

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Dari seluruh proses pengembangan produk, berikut beberapa hal yang bisa disimpulkan.

1. Sistem keamanan ini berusaha menurunkan tren kasus kecelakaan kerja, mendukung munculnya pekerjaan yang layak, dan mencegah penurunan kualitas hidup pekerja di Indonesia dengan mendeteksi kelengkapan APD pekerja pada lingkungan kerja dengan mesin produksi secara konstan. Apabila pekerja tidak mengenakan APD secara lengkap, sistem akan memberi peringatan selama beberapa saat, sebelum akhirnya mematikan mesin produksi.
2. Algoritme visi komputer mengidentifikasi APD tertentu dengan menggunakan model algoritme visi komputer SSD MobileNet V2 FPNLite 320x320 yang berfokus pada kecepatan dan SSD MobileNet V2 FPNLite 640x640 yang berfokus pada akurasi. Model tersebut di-*training* ulang dengan gambar-gambar berisi APD (helm, *wearpack*, dan sarung tangan) supaya model nantinya dapat mendeteksi APD tersebut.
3. Hasil deteksi algoritme visi komputer digunakan untuk menyalakan atau mematikan lampu LED *bar* dan *buzzer* (peringatan), serta mesin produksi dengan *relay* yang dikontrol oleh Raspberry Pi 4B.
4. *Input* dan *output* sistem, yaitu layar sentuh LCD, lampu LED *bar*, *buzzer*, stopkontak cabang untuk mesin produksi, dan tombol *on/off* bekerja dengan baik.
5. Nilai akurasi dan *F1 score* untuk tipe deteksi “*Low Speed High Accuracy*” adalah 0,95 dan 0,956, serta untuk tipe deteksi “*High Speed Low Accuracy*” adalah 0,538 dan 0,479. Tipe deteksi “*High Speed Low Accuracy*” kurang dapat mendeteksi objek terutama jika objek berukuran kecil di kamera disebabkan oleh ukuran aktual objek yang kecil atau jarak objek yang jauh dari kamera.
6. Memenuhi persyaratan untuk mendapatkan sertifikasi IP 20 yang berarti *enclosure* terlindungi dari benda asing padat lebih besar dari 12,5 milimeter, serta tidak ada perlindungan khusus terhadap masuknya air.

7. Sistem dapat mendeteksi kelengkapan APD jika sistem mendeteksi lebih dari 1 orang.
8. Ketika *face shield* helm tidak diturunkan, *wearpack* tidak dikancing, serta helm dan salah satu sarung tangan tidak dikenakan, tetapi masih terlihat oleh *webcam*, sistem tidak memberikan peringatan dan tidak mematikan lampu bohlam. Artinya adalah sistem masih mendeteksi pengguna memakai APD secara lengkap walaupun penggunaannya tidak sesuai. Hal ini dikarenakan sistem ini masih dalam tahap pengembangan awal atau protipe.

## 5.2 Saran

Berikut beberapa hal yang bisa disarankan untuk pengembangan produk selanjutnya.

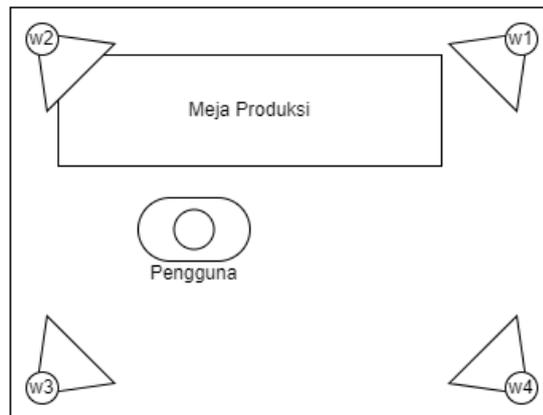
1. Meningkatkan Performa Deteksi dengan Modul Deteksi yang Lebih Kuat

Hasil pengujian model algoritme visi komputer menunjukkan bahwa pengguna harus memilih antara akurasi dan kecepatan deteksi. Pilihan tipe deteksi tercepat pun terbatas di kecepatan sekitar 2,4 fps. Keterbatasan performa ini diakibatkan oleh keterbatasan kemampuan komputasi modul deteksi yang dipakai sistem ini, yaitu Raspberry Pi 4B.

Untuk meningkatkan performa di pengembangan produk selanjutnya, apabila dimensi dan mobilitas produk bukan menjadi hambatan, modul deteksi dapat diganti menjadi komputer dengan GPU modern. Apabila tetap ingin mempertahankan dimensi dan mobilitas sistem, Coral USB *Accelerator* (ASIC untuk mempercepat komputasi AI dengan antarmuka USB, cocok untuk aplikasi *object detection*) dapat ditambahkan ke Raspberry Pi 4B atau memakai SBC yang lebih kuat.

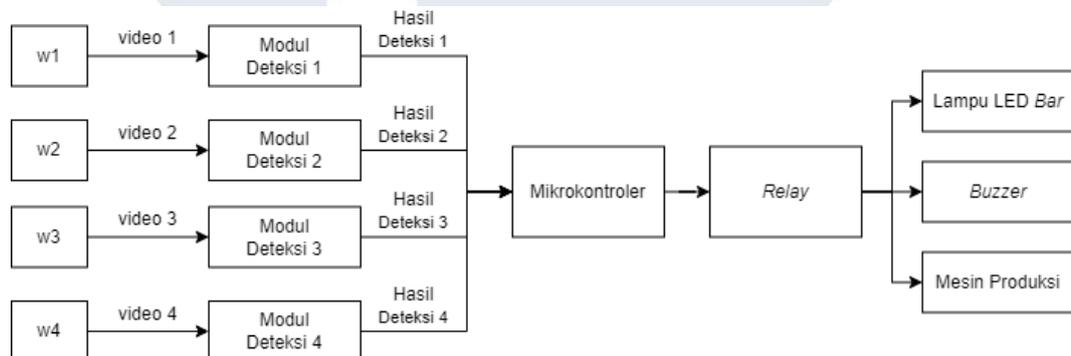
2. Menambah Jumlah *Webcam*

Tipe deteksi “*High Speed Low Accuracy*” mulai tidak dapat mendeteksi objek jika objek berukuran kecil di kamera seperti yang terlihat pada Gambar 3.55. Hanya menggunakan 1 *webcam* pun menimbulkan banyak *blindspot* terutama saat beberapa APD terletak sejajar terhadap *webcam* sehingga APD tersebut saling menutupi. Hal ini dapat diatasi dengan menambah *webcam* pada sistem.



Gambar 5.1 - Penempatan *Webcam* Terhadap Ruang yang Ideal

Diasumsikan pada Gambar 5.1 di atas, posisi pengguna dan *webcam* (w1) terhadap ruangan sama dengan pada Gambar 3.55. Mempertimbangkan jarak APD ke *webcam* dan eliminasi *blindspot* sebanyak mungkin, maka *webcam* (w2, w3, w4) dapat ditambahkan ke setiap sudut ruangan yang tersisa.



Gambar 5.2 - Diagram Blok Sistem Ideal

Dengan menggunakan 1 *webcam*, kecepatan deteksi tercepat hanya mencapai sekitar 2,4 fps. Menambahkan 3 *webcam* lagi ke modul deteksi sistem, yaitu Raspberry Pi 4B, akan membebani algoritme deteksi dan membuat kecepatan deteksi menjadi lebih rendah lagi. Oleh karena itu, modul deteksi ditambahkan juga untuk setiap *webcam*, seperti yang terlihat di Gambar 5.2.

1 modul deteksi bertanggung jawab untuk mendeteksi objek yang ditangkap oleh 1 *webcam*. Setiap modul deteksi akan memberi *output* hasil deteksinya berupa *boolean*. Apabila modul mendeteksi APD tertentu, maka *output*-nya adalah 1 dan sebaliknya adalah 0. APD yang dideteksi berjumlah 4, yaitu helm, *wearpack*, dan 2 sarung tangan, sehingga *output boolean* per modul pun berjumlah 4. Terdapat 4 modul sehingga total *output boolean*

adalah 16. *Output boolean* tersebut dapat disusun menjadi tabel seperti pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 - Contoh Tabel *Output Boolean* Modul Deteksi

HD APD	HD1	HD2	HD3	HD4
H	0	1	1	0
W	0	1	1	0
G1	1	1	1	0
G2	0	1	1	1

Keterangan:

- HD : Hasil deteksi
- H : Helm
- W : *Wearpack*
- G1 : Sarung tangan 1
- G2 : Sarung tangan 2

Jika posisi *webcam* diatur seperti pada Gambar 5.1, kemungkinan tabel *output boolean* akan menjadi seperti pada Tabel 5.1. Terlihat bahwa pada HD1 hanya 1 sarung tangan yang terdeteksi, yaitu G1 dan pada HD2 hanya G2 yang terdeteksi. Pada HD2 dan HD3, semua APD terdeteksi. HD2, HD3, dan HD4 membantu HD1 yang hasil deteksinya kurang tepat karena APD yang terlalu kecil di *webcam* atau APD yang terkena *blindspot*.

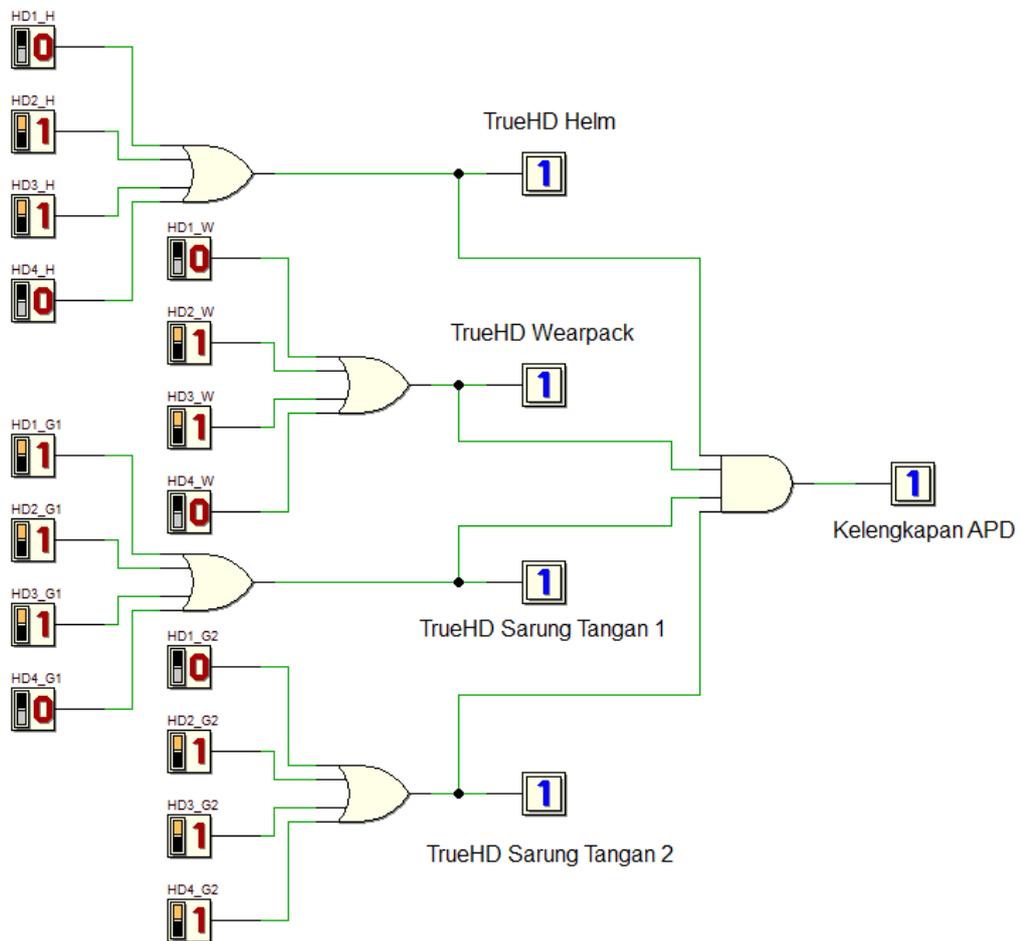
Apabila APD tertentu tidak terdeteksi di HD1, tetapi terdeteksi di HD2, HD3, atau HD4, maka dapat dinyatakan bahwa APD tersebut sebenarnya terdeteksi. Logika pemrosesan data tersebut adalah logika “*or*”. HD1, HD2, HD3, dan HD4 menjadi *input* dari logika “*or*” sehingga memberikan *output* TrueHD. Nilai TrueHD dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 - Tabel Kebenaran TrueHD

HD APD	HD1	HD2	HD3	HD4	TrueHD = HD1 + HD2 + HD3 + HD4
H	0	1	1	0	1
W	0	1	1	0	1
G1	1	1	1	0	1
G2	0	1	1	1	1

Pencarian nilai TrueHD dapat dilakukan oleh sebuah mikrokontroler. Gambar 5.3 di bawah ini merupakan representasi diagram logika dalam mencari nilai TrueHD. Nilai TrueHD inilah yang menjadi penentu apakah pengguna menggunakan APD dengan lengkap atau tidak. Apabila tidak

lengkap, maka mikrokontroler akan memerintahkan *relay* untuk memberikan peringatan dan mematikan mesin produksi seperti yang terlihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.3 - Diagram Logika TrueHD

### 3. Kompromi Ketika Mesin Produksi Tidak Bisa Dimatikan

Sistem ini akan mematikan mesin produksi ketika pekerja tidak menggunakan APD secara lengkap. Namun, ketika mesin produksi tidak bisa dimatikan karena alasan tertentu, seperti besarnya *initial cost*, waktu atau biaya, untuk menyalakan mesin tersebut, maka kompromi harus dilakukan. Salah satu kompromi yang bisa dilakukan adalah membuat sistem terus memberikan peringatan sampai pekerja menggunakan APD kembali, tetapi tidak mematikan mesin produksi.

#### 4. Solusi Sistem Masih Mendeteksi Pengguna Memakai APD Secara Lengkap Walaupun Penggunaannya Tidak Sesuai

Pada bagian 4.5 Pengujian Deteksi Terhadap Penggunaan APD yang Tidak Sesuai, dinyatakan bahwa ketika *face shield* helm tidak diturunkan dan *wearpack* tidak dikancing, sistem masih mendeteksi bahwa pengguna menggunakan APD tersebut dengan lengkap. Hal ini mungkin dikarenakan gambar untuk *training* model algoritme visi komputer hanyalah helm dan *wearpack*. Gambar tidak dibedakan secara spesifik seperti ketika helm dengan *face shield* dinaikkan, diturunkan, *wearpack* dikancing, dan tidak dikancing. Jika *training* model menggunakan gambar yang dibedakan secara spesifik tersebut, model akan mempunyai pengetahuan tentang perbedaan antara helm dengan *face shield* dinaikkan atau diturunkan dan *wearpack* dikancing atau tidak dikancing. Program kemudian dapat dibuat untuk mengklasifikasi helm dengan *face shield* dinaikkan dan *wearpack* dikancing sebagai *positive class*, serta sebaliknya sebagai *negative class*. *Positive class* akan dianggap sebagai menggunakan APD dengan sesuai dan *negative class* akan dianggap sebagai menggunakan APD dengan tidak sesuai.

Terdapat juga kondisi ketika helm dan sarung tangan tidak dikenakan, tetapi masih terlihat oleh *webcam*, sistem mendeteksi bahwa pengguna menggunakan APD tersebut dengan lengkap. Hal ini dapat diatasi dengan membuat model lebih dahulu mendeteksi kepala, badan, dan telapak tangan pengguna. Kemudian, ketika model mendeteksi *helm*, *wearpack*, dan sarung tangan, program dapat dibuat untuk membandingkan koordinat kartesius pusat deteksi kepala dengan *helm*, badan dengan *wearpack*, dan telapak tangan dengan sarung tangan. Apabila sama, dengan toleransi tertentu, maka dapat dinyatakan bahwa benar *helm* sudah dipakai di kepala, *wearpack* di badan, dan sarung tangan di tangan. Apabila tidak, maka sistem akan menganggap pengguna tidak menggunakan APD secara lengkap.

U N I V E R S I T A S  
M U L T I M E D I A  
N U S A N T A R A