



Kontrol Pintu Otomatis Bersandi Deteksi Jari Berbasis *Virtual Keypad*

Ahmad Bagus Laudri¹, Akuwan Saleh², Haryadi Amran Darwinto³

¹Akademi Angkatan Udara, Indonesia

^{2,3} Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

e-mail : bagusahmad21@gmail.com

Abstrak—Pada beberapa tahun ini kebutuhan akan sistem keamanan berbasis perangkat elektrik digital semakin meningkat di berbagai bidang organisasi seperti perbankan, militer, perkantoran dan perumahan. Salah satu sistem keamanan yang dibutuhkan adalah sistem pengaman pada pintu yang secara otomatis dapat mendeteksi seseorang tersebut memiliki hak akses atau tidak. Perkembangan teknologi pengolahan citra yang pesat mendukung aplikasi kontrol pintu otomatis berbasis pengenalan kondisi fisik berupa jari telunjuk dari seseorang. Penggabungan pengolahan citra dengan sistem kontrol pintu otomatis berbasis mikrokontroler serta memasukkan kode *password* secara *virtual* pada *keypad* diharapkan mampu meningkatkan sistem keamanan pada pintu tersebut. Hal ini dikarenakan, pada sistem ini proses deteksi dilakukan sebanyak dua kali yaitu deteksi citra pada jari telunjuk berbasis metode *Viola Jones* dan *Cascade Classifier* guna mengetahui hak akses yang dimiliki, kemudian melakukan input *password* berupa karakter secara *virtual* pada *keypad* yang disediakan dengan memanfaatkan algoritma *tracking* posisi Kalman Filter. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem didapatkan bahwa, proses deteksi jari telunjuk menghasilkan data akurat dengan tingkat keberhasilan 100%, apabila proses *training data* untuk mendapatkan fitur citra yang sesuai dilakukan sebanyak 26 kali dengan pengiriman data secara nirkabel berbasis *bluetooth* antara PC dengan mikrokontroler pada jarak maksimal 67 meter.

Kata Kunci— Deteksi Jari, *Virtual keypad*, *Viola Jones*, *Cascade classifier*, *Kalman filter*

I. PENDAHULUAN

Sistem keamanan merupakan suatu sistem yang menyediakan proteksi perlindungan terhadap sesuatu yang bersifat membahayakan dengan pemberian akses kontrol didalamnya. Akses kontrol adalah prosedur yang dibutuhkan seseorang agar mendapatkan hak akses di beberapa tempat seperti gedung, perkantoran, laboratorium, dan zona lokasi militer. Identifikasi, autentifikasi serta authorisasi menjadi tiga kebutuhan utama untuk membangun suatu sistem akses kontrol. Hal ini dikarenakan meningkatnya segala bentuk ancaman yang dapat membahayakan di berbagai lokasi lingkungan terutama lokasi-lokasi insedentil seperti ruang penyimpanan uang baik di rumah, perkantoran maupun perbankan [1]. Oleh karena itu kebutuhan akan kontrol pintu otomatis pada lokasi tersebut menjadi sangat penting. Banyaknya kunci pintu berbasis elektrik di pasaran sudah dapat diaplikasikan untuk sistem kontrol pintu otomatis hanya saja level keamanan yang dimiliki masih relatif lemah sehingga kemungkinan untuk diakses oleh seseorang yang tidak memiliki hak akses masih cukup tinggi. Seiring berjalannya waktu, banyak peneliti dan akademisi mengembangkan sistem kontrol pintu otomatis berbasis *Smart System* guna meningkatkan level keamanan. Beberapa diantaranya adalah sistem kontrol pintu otomatis berbasis pengolahan citra berdasarkan deteksi wajah [2] yang kemudian dikembangkan dengan beberapa variasi wajah berdasarkan ekspresi, pose dan pergerakan yang berbeda-beda [3]. Pada sistem kontrol pintu yang telah dibuat oleh [2][3]

memiliki level keamanan yang cukup baik karena telah menggabungkan sistem elektrik dan sistem digital berupa pengolahan citra. Hanya saja deteksi wajah membutuhkan proses *training data* yang lebih kompleks karena fitur yang dihasilkan akan banyak sehingga membutuhkan processor yang lebih tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini mengadopsi konsep kontrol pintu otomatis pada penelitian [2][3] dengan menggabungkan sistem pengolahan citra dan *Smart System* dari suatu perangkat elektrik.

Objek deteksi pengolahan citra yang digunakan pada penelitian ini berupa jari telunjuk seseorang agar fitur yang didapatkan tidak terlalu banyak layaknya citra wajah. Fitur jari tidak terlalu kompleks maka kemungkinan untuk diretas keamanannya masih tinggi, oleh karena itu peneliti menambahkan semacam virtual keypad guna untuk memasukkan password saat fitur jari sudah dikenali. Sehingga proteksi keamanan yang dimiliki oleh sistem ini melalui dua proses yaitu deteksi fitur ujung jari telunjuk berbasis pengolahan citra dan ketepatan karakter password yang dimasukkan melalui keypad secara virtual. Apabila salah satu proses deteksi tersebut tidak berhasil dilewati maka kontrol pintu otomatis tidak akan berjalan. Proses pengolahan citra pada ujung jari seseorang pada penelitian ini menggunakan metode Viola Jones. Kemudian setelah ujung jari terdeteksi dan fitur sesuai dengan data yang ada di database, maka objek secara virtual melakukan penunjukkan karakter angka dan huruf untuk memasukkan password akses. Proses penunjukkan karakter pada *keypad* secara *virtual* ini menggunakan metode Kalman filter. Metode Kalman filter digunakan untuk *tracking* posisi penunjukkan karakter pada *virtual keypad* 4x4. Apabila kedua proses deteksi berhasil dilakukan, maka PC yang disertai kamera akan mengirimkan perintah secara nirkabel dengan *bluetooth* menuju ke sistem mikrokontroler, sehingga pintu secara otomatis dapat terbuka.

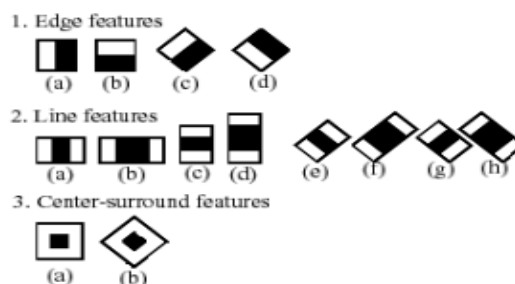
II. LANDASAN TEORI

A. Pendeteksian Jari dengan Metode Viola-Jones

Saat ini telah banyak berkembang aplikasi-aplikasi yang menggunakan fitur deteksi objek. Deteksi objek dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan metode *viola-jones*. Metode *viola-jones* merupakan algoritma pendeteksi objek yang terdapat dalam OpenCV, metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi objek hal ini dikarenakan metode *viola-jones* memiliki algoritma yang efisien, sehingga tidak memerlukan waktu lama dalam melakukan proses pendeteksian objek. Proses pendeteksian objek dilakukan dengan mengklasifikasikan sebuah image setelah sebelumnya sebuah pengklasifikasi dibentuk dari data training. Terdapat empat kontribusi utama dalam teori *viola-jones*, [5] diantaranya yaitu:

2.1 Fitur Haar

Fitur Haar merupakan tahap paling awal yang diperlukan dalam pendeteksian objek dengan menggunakan metode *viola-jones*. Penggunaan fitur *haar* dilakukan karena pemrosesan dapat berlangsung lebih cepat dibandingkan pemrosesan image per pixel.



Gambar 1. Fitur Haar

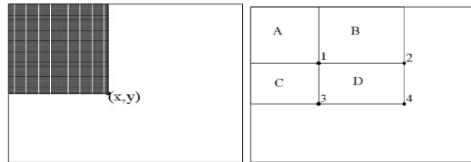
Fitur yang digunakan oleh Viola dan Jones didasarkan pada *Wavelet Haar*. *Wavelet Haar* adalah gelombang tunggal bujur sangkar yang mempunyai satu interval tinggi dan satu interval

rendah. Yang kemudian dikembangkan untuk pendeteksian objek visual yang lebih dikenal dengan nama fitur haar. Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa gambar 1(a)-1(d) terdiri dari dua persegi, gambar 2(a)-2(h) terdiri dari tiga persegi, gambar 3(a) dan 3(b) terdiri dari dua persegi dengan salah satu persegi terletak di dalam center persegi lain, dan gambar 4 terdiri dari empat persegi. Pada tahun 2001 Viola & Jones menggunakan fitur 1(a), 1(b), 2(a), 2(c), dan 4, namun pada penelitian yang dilakukan oleh Viola & Jones (2002) fitur tersebut dikembangkan menjadi 15 fitur, seperti gambar 2. Nilai dari fitur ini dapat dihitung dengan mengurangkan nilai pixel pada area hitam dengan pixel pada area putih. Untuk mempermudah proses penghitungan nilai fitur, algoritma *viola-jones* menggunakan sebuah media berupa *integral image* [6].

2.2 *Integral Image*

Integral Image digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya dari ratusan fitur Haar pada sebuah gambar dan pada skala yang berbeda secara efisien. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6(a) di atas setelah pengintegrasian, nilai pada lokasi piksel (x,y) berisi jumlah dari semua piksel di dalam daerah segiempat dari kiri atas sampai pada lokasi (x,y) atau daerah yang diarsir. Untuk menentukan nilai rata-rata piksel pada area segiempat (daerah yang diarsir) ini dapat dilakukan hanya dengan membagi nilai pada (x,y) oleh area segiempat.

$$P(x,y) = \sum i(x',y') \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 2. *Integral image*

Untuk mengetahui nilai piksel untuk beberapa segiempat yang lain missal, seperti segiempat D pada gambar 6(b) di atas dapat dilakukan dengan cara menggabungkan jumlah piksel pada area segiempat A+B+C+D, dikurangi jumlah dalam segiempat A+B dan A+C, ditambah jumlah piksel di dalam A. Dengan, A+B+C+D adalah nilai dari *integral image* pada lokasi 4, A+B adalah nilai pada lokasi 2, A+C adalah nilai pada lokasi 3, dan A pada lokasi 1. Sehingga hasil dari D dapat dikomputasikan : [4]

$$D = (A+B+C+D) - (A+B) - (A+C) + A \dots \dots \dots (2)$$

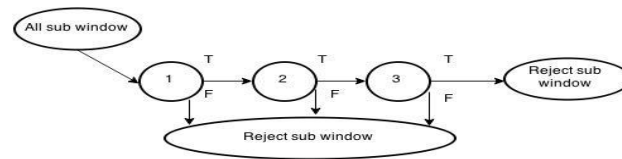
2.3 *Adaptive Boosting atau AdaBoost*

AdaBoost merupakan tahap ketiga dalam metode *Viola-jones*. Algoritma *AdaBoost* berfungsi untuk melakukan pemilihan fitur-fitur dalam jumlah banyak, dengan hanya memilih fitur-fitur tertentu. *Boosting* merupakan meta-algoritma dalam *machine learning* untuk melakukan *supervised learning*. Teori *boosting* dikenalkan berdasarkan pertanyaan yang diajukan Freund & Schapire (2001) apakah sekumpulan *weak learner* menciptakan satu kesatuan *strong learner*? *Weak learner* adalah *classifier* yang hanya memiliki sedikit korelasi dengan klasifikasi yang sebenarnya, sementara *strong learner* adalah *classifier* yang memiliki korelasi kuat dengan klasifikasi yang sebenarnya. Kebanyakan algoritma *boosting* mengikuti sebuah rancangan.

2.4 *Cascade Classifier*

Cascade classifier adalah sebuah rantai stage classifier, dimana setiap stage classifier digunakan untuk mendeteksi apakah di dalam image sub window terdapat obyek yang diinginkan (object of interest). Untuk mendapatkan nilai cascade, perlu dilakukan training cascade. Classifier dengan banyak fitur akan mendapatkan tingkat pendeteksian yang lebih tinggi

serta error yang rendah, namun akan berdampak pada waktu yang dibutuhkan untuk perhitungannya. Adapun atribut-atribut yang perlu diubah dan dicari nilai optimumnya adalah jumlah stage, jumlah feature, dan nilai threshold.

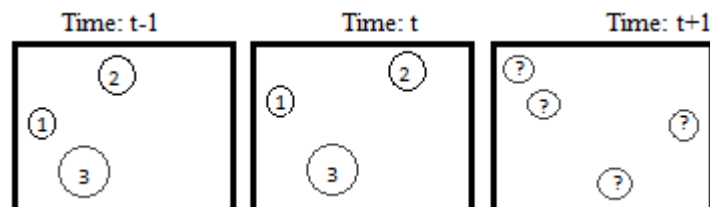


Gambar 3. Cascade Classifier

Tiap stage mengurangi tingkat false positif serta meningkatkan tingkat pendeteksian. Sedangkan jumlah stage akan terus ditambahkan hingga target pendeteksian. Sedangkan jumlah stage akan terus ditambahkan hingga target pendeteksian dan tingkat false positifnya ditemukan. Pada gambar di atas, dapat kita lihat bahwa tiap sub-window yang bernilai negatif (bukan objek yang dicari) akan langsung disisihkan dan secara otomatis tidak akan melanjutkan proses pencarian pada sub-window tersebut. Sedangkan untuk sub-window image yang bernilai positif akan terus dicek lagi pada stage berikutnya hingga ditemukan objek yang dimaksud [5].

B. Kalman Filter Tracking Object

Tracking object menggunakan metode Kalman Filter, Kalman Filter merupakan estimator rekursif. Untuk menggunakan metode Kalman Filter pada proses pelacakan, diasumsikan pergerakan objek antar frame adalah konstan. Proses pelacakan dengan Kalman Filter ini sangat erat kaitannya dengan tahap deteksi. Dengan Kalman Filter, setiap objek yang dilacak dinyatakan dengan atribut-atributnya seperti posisi, kecepatan, atau ukurannya yang secara kolektif disebut sebagai status dari objek tersebut. Metode Kalman Filter ini menggunakan informasi dari objek terdeteksi di suatu *frame* dan status object tersebut di *frame* sebelumnya untuk membuat suatu perkiraan dari status baru object tersebut. Sebagai perumpamaan dalam proyek akhir ini, posisi ujung jari pada *frame* sebelumnya bisa digunakan untuk mendapatkan perkiraan kasar dari posisi ujung jari di *frame* setelahnya [4].



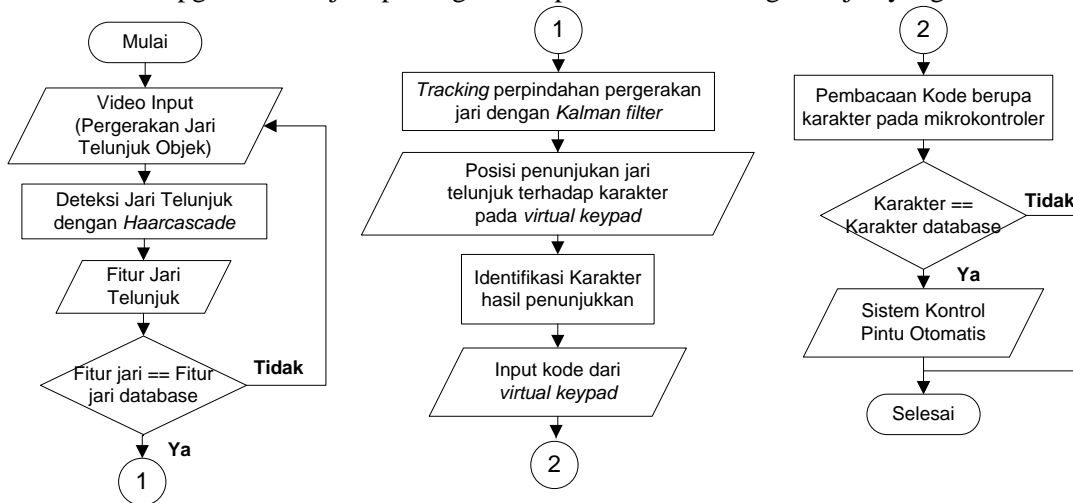
Gambar 4. Skema Pelacakan Posisi Jari Telunjuk

Pada gambar di atas, masing-masing lingkaran mewakili objek-objek terdeteksi. Identitas objek pada frame t pada Gambar 4. diketahui dengan mengamati frame sebelumnya yaitu *frame* $t-1$. Pada *frame* terbaru $t+1$, identitas dari objek tidak diketahui dan harus ditentukan dengan mengamati objek pada *frame* sebelumnya.

III. MODEL YANG DIUSULKAN

Perancangan sistem ini dimulai dari training objek jari menggunakan algoritma *Haar cascade* yang dilakukan dengan menggunakan OpenCV, perancangan deteksi ini secara murni menggunakan tool yang telah disediakan oleh *Haar Cascade*. Pengolahan citra dilakukan dengan *training* citra berbasis algoritma *haar training* guna untuk mendapatkan data gambar dengan ketentuan berupa 2400 data gambar positif masing-masing objek, yang dimaksud gambar positif adalah gambar yang didalamnya terdapat gambar suatu objek yang akan dideteksi yaitu gambar jari. Serta memiliki 2500 gambar negatif, yang dimaksud dengan

gambar negative adalah suatu gambar yang didalamnya tidak terdapat suatu objek yang akan dideteksi dan gambar tersebut bertipe grayscale. Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan cropgambar objek pada gambar positif sesuai dengan objek yang akan dideteksi.



Gambar 5. Blok Diagram Sistem

Setelah keseluruhan proses *cropping* selesai maka akan didapatkan nilai *vector* gambar tersebut, kemudian dilakukan proses training haar. Taining haar ini memerlukan waktu yang cukup lama, berdasarkan jumlah gambar dan jumlah stage yang terdapat pada training. Semakin banyak jumlah gambar dan semakin besar nilai stage, maka hasil deteksi objek yang di dapatkan juga semakin baik. Setelah training ini selesai, maka akan didapatkan nilai variable cascade. Nilai *cascade* tersebut kemudian dikonversi menjadi xml database. Maka program akan dengan mudah mendeteksi objek yang terdapat pada gambar.

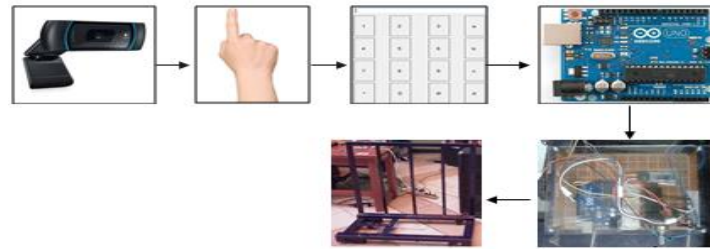
Setelah objek berupa gambar jari telunjuk dapat terdeteksi, langkah selanjutnya adalah *tracking* objek menggunakan metode Kalman *filter*. Pada sistem ini objek yang akan dilacak adalah pergerakan perpindahan posisi jari telunjuk dari tombol keypad satu menuju ke posisi keypad yang lain. Dengan menggunakan metode Kalman *filter* dapat memudahkan perkiraan dari status posisi objek berdasarkan perubahan data frame yang dihasilkan. Sehingga dengan adanya pelacakan posisi pergerakan tersebut, objek dapat melakukan penunjukkan karakter yang sesuai dengan password yang telah diatur dan kontrol pintu otomatis dapat dijalankan baik berupa buka atau tutup pintu secara otomatis. Hal ini dapat disimulasikan dengan cara menggerakkan jari seperti halnya menggerakkan jari pada waktu mengetik di *keypad* konvensional. Pada saat menggerakkan jari terdapat perubahan posisi x,y di area huruf tertentu, kemudian dilakukan penghitungan terhadap jarak antara posisi finger sebelum bergerak dan posisi finger setelah bergerak, penghitungan jarak menggunakan rumus Euclidean Distance.

IV. IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Model

Pada Gambar 6 terlihat bahwa langkah awal pada sistem ini adalah pengambilan gambar dari jari telunjuk oleh kamera eksternal yang selanjutnya gambar tersebut akan diolah pada sebuah Laptop. Setelah itu terjadi proses pendeteksian yang mana sebelumnya *sample* gambar positif sudah di *training* yang digunakan untuk mencocokkan fitur dari jari telunjuk yang di tangkap oleh kamera tersebut, sehingga jari telunjuk akan dapat dideteksi. Pada tampilan yang ada monitor terdapat tampilan keypad yang nantinya akan digunakan sebagai masukan karakter, *Output* berupa karakter yang akan dikirim menggunakan kabel serial dan nirkabel berbasis

bluetooth ke suatu mikrokontroler. *Output* tersebut yang akan digunakan sebagai kode untuk kontrol pintu.



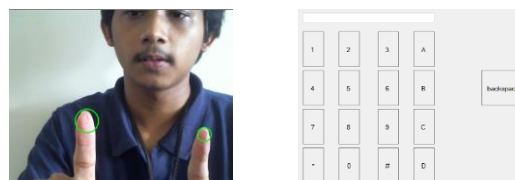
Gambar 6. Implementasi sistem pada mikrokontroler

B. Pengujian dan Analisis Sistem

Objek pengujian pada sistem ini berupa gambar digital ujung jari telunjuk. Dimana dalam proses pengujiannya menggunakan perangkat laptop dengan spesifikasi sebagai berikut : Processor berupa Intel(R)Core(TM)i5-2410M CPU @2.30GHz,2.GHz dan penggunaan kamera Webcam tipe Logitech C525. Pada penelitian ini terdapat dua jenis pengujian yang dilakukan yaitu: pengujian level keberhasilan pengolahan citra yang dilakukan dalam proses deteksi objek berupa ujung jari telunjuk, lalu pengujian yang kedua berupa pengujian keberhasilan penggunaan *virtual keypad* sehingga kontrol pintu otomatis dapat dijalankan pada mikrokontroler.

4.1 Pengujian Terhadap Deteksi Objek Ujung Jari Telunjuk berbasis Pengolahan Citra

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan hasil training dari 1800 data positif dan 2000 data negatif dengan perulangan sebesar 26 kali, untuk melihat kemampuan *image processing* dalam mendeteksi sebuah objek jari. Pada penelitian ini terdapat beberapa parameter pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian berdasarkan pengaruh jarak pengambilan gambar, pengaruh intensitas cahaya yang diberikan serta pengujian berdasarkan variasi gambar objek ujung jari telunjuk. Pengujian ini dilakukan pada pagi, siang dan malam hari dengan mengatur berbagai macam jarak. Jarak antara kamera dengan objek terdeteksi diantaranya: 5 cm,10 cm,15 cm, 20 cm,25 cm,30 cm, 35cm, sampai jarak maksimal hingga objek tidak terdeteksi. Data yang akan diambil pada pengujian ini merupakan keberhasilan terdeteksinya sebuah objek. Berdasarkan hasil pengujian sistem dengan berbagai variasi jarak, intensitas cahaya dan objek didapatkan bahwa, hasil terbaik saat pemasukan data melalui jari didapatkan pada saat kondisi pencahayaan dalam kondisi siang hari dengan intensitas cahaya sebesar 2160 candela dengan rentang jarak pengambilan gambar kisaran antara 5-40 cm serta waktu pemasukan sebuah karakter pada *virtual keypad* selama 50,28 detik.



Gambar 7. Percobaan dengan jari berjumlah lebih dari 1

Selain faktor lingkungan terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses deteksi citra ujung jari telunjuk tersebut, diantaranya faktor jumlah objek yang digunakan serta pengaruh banyaknya proses training yang dilakukan guna meningkatkan level keakuratan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada siang hari dengan intensitas cahaya sebesar 880 Candela, jarak objek dengan kamera yaitu 30 cm serta adanya dua buah objek berupa jari telunjuk yang dideteksi secara bersamaan. Kondisi tersebut mengakibatkan

proses deteksi gagal dilakukan, seperti halnya yang tampak pada Gambar 7. Hal ini dikarenakan munculnya 2 ROI, sehingga pointer tidak dapat muncul dan proses pemasukan karakter tidak bisa dilakukan.

Tampilan video dengan 20 kali iterasi Tampilan video dengan 26 kali iterasi



Gambar 8. Hasil pengujian pengaruh jumlah iterasi training data terhadap deteksi objek

Dampak banyaknya perulangan atau iterasi yang diberikan pada saat training data juga dapat berpengaruh pada level akurasi deteksi objek tersebut. Hal ini tampak pada Gambar 8, ketika jumlah iterasi yang diberikan sebanyak 20 kali, objek tidak dapat terdeteksi dengan baik karena muncul banyak ROI disekitar objek yang akan dideteksi. Hal ini disebabkan tingkat keakuratan pada Training dengan 20 kali iterasi dinilai kurang baik. Akan tetapi pada saat jumlah iterasi yang diberikan bertambah sebesar 26 kali, objek dapat terdeteksi dengan baik, karena ROI hanya muncul disekitar objek yang terdeteksi. Hal ini disebabkan tingkat keakuratan pada Training dengan 26 kali iterasi cukup baik.

4.3 Pengujian Integrasi Sistem Kontrol Pintu Otomatis

Pada tahap ini dilakukan pengujian tentang koneksi Bluetooth sebagai perintah untuk melakukan kontrol pintu otomatis, dengan langkah awal adalah pemasukan kode yang dilakukan oleh jari telunjuk melalui *virtual keypad*, setelah itu data tersebut dikirim menggunakan Bluetooth menuju Arduino sebagai slave dan menjalankan perintah dari master berupa PC disertai kamera dan virtual keypad.

TABEL III Pengujian pengiriman data dengan variasi jarak

No	Jarak (m)	Data Kirim	Data Terima	Keterangan	Kondisi Pagar
1	10	1a	1a	Berhasil	Buka
2	20	1a	1a	Berhasil	Buka
3	30	1a	1a	Berhasil	Buka
4	40	1a	1a	Berhasil	Buka
5	50	2b	2b	Berhasil	Tutup
6	60	2b	2b	Berhasil	Tutup
7	67	2b	2b	Berhasil	Tutup
8	70	2b	2b	Gagal	Tutup

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal pengiriman antara laptop dengan Arduino menggunakan Bluetooth, dari Tabel III didapatkan bahwa pengujian dilakukan dengan 8 kali percobaan dengan masing-masing percobaan dilakukan pada selang jarak 10m. Percobaan dimulai dari jarak 10m, pengujian dilakukan pada jarak 10m hingga 70m. Pada jarak 10m-67m komunikasi dapat dilakukan dengan baik, Namun pada jarak 70m komunikasi yang dilakukan memiliki kendala, sehingga komunikasi yang dilakukan tidak bisa berjalan dengan baik. Berbeda halnya apabila proses komunikasi yang dilakukan menggunakan media kabel USB dari master menuju slave tidak ada kendala apapun sehingga proses kontrol pintu otomatis berjalan

dengan lancar. Hal ini dikarenakan proses pengiriman secara *wired* tidak memiliki *losses* akibat kondisi propagasi lingkungan sekitar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem dengan berbagai variasi perulangan dan 2 buah objek didapatkan bahwa Hasil terbaik saat perulangan dilakukan sebanyak 26 kali, dikarenakan objek akan terdeteksi dengan baik. Dan jika terdapat 2 objek yang terdeteksi maka ROI tidak akan muncul, sehingga proses pemasukan kode tidak dapat dilakukan. Komunikasi data antara laptop dengan Arduino dapat dilakukan menggunakan Bluetooth dengan jarak maksimal adalah 67m

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M Mathew, Divya R. S., "Survey on Various Door Lock Access Control Mechanisms", ICCPCT, IEEE Xplore, 19 Oct. 2018.
- [2] A Nag, Nikhilendra J N, M Kalmath, "IOT Based Door Access Control Using Face Recognition", I2CT, IEEE Xplore, April 2018
- [3] A Purushothaman, S Palaniswamy, "Pose and Illumination Invariant Face Recognition for Automation of Door Lock System", ICICCT, IEEE Xplore, 2018
- [4] F. Zuo, and P. H. N. de With, "Real-time embedded face recognition for smart home", IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 51, no. 1, pp.183-190, Feb. 2005.
- [5] I. Yugashini, S. Vidhyasri, K. Gayathri Devi, "Design And Implementation Of Automated Door Accessing System With Face Recognition", ISSN: 2319-6386, Volume-1, Issue-12, November 2013
- [6] Oktovan Djuhari, "Pintu Otomatis Dengan Menggunakan Kode Tangan", PENS-ITS, Surabaya, 2006
- [7] Raga Mukti Alhaqqi, "Finger Tracking Untuk Interaksi Pada Virtual Keyboard", PENS-ITS, Surabaya, 2011.
- [8] Agus kurniawan, "Aplikasi Absensi Kuliah Berbasis Identifikasi Wajah Menggunakan Metode Gabor Wavelet", PENS-ITS, Surabaya, 2011
- [9] Rizcky Ardiansyah, "Kendali Game Tetris Menggunakan Gerakan Tangan", PENSITS, Surabaya, 2009.
- [10] Risa Indah Agustriany Lubis, "Pengendali Pointer Dengan Gaze Tracking Menggunakan Metode Haar Cascade Sebagai Alat Bantu Presentasi (Eye Pointer), PENS-ITS, Surabaya, 2009



Letda Lek Ahmad Bagus Laudri, S.ST. adalah lulusan Dikma PA PK tahun 2019. Gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST..) diraih di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS tahun 2015. Saat ini penulis sedang melaksanakan pendidikan lanjutan yaitu KIBI (kursus intensif bahasa Inggris) yang dilaksanakan di Akademi Angkatan Udara selama 3 bulan, sebelum melaksanakan pendidikan lanjutan, yaitu dasar kecabangan



AKUWAN SALEH, S.ST, M.T adalah Dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Gelar Sarjana Sains terapan (S.ST) diraih di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya pada tahun 2004. Gelar *Magister Teknik* (M.T.) diraih di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2011. Bidang penelitian yang sedang ditekuni saat ini adalah *Web Programming*, *Image Processing*, dan *Augmented Reality*. Penulis juga aktif melakukan penelitian dan naskahnya telah diterbitkan di beberapa jurnal nasional antara lain di *SENTIA dan sebagainya*, serta masih aktif sebagai Dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya



HARYADI AMRAN DARWITO, S.ST, M.T adalah Dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Gelar Sarjana Sains terapan (S.ST) diraih di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya pada tahun 2003. Gelar *Magister Teknik* (M.T.) diraih di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2012 Bidang penelitian yang sedang ditekuni saat ini adalah *Web Programming*, *Image Processing*, *programming*, metode numerik, Dan jaringan Komputer. serta masih aktif sebagai Dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya