

SKRIPSI

**SISTEM DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH SEBAGAI *SECURITY*
SYSTEM BERBASIS *HYBRID DEEP LEARNING ALGORITHM***



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

ACHMAD SYAUGI RAMADHAN

03041381722105

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH SEBAGAI *SECURITY*
SYSTEM BERBASIS *HYBRID DEEP LEARNING ALGORITHM*



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

ACHMAD SYAUGI RAMADHAN
03041381722105

Palembang, 20 Juli 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui
Pembimbing Utama



Muhammad Abu Bakar Sidik, S. T., M. Eng., Ph.D. Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.

NIP : 197108141999031005

NIP. 198407302008122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achmad Syaugi Ramadhan

NIM : 03041381722105

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *software iThenticate/Turnitin* : 4%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem Deteksi dan Pengenalan Wajah Sebagai *Security System* Berbasis *Hybrid Deep Learning Algorithm*” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.


Palembang, 20 Juli 2022



Achmad Syaugi Ramadhan

NIM. 03041381722105

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  - _____
Pembimbing Utama : Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S. T., M.S.
Tanggal : 23 / 07 / 2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achmad Syaugi Ramadhan

NIM : 03041381722105

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Sistem Deteksi dan Pengenalan Wajah Sebagai *Security System* Berbasis
*Hybrid Deep Learning Algorithm***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : 20 Juli 2022

atikan,



Achmad Syaugi Ramadhan

NIM. 03041381722105

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah ﷻ serta shalawat dan salam kepada nabi muhammad ﷺ beserta keluarga dan para sahabat, penulis dapat membuat skripsi ini berjudul "Sistem Deteksi dan Pengenalan Wajah Sebagai *Security System* Berbasis *Hybrid Deep Learning Algorithm*".

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S. T., M. Eng., Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S. T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S. T., M.S. Sebagai pembimbing utama tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. Selaku pembimbing pendamping tugas akhir ini.
4. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M. Eng selaku dosen pembimbing akademik selama masa perkuliahan.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua dan keluarga yang telah mendukung dan mengingatkan penulis untuk tetap gigih dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang selalu menyemangati dan memberikan arahan kepada penulis.
8. Dan pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu memberikan saran penulisan skripsi tugas akhir ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam menulis skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang baik bagi pembaca. Maka dari itu, adanya kritik dan saran sangat diperlukan penulis dalam memperbaiki dan mengulas kembali hal-hal yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Diharapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna di masa yang akan datang.

Palembang, 20 Juli 2022



Achamd Syaugi Ramadhan

NIM. 03041381722105

ABSTRAK
SISTEM DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH SEBAGAI SECURITY
SYSTEM BERBASIS HYBRID DEEP LEARNING ALGORITHM

(Achmad Syaugi Ramadhan, 03041381722105, 2022, 39 halaman)

Saat ini, perkembangan teknologi *security system* telah menggunakan kombinasi biometric dan kecerdasan buatan melalui sistem deteksi dan pengenalan wajah. Meskipun penelitian yang berkaitan dengan deteksi wajah telah banyak dilakukan, teknologi pendeteksian wajah masih menghadapi banyak tantangan dalam penerapan praktis, dimana pendeteksian wajah saat ini masih dilakukan pada jarak dekat dan sangat mengandalkan ciri dari wajah sehingga akurasi yang didapat dan sangat bergantung pada ketepatan pemilihan ciri. Maka dari itu, penelitian ini mengembangkan sistem deteksi dan pengenalan wajah secara *real-time* dengan menggunakan *hybrid deep learning algorithm*. Sistem ini menggunakan performansi dari *convolusional neural network* (CNN) dengan metode FaceNet dan algoritma *deep belief network* (DBN). Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah 9 wajah, dimana 6 orang menjadi data praktikan yang dapat melakukan akses ke ruangan dan 3 orang menjadi data *unknown* yang tidak memiliki hak mengakses ruangan. Jumlah data keseluruhan yang diperoleh adalah 18000 data. Selanjutnya, data tersebut dilatih dengan menggunakan FaceNet dan DBN, dimana model hasil pelatihan terbaik adalah model yang menggunakan *learning rate* 0,1 dengan *loss value* yang didapatkan sebesar 0,971691. Selanjutnya model tersebut diujikan pada data uji secara *offline* dan *real-time*. Wajah yang terekam oleh CCTV dideteksi oleh sistem menggunakan model FaceNet yang telah melakukan *proses embeddings* dan sistem akan mengenali wajah menggunakan model DBN yang telah dilatih. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat mendeteksi dan mengenali wajah pada citra diam secara *offline* dengan probabilitas 100%. Sedangkan pada hasil pengujian *real-time* sistem dapat mendeteksi wajah dan mengirim informasi tersebut kepada pengguna secara langsung melalui media telegram.

Kata kunci : Pendeteksi dan Pengenalan Wajah, FaceNet, Deep Belief Network (DBN), Security system, Real-Time

Mengetahui ,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Palembang, 18 Juli 2022

Menyetujui

Pembimbing Utama


Muhammad Abu Bakar Sidik, S. T., M. Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005


Dr. Eng. Suci Dwijavanti, S.T., M.S.

NIP. 198407302008122001

ABSTRACT

FACE RECOGNITION AND DETECTION SYSTEM AS A SECURITY SYSTEM BASED ON HYBRID DEEP LEARNING ALGORITHM

(Achmad Syaugi Ramadhan, 03041381722105, 2022, 39 Pages)

Currently, the development of security system technology has used a combination of biometrics and artificial intelligence through face detection and recognition systems. Although many studies related to face detection have been carried out, face detection technology still faces many challenges in practical application, where face detection is currently still carried out at the close range and relies heavily on facial features so that the accuracy obtained is highly dependent on the accuracy of feature selection. Therefore, this study developed a real-time face detection and recognition system using a hybrid deep learning algorithm. This system used the performance of the convolutional neural network (CNN) with the FaceNet method and the deep belief network (DBN) algorithm. The objects used in this study were 9 faces, where 6 people become data practitioners who can access the room and 3 people become data unknowns who do not have the right to access the room. The total number of data obtained is 18000 data. Furthermore, the data was trained using FaceNet and DBN, where the best training model was a model that used a learning rate of 0.1 with a loss value of 0.971691. Furthermore, the model was tested on offline and real-time test data. Faces recorded by CCTV were detected by the system using the FaceNet model that has carried out the embedding process and the system were able to recognize faces using the trained DBN model. The test results showed the system can detect and recognize faces in still images offline with a probability of 100%. Meanwhile, in real-time test results, the system detected faces and send the information to users directly via telegram media.

Keywords: *Face Detection and Recognition, FaceNet, Deep Belief Network (DBN), Security system, Real-Time*

Palembang, 18 Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui

Pembimbing Utama


Muhammad Abu Bakar Sidik, S. T., M. Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005


Dr. Eng. Suci Dwijavanti, S.T., M.S.

NIP. 198407302008122001

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Keaslian Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>State of The Art</i>	5
2.2. Teori Pendukung	9
2.2.1. <i>Face detection</i>	9
2.2.2. <i>Face recognition</i>	9
2.2.3. FACENET.....	10
2.2.4. <i>Deep Belief Network (DBN)</i>	11
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	14
3.1. Studi Literatur	15
3.2. Perancangan Sistem	15
3.3. Pengambilan Data.....	16
3.4. Pelatihan Data	18
3.5. Pengujian Data	18
3.5.1. Pengujian Data Secara Offline	19
3.5.2. Pengujian Data Secara Online	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1. Pengambilan Data Latih.....	20
4.2. Proses Pengolahan Data.....	21

4.2.1. Preprocessing	21
4.2.2. Penentuan Kelas.....	22
4.3. Pelatihan Pengenalan Wajah.....	22
4.3.1. Pemodelan <i>FaceNet</i> Untuk Deteksi Wajah.....	22
4.3.2. Pelatihan DBN.....	23
4.4. Pengujian.....	28
4.4.1. Pengujian Offline.....	28
4.4.2. Pengujian Online (Real-Time).....	34
4.5. Pengiriman Data	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Persentase Data Terdeteksi dan Persentase Data <i>Runtime</i> Pada Ketiga <i>Dataset</i>	5
Gambar 2.2. Perbandingan Pada <i>Dataset</i> FDDB	7
Gambar 2.3. <i>Face Detection</i>	9
Gambar 2.4. <i>Face Recognition</i>	10
Gambar 2.5. <i>FaceNet</i> Architecture Block Diagram	11
Gambar 2.6. Deep Belief Network Architecture	13
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian.....	14
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Sistem Deteksi dan Pengenalan Wajah.....	15
Gambar 3.3. Reolink RLC-410W	17
Gambar 3.4. Sketsa Posisi Instalasi CCTV	17
Gambar 4.1. Beberapa Contoh Sampel Hasil Pengambilan Data.....	20
Gambar 4.2. Hasil dari <i>Preprocessing</i> Untuk 6 Sampel Wajah.....	21
Gambar 4.3. <i>Inception Blocks V2</i> Arcitecture	22
Gambar 4.4. Arsitektur Proses Pemodelan <i>FaceNet</i>	23
Gambar 4.5. Grafik <i>Restricted Boltzman Machine Reconstruction Error</i> pada Learning Rate 0,01	24
Gambar 4.6. Grafik <i>Restricted Boltzman Machine Reconstruction Error</i> pada Learning Rate 0,0001	25

Gambar 4.7. Grafik <i>Restricted Boltzman Machine Reconstruction Error</i> pada Learning Rate 0,1	26
Gambar 4.8. Grafik ANN <i>training loss</i>	27
Gambar 4.9. Pengujian Wajah Bergerak Secara Offline	32
Gambar 4.10. Pengujian Wajah Secara Online (Real-Time)	34
Gambar 4.11. Pengiriman Data Melalui Aplikasi Telegram.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil TPR dengan Algoritma lain pada dataset FDDB	8
Tabel 3.1. <i>Confusion Metric</i>	18
Tabel 4.1. Parameter <i>Training Network</i> DBN.....	23
Tabel 4.2. Penurunan dan Persentase Akurasi <i>Loss Value</i>	27
Tabel 4.3. Pengujian Citra Wajah Diam Praktikan Secara <i>Offline</i>	29
Tabel 4.4. Pengujian Citra Wajah Diam Unknown Secara <i>Offline</i>	31
Tabel 4.5. Pengujian Sampel Citra Wajah Bergerak Secara <i>Offline</i>	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Library Python yang Digunakan

Lampiran 2. Pengujian Wajah Praktikan Diam Secara Offline

Lampiran 3. Pengujian Wajah *Unknown* Diam Secara Offline

Lampiran 4. Pengujian Wajah Bergerak Secara Offline

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, produk yang digunakan untuk *security system* semakin berkembang. *Security system* tidak hanya mengandalkan *chip* mikrokomputer sebagai kendali utama tetapi juga mulai menggunakan sistem yang lebih canggih berbasis kecerdasan buatan[1]. *Security system* ini dapat diterapkan pada berbagai fasilitas baik di area fasilitas umum maupun fasilitas keamanan ruang. *Security system* yang menggunakan kecerdasan buatan biasanya membutuhkan input berupa biometrik yang memiliki ciri yang tidak dapat ditiru dan unik untuk setiap individu. Salah satu biometrik tersebut adalah wajah.

Aplikasi deteksi dan pengenalan wajah banyak digunakan pada *computer vision* dan dapat juga digunakan pada *security system*[2]. Deteksi wajah adalah cara yang digunakan untuk mengetahui apakah ada citra berupa wajah dalam sebuah citra dinamis. Sistem deteksi wajah sangat berhubungan erat dengan pengenalan wajah [3-4]. Apabila wajah terdeteksi, data pada wajah yang direkam selanjutnya akan diidentifikasi. Penggunaan sistem deteksi wajah dan pengenalan wajah dapat digunakan sebagai *monitoring* yang baik pada *security system* dan dapat digunakan pada fasilitas tertentu termasuk akses ruangan[5].

Meskipun penelitian yang berkaitan dengan deteksi wajah telah banyak dilakukan, teknologi pendeteksi wajah masih menghadapi banyak tantangan dalam penerapan praktis[5]. Salah satu penelitian yang telah dilakukan untuk mendeteksi wajah adalah *modified affine transformation* pada *haar cascades*[6]. Metode ini menggabungkan algoritma *viola-jones haar cascades* dan *modified affine transformation* dengan cara merotasi dan menyesuaikan sudut gambar wajah yang dideteksi oleh *haar cascades*. Selanjutnya, gambar yang telah dimodifikasi akan dideteksi kembali. Namun, metode ini hanya memiliki akurasi yang baik pada jarak dekat. Metode lain yang digunakan untuk mendeteksi wajah adalah *online high-quality anchor mining* (HAMBox) [7]. Namun, metode ini hanya sedikit

mendeteksi *bounding box* yang dapat diprediksi dengan benar. Selain itu, metode lain yang digunakan adalah *fast cascade* dan *pyramid network* [8]. Metode ini menggabungkan *fast cascade* dengan *pyramid network* sebagai proposal wajah. Namun, metode ini terlalu lambat untuk mendukung deteksi wajah secara *real-time*.

Metode pada penelitian-penelitian di atas dilakukan pada jarak yang dekat. Akurasi deteksi akan menurun jika wajah yang dideteksi berada pada jarak yang jauh. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan metode untuk mendeteksi wajah dari jarak jauh dengan performa pendeteksian yang baik menggunakan algoritma *convolutional neural network* (CNN). CNN merupakan algoritma yang efektif pada *computer vision*, seperti penelitian [9] yang menggunakan CNN untuk mendeteksi wajah.

Selanjutnya, tahap pengenalan wajah tersebut akan dilakukan dengan menggunakan *deep belief network* (DBN). Kombinasi *hybrid* ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi dari deteksi dan pengenalan secara *real-time*.

1.2 Perumusan Masalah

Pendeteksian wajah saat ini dilakukan pada jarak yang dekat dan sangat mengandalkan ciri dari wajah sehingga akurasi yang didapat akan sangat bergantung pada ketepatan pemilihan ciri. Maka, pada penelitian ini dikembangkan pendeteksian dan pengenalan wajah secara *real-time* dengan menggunakan sistem teintegrasi antara CNN dan DBN. Deteksi dan pengenalan wajah ini akan digunakan *security system* untuk menjamin bahwa individu yang berada di dalam ruangan berhak untuk mengakses ruangan tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menerapkan penggunaan wajah sebagai *input* pada *security system* dimana wajah tersebut berada pada jarak yang cukup jauh dari kamera. Selain itu, penelitian ini akan menunjukkan performansi dari *hybrid algorithm* CNN dan DBN untuk mendeteksi dan mengenali wajah secara *real-time*.

1.4 Pembatasan masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Sampel wajah yang digunakan merupakan wajah asisten dan praktikan pada laboratorium teknik kendali dan robotika.
2. Data diambil menggunakan kamera CCTV.
3. Program yang digunakan untuk memproses algoritma CNN dan DBN adalah python versi 3.7.4

1.5 Keaslian Penelitian

Pada penelitian ini dikembangkan sistem deteksi dan pengenalan wajah untuk *security system* dengan menggunakan algoritma CNN yang dikombinasikan dengan DBN. Ada beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk mendeteksi wajah ialah penelitian yang dilakukan oleh Rohit Sharma et al. [6] Dalam penelitiannya, Rohit menggunakan *modified affine transformation* pada *haar cascades*. Metode ini mengambil gambar wajah asli yang dideteksi dan memutar gambar tersebut pada bidang tertentu untuk meningkatkan akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi yang didapat sangat baik dengan posisi gambar wajah yang berbeda-beda di setiap sudut. Namun, metode ini hanya dapat dilakukan menggunakan webcam atau kamera jarak dekat secara *real-time*.

Yang Liu et al. [7] menggunakan metode *high-quality anchor mining strategy* (HAMBox) pada tahap *training*. Dalam metode ini, batas tepi wajah paling luar akan disesuaikan untuk mendapatkan ukuran yang seimbang dengan wajah. Wajah dideteksi dengan menggunakan Retina Net sebagai garis minimum atau *baseline*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya 11% *bounding box* yang diprediksi dengan benar yang di regresikan dalam fase inferensi.

Dan Zeng et al. [8] pada penelitiannya menggunakan metode *fast cascade* dengan *pyramid network*. Dalam metode ini, gambar asli dan gambar yang berskala $\sqrt{2}/2$ diumpankan dalam jaringan di tahap pertama. Tahap kedua dan tahap ketiga digunakan untuk menyempurnakan proposal dari gambar wajah sehingga gambar

wajah menjadi lebih akurat. Di antara metode deteksi wajah berbasis CNN, metode ini yang tercepat dengan kecepatan 165 FPS. Namun, metode ini harus mengubah ukuran gambar ke skala dan *slide* beragam untuk mendeteksi wajah yang berbeda.

Hazar Miliki et al. [12] dalam penelitiannya mengusulkan pendeteksian wajah menggunakan *Faster R-CNN* secara *multi-scale*. Metode ini dikembangkan dengan 2 jaringan utama, yaitu jaringan proposal untuk membuat daftar wilayah dan jaringan untuk mengklasifikasi wajah atau non wajah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemrosesan seluruh wajah (pelacakan, estimasi pose, estimasi jenis kelamin dan usia, serta pengenalan wajah) dapat dilakukan dalam konteks resolusi rendah. Namun, metode ini lebih mahal pada waktu komputasi dibandingkan metode lainnya.

Selanjutnya, Shaoqi Hou et al. [13] menggunakan metode *Two Information Flow Block* (TIFB) dan retinal *Receptive Field Block* (RRFB) untuk mendeteksi wajah. Metode ini dikembangkan dengan 2 modul utama, yaitu *Feature Map Fast Shrink Module* (FMFSM) dan *Variable Scale Face Detection Module* (VSFDM) yang disebut sebagai LRNet. Hasil penelitian menyatakan bahwa metode ini memiliki sedikit lapisan konvolusional pada kernel terkecil. Namun, metode ini mampu mengurangi waktu yang diperlukan untuk inferensi secara efektif sambil menjaga *True Positive Rate* (TPR) pada tingkat yang relatif tinggi.

Untuk mengatasi kelemahan penelitian-penelitian di atas, maka pada penelitian digunakan metode CNN untuk mendeteksi dan pengenalan wajah akan dilakukan oleh DBN yang akan diterapkan pada *security system*. Dalam penelitian Weijun Chen et al. [14], metode CNN yang digunakan mampu mendeteksi wajah dengan kecepatan 45 fps dengan didukung darknet-53 dan 1080 Ti GPU dengan *detection recall* yang didapat sebesar 0.693. Pada penelitian Hafidz Sanjaya et al. [15], metode CNN yang dipakai mampu mendeteksi objek wajah dengan persentase sebesar 88% pada jarak terjauh sepanjang 2 meter walaupun wajah tidak dapat terdeteksi apabila ada 2 objek wajah dideteksi secara bersamaan dan terdapat atribut, seperti kacamata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Ai, And X. Cheng, “Research on embedded access control security system and face recognition system,” *Measurement* 123, 2018, pp. 309-322.
- [2] W. Fang, N. Cui, W. Chen, W. Zhang, Y. Chen, “A Trust-based Security System for Data Collecting in Smart City,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2020.
- [3] J. Wu, X. Sun, Z. Wang, “Shearlet feature manifold for face recognition,” *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 10 (9), 2018, pp. 3453–3460.
- [4] Z. Z. Li, Q. H. Zeng, X. D. Li, Y. Yu, “Face Detection Technology Based on Combining Skin Color Model with Improved Adaboost Algorithm,” *2019 IEEE 4th International Conference on Signal and Image Processing*, 2019, pp. 381-384.
- [5] Z. Dong, J. Wei, X. Chen, P. Zheng, “Face Detection in Security Monitoring Based on Artificial Intelligence Video Retrieval Technology,” *IEEE Access* 8, 2020, pp. 63421–63433.
- [6] R. Sharma, T. S. Ashwin, R. M. R. Guddeti, “A Novel Real-Time Face Detection System Using Modified Affine Transformation and Haar Cascades,” *Recent Findings in Intelligent Computing Techniques*. Springer, Singapore, 2019, pp. 193-204.
- [7] L. Yang, T. Xu, H. Junyu, L. Jingtuo, R. Dinger, W. Xiang, “HAMBox: Delving Into Mining High-Quality Anchors on Face Detection, ” *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2020, pp. 13043–13051.
- [8] D. Zeng, F. Zhao, S. Ge, W. Shen, “Fast Cascade Face Detection with Pyramid Network,” *Pattern Recognition Letters* 119, 2019, pp. 180-186.

- [9] R. Ranjan, et al. "A fast and accurate system for face detection, identification, and verification", *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science* 1.2, 2019, pp. 82-96.
- [10] Q. Mao, H. Sun, Y. Liu, and R. Jia, "Mini-YOLOv3: Real-Time Object Detector for Embedded Applications," *IEEE Access* 7, 2019, pp. 133529-133538.
- [11] Y. Zhang, C. Hu, X. Lu, "Improved YOLOv3: Object Classification in Intelligent Transportation System," *arXiv preprint arXiv: 2004*, 2020, 03948.
- [12] H. Mliki, S. Dammak, E. Fendri, "An improved multi-scale face detection using convolutional neural network," *Signal, Image and Video Processing* 14, 2020, pp. 1345–1353.
- [13] S. Hou, Y. Li, Y. Pan, X. Yang, G. Yin, "A Face Detection Algorithm Based on Two Information Flow Block and Retinal Receptive Field Block", *IEEE Access* 8, 2020, pp. 30682–30691.
- [14] W. Chen, H. Huang, S. Peng, C. Zhou, C. Zhang, "YOLO-face: a real-time face detector", *The Visual Computer*, 2020, pp. 1-9.
- [15] H. Sanjaya, D. Susandi, S. F. Rodiyansyah, "Face Recognition Using Tiny Yolo V2 Algorithm as Attendance System.", *International Journal of Information System and Technology*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [16] Jose, Edwin, et al. "Face recognition based surveillance system using facenet and mtcnn on jetson tx2." 2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS). IEEE, 2019.
- [17] Koubâa, Anis, et al. "Cloud versus edge deployment strategies of real-time face recognition inference." *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 2021.

- [18] Prasetyo, Murman Dwi, et al. "*Deep belief network* optimization in speech recognition." 2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET). IEEE, 2017.
- [19] Hassan, Mohammad Mehedi, et al. "Human emotion recognition using deep belief network architecture." *Information Fusion* 51, 2019, 10-18.