

SISTEM DETEKSI DAN PERHITUNGAN JUMLAH MANUSIA DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

DETECTION AND CALCULATION SYSTEM NUMBER OF PEOPLE USING THE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHOD

Deni Tri Laksono¹⁾, Indana Nihayatul Husna²⁾, Miftachul Ulum³⁾, Adi Kurniawan Saputro⁴⁾, Dian Neipa Purnamasari⁵⁾, Monika Faswia Fahmi⁶⁾

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo

Jl. Raya Telang, PO BOX 2 Kamal, Bangkalan

Jl. Raya Kamal, Bangkalan

E-mail : ¹⁾*deni.laksono@trunojoyo.ac.id, ²⁾indananihayatul20@gmail.com,

³⁾miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id, ⁴⁾adi.kurniawan@trunojoyo.ac.id

*Corresponding author email.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang pesat di bidang elektronik memberikan dampak positif dalam berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya dalam bidang monitoring atau pengawasan keamanan. Pekerjaan untuk menghitung jumlah pengunjung dalam suatu ruangan sangat mudah apabila dilakukan dalam skala yang kecil, namun akan menjadi sulit apabila perhitungan tersebut dilakukan pada skala yang besar. Dengan memanfaatkan teknologi pada bidang computer vision yaitu deep learning, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah manusia (people counter) secara otomatis. Pada penelitian ini menggunakan algoritma dari deep learning yaitu metode Convolutional Neural Network (CNN). Penelitian dilakukan menggunakan kamera secara real time Berdasarkan hasil pengujian, metode CNN dapat mendeteksi objek manusia dengan tingkat akurasi sebesar 86%, sistem dapat menghitung jumlah objek manusia dengan tingkat akurasi sebesar 62% dengan kondisi yang berbeda-beda seperti intensitas cahaya dan sudut kamera dalam pengambilan pengujian. Sedangkan tingkat akurasi jumlah orang yang masuk, keluar dan jumlah orang dalam ruangan dengan hasil data reporting yang disimpan dalam bentuk file .csv memiliki tingkat akurasi sebesar 73% ketika orang masuk, 64% ketika orang keluar dan 62% ketika orang dalam ruangan. Selain itu, sistem menghasilkan nilai akurasi sebesar 100% dalam menghitung jumlah orang dan memberikan output ruangan penuh ketika dalam ruangan melebihi nilai batas.

Kata kunci : pemantauan; kamera; *real-time*; CNN; *people counter*

ABSTRACT

Electronics technology is developing quickly, and this has a favorable effect on many elements of human existence, including monitoring and security surveillance. If the calculations are carried out on a big scale, the task of counting the number of visitors in a room will be challenging. This work intends to automatically detect and count the number of individuals (people counter) using computer vision technologies, namely deep learning. This study makes use of the Convolutional Neural Network (CNN) technique, a deep learning algorithm. study which was also done in real time with a camera According to test data, the CNN approach has an accuracy rate of 86% for detecting human objects, and it has a 62% accuracy rate for estimating the number of human objects under various test situations, such as varying light intensity and camera angle. While the level of accuracy for counting how many people are coming in, going out, and staying in the room with data reporting results that are kept as a.csv file has an accuracy rate of 73% when individuals log in, 64% when people are going outside, and 62% when people are staying inside. Also, the system generates a value for accuracy in counting persons and members of 100%.

Keywords: *Monitoring; camera; real-time; CNN; people counter.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat di bidang elektronik memberikan dampak positif dalam berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya dalam bidang monitoring atau pengawasan keamanan. Sistem pengawasan keamanan dengan menggunakan kamera CCTV telah banyak diaplikasikan dalam berbagai tempat, mulai dari perumahan, perkantoran, hingga tempat umum seperti *mall* atau pusat perbelanjaan. Dalam penggunaan kamera CCTV, sistem monitoring yang dilakukan dapat dilakukan secara *real-time* atau merekam kejadian yang terjadi dan dapat diakses kembali pada waktu yang dibutuhkan[1].

Namun, perhitungan massa secara manual dapat memakan waktu dan tidak selalu akurat. Oleh karena itu, penggunaan teknologi seperti teknologi deteksi manusia dan perhitungan otomatis dapat membantu mempercepat dan memperbaiki akurasi dalam menghitung jumlah orang yang hadir pada suatu acara atau kegiatan[2].

Teknologi *people counting* biasanya melibatkan penggunaan algoritma pemrosesan gambar dan *deep learning* untuk menghitung jumlah orang secara akurat, menghindari kesalahan hitungan dan mengoptimalkan performa sistem. Beberapa teknologi *people counting* juga menggunakan teknologi pengolahan data *real-time* untuk memonitor lalu lintas orang secara langsung dan memberikan informasi yang berguna secara langsung[3].

Dengan menggunakan teknologi deteksi kepala dan perhitungan otomatis yang akurat, perhitungan kerumunan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat. Informasi jumlah orang yang hadir dapat digunakan untuk mengoptimalkan kebutuhan keamanan dan logistic lainnya, serta membantu para penyelenggara acara dalam melakukan perencanaan kegiatan dan peningkatan kualitas acara di masa mendatang[4].

Dalam perhitungan kerumunan, *object detection* dapat digunakan untuk mendeteksi lokasi kepala manusia pada citra atau video, yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung jumlah orang yang hadir. Dengan menggunakan teknologi *object detection*, sistem pengawasan dapat menjadi lebih efektif dan efisien dalam memantau keramaian dan mencegah terjadinya kejadian yang tidak diinginkan[5].

Deep learning merupakan sebuah cabang dari *machine learning* yang menggunakan arsitektur jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari banyak lapisan (*layer*) untuk memproses data. *Deep learning* digunakan untuk mempelajari pola-pola kompleks dalam data seperti gambar, suara, teks dan lain-lain dengan memanfaatkan komputasi yang sangat paralel dan berdaya tinggi[6].

Convolutional Neural Network telah digunakan dalam banyak aplikasi seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, segmentasi citra dan lain-lain. Beberapa contoh aplikasi pengenalan wajah dan klasifikasi gambar, seperti pada penggunaan filter pada media sosial atau aplikasi pencarian gambar. *Convolutional Neural Network* juga digunakan dalam industri kendaraan otonom untuk pengenalan jalan, deteksi pejalan kaki dan pengenalan rambu-rambu lalu lintas[7][8][9].

Berdasarkan permasalahan dan solusi tersebut, maka penulis melakukan penelitian tentang “Sistem Deteksi dan Perhitungan Jumlah Orang Dalam Ruang Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*”. Dalam penelitian ini diharapkan penggunaan metode *Convolutional Neural Network* akan memberikan hasil deteksi yang lebih cepat dan lebih akurat dalam menghitung jumlah orang dalam ruangan. Dengan menggunakan kamera secara *real-time* dan proses *deep learning*, sistem dapat mendeteksi orang-orang yang bergerak di ruangan dan menghitung jumlah orang dengan akurat. Hasil output dari penelitian ini yaitu hasil pendeteksian dan perhitungan

jumlah orang yang ditampilkan dalam sebuah aplikasi yang berisi proses pengambilan citra secara *real-time* dan pengolahan database jumlah orang yang ada dalam ruangan. Penelitian ini dapat memudahkan pengguna dalam memantau jumlah orang yang berada dalam ruangan serta dapat membantu dalam mengambil keputusan operasional yang lebih baik dan efisien. penelitian ini akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan serta dapat diterapkan dalam berbagai industri seperti pusat perbelanjaan maupun gedung perkantoran.

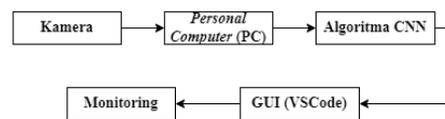
METODE

Pada sesi ini akan dijelaskan mekanisme dari proses sistem deteksi manusia dan perhitungan jumlah orang yang dapat ditampilkan dalam sebuah aplikasi.

A. Diagram Blok

Diagram blok dari sistem penelitian ini dimulai dari pembacaan objek menggunakan kamera *webcam* sebagai data input. Setelah data input berhasil dibaca, data input, data akan dikirim ke *personal computer* (PC). Data yang diterima oleh *personal computer* (PC) akan diolah menggunakan algoritma yang diterapkan yaitu menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Proses yang terjadi dalam pengolahan data menggunakan algoritma CNN ini yaitu mendeteksi orang yang ada dalam ruangan kemudian akan diolah untuk menghitung jumlah orang menggunakan data input yang diambil dari *webcam*. Hasil klasifikasi perhitungan jumlah orang akan diteruskan ke *visual studio code* untuk pengolahan tampilan menggunakan *Graphical User Interface* (GUI). Dari GUI ini dapat menampilkan beberapa menu dari sistem ini yaitu menu *start cam*, tampilan *database* dan *exit application*. Aplikasi GUI akan menampilkan notifikasi atau pemberitahuan jika ruangan sudah penuh.[10]

Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

B. Proses Training

Training dilakukan untuk membentuk model dari ResNet50 yang kemudian digunakan sebagai sistem klasifikasi. Tahap pertama dilakukan proses *load dataset* orang dan bukan orang sebanyak 300 citra ke dalam sistem sebagai data masukan untuk *training*. Selanjutnya citra 3 dimensi diperkecil menjadi resolusi 64×64 agar komputasi dapat berjalan lebih cepat. Terdapat dua kelas dari *dataset* yang dijadikan *input* dalam proses *training*, yaitu manusia dan objek lain. Selanjutnya proses ekstraksi fitur dilakukan dari *stage* 1 sampai dengan 5.

Pada langkah pertama citra akan dikonvolusi melalui *convolutional layer* dengan ukuran *stride* 2 dan kernel filter 7×7 . *Feature map* yang dihasilkan dari proses konvolusi tersebut dinormalisasi oleh *batch normalization*. Tujuan dari proses normalisasi adalah untuk mengurangi beban komputasi dengan membuat nilai output dari *layer* sebelumnya yang bervariasi menjadi 1 skala yang sama. Hasil normalisasi kemudian diteruskan ke *layer* aktivasi, dimana fungsi aktivasi ReLU (*Rectified Linear Unit*) digunakan untuk membuat hasil ekstraksi fitur menjadi *non-linear*. Kemudian pada *max-pooling layer* dapat mengurangi nilai output dari fungsi aktivasi sebelum mengirimkannya ke langkah 2.[11]

Kombinasi lapisan antara *convolutional block* dan *identity block* digunakan untuk melakukan proses ekstraksi fitur antara langkah 2 sampai 5. Citra mengalami peningkatan dimensi dan pereduksian pada blok-blok ini. Tipe arsitektur pada kedua blok tersebut terdiri dari 3 tahapan konvolusi dengan ukuran kernel filter 1×1 , 3×3 , dan 1×1 . Tipe arsitektur tersebut digunakan untuk menghemat waktu pada proses komputasi yang biasanya dikenal

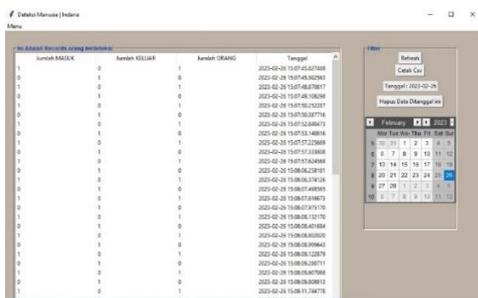
dengan sebutan 'bottleneck'. Setelah proses dari ekstraksi fitur selesai kemudian *feature map* diproses ke dalam *fully connected layer* untuk melakukan proses prediksi dibantu dengan fungsi aktivasi *softmax*. [13]

C. Perancangan Aplikasi

Perancangan desain sistem aplikasi menggunakan *software visual studio code* dan diintegrasikan dengan *SQ-Lite*, berikut tampilan program, antara lain [14][15]:

1. Menu Utama

Menu utama yaitu berisi tampilan *database* yang digunakan untuk menampilkan data orang yang ada dalam ruangan, orang yang keluar dan orang yang masuk ruangan serta tanggal hasil deteksi dari *frame input* yang dihubungkan dengan *SQ-Lite* secara *real-time*. Dari tampilan *database* tersebut dapat menyimpan *database* dalam bentuk *.csv* sehingga akan mempermudah pengguna nya untuk *monitoring* ruangan. Selain itu pengguna dapat melihat tanggal sesuai dengan yang diinginkan dan dapat menghapus *database* yang tidak digunakan. Tampilan menu utama dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Tampilan Menu Utama

2. Menu start cam

Pada menu *start cam* digunakan untuk menampilkan *frame input* dalam mendeteksi dan menghitung jumlah orang serta dapat menampilkan notifikasi ruangan penuh apabila melebihi dari nilai batas yang dimasukkan. Tampilan menu *start cam* dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Tampilan Menu StartCam

3. Menu Exit Application

Pada menu *exit application* digunakan untuk mengeluarkan dari aplikasi GUI yang sedang berjalan. Tampilan menu *exit application* dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Tampilan Menu Exit Application

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Deteksi Manusia Menggunakan Metode CNN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data hasil pengujian sehingga dapat diketahui persentase keberhasilan alat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah metode CNN mampu mendeteksi objek manusia. Berikut merupakan tabel hasil pengujian deteksi objek orang menggunakan metode CNN yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 Hasil Uji deteksi Orang

Uji Ke	Hasil Pengujian	
	Terdeteksi	Objek Lain Terdeteksi Sebagai Orang

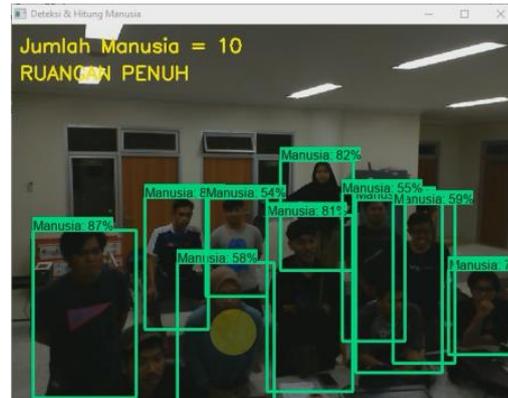
1	√	-
2	√	-
3	√	-
4	√	-
5	√	-
6	√	-
7	√	-
8	√	-
9	√	-
10	-	√
11	√	-
12	√	-
13	-	√
14	√	-
15	√	-

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian deteksi manusia diatas didapatkan nilai keberhasilan dan kegagalan sesuai dengan rumus berikut.

Keberhasilan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{terdeteksi}}{\text{banyak data pengujian}} \times 100\% \quad (1) \\
 &= \frac{13}{15} \times 100\% \\
 &= 86\%
 \end{aligned}$$

Pada pengujian deteksi orang pada penelitian ini dapat diketahui bahwa dalam melakukan pemrosesan citra yang merupakan bagian utama dalam sistem ini yaitu pada tahap *training*. Dalam pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah sistem dapat mendeteksi manusia dalam berbagai posisi. Dari hasil pengujian didapatkan tingkat keakuratan sistem sebesar 86%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan objek manusia dengan persentase keberhasilan alat. Dari menggunakan metode CNN dengan baik, hal ini dikarenakan pada metode CNN ini dilakukan dengan tahap *training* yang akurat dengan pola yang akurat sehingga dapat mendeteksi manusia dalam berbagai posisi. Berikut merupakan gambar dari pendeteksian objek manusia yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Pendeteksian Manusia

Namun terdapat sedikit kesalahan pada sistem ketika mendeteksi manusia, yaitu sistem mendeteksi kipas sebagai manusia dikarenakan bentuk dari kipas mirip dengan bentuk kepala manusia sehingga mendeteksi sebagai manusia seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dibawah ini.

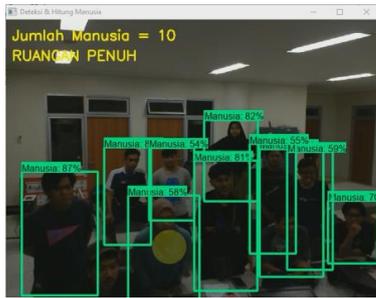


Gambar 6 Pendeteksian Objek Lain Menjadi Manusia

B. Pengujian Perhitungan Jumlah Manusia

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data hasil pengujian perhitungan jumlah objek manusia sehingga dapat diketahui persentase keberhasilan alat. Dari pengujian perhitungan jumlah manusia didapatkan informasi berupa jumlah orang yang ditandai dengan *bounding box* pada objek manusia yang terdeteksi beserta nilai akurasi sistem dalam mendeteksi objek manusia. Hasil dari perhitungan jumlah manusia yang dideteksi oleh sistem akan dibandingkan dengan jumlah perhitungan manusia secara manual (nyata). Hasil dari perhitungan jumlah

manusia oleh sistem dapat disimpan secara otomatis dalam bentuk .csv melalui *SQ-Lite*. Berikut merupakan tampilan perhitungan jumlah manusia.



Gambar 7 Perhitungan Manusia

Perbandingan hasil perhitungan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui seberapa baik akurasi dari fitur yang digunakan. Berikut merupakan tabel hasil pengujian jumlah manusia yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Perhitungan Jumlah manusia

Uji Ke	Jumlah Objek	Hasil Pengujian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1	10	5	5
2	11	7	4
3	10	5	5
4	14	6	8
5	12	6	6
6	15	7	8
7	12	6	6
8	12	6	6
9	15	8	7
10	15	7	8
11	15	8	7
12	8	5	3
13	9	5	4
14	7	7	0
15	10	7	3
16	8	6	2
17	10	8	2
18	4	2	2
19	4	3	1
20	10	8	2

21	10	9	1
22	10	10	0
23	10	8	2
24	8	6	2
25	7	3	4
Total	256	158	98

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian deteksi manusia diatas didapatkan nilai keberhasilan dan kegagalan sesuai dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{hasil pengujian}}{\text{banyak data pengujian}} \times 100\% \quad (2) \\
 &= \frac{158}{246} \times 100\% = 62\%
 \end{aligned}$$

Pada pengujian selanjutnya yaitu perhitungan orang, pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah sistem dapat menghitung manusia. Hasil dari pengujian ini memiliki tingkat keakuratan sebesar 64%, hal tersebut dikarenakan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses pengujian seperti cahaya yang berpengaruh dalam memperoleh jumlah perhitungan yang didapat. Pencahayaan yang tinggi dapat memberikan kejelasan gambar dan perbedaan warna antar pixel yang cukup kontras, sehingga semakin memperlancar proses pemisahan antara objek dan latar. Selain itu, jarak objek terhadap kamera juga mempengaruhi keakuratan dalam proses deteksi. Apabila dalam pengujian memiliki penempatan sudut kamera yang rendah maka ketika terdapat objek yang datang secara bergerombol, maka sistem akan susah dalam membedakan antara satu objek dengan objek lain.

Dengan adanya data jumlah orang yang ada maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan tingkat akurasi pengujian jumlah orang dengan rumus.

Keberhasilan orang masuk

$$= 100\% - \left(\frac{\text{selisih}}{\text{hitung}} \times 100\% \right) \quad (3)$$

$$= 100\% - \left(\frac{76}{281} \times 100\% \right)$$

$$= 73\%$$

Keberhasilan orang keluar

$$= 100\% - \left(\frac{\text{selisih}}{\text{hitung}} \times 100\% \right) \quad (4)$$

$$= 100\% - \left(\frac{17}{47} \times 100\% \right)$$

$$= 64\%$$

Keberhasilan orang didalam

$$= 100\% - \left(\frac{\text{selisih}}{\text{hitung}} \times 100\% \right) \quad (5)$$

$$= 100\% - \left(\frac{98}{256} \times 100\% \right)$$

$$= 62\%$$

Keberhasilan orang output

$$= \frac{\text{sesuai}}{\text{banyak data pengujian}} \times 100\% \quad (6)$$

$$= \frac{25}{25} \times 100\% = 100\%$$

Selanjutnya, yaitu pengujian sistem keseluruhan. Pada pengujian ini terdapat beberapa uji yang diambil yaitu perhitungan jumlah orang yang masuk, keluar dan dalam ruangan serta hasil output dari sistem. Pada perhitungan yang tercatat pada aplikasi dan perhitungan pada data report file .csv memiliki nilai dengan selisih sedikit, dari sini dapat diketahui bahwa akurasi data report adalah 73% ketika orang masuk, 64% ketika orang keluar dan 62% ketika orang dalam ruangan. Dari pengujian tersebut juga memberikan hasil output berupa notifikasi ruangan penuh yang sesuai ketika ruangan melebihi batas. Sehingga dapat disimpulkan nilai akurasi pada hasil output sistem adalah 100%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem, implementasi dan uji coba program yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengujian deteksi manusia, metode CNN dapat dengan baik mengenali objek manusia dengan tingkat keberhasilan sebesar 86%.
2. Dari hasil pengujian perhitungan manusia, sistem menghitung jumlah objek manusia dengan tingkat akurasi sebesar 62% dengan kondisi yang berbeda-beda seperti intensitas cahaya dan sudut kamera dalam pengambilan pengujian.
3. Dari hasil pengujian keseluruhan sistem, sistem dapat menghitung jumlah orang yang masuk, keluar dan jumlah orang dalam ruangan dengan hasil data reporting yang disimpan dalam bentuk file .csv memiliki tingkat akurasi sebesar 73% ketika orang masuk, 64% ketika orang keluar dan 62% ketika orang dalam ruangan. Selain itu, sistem dapat menghitung jumlah orang dan memberikan output ruangan penuh ketika dalam ruangan melebihi nilai batas. Dari pengujian tersebut menghasilkan nilai akurasi sebesar 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. Khan, H. Ullah, M. Ullah, and N. Conci, "Person Head Detection Based Deep Model for People Counting in Sports Videos Person Head Detection Based Deep Model for People Counting in Sports Videos," *2019 16th IEEE Int. Conf. Adv. Video Signal Based Surveill.*, no. September, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1109/AVSS.2019.8909898.
- [2] S. Basalamah and S. D. Khan, "Scale Driven Convolutional Neural Network Model for People Counting and Localization in Crowd Scenes,"

- IEEE Access*, vol. 7, pp. 71576–71584, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2918650.
- [3] D. Satriaji, Y. Suprpto, T. Telekomunikasi, P. P. Surabaya, and J. J. A. I, “Rancangan Monitoring Dan Kontrol Fasilitas Ruang Kelas Dengan Graphic User Interface Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Smartphone Di Politeknik Penerbangan Surabaya,” vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2018.
- [4] B. Putra, G. Pamungkas, B. Nugroho, and F. Anggraeny, “DETEKSI DAN MENGHITUNG MANUSIA MENGGUNAKAN,” vol. 02, no. 1, pp. 67–76, 2021.
- [5] A. Mobilenetv, “Sistem Otomatis Pendeteksi Wajah Bermasker Menggunakan Deep Learning,” vol. 10, no. 1, 2021.
- [6] L. R. Ihtisyamuddin, J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, “PEOPLE COUNTING DAN PENGUKURAN JARAK UNTUK INDOOR MONITORING BERBASIS PEMROSESAN CITRA mencapai derajat Sarjana S1 Disusun oleh : Luthfi Radifan Ihtisyamuddin Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,” 2020.
- [7] “ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) BERDASARKAN CITRA KEPALA SKRIPSI Oleh : MUHAMMAD FAHMI ABIDIN,” 2021.
- [8] N. Dewi and F. Ismawan, “Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network untuk Sistem Pengenalan Wajah,” vol. 14, no. 1, pp. 34–43, 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v14i1.8989.
- [9] S. I. Cho, “Vision-based People Counter Using CNN-based Event Classification,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. PP, no. c, p. 1, 2019, doi: 10.1109/TIM.2019.2959853.
- [10] Ryansyah, “Identifikasi Tingkatan Warna Pada Kopi Roasting Menggunakan Metode HSV Berbasis Mobile,” *Terap. Inform. Nusant.*, vol. 1, no. 10, pp. 520–526, 2021.
- [11] A. K. Panggabean, A. Syahfaridzah, and N. A. Ardiningih, “Mendeteksi Objek Berdasarkan Warna Dengan Segmentasi Warna Hsv Menggunakan Aplikasi Matlab,” *METHOMIKA J. Manaj. Inform. dan Komputerisasi Akunt.*, vol. 4, no. 2, pp. 94–97, 2021, doi: 10.46880/jmika.vol4no2.pp94-97.
- [12] Ellif, S. H. Sitorus, and R. Hidayati, “KLASIFIKASI KEMATANGAN PEPAYA MENGGUNAKAN UANG WARNA HSV DAN METODE NAIVE BAYES CLASSIFIER,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 09, no. 01, pp. 66–75, 2021.
- [13] I. S. Areni, I. Amirullah, and N. Arifin, “Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 23, no. 2, pp. 113–116, 2019, doi: 10.25042/jpe.112019.03.
- [14] A. Dalimunthe, “Deteksi Kematangan Buah Manggis Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HSV,” *Skripsi*, p. 89, 2021.
- [15] R. Rahmadewi, G. L. Sari, and H. Firmansyah, “Pendeteksian Kematangan Buah Jeruk Dengan Fitur Citra Kulit Buah Menggunakan Transformasi Ruang Warna HSV,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1.1, p. 166, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i1.1.107560.