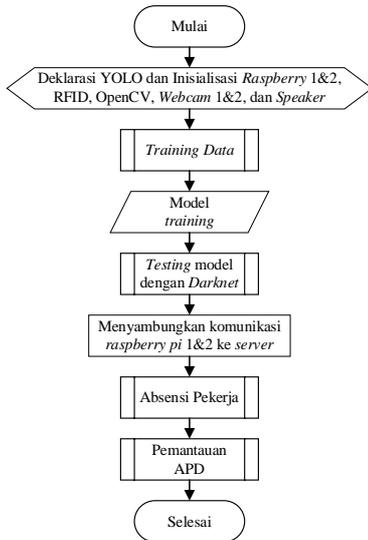
Pada bagian dalam ruangan terdapat kamera untuk pemantauan pemakaian APD pekerja, ketika pekerja tidak menggunakan APD kamera akan mengambil gambar dan mengirim ke *database*, lalu *server* akan memberikan *trigger* pada *speaker* untuk memutar *file audio* yang telah disimpan berdasarkan kondisi pada saat itu.



Gambar 3.3 Skematik Rangkaian

Berdasarkan Gambar 3.3 modul RC522 terhubung ke *raspberry pi* melalui SPI yang ada pada GPIO dengan SDA terhubung pada GPIO8, SCK terhubung pada GPIO11, MOSI terhubung pada

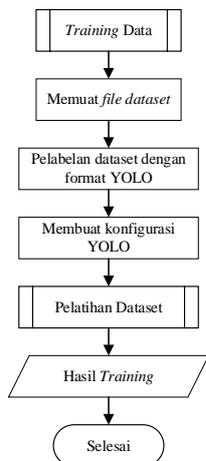
GPIO10, MISO terhubung pada GPIO09, GND terhubung pada pin 6, RST terhubung pada GPIO25, dan 3.3v terhubung pada pin 1, lalu kamera beserta speaker terhubung pada raspberry pi melalui port USB.



Gambar 3.4 Flowchart Umum Sistem

Gambar 3.4 merupakan alur proses dari sistem secara keseluruhan. Pada awal proses dilakukan inisialisasi dan deklarasi sistem yang digunakan pada server seperti pengenalan YOLO, dua buah raspberry pi, RFID, library OpenCV, dua buah webcam, dan dua buah speaker. Setelah itu dilakukan proses training dari dataset yang diambil dari gambar pekerja yang bervariasi, proses training ini akan menghasilkan model yang akan digunakan untuk mendeteksi APD dari pekerja. Setelah itu dilakukan proses testing dengan menggunakan framework darknet untuk melihat akurasi dari model yang ada.

Setelah itu dihubungkan server dengan raspberry pi dan inisialisasi rtsp untuk live streaming dari webcam pada raspberry pi agar menjadi inputan dari pendeteksian APD pekerja. Kamera satu yang berada di luar ruangan akan melakukan proses absensi pekerja, dan kamera dua yang ada di dalam ruangan akan melakukan proses pemantauan APD dari pekerja.

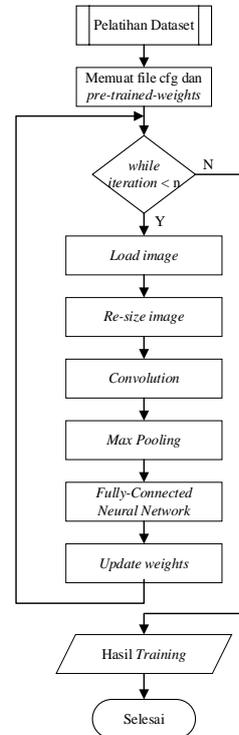


Gambar 3.5 Flowchart Training Data

Pada Gambar 3.5 dijelaskan proses training dimulai dari memuat file dataset yang berisi gambar pekerja. Setelah itu dilakukan pelabelan untuk dataset dengan menggunakan labeling, pelabelan dilakukan dengan melingkari pekerja yang menggunakan APD dengan lengkap, pekerja yang memakai

safety helmet saja, pekerja yang memakai safety shoes saja, dan pekerja yang tidak menggunakan APD sama sekali, lalu setiap foto disimpan dengan menggunakan format YOLO.

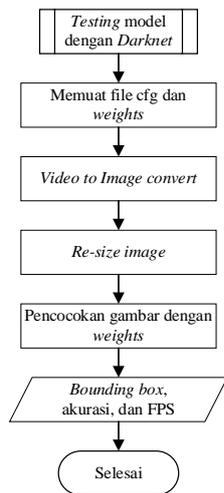
Kemudian dibuat sebuah file konfigurasi untuk menyesuaikan hasil label dengan model yang akan diinginkan, dimana pada file konfigurasi di set nilai untuk data train sebesar 80 persen dan data test sebesar 20 persen. Setelah itu dilakukan proses pelatihan dataset untuk mendapatkan model yang memiliki akurasi yang tinggi.



Gambar 3.6 Flowchart Pelatihan Dataset

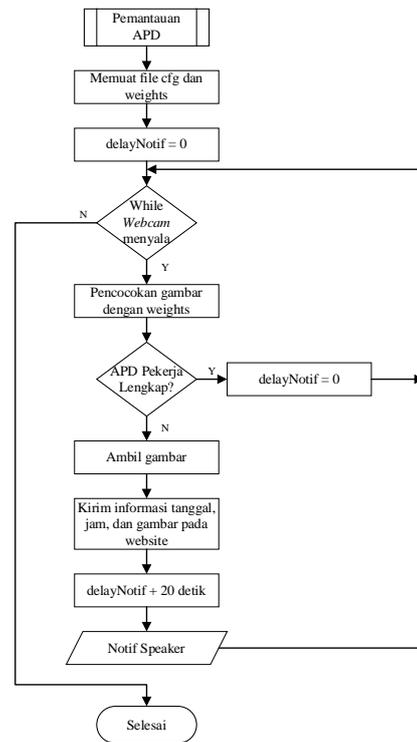
Pada Gambar 3.6 dijelaskan proses diawali dengan memuat file konfigurasi dan file pre-trained-weights untuk modal awal melakukan proses pelatihan. Setelah itu proses pelatihan akan berjalan selama set iteration yang dilakukan pada file konfigurasi. Gambar pada dataset akan diambil dan ukurannya akan disesuaikan dengan setingan yang ada pada konfigurasi, setelah itu gambar akan beberapa kali di konvolusi dengan layer yolo dan di pooling, hasil akhir dari dari tahap konvolusi dan pooling akan dilakukan flattening yaitu mengubah matriks menjadi vektor tunggal.

Vektor tunggal tersebut akan menjadi input pada fully-connected-neural-network, pada proses fully-connected-neural-network ini akan terjadi forward propagation dan back propagation yang bertujuan untuk meminimalkan nilai dari cost function, cost function merupakan nilai perbandingan antara nilai sesungguhnya dengan output model saat itu. Ketika nilai cost function sudah minim, maka model akan di update dan proses akan diulang kembali dengan data baru.



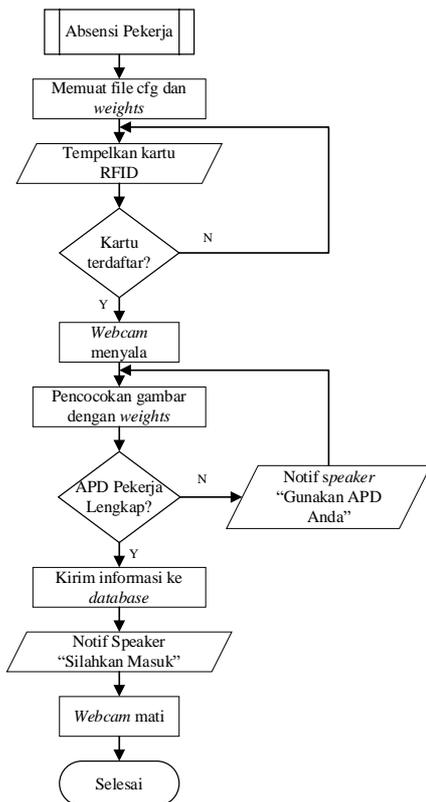
Gambar 3.7 Flowchart Testing Data

Pada Gambar 37 digambarkan program diawali dengan memuat file konfigurasi dan model yang sudah di *training* sebelumnya, setelah itu selama kamera menyala video akan diubah menjadi gambar, lalu ukuran setiap gambar akan disesuaikan dengan file konfigurasi, setelah itu dilakukan perbandingan gambar dengan model yang telah ada, lalu pada layar akan ditampilkan *bounding box*, tingkat akurasi, dan FPS.



Gambar 3.9 Flowchart Pemantauan APD

Pada Gambar 3.9 dijelaskan bahwa program dimulai dengan memuat file konfigurasi dan model, lalu di inialisasi nilai variabel *delayNotif* yang bertujuan untuk durasi pada *speaker* menyalakan peringatan. Selama *webcam* menyala video akan diproses untuk pencocokan gambar dengan model yang telah dirancang, ketika sistem mendeteksi pekerja tidak menggunakan APD dengan lengkap maka informasi berupa tanggal, jam, dan gambar akan dikirim ke *database* dan *delayNotif* akan ditambah selama dua puluh detik dan *speaker* akan menyala, ketika pekerja telah menggunakan APD dengan lengkap maka durasi *speaker* akan kembali menjadi nol.



Gambar 3.8 Flowchart Absensi Pekerja

Pada Gambar 3.8 dijelaskan bahwa program dimulai dengan memuat file konfigurasi dan model, ketika kartu RFID terdaftar pada sistem maka *webcam* akan menyala. Tangkapan gambar dari *webcam* dicocokkan dengan model yang telah ada, ketika sistem mendeteksi pekerja tidak menggunakan APD dengan lengkap maka *speaker* akan memberikan notifikasi untuk menggunakan APD, ketika pekerja menggunakan *safety shoes* dan *safety helmet* maka informasi absensi dari pekerja dikirim ke *database* dan *speaker* akan memberikan notifikasi untuk mempersilahkan pekerja masuk lalu *webcam* mati.

3.3. Rancangan Database

Untuk rancangan *database* pada sistem ini terdapat beberapa tabel yaitu tabel pekerja, tabel pelanggaran, tabel admin, dan tabel absensi sebagai berikut:

a. Tabel Pekerja

Tabel pekerja ini digunakan untuk menyimpan data pekerja yang terdiri dari *id_pekerja* dan *nama_pekerja*.

b. Tabel Pelanggaran

Tabel pelanggaran ini digunakan untuk menyimpan informasi penting berupa tanggal, jam, dan gambar dari pekerja yang tidak menggunakan APD dengan baik.

c. Tabel Admin

Tabel admin ini digunakan untuk menyimpan data admin yang terdiri dari *id_admin*, *username*, dan *password* yang berfungsi untuk menginputkan pekerja yang melanggar.

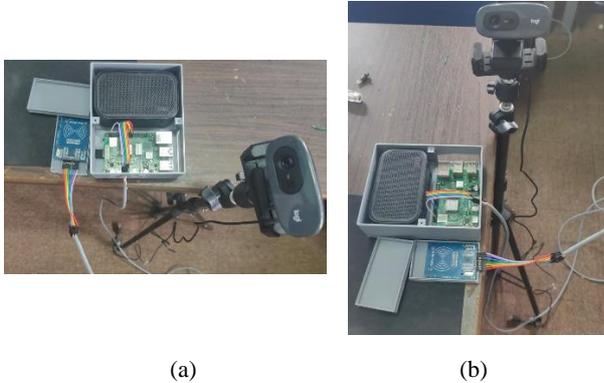
d. Tabel Absensi

Tabel absensi ini digunakan untuk menyimpan data dari pekerja yang telah melakukan absensi. Pada tabel ini terdapat *field* tanggal absen yang akan digunakan untuk pencocokan dengan *field* tanggal pelanggaran yang ada pada tabel pelanggaran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem terdiri dari *Raspberry Pi 4 Model B*, *Server*, *Webcam Logitech C270*, *Speaker Mifa M1*, dan modul *RFID RC522*. Implementasi perangkat keras pada sistem diperlihatkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Implementasi Perangkat Keras (a) atas (b) samping Berikut penjelasan dari Gambar 4.1 sebagai berikut,

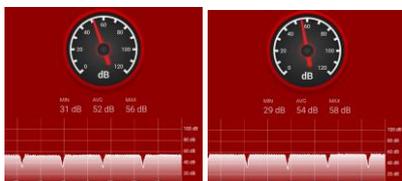
- Raspberry Pi 4 Model B* berfungsi sebagai *Single Board Computer* yang dapat memproses instruksi, masukan, dan berinteraksi dengan *server* lalu memberikan hasil keluaran sesuai yang diinginkan.
- Server* berfungsi sebagai pemrosesan utama untuk bagian dalam sistem, dimana *GPU server* digunakan untuk pemrosesan pendeteksian APD dari pekerja yang ditangkap oleh kamera. *Server* yang berupa laptop juga digunakan sebagai *server* untuk *website* dan *database*.
- Webcam Logitech C270* berfungsi untuk menangkap gambar dan merekam video aktivitas manusia dengan resolusi video maksimal 720p30 dengan resolusi kamera 3 MP.
- Speaker Mifa M1* berfungsi sebagai *output* dari sistem yang memberikan informasi mengenai proses absensi dan notifikasi pelanggaran dalam penggunaan APD.
- Modul *RC522* berfungsi untuk membaca kode unik yang ada pada tag *RFID* dan memberikan *trigger* kepada *webcam* untuk melakukan proses pemantauan pertama dan absensi.

4.2. Pengujian dan Analisa

Pengujian serta analisa pada penelitian ini dilakukan pada tiga tahapan yaitu, pengujian dan analisa terhadap perangkat keras, pengujian dan analisa terhadap perangkat lunak, serta pengujian terhadap keseluruhan sistem berdasarkan fungsionalitas sistem dan non-fungsionalitas sistem.

4.2.1. Pengujian Speaker

Pengujian *speaker* ini dilakukan untuk menguji apakah *speaker Mifa M1* yang digunakan dapat mengeluarkan peringatan dan notifikasi kepada pekerja pada jarak yang berbeda beda.



Gambar 4.1 Pengujian Speaker berdasarkan Intensitas Suara

Pengujian *speaker* dilakukan dengan cara melihat intensitas suara yang ada pada ruangan dengan menggunakan aplikasi meter kebisingan yang di-*install* pada *smartphone*. Pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Pengujian *Speaker* berdasarkan Intensitas Suara

No	Kondisi <i>Speaker</i>	Jarak	Mean	Keterangan
1	Off	-	28dB	Intensitas suara pada ruangan normal
2	On	100cm	54dB	<i>Speaker</i> terdengar sangat jelas
3	On	200cm	52dB	<i>Speaker</i> terdengar sangat jelas
4	On	300cm	49dB	<i>Speaker</i> terdengar sangat jelas
5	On	400cm	47dB	<i>Speaker</i> terdengar sangat jelas
6	On	500cm	46dB	<i>Speaker</i> terdengar sangat jelas
7	On	600cm	45dB	<i>Speaker</i> terdengar jelas
8	On	700cm	44dB	<i>Speaker</i> terdengar jelas
9	On	800cm	44dB	<i>Speaker</i> terdengar jelas
10	On	900cm	43dB	<i>Speaker</i> terdengar jelas

Berdasarkan Tabel 4.1, Pada saat kondisi normal tanpa ada notif dan peringatan dari *speaker*, rata-rata intensitas suara yang ada pada ruangan yaitu 28dB. Selanjutnya ketika *speaker* aktif memberikan peringatan, dilakukan pengujian berdasarkan jarak *speaker* terhadap *smartphone* dari jarak satu meter hingga sembilan meter, pada pengujian tersebut *speaker* sudah berhasil memberikan suara peringatan dan notifikasi kepada pekerja pada jarak satu hingga sembilan meter, tetapi pada jarak enam meter keatas suara peringatan dari *speaker* mulai terdengar redup walaupun masih terdengar jelas.

4.2.2. Pengujian RFID

Selanjutnya pengujian *RC522* ini bertujuan untuk dapat membaca nilai unik yang ada pada *tag RFID* dengan frekuensi 13.56Mhz.



Gambar 4.2 Pengujian *Speaker* berdasarkan Jenis *Tag* Pengujian dilakukan dengan menempelkan beberapa jenis tag seperti kartu *RFID*, *tag RFID*, dan e-*KTP* pada modul *RC522* dan melihat pada serial monitor kode unik dari tag tersebut.

Tabel 4.2 Pengujian ID *Tag* pada *RC522*

No	Jenis <i>Tag</i>	Frekuensi <i>RFID</i>	Kode <i>RFID</i>
1	Kartu <i>RFID</i> 1	13,56 MHz	[183, 234, 37, 43, 83]
	Kartu <i>RFID</i> 1		[136, 4, 125, 184, 73]
	Kartu <i>RFID</i> 1		[136, 4, 68, 185, 113]
2	<i>Tag RFID</i> 1	13,56 MHz	[73, 140, 233, 147, 191]
	<i>Tag RFID</i> 2		[14, 253, 66, 115, 194]
	<i>Tag RFID</i> 3		[12, 194, 79, 35, 162]

No	Jenis Tag	Frekuensi RFID	Kode RFID
3	e-KTP 1	13,56 MHz	[136, 4, 33, 96, 205]
	e-KTP 2		[136, 4, 116, 82, 170]
	e-KTP 3		[136, 4, 66, 135, 73]
4	Kartu RFID 1	13,56 MHz	Tidak terdeteksi
	Kartu RFID 2		Tidak terdeteksi
	Kartu RFID 3		Tidak terdeteksi

Berdasarkan pengujian diatas, modul RC522 berhasil membaca kode unik semua jenis RFID dengan frekuensi 13,56MHz jenis modul RC522 versi terbaru.

4.2.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian serta analisa sistem secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Pada pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan dari awal pekerja masuk, pengawasan pemakaian APD pekerja ketika berada didalam ruangan, sampai informasi pelanggaran yang akan tampil dan diakses pada *website*.

Pengujian yang akan dilakukan pada keseluruhan sistem ini dibagi menjadi dua bagian, pertama yaitu pengujian untuk bagian depan ruangan yang bertujuan untuk mendeteksi APD pekerja sebelum melakukan absensi, bagian dalam ruangan yang bertujuan untuk melakukan monitoring terhadap pemakaian APD pekerja, dan menguji apakah data informasi kejadian ditampilkan pada database.

Tabel 4.3 Pengujian Bagian Depan Ruangan

No	Kondisi RFID	Kondisi Kamera	Kondisi APD	Database	Speaker	Absensi
1	Tidak Terdaftar	Tidak Menyala	-	-	-	-
2	Terdaftar	Menyala	Complete	Record	Aktif Notif "Berhasil"	Berhasil
3	Terdaftar	Menyala	Complete	Record	Aktif Notif "Berhasil"	Berhasil
4	Terdaftar	Menyala	Complete	Record	Aktif Notif "Berhaisl"	Berhasil
5	Terdaftar	Menyala	Safety Shoes	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Helmet"	Gagal
6	Terdaftar	Menyala	Safety Shoes	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Helmet"	Gagal
7	Terdaftar	Menyala	Safety Shoes	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Helmet"	Gagal

No	Kondisi RFID	Kondisi Kamera	Kondisi APD	Database	Speaker	Absensi
8	Terdaftar	Menyala	Safety Helmet	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Shoes"	Gagal
9	Terdaftar	Menyala	Safety Helmet	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Shoes"	Gagal
10	Terdaftar	Menyala	Safety Helmet	-	Aktif Notif "Gunakan Safety Shoes"	Gagal
11	Terdaftar	Menyala	Incomplete	-	Aktif Notif "Gunakan Safey Helmet dan Safety Shoes"	Gagal
12	Terdaftar	Menyala	Incomplete	-	Aktif Notif "Gunakan Safey Helmet dan Safety Shoes"	Gagal
13	Terdaftar	Menyala	Incomplete	-	Aktif Notif "Gunakan Safey Helmet dan Safety Shoes"	Gagal

Pada Tabel 4.3 menggambarkan pengujian sistem yang berada pada depan ruangan. Pengujian ini bertujuan untuk melihat kelengkapan APD dan rekap absensi pada database dengan parameter utama kartu RFID pekerja. Pengujian dilakukan sebanyak 13 kali berdasarkan kartu RFID, kondisi APD pekerja, dan orang yang berbeda.



Gambar 4.3 Hasil Kamera Pengujian Depan Ruangan

Berdasarkan 13 pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses pada bagian depan ruangan berhasil melakukan pendeteksian kelengkapan APD dengan akurasi diatas 95% serta berhasil melakukan rekap absensi ketika pekerja menggunakan APD dengan lengkap dan memberikan peringatan kepada pekerja yang tidak menggunakan APD dengan lengkap.

Tabel 4.4 Pengujian Bagian Dalam Ruangan

No	Kondisi APD Pekerja	Jarak Pekerja	Database	Speaker	FPS
1	Complete	300	-	Off	9
		400	-	Off	9
		500	-	Off	9
		600	-	Off	9
		700	-	On	9
2	Safety Shoes	300	Record	On	0
		400	Record	On	6
		500	Record	On	5
		600	Record	On	5
		700	Record	On	10
3	Safety Helmet	300	Record	On	6
		400	Record	On	6
		500	Record	On	6
		600	Record	On	11
		700	Record	On	6
4	Incomplete	300	Record	On	4
		400	Record	On	4
		500	Record	On	5
		600	Record	On	5
		700	Record	On	5

Pada Tabel 4.4 menggambarkan pengujian sistem yang berada pada dalam ruangan. Pengujian ini bertujuan untuk pengawasan pemakaian APD dari pekerja ketika sedang berada di dalam ruangan dan memberikan notifikasi speaker ketika pekerja tidak lengkap menggunakan APD serta menguji apakah pelanggaran yang dilakukan pekerja ditampilkan pada website berdasarkan jarak yang berbeda beda.

No	Tanggal	Jam	Gambar	Nama Pekerja
1	2022-09-21	22:48:22		

Gambar 4.4 Tampilan Website Pelanggaran Pekerja

Berdasarkan pengujian sistem bagian dalam ruangan, dapat disimpulkan sistem berhasil melakukan pengawasan pemakaian APD secara realtime dan memberikan notifikasi pelanggaran berupa suara *speaker* dan informasi pelanggaran pada *website* dengan akurasi diatas 90% pada jarak tiga meter hingga lima meter dan mengalami penurunan akurasi ketika melebihi jarak enam meter keatas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dari rancang bangun sistem pengawasan pemakaian APD berbasis *Single Board Computer*, dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Sistem berhasil melakukan pengawasan pertama terhadap APD pekerja yang terdaftar sebelum melakukan absensi berdasarkan tag RFID dengan akurasi model rata-rata 91,6% diantara jarak tiga hingga delapan meter.
- Sistem berhasil mendeteksi APD pekerja secara realtime yang berada di dalam ruangan dengan kisaran *frame rate* dari 5 FPS hingga 11 FPS menggunakan model YOLOv4 dengan akurasi diatas 90% pada jarak tiga meter hingga tujuh meter.
- Sistem berhasil menyimpan informasi pekerja yang melanggar berdasarkan kelengkapan APD pekerja dengan menggunakan model YOLOv4 yang disimpan pada *database server* berdasarkan tanggal pelanggaran.
- Sistem berhasil memberikan peringatan berupa suara yang dikeluarkan dari speaker kepada pekerja yang tidak menggunakan APD dengan lengkap yang berada pada bagian depan ruangan maupun bagian dalam ruangan hingga jarak sembilan meter.
- Sistem berhasil menampilkan informasi pekerja yang melanggar secara langsung pada *website* melalui data yang diakses pada *database*.

5.2. Saran

- Sistem dirancang dengan menggunakan perangkat yang memiliki GPU dengan spesifikasi yang tinggi agar memiliki *frame rate* yang tinggi dalam melakukan pengolahan citra.
- Model dilatih dengan menggunakan dataset yang diambil dari lokasi tempat implementasi sistem dengan berbagai macam kondisi yang mungkin terjadi untuk meningkatkan akurasi model.
- Membuat model untuk mengklasifikasikan pekerja yang dapat diimplementasikan pada *website*.
- Website* dapat melakukan proses data *science* dengan *machine learning* untuk evaluasi kinerja pekerja.

REFERENCES

- Anonim. 2022. "Grafik Kecelakaan Kerja di Indonesia 5 Tahun Terakhir". <https://www.pelatihank3.co.id/informasi/grafik-kecelakaan-kerja-diindonesia-5-tahun-terakhir/> , diakses tanggal 11 Juni 2022, jam 14.03 WIB.
- Efison, Hendra. 2022. "Bulan K3 Semen Padang; Kecelakaan Kerja, Imej Perusahaan jadi Jelek". <https://padek.jawapos.com/kerjasama/semepadang/08/02/2022/bulan-k3-semen-padang-kecelakaan-kerja-imej-perusahaan-jadi-jelek/> , diakses tanggal 11 Juni 2022, jam 14.34 WIB.
- Mardiansyah, Donny (2021) *Deteksi Penggunaan Masker dan Absensi menggunakan YOLO pada Palang Pintu Kantor Otomatis berbasis Single Board Computer*. Diploma Thesis, Universitas Andalas.

- [4] Anindita, Rucitra Danny dan Rahman, Arief. 2012. *Perancangan Sistem Pendeteksi Alat Pelindung Diri menggunakan Teknologi Image Processing*.
- [5] Ulum, Miftachul dan Zakariya, Muhammad. Dkk. 2021. *Rancang Sistem Pendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) berbasis Image Processing*. Jurnal Ilmiah Teknik Informatika, Elektro, dan Kontrol. Vol. 1, No. 1. Mei 2021: 23-30.
- [6] Sari, Permata Tiara (2021) *Identifikasi Pelanggaran Lalu Lintas Kendaraan Beroda Dua dengan Metode Deep Learning*. Diploma Thesis, Universitas Andalas.
- [7] Gultom, Rohani. 2018. *Analisis Penggunaan Alat Pelindung Diri(APD) dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja(K3) Proyek Kontruksi di PT. Eka Paksi Sejati. Studi Kasus: Proyek Kontruksi untuk Pemboran Sumur Eksploirasi Titanium(TTN-001) Daerah Aceh Tamiang*. Jurnal Bisnis Corporate. Vol. 3, No. 1. Juni 2018: 92-124.
- [8] Anonim. 2020. “Pengertian dan Jenis-Jenis Alat Pelindung Diri”. <https://pelatihank3kemenaker.com/pengertian-alat-pelindung-diri/> Pengertian Alat_pelindung_Diri , diakses tanggal 13 Juni 2022, jam 12.54 WIB.
- [9] Harika, Janmanchi dan Baleeshwar, Palavadi. Dkk. 2022. *A Review on Artificial Intelligence with Deep Human Reasoning*. Salem. India
- [10] Li D dan Dong Y. 2014. *Deep Learning: Methods and Applications. Foundations and Trends in Signal Processing*. 7(3-4): 197–387.
- [11] Kevin Rahmat Trisnoyo dan Rian Ferdian. 2020. *Tabungan Pintar Berbasis Single Board Computer*. CHIPSET (Journal on Computer Hardware, Signal Processing Embedded System and Networking). Vol. 01, No. 02, 2020: 53-60.
- [12] Redmon, Joseph dan Divvala, Santosh. Dkk. *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*. Allen Institute : University Of Wasington.
- [13] Pathak, Ajeet Ram . Pandey, Manjusha. Siddharth Rautaray.2018. *Application of Deep Learning for Object Detection*. Bhubaneswar. India.
- [14] Herlambang, Mega Bagus. 2019. “Deep Learning: Convolution Neural Networks”. <https://www.megabagus.id/deep-learning-convolutional-neural-networks/4/> , diakses tanggal 14 Juni 2022, jam 13.35 WIB.
- [15] Farhadi, Ali. 2020. “Darknet: Open Source Neural Networks in C”. <https://pjreddie.com/darknet/> , diakses tanggal 14 Juni 2022, jam 15.27 WIB.
- [16] Kurniawan, Bagus dan Adji, Teguh Bharata. 2015. *Analisis Perbandingan Komputasi GPU dengan CUDA dan Komputasi CPU untuk Image dan Video Processing*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi). 16 Juni 2015 : 1-2.
- [17] Widia, Dewa Made dan Salnan Ratih Asrininingtias. 2021. *Cara Cepat dan Praktis Membangun Web Dinamis dengan PHP dan MySQL*. Malang : Universitas Brawijaya Pess.
- [18] Fitri, Rahimi. 2020. *Pemograman Basis Data Menggunakan MySQL*. Banjarmasin : Deepublish.
- [19] Enterpise, Jubilee. 2016. *Pengenalan HTML dan CSS*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- [20] Anhar. 2010. *Pamduan Mengusasai PHP & MySQL secara Otodidak*. Jakarta Selatan : PT TransMedia.
- [21] Litalia. 2021. “Pengertian Webcam, Fungsi Webcam dan Cara Kerja”. <https://www.jurnalponsel.com/pengertian-webcam-fungsi-webcam-dan-cara-kerja/> , diakses tanggal 15 Juni 2022, jam 09.05 WIB.
- [22] Priyandi, Hasif. 2022. “Perangkat Keras Komputer”. <https://www.pintarnesia.com/perangkat-keras-komputer/>, diakses tanggal 16 Juni 2022, jam 11.47 WIB.
- [23] Rahmi Eka Putri dan Ibnu Harsa Anshori,. 2019. Sistem Penerima Tamu Otomatis Pada Resepsi. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering) . Vol. 03, No. 02, 2019: 104–111.
- [24] Anonim. 2022. “Pengertian dan Jenis-Jenis Alat Pelindung Diri”.<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splenda.pps.decibel&hl=in&gl=US>. Aplikasi Meter Kebisingan , diakses tanggal 16 September 2022, jam 12.54 WIB.