

## HAND GESTURE AND DETEKSI WAJAH DETECTION USING RASPBERRY PI

Helfy Susilawati<sup>\*1</sup>, Ade Rukmana<sup>2</sup>, Fitri Nuraeni<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Garut, Indonesia

Email: <sup>1</sup>[helfy.susilawati@uniga.ac.id](mailto:helfy.susilawati@uniga.ac.id), <sup>2</sup>[ade.rukmana@uniga.ac.id](mailto:ade.rukmana@uniga.ac.id), <sup>3</sup>[fitri.nuraeni@itg.ac.id](mailto:fitri.nuraeni@itg.ac.id)

(Naskah masuk: 11 Oktober 2022, Revisi: 1 November 2022, Diterbitkan: 10 Februari 2023)

### Abstract

Face detection is currently used for various purposes, one of which is to record employees attendance. This strategy is ineffective since the employees still can hack the attendance by making their own photos and put them in their desks. If they are unable to come to the office, they can always ask their colleagues to submit their already available photos. Therefore, an alternative that can complement the current face detection method is highly needed. One of the methods that can be used is hand gesture detection. This study aims to detect hand gestures made by the employees to ensure whether they really come to work or not, so the chance for manipulation is quite small. For the purpose of hand gesture recognition, this study utilized Local Binary Pattern Histogram algorithm. LBPH is an algorithm used for the image matching process between images that have been given training and images taken in real time. The hand gesture image was first taken using a raspberry pi camera and then processed to examine whether it matches the registered ID or not. The results showed that ID recognition by using hand gestures is detectable and is in accordance with the registered ID. The number recognition in hand gestures includes numbers 1 to 10. The test results showed that, the average time required for reading hand gestures using a laptop was 9.2 seconds, while that of using raspberry was 14.2 seconds. Motion reading using a raspberry takes longer than that of using a laptop because the laptop's performance is higher than that of a raspberry.

**Keywords:** Face recognition, Hand gestures, LBPH

## DETEKSI WAJAH DAN GESTUR TANGAN DENGAN RASPBERRY PI

### Abstrak

Deteksi wajah saat ini digunakan untuk berbagai kepentingan, salah satunya adalah dalam proses presensi karyawan. Akan tetapi, hal ini dapat diakali oleh para pegawai yaitu dengan membuat foto sendiri kemudian ditempel di tempat kerja, sehingga apabila karyawan tersebut berhalangan hadir, dapat meminta bantuan rekannya untuk memfoto foto yang sudah ditempel, sehingga secara teknis karyawan tersebut masuk kerja. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode tambahan sebagai pendamping dari metode deteksi wajah untuk mengetahui apakah karyawan tersebut benar-benar masuk kerja atau tidak. Salah satu yang dapat dipergunakan adalah dengan menggunakan gestur tangan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi gestur tangan yang dilakukan oleh karyawan sehingga peluang untuk dilakukan manipulasi sangat kecil. Deteksi dan mengenali gestur tangan dilakukan dengan menggunakan algoritma Local Binary Pattern Histogram (LBPH). LBPH merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk proses image matching antara citra yang sudah diberikan pelatihan dengan citra yang diambil secara *real time*. Sebelumnya, citra gestur tangan akan diambil dengan menggunakan raspberry pi camera dan kemudian diolah oleh raspberry pi apakah sesuai dengan ID yang terdaftar atau tidak. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa ID gerakan tangan dapat terbaca dan sesuai dengan ID yang didaftarkan. Pengenalan angka pada gestur tangan meliputi angka 1 sampai dengan angka 10. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk pembacaan gestur tangan dengan menggunakan laptop adalah 9,2 detik dan waktu rata-rata dengan menggunakan raspberry adalah 14,2 detik. Pembacaan gerakan dengan menggunakan raspberry lebih lama daripada dengan menggunakan laptop karena performa laptop lebih tinggi daripada raspberry.

**Kata kunci:** Deteksi wajah, Gerakan tangan, LBPH, Raspberry Pi, Presensi;

### 1. PENDAHULUAN

Presensi merupakan aktifitas rutin yang dilakukan oleh orang yang bekerja, baik itu bekerja di

perusahaan swasta, perusahaan negara, begitu pula dengan pegawai sipil negara. Saat ini, presensi yang digunakan oleh pegawai sipil negara adalah presensi dengan menggunakan foto selfie karyawan dan

deteksi GPS lokasi handphone berada. Deteksi dengan menggunakan dua metode ini dapat diakali dengan menyimpan handphone khusus untuk presensi di lokasi tempat bekerja, kemudian pada saat selfie digunakan foto diri sendiri yang telah dicetak sebelumnya. Oleh karena itu, untuk meyakinkan bahwa karyawan tersebut benar-benar berada di lokasi, maka dapat digunakan penambahan fitur gerakan atau gestur. Gestur ini akan membedakan apakah karyawan tersebut benar-benar datang di tempat atau hanya menggunakan foto. Gestur yang dapat digunakan yaitu gestur tangan. Gestur tangan merupakan gestur yang paling populer yang mana mendeteksi gerakan tangan [1]. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan teknologi saat ini, gestur tangan tidak memerlukan perangkat khusus untuk pendeteksiannya [2]. Gestur tangan dapat mengatasi kesulitan dan dapat memudahkan manusia [3]. Gestur tangan banyak digunakan untuk komunikasi non-verbal seperti aplikasi medis, kontrol robot, dan human-computer interaction (HCI) [4]. Pada human-computer interaction (HCI), gestur tangan merupakan bidang yang dapat dieksplorasi lebih [5]. Gestur tangan yang digunakan merupakan perwakilan ID dari masing-masing karyawan. Setiap jari menunjukkan ID masing-masing, sehingga 10 jari pada manusia mengidentifikasi 10 ID.

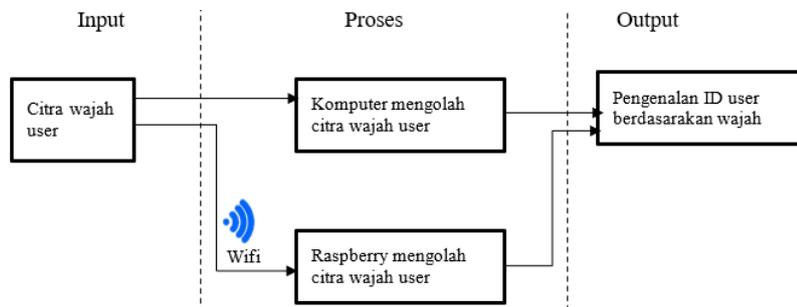
Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk membuat sistem presensi yang menggunakan

identifikasi dari wajah atau yang disebut dengan deteksi wajah yang kemudian digabungkan dengan gerakan tangan. Gerakan tangan dari setiap orang yang terdaftar berbeda, dengan adanya gerakan tangan ini menunjukkan seseorang benar-benar berada di tempat kerjanya. Hand gesture diharapkan dapat meyakinkan bahwa karyawan benar-benar hadir di tempat kerjanya, dimana algoritma yang digunakan ini adalah Local Binary Pattern Histogram.

Kesesuaian antara deteksi wajah dan kode pada deteksi gerakan tangan menjadi kunci untuk dapat melakukan presensi. Jika deteksi wajah sudah terdaftar dan dikenali, kemudian akan dicocokkan dengan kode yang sudah didaftarkan sebelumnya untuk karyawan tersebut, jika cocok maka akan terdapat tulisan selamat datang user, akan tetapi jika tidak cocok salah satunya maka sistem hanya akan membaca gerakan tangan saja.

## 2. METODE PENELITIAN

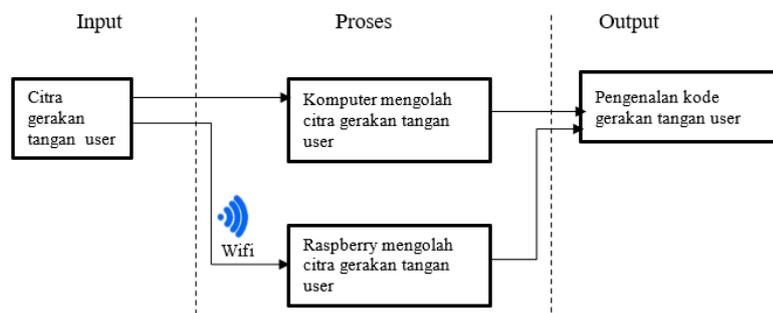
Metode yang digunakan adalah pengenalan wajah dan pengenalan gerakan tangan. Diagram Input, Proses, dan Output deteksi wajah dapat dilihat pada diagram dibawah.



Gambar 1. Diagram Input, Proses,dan Output Deteksi Pengenalan Wajah

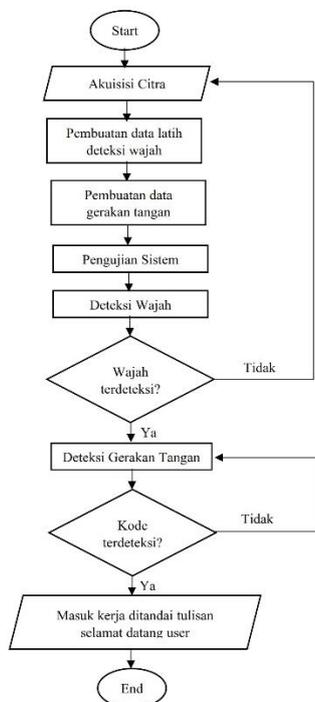
Gambar 1 menunjukkan diagram input, proses dan output dari deteksi pengenalan wajah. Input pada penelitian ini adalah citra wajah yang akan diujikan, yang menjadi proses adalah komputer dan raspberry. Jika menggunakan komputer maka tidak diperlukan koneksi tambahan dalam melakukan proses

pembacaan deteksi wajah, sedangkan jika menggunakan raspberry maka diperlukan koneksi wifi atau internet agar data dapat diolah. Outputnya merupakan data pengenalan wajah sesuai dengan data latih sebelumnya.



Gambar 2. Diagram Input, Proses,dan Output Deteksi Gerakan Tangan

Gambar 2 menunjukkan diagram input, proses dan output dari deteksi gerakan tangan. Input pada penelitian ini adalah citra gerakan tangan user, yang menjadi proses adalah komputer dan raspberry. Outputnya merupakan data kode gerakan tangan yang sebelumnya sudah diatur terlebih dahulu.



Gambar 3. Flowchart Sistem

Gambar 3 merupakan gambar untuk flowchart sistem dimana yang dilakukan pertama kali adalah proses akuisisi citra, yang mana dilanjutkan dengan pembuatan data latih wajah dan gerakan tangan. Proses pengujian untuk menentukan apakah wajah dan kode yang diuji sesuai dengan yang sudah didaftarkan atau tidak. Pada penelitian ini untuk mendeteksi wajah dan gerakan tangan digunakan algoritma Local Binary Pattern Histogram (LBPH).

LBPH digunakan pada beberapa penelitian untuk mendeteksi wajah secara *real time* seperti yang dilakukan pada penelitian [6] dan [7]. LBPH adalah sebuah algoritma yang kerap digunakan untuk mendeteksi wajah (face recognition). Sebuah penelitian yang membandingkan beberapa algoritma dalam mendeteksi wajah menunjukkan bahwa penggunaan algoritma LBPH memiliki keunggulan daripada 2 algoritma lainnya yang dibandingkan, dimana LBPH menghasilkan akurasi 40% dan 95% dari data set yang ada [8]. Penggunaan LBPH juga digunakan untuk mengklasifikasikan pola kecepatan tinggi, dimana hasil yang didapat adalah sistem yang dibangun dapat mengenali kelas 1,12 $\mu$ s, dan 33% lebih cepat dari sistem klasifikasi pola yang dilakukan sebelumnya [9]. LBPH juga digunakan untuk mengenali ekspresi wajah seperti marah, bahagia, terkejut, jijik, sedih, netral dan takut pada Multimedia Understanding Group (MUG) dan Database Ekspresi Wajah Wanita Jepang (JAFFE) [10].

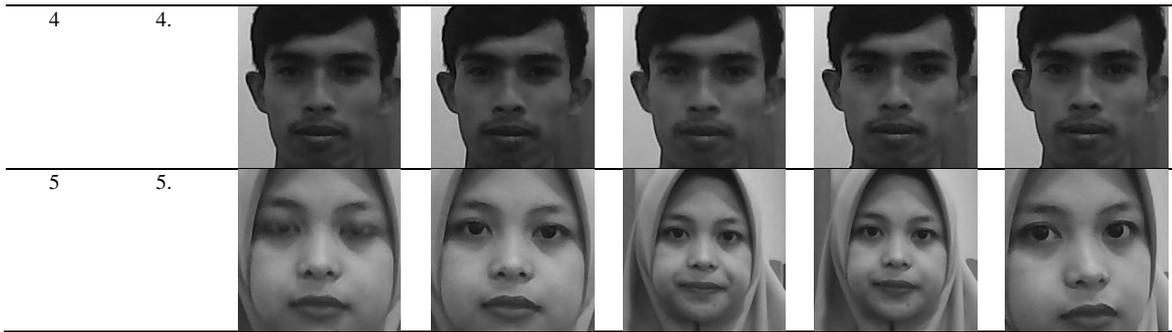
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan dua perangkat keras yaitu Komputer dan Raspberry. Raspberry Pi digunakan untuk mengimplementasikan penglihatan buatan [11]. Data yang sebelumnya telah diolah dan dilatihkan dengan menggunakan komputer akan diupload ke Raspberry. Penggunaan Raspberry dilakukan agar dapat menghemat tempat, dimana Raspberry dapat digunakan sebagai pengganti komputer. Penggunaan Raspberry dapat mengurangi biaya, menyederhanakan proses, serta mudah dan menyenangkan untuk dipelajari dan digunakan [12].

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi 2 tahapan. Tahapan yang pertama adalah pengujian pengenalan wajah yang sebelumnya telah diberikan data latih terlebih dahulu. Data latih menggunakan 20 foto dari setiap orangnya.

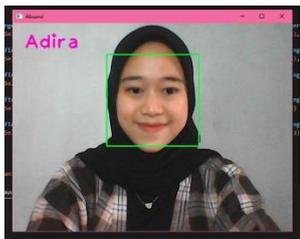
Tabel 1. Tabel Sample Data Latih Pada 5 Data Latih

Data Latih Ke-	User	Sample Data Latih
1	1.	
2	2.	
3	3.	

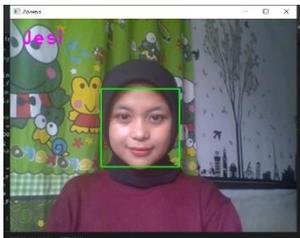


Tabel 1 menunjukkan tabel dari 5 data latih, dimana pada setiap data latih diambil 5 sample dimana sebetulnya diambil minimal 20 sample pada setiap data latih. Pengambilan beberapa pada setiap data latih agar komputer bisa mengenali seseorang berdasarkan beberapa sisi wajah, sehingga jika pada saat pengujian terdapat sisi yang berbeda komputer masih dapat mengenali orang tersebut.

Hasil pengujian pengenalan deteksi wajah dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Pengenalan wajah untuk user 1

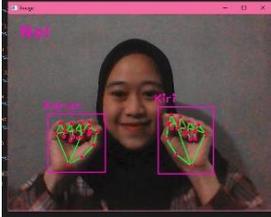
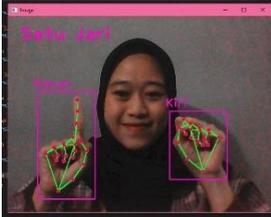
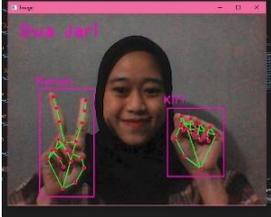
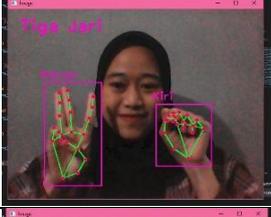
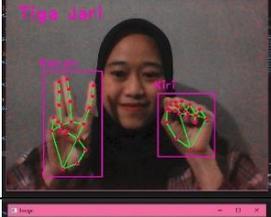
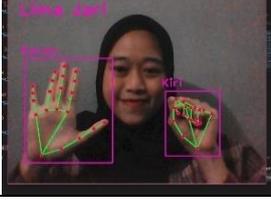


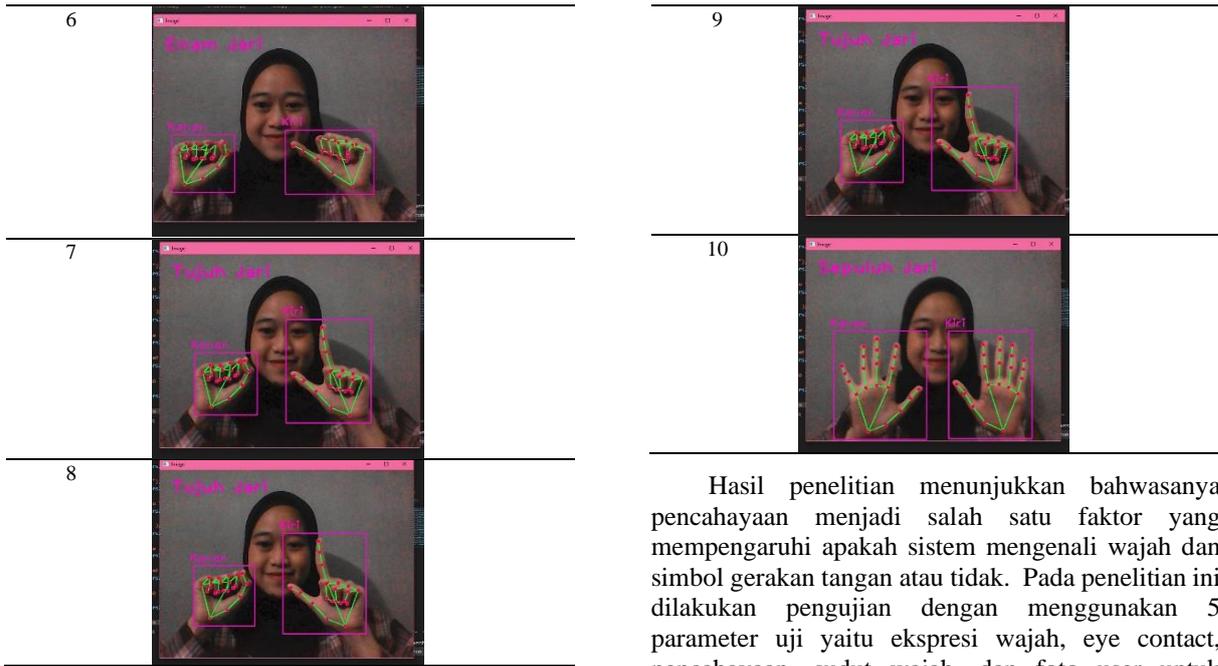
Gambar 5. Pengenalan wajah untuk user 5

Gambar 4 menunjukkan untuk user 1 yang sebelumnya sudah diberikan data latih terkait user, pada saat dilakukan pengujian secara *real time*, sistem dapat mengetahui identitas dari orang tersebut. begitu pula dengan gambar 5 dimana sistem juga dapat mengenali identitas dari user 5.

Pengenalan gerakan tangan menggunakan librari yang sudah ada sebelumnya. Jari yang digunakan adalah jari tangan sebelah kanan dan jari tangan sebelah kiri, dima jari tangan sebelah kanan menunjukkan angka 0 sampai dengan 5 dan jari tangan kiri menunjukkan angka 6-10. Berikut pengenalan kode untuk gerakan tangan.

Tabel 2. Kode Gerakan Tangan

Angka	Kode Gerakan Tangan
0	
1	
2	
3	
4	
5	



Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya pencahayaan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi apakah sistem mengenali wajah dan simbol gerakan tangan atau tidak. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan 5 parameter uji yaitu ekspresi wajah, eye contact, pencahayaan, sudut wajah, dan foto user untuk mengetahui keberpengaruh parameter tersebut terhadap keterbacaan deteksi wajah.

Tabel 3. Parameter Uji

ID karyawan	Ekpresi Wajah	Kontak mata	Pencahayaan	Sudut Wajah	Foto
1.	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	Tidak Terbaca
2.	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	Tidak Terbaca
3.	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	Tidak Terbaca
4.	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	Tidak Terbaca
5.	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	berpengaruh	Terbaca pada jarak $\leq 10$ cm

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwasanya dari keempat parameter tersebut mempunyai pengaruh untuk pembacaan pada ID user yang sebelumnya telah dilatih. Jika ekspresi, kontak mata, pencahayaan, dan sudut wajah sebelumnya sudah terdapat dalam data latih atau minimal mendekati data latih, maka wajah pada data uji dapat dikenali, tapi

apabila keempat parameter tersebut tidak ada sebelumnya pada data latih, maka wajah tersebut tidak akan dikenali. Untuk menguji kecepatan pembacaan, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan stopwatch untuk mengetahui t waktu yang diperlukan untuk registrasi, mendeteksi wajah dan gerakan tangan.

Tabel 4. Waktu yang diperlukan untuk melakukan registrasi, mendeteksi wajah dan gerakan tangan dengan menggunakan Laptop

ID Karyawan	Registrasi	Deteksi Wajah	Deteksi Gerakan Tangan
1.	5 second	0.37 second	15 second
2.	6 second	0.31 second	10 second
3.	4 second	0.44 second	6 second
4.	4 second	0.15 second	5 second
5.	7 second	0.54 second	10 second
Rata-rata	5,2 second	0,362 second	9,2 second

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwasanya waktu yang paling cepat dari 3 fase tersebut adalah waktu untuk pengenalan wajah, sedangkan waktu yang lebih

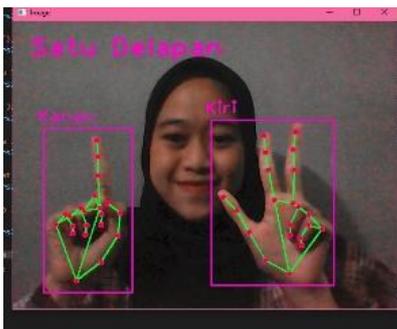
lama untuk dikenali adalah pada fase pengenalan gerakan tangan.

Tabel 5. Waktu yang diperlukan untuk melakukan registrasi, mendeteksi wajah dan gerakan tangan dengan menggunakan Raspberry Pi

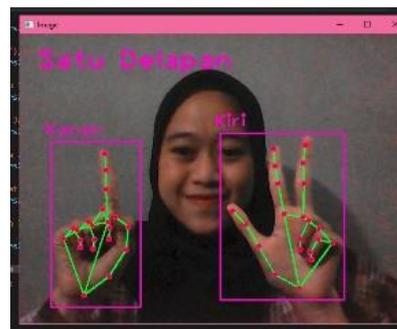
ID Karyawan	Registrasi	Deteksi Wajah	Deteksi Gerakan Tangan
1.	4 second	0.17 second	22 second
2.	4 second	0.15 second	10 second
3.	4 second	0.44 second	6 second
4.	3 second	0.18 second	10 second
5.	4 second	0.12 second	20 second
Rata-rata	3,8 second	0,212 second	13,6 second

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwasanya dengan menggunakan raspberry waktu yang paling cepat dari 3 fase tersebut adalah waktu untuk pengenalan wajah, sedangkan waktu yang lebih lama untuk dikenali adalah pada fase pengenalan gerakan tangan. Jika membandingkan waktu rata-rata yang diperlukan untuk registrasi dengan menggunakan raspberry memiliki waktu yang lebih cepat daripada waktu yang diperlukan dengan menggunakan komputer, akan tetapi waktu rata-rata pada gerakan tangan dengan menggunakan raspberry memiliki waktu yang lebih lama daripada waktu yang diperlukan komputer untuk mengenali gerakan tangan.

Gerakan tangan dengan tangan yang sama yang tidak bisa dibaca. Misalnya terjadi pada angka 11 yang terdiri dari 2 angka yang keduanya berada di jari tangan kanan. Begitu juga jika kedua angka berada di sebelah kiri, misalnya angka 69, maka sistem tidak dapat membaca angka tersebut. Sistem juga tidak bisa mengenali perbedaan angka, misalnya 18 dan 81. Sistem akan membaca gerakan tangan setelah jari kanan dan kiri berada di bingkai; dengan demikian sistem hanya akan membaca pola yang sama, bukan untuk angka yang berlawanan.



Gambar 6. Gerakan tangan untuk angka 18



Gambar 7. Gerakan tangan untuk angka 81

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan hasil keterbacaan sistem sama yaitu 18, walaupun gerakan tangan pada Gambar 1 dilakukan dengan cara mengangkat tangan dengan kode 1 pada jari kanan, dan mengangkat gerakan tangan dengan kode 8 pada jari kiri.

tangan, maka sistem hanya akan membaca gerakan tangannya saja.

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa jika wajah yang terdeteksi sudah terdaftar kemudian karyawan tersebut membuat gerakan tangan sesuai dengan kode yang didaftarkan sebelumnya maka akan muncul tulisan selamat datang user, yang berarti karyawan tersebut telah melakukan absensi dan benar-benar terdapat di lokasi. Akan tetapi, jika tidak dikenali salah satunya maka sistem hanya akan membaca gerakan tangan saja. Hal ini sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yakni untuk membuat sistem presensi yang menggunakan identifikasi wajah yang digabungkan dengan gerakan tangan



Gambar 8. Deteksi wajah dan kode sesuai untuk user1

Gambar 8 menunjukkan bahwa jika pengenalan wajah dan kode gerakan tangan sesuai, maka akan muncul selamat datang untuk user, akan tetapi jika pengenalan wajah tidak sesuai dengan gerakan

#### 4. DISKUSI

Telah dilakukan beberapa penelitian yang berhubungan dengan gestur tangan, diantaranya adalah penelitian yang menggunakan gestur tangan untuk bahasa isyarat menggunakan 3DCNN[13]. Penelitian ini menggunakan 3DCNN untuk recognition. 3DCNN digunakan untuk data learning

dari hand gesture yang dilakukan. Penggunaan hand gesture juga digunakan untuk interaksi antara manusia dengan robot (Human-robot Interaction/HRI) [14]. Pada penelitian ini terdapat 15 variasi hand gesture, dimana 9 variasi untuk menunjukkan angka 1 sampai 9 dan varian lainnya adalah punch, span, horizontal, collab, xSign, dan TimeOut. Hand gesture juga digunakan pada boneka cerdas sebagai asisten pada saat mendongeng untuk anak-anak [15]. Penelitian ini menggunakan 3 tipe dari gesture set yaitu basic single-hand gesture set yang memiliki 7 pola gesture, tipe kedua adalah advanced sing-hand gesture set yang memiliki 7 pola gesture, dan navigation gesture set yang memiliki 8 pola gesture. Penggunaan hand gesture juga digunakan untuk perawatan lansia [16]. Penelitian ini menggunakan sensor kinect dan menggunakan 5 tipe gesture dimana rata-rata ketepatan mengenali kelima gesture tersebut adalah 95,53% dan rata-rata error mengenali tipe gesture adalah 4,47%. Hand gesture juga digunakan untuk anotasi video [17]. Metode yang digunakan adalah metode KNN, dengan menggunakan 20 jenis gesture. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan metode KNN tingkat pengenalan rata-rata adalah 97%. Hand gesture juga digunakan untuk mengontrol peralatan rumah tangga lewat jarak jauh [18]. Penelitian ini menggunakan accelerometer dan gyroscope yang terdapat pada handphone untuk mengontrol peralatan rumah dari jarak jauh.

Pada penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa pencahayaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil keterbacaan pada deteksi wajah atau pada gerakan tangan. sedangkan pada deteksi wajah, selain faktor pencahayaan, faktor ekspresi, eye contact, dan sudut wajah juga mempengaruhi hasil keterbacaan. Hal ini terjadi karena jumlah data latih pada sebelumnya tidak melibatkan terkait ekspresi yang berbeda, eye contact juga konstan, dan sudut wajah yang tidak berubah-ubah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Abha Thakral; Akshat Vohra yang mana hasil dari penelitian yang mereka lakukan masalah terkait pencahayaan pada saat sedang mengambil data latih dan pada saat sedang melakukan data uji menjadi salah satu point penentu analisa yang akurat dalam pengambilan keputusan [19].

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengujian gerakan tangan bahwasanya kode gerakan tangan dapat terbaca apabila kedua sisi dari gerakan tangan sudah berada dalam frame yang telah ditentukan. Pada penelitian ini untuk kode gerakan tangan dengan gerakan tangan yang beruntun dari sisi jari yang sama baik itu sisi kiri ataupun sisi kanan tidak dapat terbaca. Begitu pula untuk gerakan tangan beruntun yang berawal dari tangan kanan dulu kemudian tangan kiri, atau kebalikannya tangan kiri dulu kemudian tangan kanan masih dianggap dua angka yang sama karena pembacaan kode gerakan tangan secara bersamaan.

Keterbacaan untuk registrasi dan deteksi wajah yang menggunakan raspberry memiliki rata-rata waktu yang lebih cepat daripada waktu yang diperlukan dengan menggunakan komputer. Sedangkan pada pengenalan kode gerakan tangan komputer memiliki waktu yang lebih cepat daripada raspberry. Data yang diupload ke raspberry merupakan data yang sebelumnya diolah di komputer, sehingga pada saat sudah berada di raspberry, raspberry hanya perlu mengenali data berdasarkan data yang sebelumnya sudah diuji cobakan terlebih dahulu di komputer. Akan tetapi dalam gerakan tangan dimana diperlukan pengolahan citra yang lebih tinggi komputer memiliki kecetakan yang lebih cepat daripada raspberry. Hal ini menjadi wajar dikarenakan raspberry yang merupakan komputer kecil harus melakukan dua task yaitu pembacaan berdasarkan data yang sudah ada dan pembacaan citra gerakan tangan mana yang digunakan. Raspberry yang merupakan komputer kecil tentu akan mengalami delay daripada komputer yang sebenarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih terhadap fakultas teknik universitas garut yang telah memfasilitasi penelitian yang telah dilakukan, kepada lembaga penelitian universitas garut yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian, dan kepada LPDP yang telah memberikan dana untuk penelitian yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. E. Nogales and M. E. Benalcázar, "Hand gesture recognition using machine learning and infrared information: a systematic literature review," *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 12, no. 10, 2021, doi: 10.1007/s13042-021-01372-y.
- [2] A. N. Aziz and A. Kurniawardhani, "The Development of Hand Gestures Recognition Research: A Review," *Int. J. Artif. Intell. Res.*, vol. 6, no. 1, 2022.
- [3] M. J. Cheok, Z. Omar, and M. H. Jaward, "A review of hand gesture and sign language recognition techniques," *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 10, no. 1, 2019, doi: 10.1007/s13042-017-0705-5.
- [4] M. Oudah, A. Al-Naji, and J. Chahl, "Hand Gesture Recognition Based on Computer Vision: A Review of Techniques," *Journal of Imaging*, vol. 6, no. 8, 2020, doi: 10.3390/JIMAGING6080073.
- [5] D. Sarma and M. K. Bhuyan, "Methods, Databases and Recent Advancement of Vision-Based Hand Gesture Recognition for HCI Systems: A Review," *SN Computer Science*, vol. 2, no. 6, 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00827-x.

- [6] A. Anand, V. Jha, and L. Sharma, "An improved local binary patterns histograms technique for face recognition for *real time* applications," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2 Special Issue 7, 2019, doi: 10.35940/ijrte.B1098.0782S719.
- [7] F. Deeba, A. Ahmed, H. Memon, F. A. Dharejo, and A. Ghaffar, "LBPH-based enhanced real-time face recognition," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 5, 2019, doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100535.
- [8] M. M. Ahsan, Y. Li, J. Zhang, M. T. Ahad, and K. D. Gupta, "Evaluating the Performance of Eigenface, Fisherface, and Local Binary Pattern Histogram-Based Facial Recognition Methods under Various Weather Conditions," *Technologies*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.3390/technologies9020031.
- [9] O. Mujahid and Z. Ullah, "High Speed Partial Pattern Classification System Using a CAM-Based LBP Histogram on FPGA," *IEEE Embed. Syst. Lett.*, vol. 12, no. 3, pp. 87–90, 2020, doi: 10.1109/LES.2019.2956154.
- [10] M. S. Kaushik and A. B. Kandali, "Recognition of facial expressions extracting salient features using local binary patterns and histogram of oriented gradients," *2017 Int. Conf. Energy, Commun. Data Anal. Soft Comput. ICECDS 2017*, pp. 1201–1205, 2018, doi: 10.1109/ICECDS.2017.8389632.
- [11] T. Adep, R. Nikam, S. Wanewe, and D. K. B. Naik, "Visual Assistant for Blind People using Raspberry Pi," *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 3307, pp. 671–675, 2021, doi: 10.32628/cseit2173142.
- [12] F. Salih and S. A. Mysoon Omer, "Raspberry pi as a Video Server," *2018 Int. Conf. Comput. Control. Electr. Electron. Eng. ICCCEEE 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ICCCEEE.2018.8515817.
- [13] M. Al-Hammadi, G. Muhammad, W. Abdul, M. Alsulaiman, M. A. Bencherif, and M. A. Mekhtiche, "Hand Gesture Recognition for Sign Language Using 3DCNN," *IEEE Access*, vol. 8, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990434.
- [14] C. Nuzzi, S. Pasinetti, R. Pagani, G. Coffetti, and G. Sansoni, "HANDS: an RGB-D dataset of static hand-gestures for human-robot interaction," *Data Br.*, vol. 35, 2021, doi: 10.1016/j.dib.2021.106791.
- [15] H. Liang, J. Chang, I. K. Kazmi, J. J. Zhang, and P. Jiao, "Hand gesture-based interactive puppetry system to assist storytelling for children," *Vis. Comput.*, vol. 33, no. 4, 2017, doi: 10.1007/s00371-016-1272-6.
- [16] M. Oudah, A. Al-Naji, and J. Chahl, "Elderly care based on hand gestures using kinect sensor," *Computers*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.3390/computers10010005.
- [17] M. Z. Alksasbeh *et al.*, "Smart hand gestures recognition using K-NN based algorithm for video annotation purposes," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 1, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i1.pp242-252.
- [18] Y. C. Chu, Y. J. Jhang, T. M. Tai, and W. J. Hwang, "Recognition of hand gesture sequences by accelerometers and gyroscopes," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 18, 2020, doi: 10.3390/APP10186507.
- [19] A. Thakral and A. Vohra, "Comparison between local binary pattern histograms and principal component analysis algorithm in face recognition system," *Proc. 2017 Int. Conf. Smart Technol. Smart Nation, SmartTechCon 2017*, pp. 973–978, 2018, doi: 10.1109/SmartTechCon.2017.8358516.