

Pengembangan Aplikasi Deteksi Objek Rokok dan Kegiatan Merokok Menggunakan Algoritma YOLOv3

Muhammad Ikhsan Gojali¹⁾, Edwin Lesmana Tjong²⁾

^{1,2)} Informatika, Fakultas Ilmu Komputer dan Desain, Institut Teknologi dan Bisnis Kalbis

Jalan Pulomas Selatan Kav. 22, Jakarta 13210

Email: ikhsangojali@gmail.com

Email: edwin.tjong@kalbis.ac.id

Abstract: This research aims to create an application that can help supervise smoking activities using a deep learning algorithm, namely YOLOv3. Using 2 methods for development, the incremental for software development life cycle and black box testing. The dataset used image that collected from the internet sites and camera footage depicting of cigarette objects and smoking activities. The dataset was trained and tested using a split test application by separating the data into two datasets, for a separation is 85% for test and 15% for training. The model produces a mAP accuracy rate of 69.54% and average loss of 0.189, with a cigarette detection percentage rate of 60% to 71% and 40% to 90% for smoking activities. For distances that can be detected in the range of 3 to 4 meters.

Keywords: Deep Learning, YOLOv3, mAP, Average Loss, Split Test, Cigarette.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi yang dapat membantu melakukan pengawasan kegiatan merokok menggunakan algoritma deep learning yaitu YOLOv3. Menggunakan 2 metode untuk pengembangan yaitu metode software development life cycle inkremental dan metode pengujian black box. Dataset yang digunakan berupa data gambar yang dikumpulkan dari situs internet dan rekaman kamera yang menggambarkan objek rokok dan kegiatan merokok. Dataset dilatih dan diuji menggunakan penerapan split test dengan memisahkan data menjadi dua dataset, untuk jumlah pemisahan 85% untuk uji dan 15% untuk latih. Model menghasilkan tingkat akurasi mAP sebesar 69,54% dan average loss sebesar 0,189, dengan tingkat persentasi deteksi rokok sebesar 60% sampai 71% dan 40% sampai 90% untuk kegiatan merokok. Untuk jarak yang dapat terdeteksi dikisaran 3 sampai 4 meter.

Kata kunci: Deep Learning, Yolov3, mAP, Average Loss, Split Test, Rokok.

I. PENDAHULUAN

Rokok merupakan hasil olahan dari tembakau kering yang terbungkus sehingga berbentuk seperti cerutu [1]. Indonesia merupakan negara dengan tingkatan konsumsi rokok yang sangat besar. Menurut WHO (*World Health Organization*) pada tahun 2021 diperkirakan 25% penduduk Indonesia mengkonsumsi rokok secara rutin [2]. Kegiatan mengonsumsi rokok ini bisa disebut sebagai kegiatan merokok. Merokok merupakan suatu aktivitas membakar rokok lalu menghisapnya dan menghembuskannya keluar yang dapat memunculkan suatu asap yang bisa terhisap oleh orang lain [3].

Pemerintah Indonesia sudah menerapkan beberapa peraturan guna memberikan hak asasi manusia berupa kesehatan kepada masyarakat yang tidak menggunakan rokok dengan cara menerapkan Kawasan Tanpa Rokok (KTA) [4]. walaupun Kawasan Tanpa Rokok (KTA) sudah diterapkan masih saja adanya beberapa

masyarakat yang melakukan kegiatan merokok secara diam-diam atau terang-terangan di kawasan tersebut karena tidak adanya pengawasan.

Adanya penelitian yang ditulis oleh Romi Mulyadi pada tahun 2022 dengan judul “Rancangan Bangun Sistem Monitoring Deteksi Asap Rokok dan Rokok Menggunakan Framework Tensorflow Berbasis Webcam Secara RealTime” yang mana penelitian ini menggunakan algoritma Faster R-CNN sebagai metode untuk computer dapat mendeteksi objek, dalam penelitian tersebut menghasilkan rata-rata tingkat akurasi sebanyak 50% - 99% pada setiap pengujian [5]. Dari penelitian tersebut algoritma Faster R-CNN dapat diimplementasikan untuk memproses objek deteksi.

Merujuk dari penelitian tersebut, algoritma yang digunakan untuk mendeteksi objek merupakan salah satu teknik dari *deep learning*. *Deep learning* memiliki banyak algoritma yang dapat digunakan seperti *Faster*

R-CNN, R-FCN, YOLO, dan SSD. Algoritma ini memiliki kelebihan dan kekurangan jika dilakukan perbandingan, tetapi akurasi dalam mendeteksi objek tidak terpaut jauh perbedaannya. Namun untuk melakukan proses training data, algoritma YOLO memiliki proses yang lebih cepat. Hal ini dapat terjadi karena, akurasi dari *frame per second* (FPS) yang dihasilkan oleh algoritma YOLO lebih tinggi, ini merujuk dari percobaan yang dilakukan oleh Jonathan Hui [6].

Dari keterangan tersebut, algoritma YOLO mampu melakukan proses objek deteksi dengan akurasi yang tidak terpaut jauh dengan algoritma *deep Learning* lainnya, namun memiliki kelebihan proses pembacaan FPS yang sangat cepat. Hal ini menjadikan algoritma YOLO dapat mengimplementasikan proses deteksi objek secara real time maupun video footage dengan kemampuan proses deteksi dengan dataset yang banyak.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini akan mengembangkan suatu aplikasi yang dapat mendeteksi objek rokok serta kegiatan merokok menggunakan algoritma YOLOv3. Adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu proses pengawasan terhadap kawasan tanpa rokok.

A. Computer Vision

Computer vision merupakan transformasi ataupun perubahan dari data-data yang bisa berbentuk gambar diam maupun video kamera menjadi bentuk lain ataupun satu representasi baru. *Computer vision* bisa didefinisikan dengan pengertian pengolahan citra yang berhubungan dengan akuisisi citra, pemrosesan, klasifikasi, penanganan, dan pencakupan keseluruhan. Pengambilan keputusan yang diiringi pengidentifikasian citra [7].

B. YOLO

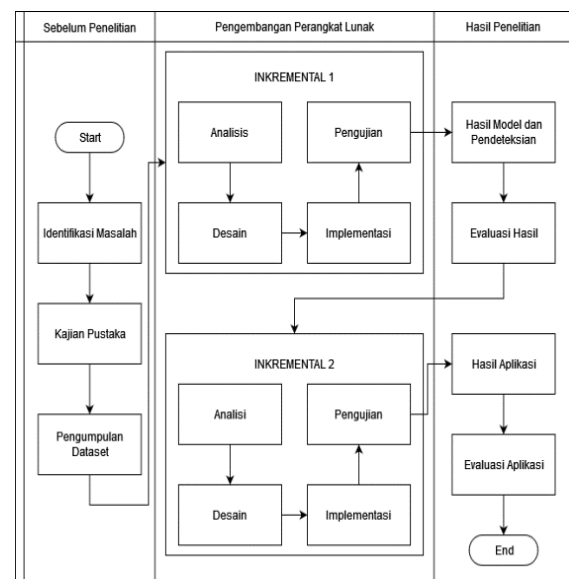
You only look once (YOLO) adalah sebuah algoritma yang dikembangkan untuk mendeteksi sebuah objek secara *real-time*. Sistem pendeteksian yang dilakukan adalah dengan menggunakan *repurpose classifier* atau *localizer* untuk melakukan deteksi [8].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 2 metode untuk mengembangkan aplikasi, Metode pertama menerapkan *software development life cycle* (SDL) incremental.

Pada metode inkremental memiliki beberapa tahapan [9], tahapan ini meliputi:

1. Analisis
Tahap ini merupakan tahap untuk melakukan analisis kebutuhan yang akan digunakan di setiap inkremental.
2. Desain
Tahap ini merupakan tahap untuk membuat desain sistem atau aplikasi yang akan dihasilkan.
3. Implementasi
Tahap ini merupakan tahap untuk melakukan implementasi terhadap desain kedalam bentuk kode program.
4. Pengujian
Tahap ini merupakan tahap untuk melakukan pengujian terhadap program yang sudah dibuat.



Gambar 1 Proses Penelitian

Gambar 1 merupakan proses penelitian yang terjadi untuk mengembangkan aplikasi pendeteksian objek rokok dan kegiatan merokok.

A. Pembuatan Dataset

Dalam pembuatan dataset terdapat beberapa cakupan yang ada, cakupan ini akan mengakibatkan *dataset* yang dibuat dapat

langsung digunakan untuk proses pembuatan model deteksi, cakupan ini meliputi:

- Pengumpulan *dataset*
Pengumpulan *dataset* dilakukan dengan mengambil gambar dari ruang lingkup internet seperti Google *images* dengan kata kunci “rokok”, “*smoking*”, dan “kegiatan merokok”, dan satu situs *website* yaitu Roboflow, untuk pengambilan gambar berupa objek rokok, seseorang memegang rokok, dan seseorang yang melakukan kegiatan merokok.
Selain mengumpulkan dari ruang lingkup internet, agar pengumpulan data semakin banyak, dilakukan pengambilan data dari hasil foto kamera *handphone* dan *webcam*. Pengumpulan *dataset* yang dilakukan menghasilkan jumlah data sebanyak 1600 gambar agar data ini bertambah sampai 3200 gambar, adanya proses modifikasi data yang terjadi. Proses modifikasi ini akan melakukan perubahan gambar secara rotasi, perubahan warna menjadi hitam putih, dan menggabungkan beberapa gambar menjadi satu, Modifikasi ini akan dimasukkan ke dalam *dataset*
- Pembuatan *label* pada data.
Pemberian *label* pada setiap data bisa diimplementasikan menggunakan aplikasi Labelimg. Penentuan deteksi objek pada algoritma YOLO berupa suatu *bounding box* yang memiliki kisi-kisi angka atau anotasi angka yang mewakili koordinat objek pada suatu gambar. Dalam pembuatan *label* ini akan menentukan 2 objek yang akan terdeteksi, yaitu *cigarette* (rokok) dan *smoking* (kegiatan merokok) Serta aplikasi labelimg akan menyimpan anotasi angka kedalam *file* dengan format *(nama_file).txt.

B. Inkremental Satu

Pada tahap inkremental ini akan melakukan pengembangan pendeteksian objek dengan model algoritma YOLOV3 yang akan menyesuaikan dengan *dataset* yang sudah dibuat.

1. Analisis

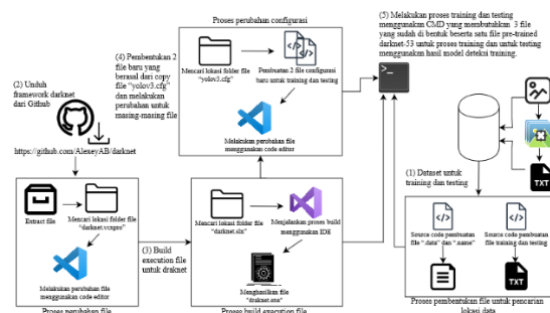
Dataset yang sudah dibuat akan melewati proses *spilt test* atau pemisahan *dataset*, pemisahan ini digunakan untuk proses *training* dan *testing*. Pemisahan ini akan mengambil 85% dari keseluruhan data yang dibuat untuk proses *training* dan sisanya yaitu 15% yang digunakan untuk proses *testing*.

Proses *training* dan *testing* akan dilakukan oleh *framework* darknet dengan *convolutional layers* sebanyak 53 lapis yang cocok digunakan oleh YOLOv3.

2. Desain

Desain arsitektur yang digunakan untuk proses *training* model menggunakan arsitektur *conversional layer* darknet-53. Jumlah *layer* yang digunakan adalah 106 *layer* dengan *konvolusi*, *shortcut*, dan penggabungan fitur (*concatenate*). Untuk model *pre-trained* yang digunakan untuk proses pembuatan model *training* menggunakan *pre-trained* yang tersedia di *website* pjpeg dengan nama *pre-trained* adalah darknet53.conv.74.

Untuk memperjelas apa yang akan terjadi pada tahap inkremental ini disediakan desain alur yang dapat memperjelas proses penggunaan *framework* darknet, proses pembuatan *file* yang dibutuhkan dan proses menjalankan *training* serta *testing* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur Proses Training dan Testing Menggunakan Darknet

3. Implementasi

Implementasi terhadap model yang akan dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python yang digunakan untuk melakukan proses *spilt test* dan pembuatan beberapa *file* yang dibutuhkan untuk mendeteksi lokasi *dataset*, serta menggunakan *framework* darknet untuk proses pembuatan model *training*.

4. Pengujian

Pengujian yang dilakukan menghasilkan empat model yang tersimpan disetiap 1000 iterasi yang menghasilkan nilai *Mean Average Precision* (mAP), serta mendapatkan nilai *Average loss* yang ada pada gambar grafik yang diproses oleh *framework* darknet.

C. Inkremental Dua

Pada tahap inkremental ini akan melakukan pengembangan aplikasi berdasarkan *Graphical User Interface* (GUI) serta pembuatan fungsi penyimpanan gambar untuk keadaan deteksi objek tertentu.

1. Analisis

Terdapat beberapa *elemen* yang dibutuhkan untuk pengembangan *mockup* aplikasi agar dapat berjalan serta *elemen* yang dibutuhkan untuk algoritma YOLOv3 dapat bekerja pada aplikasi. *Elemen* ini berhubungan dengan jalanya fungsi tombol yang ada pada *mockup* aplikasi serta pemilihan *input* lokasi (*path*) *file* dan *folder* yang dibutuhkan.

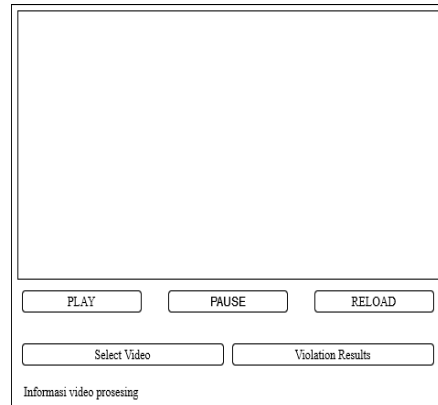
Elemen pada input *file* dan *folder* sangat mempengaruhi algoritma YOLOv3 untuk melakukan proses deteksi objek, oleh karena itu *elemen* ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui *path file* yang dibutuhkan dan *path folder* untuk menyimpan hasil proses.

2. Desain

Melakukan rancangan desain aplikasi yang dibuat dari aplikasi *qt designer* yang sudah disediakan oleh *pyqt5-tool* dan dikembangkan khusus untuk pembuatan *Graphical user interface* (GUI). Rancangan ini menghasilkan 2 halaman yaitu halaman utama dan halaman deteksi video. Hasil rancangan desain dapat dilihat pada Gambar 3, dan 4.

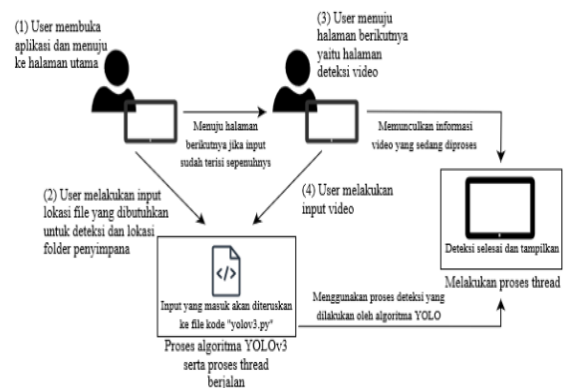


Gambar 3 Rancangan Desain Halaman Utama



Gambar 4 Rancangan Desain Halaman Deteksi Video

Selain itu agar memperjelas apa yang akan terjadi pada tahap inkremental ini disediakan desain alur yang dapat memperjelas proses aplikasi berjalan, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Alur Sistem Aplikasi dan Pendeteksian

3. Implementasi

Implementasi terhadap pembuatan GUI aplikasi serta proses penyimpanan gambar

pelanggaran menggunakan bahasa pemrograman Python serta pustaka Opencv, dan PyQt5. Selain itu menggunakan pustaka K-Lite diperlukan untuk menyambungkan aplikasi dengan *software* windows media player.

4. Pengujian

Pengujian akan menertapkan metode pengujian *black box*. Dengan jenis skenario *equivalent testing*, yang mana membuat sebuah skenario uji berdasarkan fungsionalitas dari setiap fungsi pada tampilan halaman aplikasi [10].

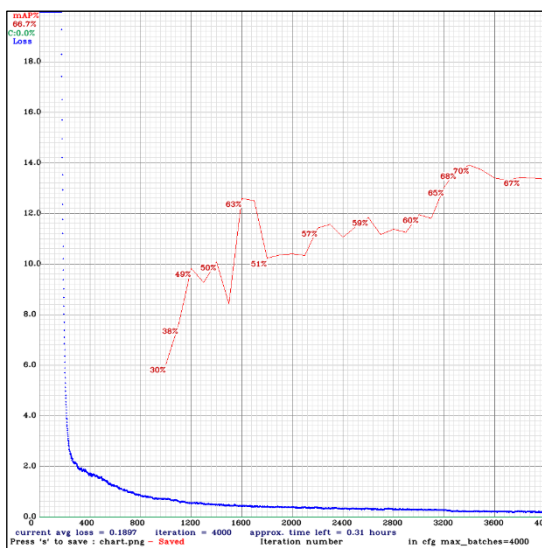
III. PEMBAHASAN

A. Inkremental Satu

Dalam inkremental satu akan melakukan pembahasan terhadap 2 hasil pengujian, yaitu hasil dari pelatihan model dan hasil dari pengujian model, pengujian model akan menggunakan 2 video dari hasil rekaman yang mengambil *point of view* (POV) CCTV di suatu ruangan.

1. Pelatihan Model

Pelatihan dilakukan sebanyak satu kali dengan jumlah *dataset* sebanyak 3200. Pelatihan ini menyesuaikan dengan jumlah *dataset* yang sudah terbuat. Untuk hasil pelatihan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Akurasi Map Dataset Sebanyak 3200

Dari hasil pelatihan, mendapatkan hasil tingkat akurasi antara 30% sampai 69%. Hasil akurasi ini diambil dari hasil pemodelan yang tersimpan di setiap 1000 iterasi. Untuk hasil dataset dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1 Tabel Perbandingan Hasi mAP

Iterasi	mAP	Average loss
1000	30,15%	0,764
2000	51,95%	0,489
3000	59,75%	0,243
4000	69,54%	0,189

Dari hasil table di atas dapat disimpulkan iterasi dengan nilai mAP tertinggi ada pada iterasi 4000 dengan nilai mAP sebesar 69,54% dengan nilai *average loss* sebesar 0,189. Karena hal ini model dengan iterasi 4000 akan digunakan untuk pengujian model.

2. Pengujian Model

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali terhadap beberapa video yang berbeda dengan menggunakan model yang sudah di ditentukan di pelatihan model.

Pengujian pertama dilakukan untuk meninjau kemampuan model dalam mendeteksi objek rokok dan kegiatan merokok dengan isi video yang mengambil *point of view* (POV) CCTV di suatu ruangan. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Pengujian Model 3200 Gambar

Pengujian ini menunjukkan tingkat keberhasilan model dalam mendeteksi objek dalam suatu video. Tingkat akurasi yang didapatkan dari pengujian ini sebesar 60% sampai 71% untuk objek rokok (cigarettes) dan

40% sampai 90% untuk kegiatan merokok (smoking), Hasil yang didapatkan dari pengujian model deteksi ini berupa keberhasilan model untuk mendeteksi 2 objek yang sudah dilatih dengan tingkat kecepatan pembacaan deteksi sebesar 15.8 FPS untuk GPU dan 3.9 FPS untuk CPU.

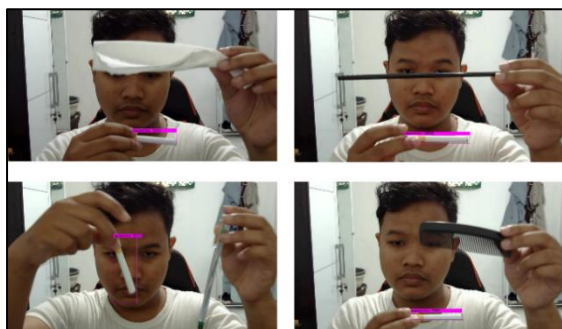
Pengujian kedua merupakan pengujian untuk melihat jarak maksimal yang mampu untuk mendeteksi 2 objek yang sudah dilatih. Untuk video yang diuji menggunakan video yang diambil menggunakan rekaman webcam yang berada di suatu ruangan, dengan ukuran ruangan sebesar 5x4x2,5 m. Untuk melihat hasil pengujian rekaman webcam dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Hasil Pengujian Batasan Jarak

Untuk hasil pengujian kedua ini dapat disimpulkan jarak maksimal model untuk mendeteksi objek rokok (cigarettes) berkisaran 4 meter dan untuk kegiatan merokok (smoking) batas maksimal berjarak 3 meter.

Untuk pengujian terakhir merupakan pengujian untuk melihat kemampuan model dalam mendeteksi objek yang menyerupai bentuk rokok. Objek yang diuji adalah pulpen, sumpit, tisu dan sisir, objek ini akan di rekam bersama objek rokok. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.

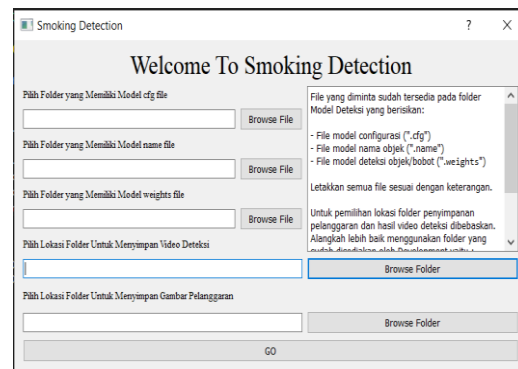


Gambar 9 Hasil Pengujian Terhadap Objek yang Menyerupai Bentuk Rokok

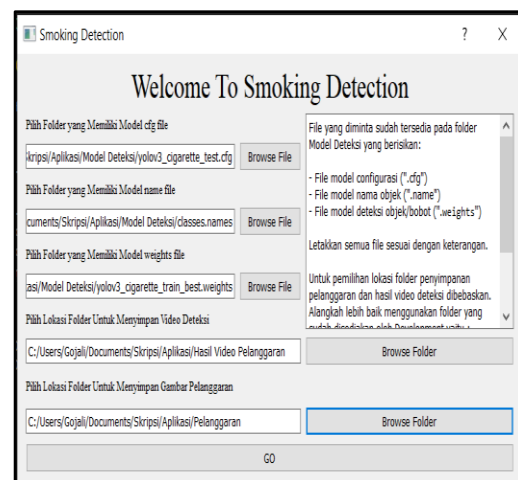
Dapat terlihat pada Gambar 4.4, Hasil pengujian ini menghasilkan kemampuan model yang berhasil mendeteksi objek rokok dengan benar dan objek yang menyerupai bentuk rokok tidak terdeteksi atau tidak dikenali.

B. Inkremental Dua

Hasil yang akan didapatkan dari inkremental ini berupa tampilan GUI aplikasi. Terdapat dua halaman yang akan berjalan secara bergiliran, halaman pertama merupakan halaman utama yang akan melakukan proses penyimpanan *path* atau lokasi *file* dan *folder* yang diinginkan. Untuk memperjelas tampilan dapat dilihat pada Gambar 10, dan 11.



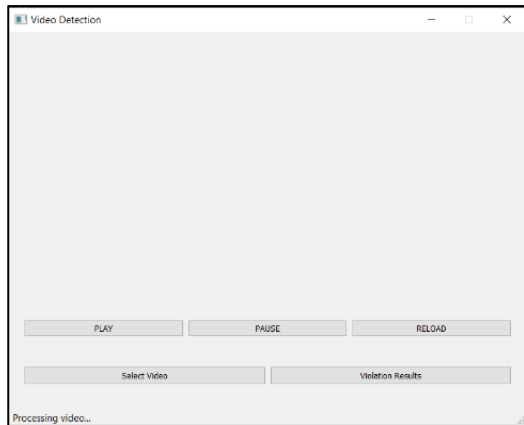
Gambar 10 Tampilan Halaman Utama Aplikasi



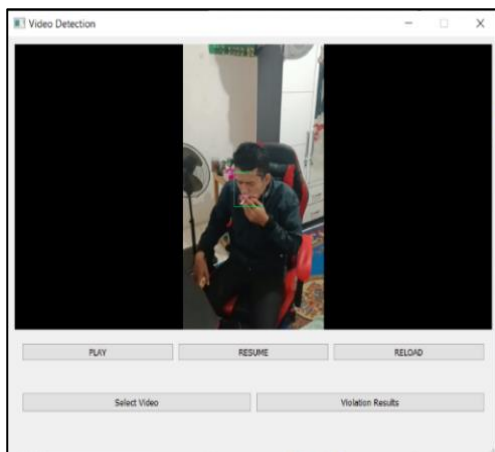
Gambar 11 Tampilan Halaman Utama yang Sudah Ter-Input

Setelah melakukan proses penyimpanan, dilanjutkan dengan munculnya tampilan halaman berikutnya, halaman ini akan melakukan proses deteksi objek terhadap video yang ter-*input*, *input* ini berupa direktori lokasi video dan dilanjutkan dalam proses pendeteksian

model algoritma YOLOv3. Setelah menyelesaikan proses pendeteksian model video akan ditampilkan pada bingkai yang ada pada aplikasi. Tampilan aplikasi serta proses yang terjadi pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 12, dan 13.

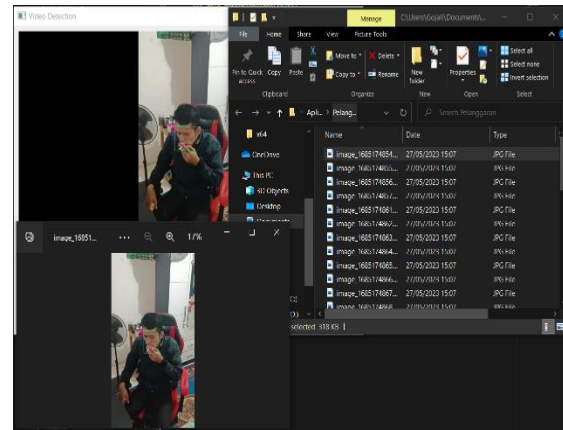


Gambar 12 Tampilan Halaman Deteksi Video Saat Memproses Video



Gambar 13 Tampilan Aplikasi Saat Selesai Memproses Video

Untuk melihat pelanggaran kegiatan merokok dapat melakukan penekanan *button violation result*, Hasil tampilannya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Tampilan Aplikasi Saat Button Violation Result Ditekan

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian berhasil menghasilkan model yang dapat mendeteksi rokok dan kegiatan merokok, serta aplikasi yang dapat menjalankan proses pendeteksian video dan melakukan penyimpanan gambar jika objek rokok dan kegiatan merokok terdeteksi.
2. Algoritma YOLOv3 dapat diimplementasikan untuk mendeteksi objek rokok dan kegiatan merokok.
3. Model yang telah dibuat dengan jumlah *dataset* sebanyak 3200 menghasilkan nilai mAP terbaik sebesar 69,54% di iterasi 4000 dan menghasilkan nilai *average loss* sebesar 0.189.
4. Model dapat mendeteksi objek rokok dan kegiatan merokok dengan jarak maksimal 3m untuk kegiatan merokok dan 4m untuk objek rokok
5. Model dapat mendeteksi objek rokok dengan baik, karena keberhasilan model untuk tidak mendeteksi objek yang menyerupai bentuk rokok.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam pembuatan *dataset*, pelatihan model, pengujian model, dan pengembangan aplikasi menggunakan algoritma YOLOv3, terdapat beberapa saran untuk penelitian ini atau penelitian berikutnya:

1. Melakukan penambahan jumlah *dataset* agar mendapatkan model deteksi dengan nilai mAP yang lebih tinggi, nilai *average*

- loss* yang kecil, dan hasil model algoritma YOLOv3 yang lebih baik.
2. Melakukan penambahasan anotasi yang merepresentasikan kegiatan merokok sepenuhnya, seperti menambahkan anotasi kegiatan mengeluarkan asap.
 3. Melakukan pengujian lokasi ruangan yang lebih luas agar pengujia terhadap batas jarak deteksi dapat teruji secara lebih panjang dan maksimal.
 4. Melakukan penambahan data yang merepresentasikan objek yang menyerupai bentuk rokok, agar meminimalisir kesalahan deteksi objek rokok.
 5. Menerapkan waktu jeda saat melakukan proses penyimpanan gambar saat objek rokok dan kegiatan merokok terdeteksi.
 6. Melakukan perbandingan dengan versi algoritma YOLO yang lain atau algoritma *deep learning* lainnya, agar mengetahui kinerja dan hasil dari masing-masing versi algoritma YOLO dan algoritma *deep learning* lainnya.
- [7] R. Munir, "Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik," Informatika, Bandung, 2004.
- [8] S. Jupiyandi, F. R. Saniputra, Y. Pratama, M. R. Dharmawan, dan I. Cholissodin, "Pengembangan Deteksi Citra Mobil Untuk Mengetahui Jumlah Tempat Parkir Menggunakan CUDA dan Modified YOLO," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 4, hlm. 413–419, 2019, doi: 10.25126/jtiik.201961275.
- [9] K. Rokoyah, Y. I. Chandra, dan S. Lukman, "Penerapan Model Incremental Dalam Merancang Aplikasi Pengenalan Bentuk Dan Fungsi Gigi Pada Manusia Berbasis Web," *Jurnal SIKOMTEK*, vol. 12, no. 2, hlm. 42–47, 2022.
- [10] W. N. Cholifah, Y. Yulianingsih, dan S. M. Sagita, "Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Action & Strategy Berbasis Android dengan Teknologi Phonegap," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 3, no. 2, hlm. 206–210, 2018.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] H. Kurniasih *dkk.*, "Pengetahuan dan Sikap Mahasiswa Tentang Upaya Penerapan Kawasan Tanpa Rokok (KTR) di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang," *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, vol. 4, hlm. 2356–3346, 2016, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- [2] A. Yesideora, "Indonesia Darurat Konsumsi Rokok, 25% Penduduk Jadi Perokok," *Katadata*, 3 Juni 2022. <https://katadata.co.id/yuliawati/berita/629a4c7ae4079/indonesia-darurat-konsumsi-rokok-25-penduduk-jadi-perokok> (diakses 10 Juli 2023).
- [3] M. Sianipar, "Hubungan Sikap terhadap Iklan Rokok dan Konformitas Teman Sebaya dengan Perilaku Merokok Remaja," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2015.
- [4] I. Bidja, "Pelaksanaan Peraturan Daerah tentang Kawasan Tanpa Rokok," *Jurnal Wawasan Yuridika*, vol. 5, no. 1, hlm. 113, Mar 2021, doi: 10.25072/jwy.v5i1.381.
- [5] M. Romi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Asap Rokok dan Rokok Menggunakan Framework TensorFlow Berbasis Webcam Secara Realtime," Universitas Andalas, Padang, 2022.
- [6] J. Hui, "Object Detection: Speed and Accuracy Comparison (Faster R-CNN, R-FCN, SSD, FPN, RetinaNet and YOLOv3)," *Medium*, 28 Maret 2018. <https://jonathan-hui.medium.com/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359> (diakses 15 Maret 2023).