



Implementasi *Deep Learning* Dalam Pendeteksian Kerumunan Yang Berpotensi Melanggar Protokol Kesehatan Covid-19

Emil Naf'an*, Fajrul Islami, Gushelmi

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Padang, Indonesia

Email: ^{1,*}emilnafan@upiypk.ac.id, ²fajrul_islami@upiypk.ac.id, ³gushelmi@upiypk.ac.id

Email Penulis Korespondensi: emilnafan@upiypk.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan sebuah sistem yang mampu mendeteksi kerumunan yang berpotensi melanggar protokol kesehatan Covid-19. Dalam hal ini digunakan kamera untuk menangkap objek dalam bentuk gambar (*image*). Selanjutnya gambar yang diperoleh tersebut diproses menggunakan salah metode pada *Deep Learning* yaitu *Convolutional Neural Network (CNN)*. Kriteria yang digunakan adalah klasifikasi jumlah orang dalam gambar dan jarak antara setiap orang dalam gambar tersebut. Jarak yang diperbolehkan antara setiap orang adalah 1 meter. Jika terdapat lebih dari 5 orang dalam gambar (*image*) yang memiliki jarak antara masing-masingnya kurang dari 1 meter maka ini diklasifikasikan sebagai kerumunan yang berpotensi melanggar protokol kesehatan Covid-19. Pada penelitian ini digunakan 2 buah klasifikasi yaitu kerumunan dan tidak berkerumun. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata akurasi, presisi, dan *recall* masing-masing 91,71, 91,25, dan 92,65.

Kata Kunci: Deteksi Kerumunan; Protokol Kesehatan Covid-19; Kamera; *Convolutional Neural Network (CNN)*; *Deep Learning*

Abstract— This study aims to propose a system that is able to detect crowds that have the potential to violate the Covid-19 health protocol. In this case the camera is used to capture objects in the form of images (*image*). Furthermore, the obtained images are processed using *Deep Learning*. In this case, the *Convolutional Neural Network (CNN)* is used. The criteria used are the classification of the number of people in the picture and the distance between each person in the picture. The distance allowed between each person is 1 meter. If there are more than 5 people in the image that have a distance between each of them less than 1 meter, then this is classified as a crowd that has the potential to violate the Covid-19 health protocol. In this study, 2 classifications were used, namely crowd and non-crowded. From the test results obtained the average value of accuracy, precision, and recall are 91.71, 91.25, and 92.65, respectively.

Keywords: Crowd Detection; Covid-19 Health Protocol; Camera; *Convolutional Neural Network (CNN)*; *Deep Learning*

1. PENDAHULUAN

Hingga saat ini, Indonesia masih berjuang melawan virus corona, sama seperti negara-negara lain di dunia. Berdasarkan data penyebaran Covid-19 yang diperoleh dari laman <https://covid19.go.id/peta-sebaran-covid19>, terdapat lebih dari 13.094 kasus, dengan total 1.012.350 kasus terkonfirmasi virus. Jumlah orang yang sembuh sebanyak 820.356 orang (81%) dan jumlah orang yang meninggal sebanyak 28.468 orang (2,8%). Dari data tersebut, terlihat bahwa angka kematian relatif tinggi sehingga memerlukan perhatian serius dari pemerintah. Salah satu upaya pemerintah untuk mencegah penyebaran virus Covid-19 adalah dengan melakukan sosialisasi agar warga tetap menjaga jarak dan menghindari kerumunan. Terkadang hal ini terkendala oleh kedisiplinan masyarakat itu sendiri.

Biasanya jika ada kerumunan, maka aparat atau pihak yang berwenang akan datang ke lokasi untuk membubarkan kerumunan tersebut. Namun lambatnya informasi tentang terjadinya kerumunan warga yang didapatkan oleh aparat menyebabkan lambatnya proses dalam pembubaran kerumunan tersebut. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang mampu memberikan informasi kepada pihak yang berwenang jika terjadi kerumunan [1][2]. Penelitian tentang pendeteksian kerumunan ini sudah pernah dilakukan oleh pihak LIPI yang menggunakan quadcopter untuk mendeteksi kerumunan, namun *quadcopter* memiliki kelemahan antara lain : jarak pengendalian, keterbatasan daya baterai yang hanya mampu bekerja dalam durasi \pm 20 menit saja [3]. Di samping itu sistem ini hanya bekerja secara *remote control*, sehingga harus ada operator yang menjalankan *quadcopter* tersebut dan tidak terdapat pelaporan adanya kerumunan kepada pihak yang berwenang.

Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem yang mampu mendeteksi kerumunan melalui gambar (*image*). Gambar tersebut diperoleh dari kamera yang terletak pada lokasi yang telah ditentukan. Dalam hal ini, *Deep Learning* digunakan untuk mengidentifikasi jarak antara setiap orang dalam gambar. *Deep Learning* merupakan metode yang mampu mendeteksi objek dengan sangat baik dan dapat dilakukan secara *real time* [4]. Dalam hal deteksi dan analisis objek, *Deep Learning* mampu memperoleh hasil yang sangat baik[5]. Pemrosesan menggunakan GPU (*Graphic Processing Unit*). Jika ada potensi pelanggaran protokol kesehatan Covid-19, sistem akan otomatis mengirimkan pesan *WhatsApp* kepada pihak berwenang bahwa telah terjadi pelanggaran protokol di lokasi tersebut. Dengan demikian, diharapkan pihak berwenang dapat segera mengambil tindakan untuk membubarkan kerumunan.

Penelitian yang dilakukan untuk menentukan kerumunan telah pernah diteliti oleh peneliti sebelumnya, yang terkait dengan deteksi manusia dan pemantauan *social distancing* [6][7][8][9]. Penelitian ini menggunakan metode *OpenCV* dan *CNN*, diperoleh hasil akurasi sebesar 98,2% [10]. *CNN* merupakan salah satu metode yang memiliki perkembangan sangat pesat yang mampu melakukan pengolahan, analisis dan pendeteksian suatu objek,



baik gambar maupun video [11] [12] [13]. Selanjutnya penelitian terkait keputusan tentang jarak sosial menggunakan metode LSTM-RNN dengan model Regresi JST. Hasil penelitian ini menunjukkan fakta bahwa perencanaan melalui analisis prediktif dapat ditingkatkan untuk memfasilitasi penerapan pedoman jarak sosial yang lebih efektif selama wabah penyakit pandemi [14][15][16]. Penelitian lain masih terkait *social distancing* yaitu menggunakan metode *Visual Social Distancing* (VSD). Hasil yang diperoleh mampu mendeteksi pose tubuh dengan baik[17]. Adapun penelitian selanjutnya terkait *social distancing*, penelitian menggunakan drone dengan metode yang digunakan adalah YOLO. Hasil yang didapatkan dari percobaan didapatkan hasil akurasi yang baik yaitu sekitar 90% baik untuk deteksi orang maupun deteksi kerumunan[18][19][20][21][22]. Fitur pertama mendeteksi pelanggaran *social distancing*, sedangkan fitur kedua mendeteksi pelanggaran memasuki area terlarang. Dalam penelitian lain, yakni tentang pendeteksian orang untuk peringatan *social distancing*. Penelitian ini menggunakan metode *Segmented ROI*, dengan hasil fitur pertama mendeteksi pelanggaran *social distancing*, sedangkan fitur kedua mendeteksi pelanggaran memasuki area terlarang [23][24][25][26].

Pada penelitian ini, akan dilakukan pendeteksian kerumunan pada suatu lokasi, di mana sistem akan mengklasifikasikan 2 kategori, yaitu berkerumun dan tidak berkerumun. Kriteria yang digunakan adalah klasifikasi jumlah orang dalam gambar dan jarak antara setiap orang dalam gambar tersebut. Jarak yang diperbolehkan antara setiap orang adalah 1 meter. Jika terdapat lebih dari 5 orang dalam gambar (*image*) yang memiliki jarak antara masing-masingnya kurang dari 1 meter maka ini diklasifikasikan sebagai kerumunan yang berpotensi melanggar protokol kesehatan Covid-19.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Data Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah dataset sendiri yang diambil menggunakan kamera handphone 16 MP. Data yang digunakan berupa data foto. Data foto yang digunakan adalah 50 foto, di mana 25 foto orang berkerumun dan 25 foto orang yang tidak berkerumun. Data tersebut di-*augmented* menjadi 1000 foto. Data pertama yang digunakan adalah data foto di mana terdapat 5 orang atau lebih dalam kondisi yang memiliki jarak satu sama lain kurang dari 1 meter. Data ini diklasifikasikan sebagai data berkerumun. Data foto orang yang berkerumun dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Foto Orang Berkerumun

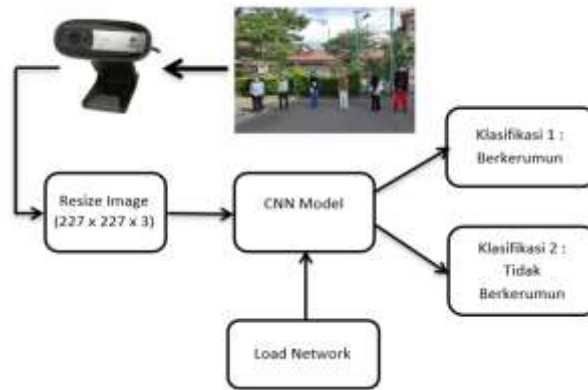
Data kedua yang digunakan adalah data foto di mana terdapat beberapa orang dalam kondisi yang berjarak lebih dari 1 meter satu sama lain. Ada yang berdekatan, namun jumlahnya tidak mencapai 5 orang atau lebih. Data foto orang yang tidak berkerumun dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Foto Orang Tidak Berkerumun



2.2. Solusi Arsitektur



Gambar 3. Solusi Arsitektur

Pada gambar 3 di atas dapat dilihat blok diagram dari sistem yang diusulkan. Pada sistem tersebut terdapat proses *image capture*, *resize image*, *CNN Model*, *Load Network*. Hasil dari proses klasifikasi menggunakan metode CNN ini ada 2 (dua) yaitu ; “berkerumun” dan “tidak berkerumun”. Proses menangkap gambar (*image*) ini menggunakan webcam eksternal. *Output* dari kamera ini berupa gambar dengan ukuran 640 x 320 pixel. Total gambar yang dicapture untuk kebutuhan penelitian ini adalah 50 Gambar (*image*). Proses *resize image* diperlukan agar cocok dalam pemrosesan berikutnya pada CNN (*Convolutional Neural Network*). Dari banyak literatur yang ditemukan pada umumnya arsitektur *Alexnet* menggunakan gambar (*image*) dengan ukuran *pixel* : 224 x 224 x 3 dan 227 x 227 x 3. Namun disini dipilih ukuran 227 x 227 x 3, yaitu 227*pixel* lebar (*width*) dan 227*pixel* tinggi (*height*) dan 3 *channel* (kanal) yaitu R (*red*), G (*green*) dan B (*blue*). Berikut contoh proses *resize* menggunakan MATLAB :

```
gambar = imread('foto1.jpg');
figure('Name','Data sebelum diresize');
imshow(gambar);
img = imresize(gambar,[227 227]);
figure('Name','Data setelah diresize');
imshow(img);
```

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada *Convolutional Neural Network* (CNN), gambar (*image*) dikelompokkan ke dalam 2 (dua) buah *folder*. Hal ini disesuaikan dengan jumlah klasifikasi yang dihasilkan, yaitu “berkerumun” dan “tidak berkerumun”. *Folder* pertama menyimpan gambar (*image*) untuk data latih (*training*) “berkerumun” dan *folder* kedua menyimpan gambar (*image*) untuk data latih (*training*) “tidak berkerumun. Jumlah foto pada setiap *folder* ada sebanyak 25 buah foto. Masing-masing foto ini diaugmented sebanyak 20 kali, sehingga jumlah foto pada setiap *folder* menjadi 500 buah foto. Total foto pada kedua *folder* adalah 1000 buah foto. Berikut salah satu cara melakukan *augmented* terhadap foto untuk data ‘orang yang berkerumun’ menggunakan MATLAB.

```
Img1 = imread('foto1.jpg');
figure('Name','Data sebelum diaugmented');
imshow(img1);
for i = 1:20
    %putar image disini
    sudut_putar = randi(350);
    img2 = imrotate(img1,sudut_putar);
    fname=['Berkerumun' num2str(i) '.jpg'];
    imwrite(img2,fname,'jpg');
%Berkerumun1.jpg s/d Berkerumun20.jpg berasal dari Foto Orang Berkerumun1 (foto1.jpg)
% ....
%Berkerumun475.jpg s/d Berkerumun500.jpg berasal dari Foto Orang Berkerumun25 (foto25.jpg)
End
```

Pada proses *augmented* tersebut dapat dilihat bahwa *file* foto1.jpg diaugmented menjadi 20 buah foto dengan merotasi gambar (*image*) secara *random* mulai dari rotasi 0 derajat sampai 350 derajat. Ini bertujuan agar hasil augmented gambar (*image*) yang diperoleh menjadi lebih bervariasi. Hasil *augmented* ini menjadi *file* baru dengan nama ‘Berkerumun1.jpg’ s/d ‘Berkerumun20.jpg’. Selanjutnya untuk foto2.jpg diaugmented sehingga



menjadi *file* baru dengan nama 'Berkerumun21.jpg' s/d 'Berkerumun40.jpg'. Begitu seterusnya sampai dengan foto25.jpg yang juga diaugmented sehingga menjadi *file* baru dengan nama 'Berkerumun475.jpg' s/d 'Berkerumun500.jpg'.

Selanjutnya dilakukan lagi *augmented* terhadap foto orang yang tidak berkerumun. Caranya hampir sama dengan logika program untuk foto orang yang berkerumun, perbedaannya hanya terletak pada sumber foto dan nama *file* hasil augmentednya. Berikut salah satu cara melakukan *augmented* terhadap foto untuk data 'orang yang tidak berkerumun' menggunakan MATLAB.

```
Img1 = imread('foto26.jpg');
figure('Name','Data sebelum diaugmented');
imshow(img1);
for i = 1:20
    %putar image disini
    sudut_putar = randi(350);
    img2 = imrotate(img1,sudut_putar);
    fname=['Tidak_berkerumun'num2str(i) '.jpg'];
    imwrite(img2,fname,'jpg');
% Tidak_Berkerumun1.jpg s/d Tidak_Berkerumun20.jpg berasal dari Foto Orang Tidak Berkerumun1
(foto26.jpg)
% ....
% Tidak_Berkerumun975.jpg s/d Tidak_Berkerumun1000.jpg berasal dari Foto Orang Tidak Berkerumun25
(foto50.jpg)
End
```

Pada proses *augmented* tersebut dapat dilihat bahwa *file* foto26.jpg diaugmented menjadi 20 buah foto dengan merotasi gambar (*image*) secara random mulai dari rotasi 0 derajat sampai 350 derajat. Ini bertujuan agar hasil augmented gambar (*image*) yang diperoleh menjadi lebih bervariasi. Hasil *augmented* ini menjadi *file* baru dengan nama 'Tidak_Berkerumun1.jpg' s/d 'Tidak_Berkerumun20.jpg'. Selanjutnya untuk foto27.jpg diaugmented sehingga menjadi *file* baru dengan nama 'Tidak_Berkerumun21.jpg' s/d 'Tidak_Berkerumun40.jpg'. Begitu seterusnya sampai dengan foto50.jpg yang juga diaugmented sehingga menjadi *file* baru dengan nama 'Tidak_Berkerumun975.jpg' s/d 'Tidak_Berkerumun1000.jpg'. Semua *file* mulai dari 'Tidak_Berkerumun1.jpg' s/d 'Tidak_Berkerumun500.jpg' disimpan dalam *folder* dengan nama 'Tidak Berkerumun'. Setelah semua data input 'Berkerumun' dan 'Tidak Berkerumun' diperoleh, maka dilakukan pelatihan data (*training*). Selanjutnya dilakukan pengujian klasifikasi 'Orang Berkerumun' dan 'Orang Tidak Berkerumun'.

3.1. Hasil Pengujian Klasifikasi "Orang Berkerumun"

Pengujian ini dilakukan dengan memilih salah satu foto orang berkerumun. Salah satu hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Foto Orang Berkerumun

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa foto yang dideteksi dilengkapi dengan pesan klasifikasi "Orang Berkerumun". Output yang dihasilkan sesuai dengan objek foto yang diuji yaitu objek foto orang berkerumun.

3.2. Hasil Pengujian Klasifikasi "Orang Tidak Berkerumun"

Pengujian ini dilakukan dengan memilih salah satu foto orang yang tidak berkerumun. Salah satu hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Foto Orang Tidak Berkerumun



Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa foto yang dideteksi dilengkapi dengan pesan klasifikasi “Orang Tidak Berkerumun”. Output yang dihasilkan sesuai dengan objek foto yang diuji yaitu objek foto orang tidak berkerumun.

Pengujian dilakukan pada 50 sampel foto. Jumlah orang dalam gambar bervariasi dari 2 hingga 7 orang. Kemudian sampel foto tersebut ditambah sehingga menjadi 1000 foto. Teknik pengujian dilakukan dengan menentukan nilai TP, TN, FP dan FN, di mana TP adalah singkatan dari jumlah *true positive*; TN adalah singkatan dari bilangan negatif benar; FP singkatan dari jumlah positif palsu; FN adalah singkatan dari jumlah negatif palsu.

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

$$\text{Rumus Precision} = (TP) / (TP+FP)$$

$$\text{Rumus Recall} = (TP) / (TP + FN)$$

Pengujian dilakukan dengan software MATLAB 2020a pada laptop Core I7 8th Generation software MATLAB 2020a. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 berikut .

Tabel 1. Hasil Pengujian

No.	Type	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)
1	Foto Orang Berkerumun	93.45	94.2	96.7
2	Foto Orang Tidak Berkerumun	89.97	88.3	88.6
	Average	91.71	91.25	92.65

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, menunjukkan bahwa metode *Convolutional Neural Network* (CNN) sangat baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek. Dimana metode CNN mampu menentukan foto orang berkerumun dan foto orang tidak berkerumun dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil rata-rata akurasi, presisi, dan *recall* masing-masing 91.71, 91,25, dan 92,65.

REFERENCES

- [1] W. Wang, Y. Wang, M. Zhou, and W. Nie, “A Novel Vital Sign Sensing Algorithm for Multiple People Detection Based on FMCW Radar,” *Asia-Pacific Microw. Conf. Proceedings, APMC*, vol. 2020-Decem, pp. 1104–1106, 2020.
- [2] Y. Sahraoui, C. A. Kerrache, A. Korichi, B. Nour, A. Adnane, and R. Hussain, “Deep Learning Based IoT Framework for Real-Time Objects and Distance Violation Detection,” no. September, 2020.
- [3] P. Somaldo, F. A. Ferdiansyah, G. Jati, and W. Jatmiko, “Developing Smart COVID-19 Social Distancing Surveillance Drone using YOLO Implemented in Robot Operating System simulation environment,” *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. R10-HTC*, vol. 2020-Decem, 2020.
- [4] K. Bhambani, T. Jain, and K. A. Sultanpure, “Real-Time Face Mask and Social Distancing Violation Detection System using YOLO,” *Proc. B-HTC 2020 - 1st IEEE Bangalore Humanit. Technol. Conf.*, 2020.
- [5] G. V. Shalini, M. K. Margret, M. J. S. Niraimathi, and S. Subashree, “Social Distancing Analyzer Using Computer Vision and Deep Learning,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1916, no. 1, 2021.
- [6] Y. C. Hou, M. Z. Baharuddin, S. Yussof, and S. Dzulkifly, “Social Distancing Detection with Deep Learning Model,” *2020 8th Int. Conf. Inf. Technol. Multimedia, ICIMU 2020*, no. April, pp. 334–338, 2020.
- [7] M. K. Mudaraddi, “Social Distancing Using AI and Deep Learning,” *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. VII, pp. 1816–1822, 2021.
- [8] S. Yadav, “Deep Learning based Safe Social Distancing and Face Mask Detection in Public Areas for COVID-19 Safety Guidelines Adherence,” *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 7, pp. 1368–1375, 2020.
- [9] D. J. Borkovich, M. Ga, R. J. Skovira, and F. Kohun, “Virtual Social Distancing: a Digital Ethnography of Online Learning,” *Issues Inf. Syst.*, vol. 22, no. 4, pp. 244–257, 2021.
- [10] R. Jadhav, S. Phule, and P. Univaersity, “Human Detection and Monitoring Social Distancing for Covid-19 Using OpenCV and CNN,” *J. Xidian Univ.*, vol. 15, no. 1, pp. 335–339, 2021.
- [11] I. Amerini, C. T. Li, and R. Caldelli, “Social Network Identification Through Image Classification with CNN,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 35264–35273, 2019.
- [12] S. K. Jarraya, M. H. Alotibi, and M. S. Ali, “A deep-CNN crowd counting model for enforcing social distancing during COVID19 Pandemic: Application to Saudi Arabia’s public places,” *Comput. Mater. Contin.*, vol. 66, no. 2, pp. 1315–1328, 2020.
- [13] Y. Verbelen, S. Kaluvan, U. Haller, M. Boardman, and T. B. Scott, “Design and implementation of a social distancing and contact tracing wearable,” *Colloq. Inf. Sci. Technol. Cist*, vol. 2020-June, pp. 466–471, 2020.
- [14] M. Aledhari, R. Razzak, R. M. Parizi, and A. Dehghantanha, “A Deep Recurrent Neural Network to Support Guidelines and Decision Making of Social Distancing,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Big Data, Big Data 2020*, pp. 4233–4240, 2020.
- [15] V. Zope, N. Joshi, S. Iyengar, and K. Mahadevan, “Perception of Social Distancing,” no. Icicnis, pp. 140–148, 2020.
- [16] T. Pardhu, D. V. S. C. Babu, and E. Amareshwar, “Design of Obstacle Detection System for Visually Challenged People,” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 5–8, 2020.



- [17] M. Aghaei, M. Bustreo, Y. Wang, G. Bailo, P. Morerio, and A. Del Bue, "Single Image Human Proxemics Estimation for Visual Social Distancing," pp. 2784–2794, 2021.
- [18] B. Abdulsalam Abdulrahman and A. Ali Mohammed, "Detection and classification of falling in elderly people using customized deep learning algorithm," J. Zankoy Sulaimani - Part A, vol. 23, no. 1, pp. 119–130, 2021.
- [19] W. Kurniawan, S. Ibrahim, and M. Sulisty, "People detection and tracking methods for intelligent surveillance system," AIP Conf. Proc., vol. 2217, no. April, 2020.
- [20] S. Lakshmi, P. Kavipriya, M. R. Ebenezer Jebarani, and T. Vino, "A Novel Approach of Human Hunger Detection especially for physically challenged people," Proc. - Int. Conf. Artif. Intell. Smart Syst. ICAIS 2021, pp. 921–927, 2021.
- [21] W. Choi and E. Shim, "Optimal strategies for social distancing and testing to control COVID-19," J. Theor. Biol., vol. 512, p. 110568, 2021.
- [22] Y. Guo, W. Qin, Z. Wang, and F. Yang, "Factors influencing social distancing to prevent the community spread of COVID-19 among Chinese adults," Prev. Med. (Baltim), vol. 143, no. December 2020, p. 106385, 2021.
- [23] A. H. Ahamad, N. Zaini, and M. F. A. Latip, "Person Detection for Social Distancing and Safety Violation Alert based on Segmented ROI," Proc. - 10th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2020, no. August, pp. 113–118, 2020.
- [24] K. Zheng, F. Wu, and X. Chen, "Laser-based people detection and obstacle avoidance for a hospital transport robot," Sensors (Switzerland), vol. 21, no. 3, pp. 1–24, 2021.
- [25] S. Majhi, S. K. Nayak, S. S. Barik, K. Singh, and S. Biswal, "Real-time Object Detection and Recognition Using Deep Learning with YOLO Algorithm for Visually Impaired People," J. Xidian Univ., vol. 14, no. 4, pp. 2354–2362, 2020.
- [26] Y. Zhou, "Deep learning based people detection, tracking and re-identification in intelligent video surveillance system," Proc. - 2020 Int. Conf. Comput. Data Sci. CDS 2020, pp. 443–447, 2020.