

Pengembangan Face Recognition Menggunakan OpenCV dan Kombinasi Algoritma Haarcascade dan Local Binary Pattern Histogram (LBPH) untuk Aplikasi Presensi Mahasiswa

Ryan Putranda Kristianto

Ilmu Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika

Email: ryan@ukdc.ac.id

(Naskah masuk: 4 Juli 2024, diterima untuk diterbitkan: 20 Oktober 2024)

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi Face Recognition yang sudah ada sebelumnya, dengan fokus pada peningkatan tampilan UI dan nilai confidence dalam pengenalan wajah. Aplikasi sebelumnya memiliki rata-rata nilai confidence 65% dan error rate 35%, yang dianggap kurang optimal. Pengembangan dilakukan menggunakan OpenCV Python dengan kombinasi algoritma Haar Cascade Classifier dan Local Binary Pattern Histogram (LBPH). Metode yang digunakan meliputi perbaikan UI, peningkatan jumlah capturing image menjadi 100 kali untuk training, dan implementasi sistem konfirmasi setelah 10 kali deteksi pengguna yang sah. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pada tampilan UI dan fungsionalitas aplikasi, termasuk penambahan form konfirmasi untuk menyimpan data presensi. Namun, peningkatan jumlah capturing image tidak menghasilkan perubahan signifikan pada nilai confidence, yang tetap berada di sekitar 65%. Sebagai solusi, sistem konfirmasi otomatis setelah 10 kali deteksi pengguna yang sah diimplementasikan untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah.

Kata Kunci – face recognition, aplikasi presensi, haar cascade, local binary pattern histogram

Develop Face Recognition using OpenCV and Combination of Haarcascade Algorithm and Local Binary Pattern Histogram (LBPH) for Student Attendance Application

Abstract: This research aims to enhance an existing Face Recognition application, focusing on improving the UI design and confidence values in facial recognition. The previous application had an average confidence value of 65% and an error rate of 35%, which was considered suboptimal. The development was carried out using OpenCV Python with a combination of Haar Cascade Classifier and Local Binary Pattern Histogram (LBPH) algorithms. The methodology included UI refinement, increasing the number of image captures to 100 for training purposes, and implementing a confirmation system after 10 successful user detections. The results show improvements in the UI design and application functionality, including the addition of a confirmation form to store attendance data. However, increasing the number of image captures did not significantly change the confidence values, which remained around 65%. As a solution, an automatic confirmation system after 10 successful user detections was implemented to enhance facial recognition accuracy.

Keywords – face recognition, attendance system, haar cascade, local binary pattern histogram

1. PENDAHULUAN

Salah satu topik riset di Computer Vision yaitu Face Recognition atau pengenalan wajah adalah teknik untuk mengajari dan melatih komputer agar dapat mendeteksi dan mengenali wajah seseorang dengan baik, masih sangat penting untuk digali. Pengaplikasian Face Recognition sendiri banyak dilakukan pada aplikasi presensi di instansi, otorisasi user di mobile phone, monitoring person di sebuah instansi tertentu misal : bandara atau kantor polisi dan sebagainya.

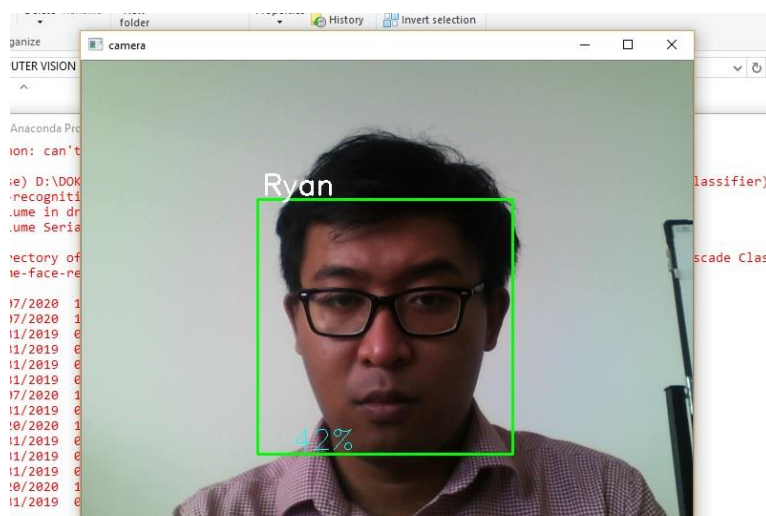
Pada project Face Recognition sendiri terdapat atribut komponen yang menandai “seberapa yakin komputer mengenali person tersebut”, yaitu nilai Confidence, semakin tinggi nilai Confidence

maka komputer semakin yakin mengenali person tersebut. Atribut komponen inilah juga yang nantinya akan dipakai oleh peneliti sebagai benchmark dalam mengembangkan penelitian ini.

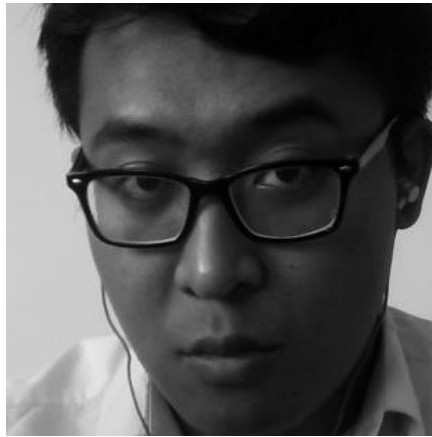
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan project Face Recognition yang sudah ada sebelumnya [1]. Aplikasi Face Recognition tersebut berhasil running dan mampu mengenali person dengan data wajah yang sudah dilatihkan sebelumnya dengan rata – rata nilai confidence 65%. Banyaknya kekurangan aplikasi Face Recognition dari segi tampilan UI dan cukup tingginya nilai error rate (ditandai dengan nilai confidence rata – rata 65% (selama penelitian pengembangan Face Recognition sebelumnya, dan didapat error rate rata - rata 35%) seperti ditunjukkan gambar1, menyebabkan aplikasi ini kurang bekerja secara optimal dalam mengenali user yang sah

Selanjutnya penulis melakukan perbaikan dan pengembangan pada sisi teknis UI dan peningkatan nilai confidence ketika komputer melakukan pengenalan wajah seseorang. Project Face Recognition ini sendiri dibangun dan dikembangkan menggunakan OpenCV Python dan kombinasi algoritma Haar Cascade Classifier dan Local Binary Pattern Histogram (LBPH). OpenCV adalah library yang digunakan untuk pengolahan citra baik gambar atau video secara dinamis dan realtime, peneliti membutuhkan OpenCV karena aplikasi Face Recognition yang akan dikembangkan ini sifatnya realtime, dengan mengcapture wajah seseorang dari webcam. Proses tersebut berjalan dengan membutuhkan fungsi – fungsi operasional dari library OpenCV.

Algoritma Haar Cascade Classifier adalah algoritma yang akan melakukan deteksi wajah seseorang. Apabila diperhatikan pada gambar 1, terdapat shape berbentuk persegi yang mengelilingi wajah seseorang tersebut. Algoritma Haar akan mendeteksi dan mengidentifikasi secara realtime wajah seseorang tersebut dengan cara melakukan konversi image ke GrayScale (seperti ditunjukkan oleh gambar 2) kemudian melakukan ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur sendiri adalah mencari ciri seseorang mulai dari hidung, mata dan mulut [7][8]. Ciri tersebut diwakili oleh angka biner 0 dan 1, dimana 0 mewakili ciri pixel dengan warna mendekati putih dan 1 adalah ciri pixel dengan warna yang mendekati warna hitam.



Gambar 1. Aplikasi Face Recognition yang peneliti rancang sebelumnya dengan nilai confidence 42%



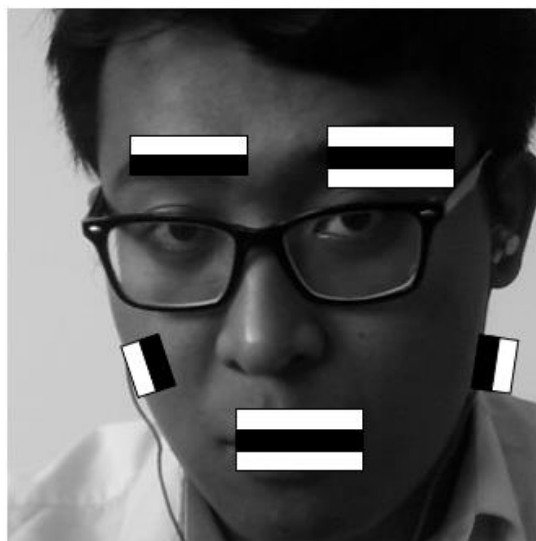
Gambar 2. Image peneliti yang dipakai untuk dataset dan sudah dikonversi ke GrayScale

Algoritma LBPH sendiri digunakan sebagai algoritma Recognitionnya, algoritma ini akan mengolah fitur – fitur dari algoritma Haar Cascade sehingga person yang melakukan capturing wajahnya akan dikenali oleh algoritma ini [9]. Kedua algoritma ini sebenarnya sudah built ini ke dalam library OpenCV, peneliti hanya tinggal menggunakannya dengan memanggilnya saja. Dari penelitian ini diharapkan aplikasi Face Recognition yang dikembangkan menjadi lebih stabil dan lebih baik dari sisi Akurasi dan UInya

2. METODE PENELITIAN

2.1 Algoritma Haar Cascade Classifier

Algoritma Haar Cascade Classifier atau algoritma yang memiliki nama lain Algoritma Viola-Jones adalah algoritma yang umumnya digunakan untuk mendeteksi objek pada person meliputi : wajah, mata, hidung, mulut dan objek lainnya [2]. Algoritma ini memiliki beberapa tahapan langkah – langkah proses yaitu meliputi : Haar Like Features, Integral Image, Adaboost dan Cascade Classifier Combination. Haar Like Feature adalah *function* di Haar Cascade yang digunakan untuk mengencoding bentuk pada objek, seperti bentuk alis, mata, hidung, mulut dan lainnya [10][11]. Pada tahapan ini.



Gambar 3. Tahapan Haar Like Features pada image peneliti yang sudah dikonversi ke GrayScale

Pada gambar 3, ditunjukkan bahwa image peneliti yang sudah dikonversi ke GrayScale hanya akan berwarna hitam dan putih atau cenderung ke hitam dan cenderung ke putih. Pada tahapan Haar Like Features ini digunakan beberapa rectangles untuk mendapatkan bentuk tekstur dan ciri objek [1][2]. Pada gambar 3, pixel yang menyusun alis adalah cenderung ke warna hitam, warna ini akan dibandingkan dengan rectangles sebelumnya, cenderung diwakili oleh warna hitam atau putih. Kulit di atas alis adalah pixel – pixel yang tersusun cenderung ke warna putih, oleh karena itu oleh rectangles diwakili warna putih dan seterusnya.

Tahapan Haar Like Features ini akan menghasilkan nilai – nilai biner, dimana nilai biner tersebut mewakili ekstraksi fitur dan tekstur objek, nilai – nilai biner ini selanjutnya dihitung dan dievaluasi menggunakan Integral image. Integral image sendiri adalah sebuah metode untuk mengevaluasi dan mengkalkulasi nilai yang mewakili fitur dan tekstur sebelumnya, dengan merubah setiap nilai yang ada pada pixel ke dalam sebuah representasi citra yang baru [3].

Proses deteksi yang dilakukan di atas tidak selesai hanya pada 1 fitur saja, namun banyak varian tipe fitur dengan posisi dan skala yang berbeda – beda. Karena alasan tersebut, proses perhitungan evaluasi dan kalkulasi fitur – fitur tersebut akan berjalan lambat. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan algoritma AdaBoost dimana algoritma ini dipakai di algoritma Viola-Jones atau Haar untuk mereduksi perhitungan yang irrelevant saat proses deteksi objek [4]. Dalam kata lain, algoritma AdaBoost akan melakukan seleksi fitur yang biasa sering terjadi dalam permasalahan klasifikasi, [5] yang dalam hal ini adalah masalah proses deteksi objek wajah. Tahapan yang terakhir adalah Cascade Classifier dimana teknik ini mengkombinasikan banyak teknik klasifikasi menjadi 1 agar proses klasifikasi dapat dilakukan dengan cepat. Pada tahapan ini, algoritma Haar bekerja dengan cara membagi – bagi sebuah gambar menjadi beberapa sub gambar, lalu pada sub gambar tersebut berusaha di deteksi apakah terdapat atau terkandung objek atau tidak, jika pada sub gambar di deteksi objek yang berpotensi dan berkemungkinan bahwa sub gambar tersebut adalah bagian dari objek, maka akan dilanjutkan untuk mendeteksi sub gambar yang lain, namun apabila tidak, sub gambar tersebut akan diabaikan [1].

2.2 Algoritma LBPH

Setelah melewati tahapan deteksi objek, tahapan yang selanjutnya adalah recognition gambar wajah seseorang menggunakan algoritma LBPH. LBPH akan melakukan ekstraksi fitur pada face image person yang sudah diregistrasikan ke dalam fitur vector dengan melakukan proses klasifikasi tekstur pada face image person. LBPH sendiri akan melakukan ekstraksi fitur tersebut ke dalam bentuk biner [6].

2.3 Pengembangan Face Recognition untuk Presensi Mahasiswa V2

Dalam penelitian ini, peneliti mengembangkan Face Recognition yang sudah dibangun sebelumnya dari sisi akurasi dan UI nya. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, bahwa akurasi Face Recognition sebelumnya (v1.0) memiliki rata – rata 65%. UI Face Recognition v1.0 ditunjukkan pada gambar 1, dimana data yang ditampilkan adalah berupa nama person dari image person yang sudah diregistrasikan dan telah dilatihkan, dan angka akurasinya (berupa nilai confidencenya).

Dalam melakukan perancangan aplikasi Face Recognition ini, diperlukan library OpenCV, Haar Cascade Classifier dan LBPH (Local Binary Pattern Histogram). OpenCV digunakan sebagai library di Python yang berfungsi sebagai pemrosesan Computer Vision yang realtime (dalam kasus penelitian ini, sebagai capturing image via web cam), sedangkan Haar Cascade Classifier berfungsi sebagai pendeteksi objek (dalam kasus penelitian ini, objek tsb adalah wajah) dan LBPH digunakan sebagai classifier atau recognizer face person

Tahapan Capturing Image Face :

Yang pertama dilakukan nantinya adalah capturing image face, proses pengcapturan ini dilakukan sebanyak 30 kali, sehingga sampling data trainingnya ada 30 image face, penamaan file dilakukan secara otomatis dengan format `id_person[dot]no_iteration_image`, misal : user akan

mencoba capturing image face orang ke 1, maka id_person nya adalah 1, lalu orang tersebut akan diambil (capture) wajahnya sebanyak 30 kali, hal ini yang dimaksud no_iteration_image. Contohnya : 1.1.jpg, 1.2.jpg, 1.3.jpg, 1.4.jpg dan seterusnya hingga mencapai 1.30.jpg. Hal ini dimaksud agar penamaan file dilakukan secara otomatis dan mudah nantinya ketika harus meload kembali data person seseorang (data image face dari semua orang akan disimpan dalam sebuah direktori, penting untuk memperhatikan penamaan file image face tersebut). Setelah seseorang diambil capture wajahnya sebanyak 30 kali, data image face tersebut di crop seukuran kepalanya. Selanjutnya image face tersebut akan dirubah RGBnya ke GrayScale dan disimpan ke dalam sebuah direktori dataset. Library Haar Cascade Classifier nantinya dalam melakukan training dan recognition membutuhkan image face dalam bentuk GrayScale.

Tahapan Training Image Face :

Dataset image face yang terkumpul dalam direktori project tersebut akan di training untuk pengenalan image face menggunakan algoritma LBPH dan Haar Cascade Classifier. Hasil dari pengenalan adalah berupa sebuah file yml yang nantinya akan dijadikan model untuk Face Recognitionnya. Algoritma Haar Cascade Classifier dalam kasus ini digunakan untuk deteksi image face seseorang, sedangkan algoritma LBPH digunakan untuk recognizer image face seseorang. Hasil dari recognizer LBPH akan disimpan ke dalam file yml, file tsb akan digunakan sebagai model testing Face Recognition.

Tahapan Recognition Image :

Pada tahapan inilah dilakukan testing Face Recognition. Diperlukan data nama person pada tahapan ini. File model hasil recognizer LBPH sebelumnya, akan digunakan di tahapan ini sebagai model testing, file tersebut di load kembali di tahapan ini. Menggunakan LBPH model akan dibandingkan dengan wajah person di webcam dan akan menghasilkan nilai confidence. Nilai confidence menunjukkan seberapa rendahnya error rate algoritma mengenali person. Tahapan ini juga masih menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier untuk mendeteksi wajah secara realtime (tahapan ini), sehingga nanti hasil dari tahapan ini adalah berupa deteksi wajah dengan data dikenali atau tidak. Hasil Face Recognition v1.0 ini ditunjukkan pada gambar 1. Peningkatan akurasi yang akan dilakukan peneliti adalah dengan melakukan tuning dan trial error pada tahapan capturing face image yang diharapkan nantinya akan menghasilkan model yang bagus pada tahapan training image.

Penulis juga mengembangkan Face Recognition ini dari sisi UInya dimana nantinya diharapkan dari Face Recognition ini akan menampilkan data id person lebih banyak dan lengkap seperti asal dan latar belakang person tersebut.

***Tabel 1.** Perbandingan aplikasi Face Recognition lama dengan Face Recognition baru yang akan dibuat*

No	Sistem Presensi Face Recognition V1	Sistem Presensi Face Recognition V2
1	Informasi id yang ditampilkan sebatas nama	Informasi id yang ditampilkan : nama, nim, kelas dan afiliasi
2	Data person disimpan pada hardcode	Data person disimpan pada DBMS MySQL
3	Dukungan webcam bawaan 0.307MP 640x480	Dukungan webcam eksternal 720p 1280x720
4	Capturing wajah person untuk dataset sebanyak 30 kali, yang akan digunakan data training	Capturing wajah person untuk dataset sebanyak 100 kali, yang akan digunakan data training

5	Hasil deteksi person tidak disimpan	Hasil deteksi person disimpan dalam file CSV
---	-------------------------------------	--

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembahasan

Seperti yang telah sebelumnya, pada tahapan ini wajah – wajah person yang nantinya akan digunakan untuk dataset dicapture menggunakan webcam eksternal. Dukungan penggunaan webcam eksternal ini menggunakan resolusi 720p, agar ekstraksi fitur yang nantinya dilakukan pada tahapan training lebih detil dan jelas. Untuk pengujian testing juga pada nilai confidence diharapkan agar memiliki nilai tinggi. Pada tahapan capturing ini, hasil foto yang ada adalah dalam bentuk foto grayscale, seperti ditunjukkan pada gambar 4

Pada tahapan capturing, foto wajah setiap person diambil sebanyak 100 kali dan setiap foto dari seorang person, diminta untuk menggelengkan kepalanya ke kanan kiri atas bawah dan beberapa mimik wajah seperti datar, mengeluarkan lidah, berkedip dan menutup mata. Hal ini bertujuan agar algoritma Haars Cascade mampu mempelajari banyak data wajah seorang person dalam keadaan wajah selain datar.

Training Dataset Wajah Person

Tahapan ke-2 adalah mentraining dataset wajah person yang dalam bentuk grayscale, yang dihasilkan dari tahapan ke-1, data hasil training ini adalah dalam bentuk file trainer.yml. File ini nantinya akan digunakan sebagai model saat testing untuk mengenali wajah person, berikut ditunjukkan pada gambar 5.

Testing Dataset Wajah Person

Tahap ke-3 adalah melakukan testing aplikasi Face Recognition, testing dilakukan menggunakan model yang dihasilkan dari tahapan ke-2 (training dataset wajah person), pada tahapan ini digunakan dukungan webcam eksternal, seperti ditunjukkan pada gambar ke 6, apabila berhasil di deteksi dan dikenali wajah person, maka akan ditampilkan form konfirmasi. Algoritma Haars Cascade Classifier adalah algoritma klasifikasi yang sering digunakan pada OpenCV dan tergolong weak classifier, untuk menangani kelemahan ini, peneliti merancang fitur konfirmasi yang akan menghandle apabila Face Recognition salah mengenali wajah person.

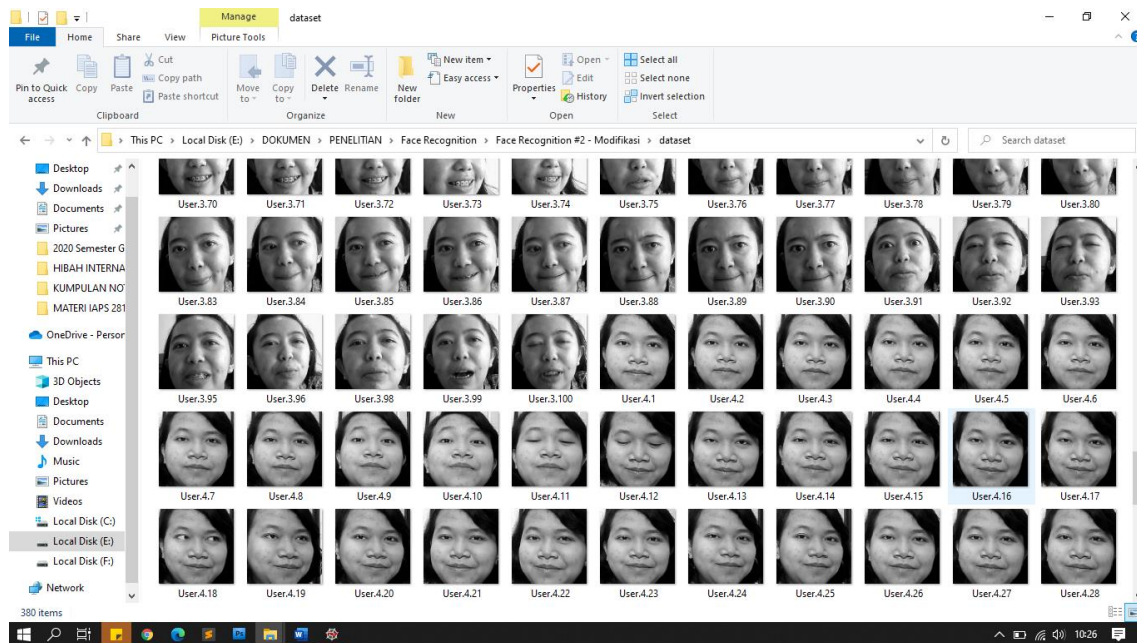
Pengujian Face Recognition

Skenario pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat dan tangguh (robust) aplikasi presensi Face Recognition, hasil dari skenario pengujian yang digunakan dan sudah dilakukan ditunjukan pada tabel no 2.

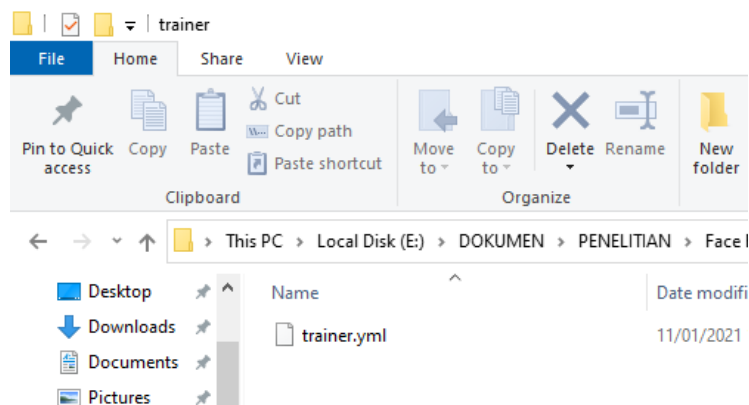
Tabel 2. Perbandingan skenario pengujian person tiap scenario

Skenario Pengujian dengan Penghalang		Person		
No	Detil Keterangan	1	2	3
1	Menutupi wajah dengan masker (seperti ditunjukkan pada gambar 10)	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
2	Menutupi wajah dengan botol (seperti ditunjukkan pada gambar 11)	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
Skenario Pengujian dengan Jarak				
3	Diberikan jarak webcam eksternal dengan wajah person 50 cm (seperti ditunjukkan pada gambar 7)	Dikenali	Dikenali	Dikenali

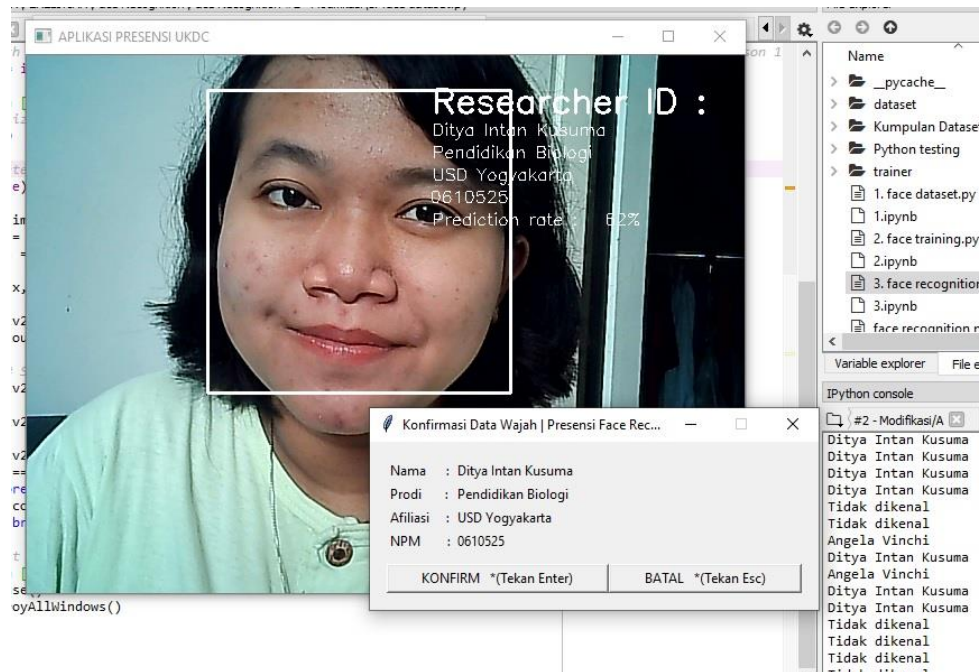
4	Diberikan jarak webcam eksternal dengan wajah person 80 cm (seperti ditunjukkan pada gambar 8)	Dikenali	Dikenali	Dikenali
5	Diberikan jarak webcam eksternal dengan wajah person 1 m (seperti ditunjukkan pada gambar 9)	Tidak Dikenali	Tidak Dikenali	Tidak Dikenali



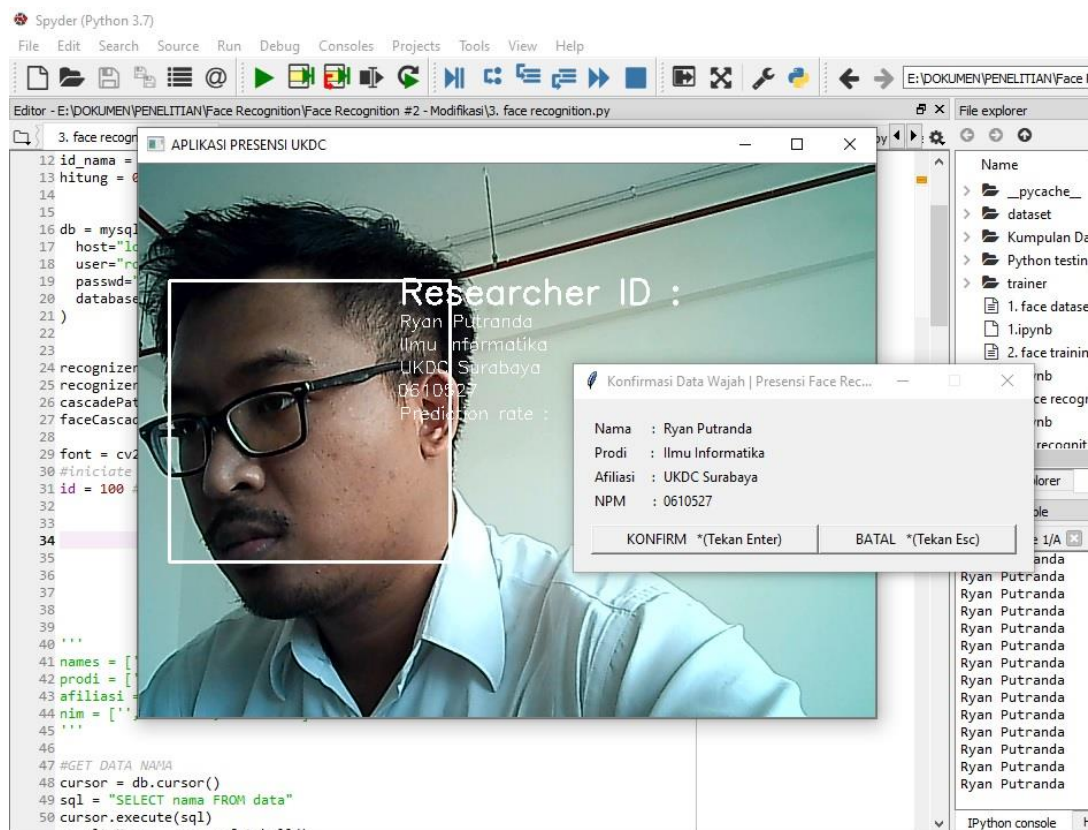
Gambar 4. Hasil capturing wajah untuk dataset dalam bentuk foto grayscale



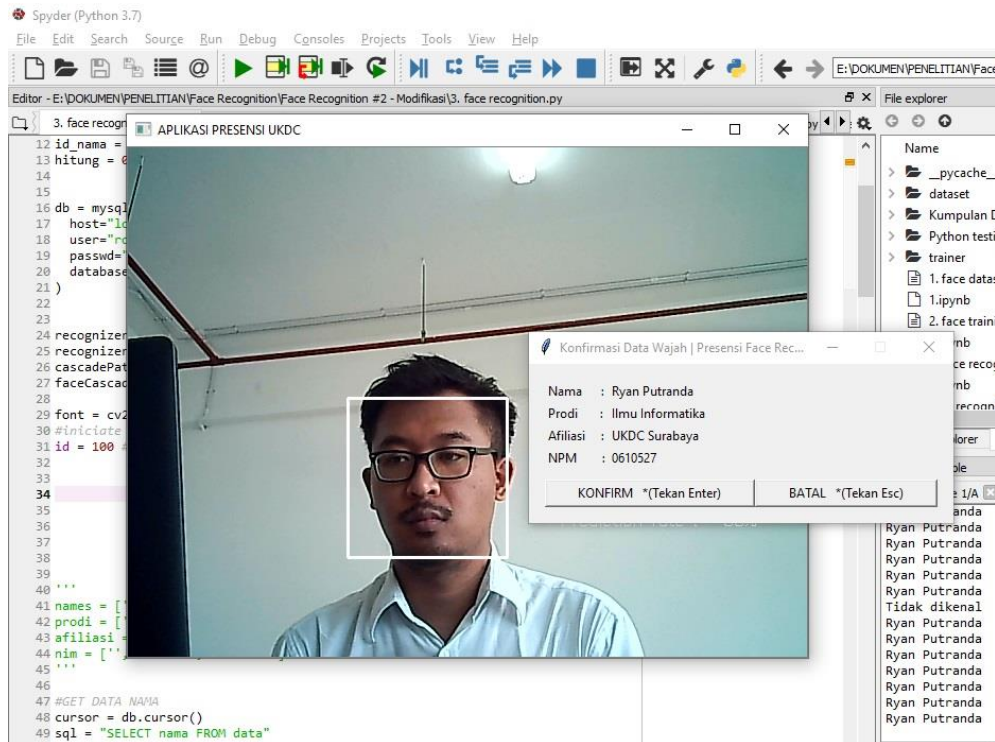
Gambar 5. Hasil training dataset wajah person dalam bentuk file trainer.yml yang akan digunakan sebagai model testing



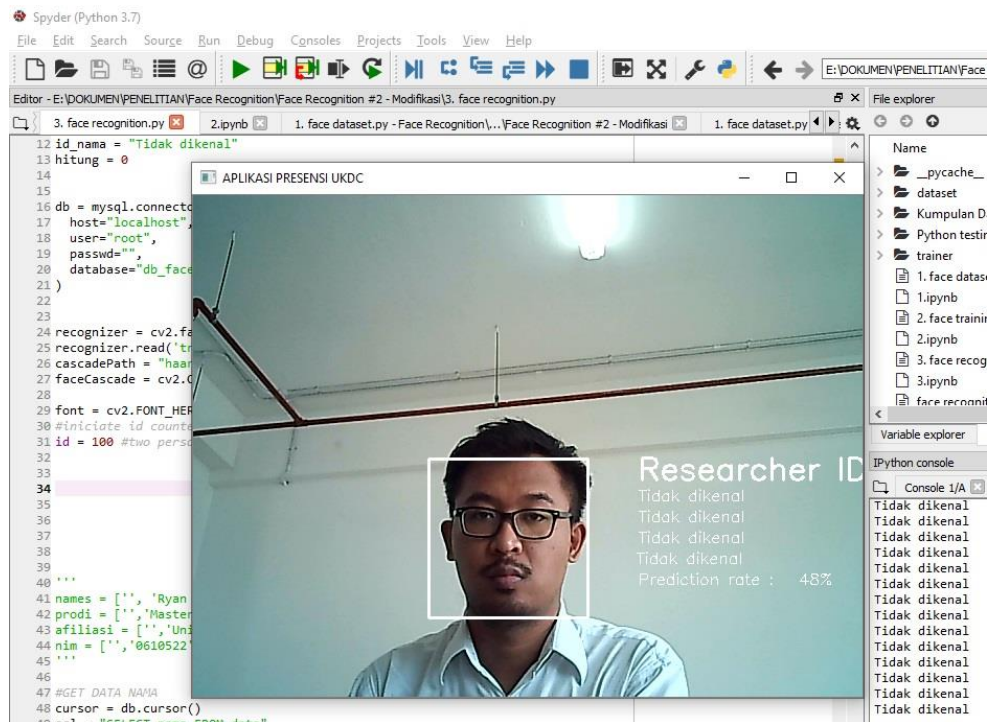
Gambar 6. Hasil testing dataset wajah person



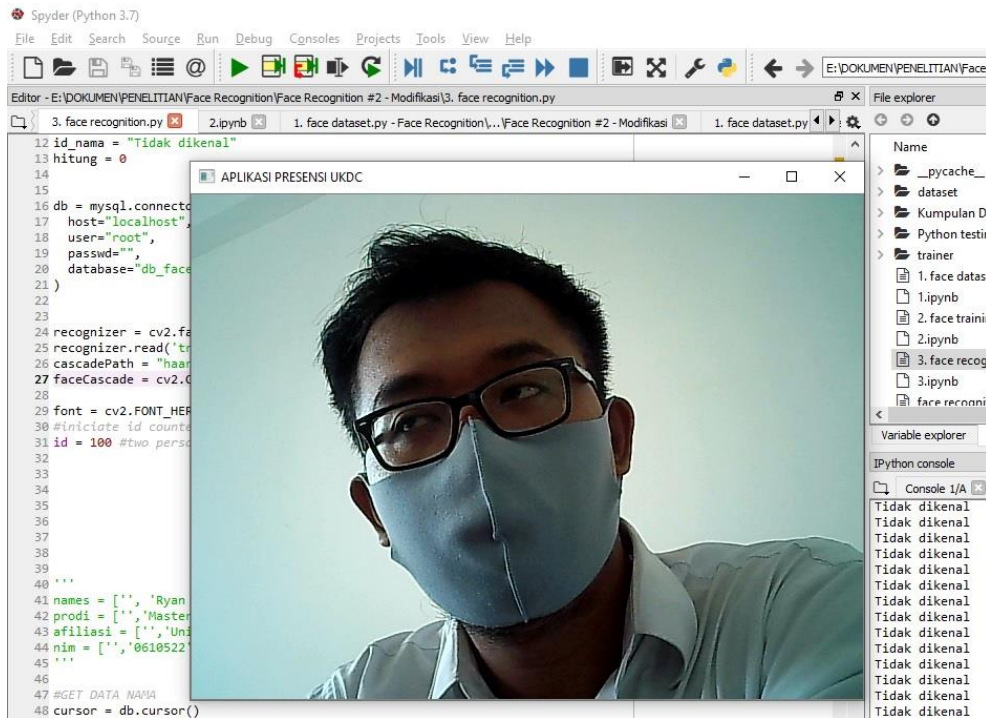
Gambar 7. Pengujian dengan jarak 50 cm



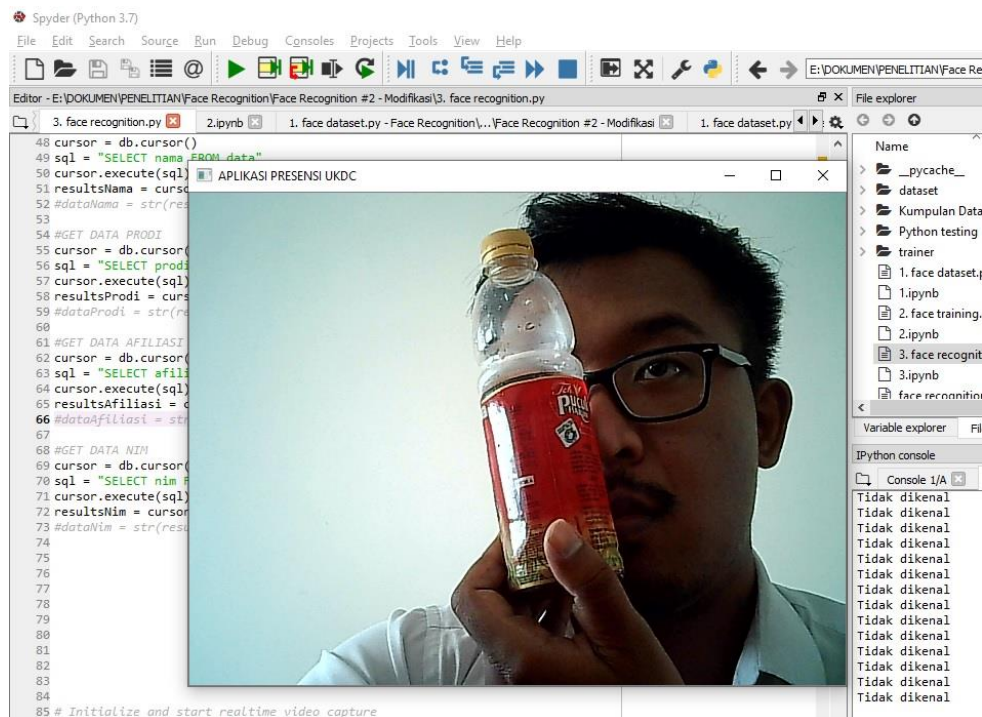
Gambar 8. Pengujian dengan jarak 80 cm



Gambar 9. Pengujian dengan jarak 1 m



Gambar 10. Pengujian dengan jarak 30 cm, penghalang masker



Gambar 11. Pengujian dengan jarak 1 m, penghalang botol

Dari sejumlah skenario pengujian yang dilakukan dan pengembangan aplikasi presensi, disimpulkan bahwa aplikasi presensi secara UI dan fungsional sudah lebih baik, dimana dari sisi tampilan pengguna, kemudian jika pengguna yang dideteksi sah, maka akan ditampilkan form konfirmasi untuk menyimpan data ke dalam file lokal sebagai media log presensi. Namun ketika

percobaan ditingkatkan capturing image sebanyak 100 kali dan kemudian ditraining dalam rangka meningkatkan nilai confidencenya didapatkan hasil pengujian bahwa nilai confidence yang didapatkan cenderung sama di angka rata – rata 65%, hal ini dapat dilihat pada gambar ke 6, dimana nilai confidencenya adalah sebesar 62%, dari hal ini kemudian penulis lakukan perubahan kode program dimana ketika dideteksi pengguna yang sah sebanyak 10 kali (didalam sistem), maka aplikasi akan langsung mengkonfirmasi bahwa pengguna tersebut adalah memang benar pengguna yang sah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat diambil kesimpulan deteksi wajah dan face recognition pada aplikasi presensi berbasis Face Recognition berhasil dikembangkan berdasarkan aplikasi presensi sebelumnya, jarak jangkauan terdeteksi dan dikenali adalah 50 – 80 cm, selain itu aplikasi presensi Face Recognition tidak berhasil mengenali wajah person. Dalam rangka peningkatan nilai confidence dari aplikasi presensi v1, yaitu rata -rata awalnya sebesar 65%, kemudian capturing image ditingkatkan menjadi 100%, tetap tidak terjadi peningkatan nilai confidence, oleh sebab itu penulis melakukan perubahan kode program dimana ketika dideteksi pengguna yang sah sebanyak 10 kali (didalam sistem), maka aplikasi akan langsung mengkonfirmasi bahwa pengguna tersebut adalah memang benar pengguna yang sah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada LPPM UKDC Surabaya yang sudah memberikan bantuan hibah penelitian internal dalam mendanai penelitian ini, terimakasih juga kepada rekan penelitian pertama saya yang sangat membantu dalam penelitian Face Recognition ini, Banu Santoso, Universitas Amikom Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banu S., Ryan P. K. "Implementasi Penggunaan OpenCV Pada Face Recognition untuk Sistem Presensi Perkuliahan Mahasiswa," J. SISTEMASI, vol. 9, no. 2, 2020.
- [2] Angga W. W, Aisyatul K., Wiktasari, Amran Y., Sirli F, "Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram," J. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, vol. 11, no. 1, 2017.
- [3] E. Y. Puspaningrum and W. S. J. Saputra, "Deteksi Wajah Dengan Boosted Cascade Classifier," SCAN - J. Teknol. Inf. dan Komun., vol. 13, no. 3, pp. 1–4, 2018.
- [4] Y. Rodriguez and S. Marcel, "Face authentication using adapted local binary pattern histograms," Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), vol. 3954 LNCS, pp. 321–332, 2006.
- [5] L. W. Alexander, S. R. Sentinuwo, A. M. Sambul, T. Informatika, U. Sam, and R. Manado, "Implementasi Algoritma Pengenalan Wajah Untuk Mendeteksi Visual Hacking," J. Tek. Inform. Univ. Sam Ratulangi, vol. 11, no. 1, 2017.
- [6] R. A. Maulana Budiman, B. Achmad, Faridah, A. Arif, Nopriadi, and L. Zharif, "Localization of white blood cell images using Haar Cascade classifiers," Proc. 2016 1st Int. Conf. Biomed. Eng. Empower. Biomed. Technol. Better Futur. IBIOMED 2016, 2017.
- [7] Wijaya, N., & Ridwan, A. (2019). Klasifikasi Jenis Buah Apel Dengan Metode K-Nearest Neighbors Dengan Ekstraksi Fitur HSV dan LBP. Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer), 8(1), 74-78.

- [8] Farokhah, L. (2020). Implementasi K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Bunga Dengan Ekstraksi Fitur Warna RGB. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 7(6), 1129-1135.
- [9] Ahmad, A., & Latief, A. (2021). Perbandingan Metode KNN Dan LBPH Pada Klasifikasi Daun Herbal. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(3), 557-564.
- [10] Ardhito, D. Y., Susilo, D., Ruswanti, D., & Retnoningsih, D. (2023). Optimasi Face Recognition Untuk Presensi Pegawai. *Technical and Vocational Education International Journal (TAVEIJ)*, 3(2), 171-178.
- [11] Pahlevi, R. A., & Setiaji, B. (2023). Analysis of Application Haar Cascade Classifier and Local Binary Pattern Histogram Algorithm in Recognizing Faces With Real-Time Grayscale Images Using Opencv. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 4(1), 179-186.