

PEMODELAN SISTEM DETEKSI WAJAH SEBAGAI PENGHITUNG JUMLAH PENUMPANG TRANSPORTASI PUBLIK

Fransiska Sisilia Mukti¹, Lia Farokhah², Nur Lailatul Aqromi³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Desain, Institut Teknologi dan Bisnis Asia Malang
Jl. Soekarno Hatta – Rembuksari 1A, Malang, Indonesia

e-mail: ms.frans@asia.ac.id¹, lia.farokhah@gmail.com², lyla@asia.ac.id³

Received : March, 2021

Accepted : April, 2021

Published : April, 2021

Abstract

Bus is one of public transportation and as the most preferable by Indonesian to support their mobility. The high number of bus traffics then demands the bus management to provide the maximum service for their passenger, in order to gain public trust. Unfortunately, in the reality passenger list's fraud is often faced by the bus management, there is a mismatch list between the amount of deposits made by bus driver and the number of passengers carried by the bus, and as the result it caused big loss for the Bus management. Automatic Passenger Counting (APC) then as an artificial intelligence program that is considered to cope with the bus management problems. This research carried out an APC technology based on passenger face detection using the Viola-Jones method, which is integrated with an embedded system based on the Internet of Things in the processing and data transmission. To detect passenger images, a webcam is provided that is connected to the Raspberry pi which is then sent to the server via the Internet to be displayed on the website provided. The system database will be updated within a certain period of time, or according to the stop of the bus (the system can be adjusted according to management needs). The system will calculate the number of passengers automatically; the bus management can export passenger data whenever as they want. There are 3 main points in the architecture of modeling system, they are information system design, device architecture design, and face detection mechanism design to calculate the number of passengers. A system design test is carried out to assess the suitability of the system being built with company needs. Then, based on the questionnaire distributed to the respondent, averagely 85.12 % claim that the Face detection system is suitability. The score attained from 4 main aspects including interactivity, aesthetics, layout and personalization.

Keywords: *face detection, viola-jones, raspberry pi, automatic passenger counting, adaboost, cascade classifier*

Abstrak

Bus menjadi salah satu transportasi publik yang paling banyak dipilih sebagai pendukung mobilitas masyarakat Indonesia. Tingginya jumlah trafik perjalanan, menuntut tim manajemen bus berpikir lebih keras dalam usahanya untuk memberikan pelayanan yang maksimal, guna mendapatkan kepercayaan masyarakat. Sayangnya di lapangan sering ditemukan kecurangan berupa ketidaksesuaian jumlah setoran yang diberikan oleh petugas dengan jumlah penumpang yang dibawa armada sehingga menyebabkan kerugian bagi PO Bus. Automatic Passenger Counting (APC) hadir sebagai salah satu program kecerdasan buatan yang dianggap mampu menyelesaikan permasalahan tim manajemen bus. Penelitian ini mengungkap teknologi APC berdasarkan deteksi wajah penumpang dengan menggunakan metode Viola-Jones, yang diintegrasikan dengan sistem embedded berbasis Internet of Things dalam proses pengolahan dan pengiriman datanya. Untuk mendeteksi gambar penumpang, disediakan sebuah

webcam yang terhubung dengan Raspberry pi untuk kemudian dikirimkan ke server melalui Internet untuk ditampilkan di website yang telah disediakan. Database sistem akan diperbarui dalam kurun waktu tertentu, atau sesuai dengan pemberhentian armada (sistem bisa disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan). Sistem akan melakukan perhitungan jumlah penumpang secara otomatis, pihak perusahaan (admin ataupun pimpinan perusahaan) dapat melakukan export data penumpang sesuai dengan waktu yang diinginkan. Terdapat 3 poin utama dalam proses pemodelan sistem yang dibangun, antara lain perancangan sistem informasi, perancangan arsitektur perangkat, dan perancangan mekanisme deteksi wajah sebagai penghitung jumlah penumpang. Sebuah pengujian rancangan sistem dilakukan untuk menilai tingkat kesesuaian sistem yang dibangun dengan kebutuhan perusahaan. Pengujian dilakukan melalui pembuatan kuesioner yang dibagikan kepada 7 responden (3 orang admin dan 4 orang driver) dan didapatkan hasil tingkat kesesuaian sistem versi responden sebesar 85.12%. Penilaian kepuasan tersebut didasarkan pada 4 aspek utama yang meliputi interaktivitas, estetika, tata letak dan personalisasi.

Kata Kunci: *deteksi wajah, viola-jones, raspberry pi, penghitung penumpang otomatis, adaboost, cascade classifier*

1. PENDAHULUAN

Transportasi umum atau biasanya disebut sebagai transportasi publik atau transportasi merupakan layanan angkutan penumpang oleh sebuah kelompok sistem perjalanan yang disediakan untuk masyarakat umum. Sistem transportasi ini biasanya dikelola sesuai jadwal, dioperasikan pada rute yang ditetapkan, dan dikenakan biaya untuk setiap perjalanan. Beberapa mode transportasi publik yang banyak digunakan antara lain bus kota, kereta api, kapal, dan maskapai perbangan. Keseluruhan sistem transportasi ini berjalan di sepanjang rute tetap dengan lokasi pemberhentian yang telah diatur sebelumnya [1].

Bus kota menjadi salah satu jenis transportasi public yang kerap digunakan oleh masyarakat, karena ketersediaannya dan sistem penjadwalan yang lebih fleksibel dan banyak pilihan. Sistem manajemen bus kota sendiri dibedakan menjadi dua, yaitu manajemen pemerintah dan manajemen swasta. Melihat animo dari masyarakat mengenai kebutuhan transportasi itu sendiri, maka banyak pihak swasta yang berlomba-lomba untuk menyediakan kenyamanan dan keamanan demi mendapatkan *income* yang lebih baik. Salah satu sisi kenyamanan yang penting untuk diperhatikan adalah jumlah penumpang. Hal ini yang seringkali diabaikan oleh pihak supir dan kernet bus mengingat tuntutan waktu dan biaya operasional yang harus dikejar untuk memenuhi setoran harian kepada perusahaan [2].

Bagi pihak perusahaan, jumlah penumpang menjadi komponen representatif dari layanan yang diberikan. Parameter ini menjadi poin penting dalam proses perencanaan bisnis maupun kebutuhan operasional yang efisien. Dibutuhkan suatu analisis mendalam untuk proses perencanaan bisnis jangka panjang untuk menjalankan bisnis dengan menjadikan rekam jejak pendapatan perusahaan berdasarkan jumlah penumpang [3]. Hingga saat ini, masih banyak transportasi publik yang melakukan sistem perhitungan jumlah penumpang secara manual, yaitu berdasarkan penarikan tiket kepada setiap penumpang yang naik.

Sebuah survey telah dilakukan di beberapa perusahaan bus swasta di kota Malang untuk mengetahui permasalahan yang paling umum dihadapi dalam penyediaan transportasi public. Sebagian besar pemilik menyatakan bahwa kerugian terbesar yang dialami adalah akibat ketidaksesuaian jumlah setoran yang diberikan oleh petugas dengan jumlah penumpang yang dibawa armada. Dengan kata lain, didapati adanya penumpang gelap yang tidak dilaporkan kepada perusahaan, namun masuk ke keuangan pribadi dari supir dan kernet dari armada tersebut.

Automatic Passenger Counting (APC) hadir sebagai solusi ideal untuk permasalahan yang dihadapi oleh dunia transportasi publik saat ini. Sistem ini dibuat untuk membantu perusahaan dalam melakukan proses perekaman jumlah penumpang hingga mendapatkan informasi detail mengenai penumpang. Teknologi APC ini lebih banyak diimplementasikan pada bus

karena tingkat keakurasian informasinya yang dapat diandalkan. Sistem perekaman yang diberikan menjadi titik tolak untuk melacak pembayaran yang dilakukan oleh petugas armada. Secara tidak langsung, sistem ini sangat membantu perusahaan dalam mengurangi tingkat kerugian yang dialami [1].

Melalui perkembangan kecerdasan buatan dan Internet, beragam teknologi APC telah dikembangkan. Beberapa di antaranya menggunakan metode infrared, sensor tekanan, ataupun menggunakan *computer vision system* [4]. *Infrared* menjadi teknologi yang paling banyak digunakan, namun dinyatakan bahwa metode ini memiliki akurasi yang kurang baik apabila jumlah orang yang melewati sensor terlalu banyak [5]. Jumlah penumpang juga dapat dihitung berdasarkan status kursi melalui peletakan sensor tekanan diletakkan pada setiap kursi. Cara ini juga tidak menjamin keakuratan data yang diberikan, karena sistem hanya akan mendeteksi berdasarkan berat (bisa saja yang diletakkan di atas kursi adalah barang dan bukan manusia). Selain itu, metode ini juga memerlukan *cost* yang tinggi karena penempatan *hardware* di setiap kursi [6].

Computer vision system memberikan akurasi perhitungan yang lebih baik dibandingkan *infrared* dan sensor tekanan hingga 95% [7]. Cara kerja dari *computer vision* adalah dengan meniru visual manusia dalam menafsirkan suatu obyek. Untuk memenuhi ini, beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain *recognition, object detection, description, 3D inference, dan Interpreting motion* [8]. Beragam penelitian telah dilakukan untuk melakukan proses perhitungan jumlah penumpang dengan menggunakan *computer vision*. Secara khusus, penelitian ini akan mengusung salah satu metode *computer vision*, yaitu *object detection*. Sebuah pemodelan sistem penghitung jumlah penumpang diberikan dengan skema pengenalan wajah menggunakan pendekatan *face detection*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sistem Deteksi Wajah

Biometrik berasal dari Bahasa Yunani, *bios* yang berarti hidup dan *metron* yang berarti mengukur. Sehingga biometric sendiri didefinisikan sebagai sebuah metode yang

mengidentifikasi seseorang berdasarkan satu atau lebih bagian tubuh manusia yang bersifat khusus atau istimewa. Teknologi ini umumnya diimplementasikan untuk menganalisis fisik dan sikap manusia dengan tujuan autentifikasi [9]

Wajah merupakan salah satu bagian tubuh manusia yang dapat dikenali menggunakan teknologi biometrik. Pada teknologi biometrik, ciri-ciri fisik dari manusia seperti wajah dapat dipakai sebagai informasi yang unik. Informasi unik tersebut dapat berupa karakteristik dari pola wajah dari tiap-tiap individu. Karakteristik dari pola wajah dapat diukur dan dianalisis untuk proses deteksi. Oleh sebab itu maka wajah dapat dijadikan ciri (feature) atau tanda untuk pengenalan seseorang [10].

Sistem deteksi wajah merupakan mekanisme klasifikasi pola citra untuk mengidentifikasi wajah manusia dalam gambar digital. Proses deteksi ini juga mengacu kepada proses psikologis pada wajah manusia [9]. Deteksi wajah sendiri menjadi tahapan awal dari semua algoritma analisis wajah, seperti *face alignment, face modelling, face relighting, face recognition, face verification/authentication, head pose tracking, facial expression tracking/recognition, gender/age recognition*, dan masih banyak lainnya. [11].

Teknik pengenalan wajah yang selama ini digunakan berpedoman kepada asumsi bahwa data wajah yang dideteksi memiliki ukuran dan latar belakang yang seragam. Namun hal ini tidak berlaku demikian di dunia nyata, karena wajah dapat muncul dengan ukuran, posisi dan latar belakang yang bersifat variatif. Selain itu, beberapa faktor lain yang umumnya menjadi tantangan dalam proses deteksi wajah antara lain komponen wajah (kumis, jenggot, kacamata), ekspresi wajah, terhalang objek lain, dan kondisi pengambilan citra maupun intensitas cahaya [11][12].

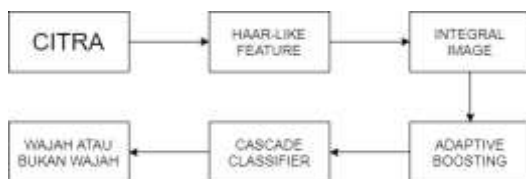
Terdapat dua jenis pendekatan yang digunakan dalam proses deteksi wajah, yaitu *feature-based* dan *image-based*. Pendekatan *feature-based* mencoba untuk mengekstrak fitur gambar dan mencocokkannya dengan pengetahuan fitur wajah., sementara *image-based* mencoba mendapatkan kecocokan terbaik antara pelatihan dan menguji gambar. Kedua pendekatan ini umumnya digunakan

untuk mendeteksi wajah dari gambar statik (diam) ataupun gambar bergerak (video) [11].

2.2 Metode Viola-Jones

Viola-Jones memperkenalkan algoritma Viola-Jones pada tahun 2001 sebagai salah satu pendekatan sistem deteksi wajah berbasis fitur (*feature-based*). Algoritma ini memiliki waktu komputasi yang rendah namun memiliki akurasi yang tinggi, mencapai 95%, dan 15 kali lebih cepat dibandingkan metode lainnya saat algoritma ini dirilis [11]. Proses deteksi wajah dilakukan dengan proses klasifikasi gambar berdasarkan nilai fitur sederhana melalui sebuah *classifier* yang dibentuk dari data training [13].

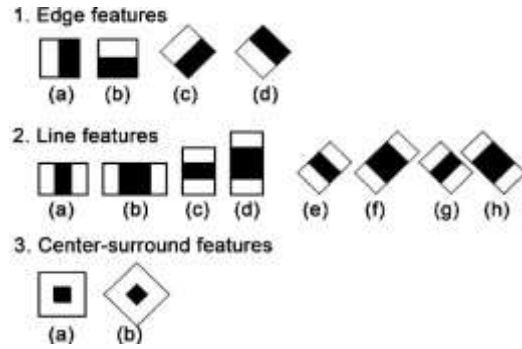
Empat kunci utama dalam metode Viola-Jones terdiri atas *Haar-Like Feature*, *Integral Image*, *Adaptive Boosting*, dan *Cascade Classifier* [9]. Bagian utama dari algoritma Viola Jones adalah komputasi dan seleksi fitur. Penggunaan *Integral Image* untuk mengekstrak fitur Haar telah mempercepat waktu komputasi dibandingkan dengan perhitungan per piksel. Keunggulan utama algoritma Viola Jones adalah sifatnya yang *robust*, yaitu mempunyai tingkat deteksi tinggi untuk pelacakan wajah dalam gambar dengan tingkat kesalahan yang rendah. Posisi wajah sangat menentukan keberhasilan metode Viola Jones dalam mendeteksi wajah [13]. Diagram blok dari algoritma ini ditunjukkan melalui Gambar 1 [10].



Gambar 1. Diagram Blok Algoritma Viola-Jones

2.2.1 Haar-Like Features

Haar-Like Feature digunakan dalam proses pendeteksian objek pada citra. Dalam metode Viola-Jones, Haar-like Feature terdiri dari tiga jenis yaitu *edge features*, *line features*, *four-rectangle/center surrounded features* (ditunjukkan melalui Gambar 2) [10].



Gambar 2. Haar-like Features

Citra akan diproses menjadi sebuah kotak-kotak yang terdiri dari beberapa piksel. Setiap kotaknya akan diproses untuk mendapatkan selisih nilai *threshold* yang menyatakan wilayah terang dan gelap. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *haar-like feature* ditunjukkan melalui persamaan 1 [13].

$$F(\text{Haar}) = \sum F_{\text{white}} - \sum F_{\text{black}} \quad (1)$$

Keterangan:

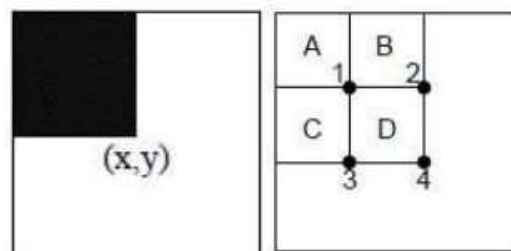
$F(\text{Haar})$ = nilai fitur total

$\sum F_{\text{white}}$ = nilai fitur pada daerah terang

$\sum F_{\text{black}}$ = nilai fitur pada daerah gelap

2.2.2 Integral Image

Integral image sendiri merupakan sebuah citra yang nilainya didapatkan dari hasil penjumlahan nilai piksel kiri atas hingga kanan bawah. Setiap lokasi gambar akan menggunakan Teknik perhitungan yang disebut dengan citra integral, dimana secara umum kata integral dimaknai sebagai penambahan bobot (nilai piksel yang akan ditambahkan ke dalam gambar asli). Nilai integral dari setiap piksel merupakan jumlah dari semua piksel yang berada di sebelah atas dan sebelah kiri dari piksel tersebut.



Gambar 3. Perhitungan Nilai Fitur dari Citra Integral

Contoh perhitungan dari *integral image* diasumsikan seperti pada Gambar 3. Untuk mengetahui nilai piksel dari kotak D, dapat

dilakukan dengan cara menambahkan nilai piksel pada A+B+C+D dan mengurangkannya dengan nilai piksel pada A+B dan A+C, kemudian ditambahkan dengan nilai piksel kotak A [14].

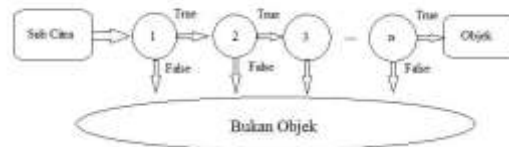
2.2.3 Adaptive Boosting

Adaptive Boosting atau yang biasa disingkat *Ada boost* adalah salah satu metode dalam machine learning yang dipakai dalam Viola Jones. *Algoritma Machine Learning AdaBoost* memiliki tujuan untuk menyeleksi secara spesifik beberapa fitur yang dianggap penting dan kemudian melakukan training pada classifier yang telah dibentuk. Metode ini merupakan penggabungan classifier- classifier lemah. Dalam metode *Ada boost*, classifier-classifier yang lemah diberi tambahan pembobotan disetiap classifier sehingga ketika digabung menjadi classifier yang kuat [10]. Dari gabungan Beberapa *AdaBoost classifier* didapatkan sebuah rangkaian filter yang cukup efisien untuk mengelompokkan daerah *image* [13].

2.2.4 Cascade Classifier

Salah satu ciri khas dari metode Viola Jones adalah adanya klasifikasi bertingkat, dan tahapan terakhir dari model klasifikasi ini adalah cascade classifier [10]. Tugas dari Cascade classifier adalah menolak area gambar yang tidak terdeteksi wajah. Penolakan dilakukan berdasarkan classifier yang ditraining *Ada boost* pada setiap tahapan sebelumnya.

Inputan berupa sub-window diklasifikasikan secara sederhana pada kalsifikasi pertama, selanjutnya semakin meningkat tahapan klasifikasi maka dibutuhkan persyaratan yang lebih spesifik sehingga filter menjadi semakin kompleks. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kasus *False positive*. Jadi dengan kata lain ketika ada input/ sub-window yang gagal melewati salah satu filter maka dapat dikatakan inputan tersbut bukan wajah. Sedangkan jika area subwindow berhasil melewati semua filter yang ada pada cascade classifier maka sub window tersebut besar kemungkinan terdeteksi sebagai wajah. Adapun hasil dari deteksi tersebut berupa T (True) untuk gambar yang telah memenuhi semua nilai classifier dan F (False) jika gambar tersebut tidak memenuhi [13].

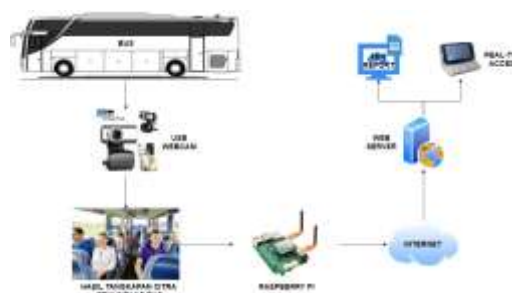


Gambar 4. Tahapan *Cascade Classifier*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Sistem

Di era industri 4.0 ini, dibutuhkan sebuah kesiapan terhadap tuntutan akan akses informasi yang praktis dan cepat [15]. Untuk itu, sistem perhitungan jumlah penumpang berdasarkan deteksi wajah yang diusulkan melalui penelitian ini mengintegrasikan *embedded system* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pengolahan citra digital menggunakan metode Viola-Jones. Untuk mendeteksi gambar penumpang, disediakan sebuah *webcam* yang terhubung dengan Raspberry pi sebagai pengolah data (sistem deteksi wajah). Data akan dikirimkan ke server melalui Internet untuk ditampilkan di *website* yang telah disediakan. Database sistem akan diperbarui dalam kurun waktu tertentu, atau sesuai dengan pemberhentian armada (sistem bisa disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan). Sistem akan melakukan perhitungan jumlah penumpang secara otomatis, pihak perusahaan (admin ataupun pimpinan perusahaan) dapat melakukan export data penumpang sesuai dengan waktu yang diinginkan. Alur mekanisme kinerja sistem diuraikan melalui diagram blok pada Gambar 3.



Gambar 5. Gambaran Umum Sistem

3.2 Arsitektur Sistem

3.2.1 Perancangan Sistem Informasi

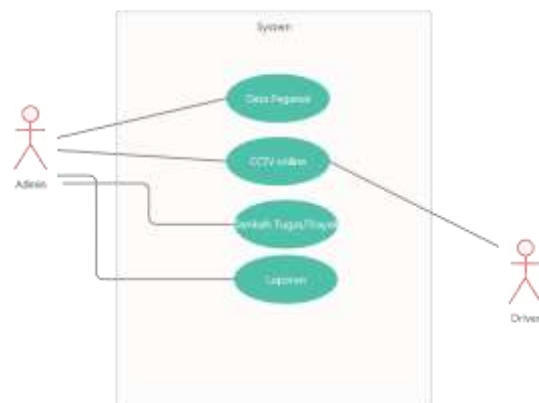
Perancangan sistem dibagi menjadi 2 yaitu perancangan alat dan perancangan antarmuka website untuk pihak manajemen. Adapun stakeholder pada

perancangan sistem website yaitu admin. Stakeholder pegawai hanya bisa melihat alat yang terpasang di bus. Sedangkan stakeholder admin bisa memantau melalui antarmuka website. Fasilitas kebutuhan arsitektur sistem digambarkan dengan tabel fungsionalitas sehingga bisa menggambarkan rancangan sistem[16]. Adapun fungsionalitas sistem stakeholder admin diuraikan sebagai berikut:

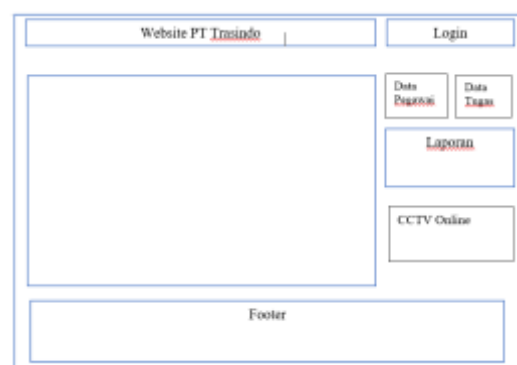
- Data pegawai*: merupakan menu yang terdiri dari data pegawai seperti sopir, kernet dan petugas di bus
- Tambah tugas*: menu untuk *add*, *edit* dan *delete* data supir, kernet, trayek dan jumlah penumpang saat keberangkatan armada.
- Laporan*: menu yang digunakan untuk menampilkan jumlah penumpang yang terdeteksi setiap 2 jam sekali selama perjalanan armada.
- CCTV Online*: digunakan untuk mengecek kondisi bus yang dihubungkan dengan cctv sudah tersedia di setiap armada (dapat juga digunakan untuk melihat kesesuaian data laporan dengan data *real* berdasarkan video).

Sistem informasi yang dibangun sebagai GUI sistem deteksi wajah ini memiliki dua aktor yakni admin dan *driver* yang masing-masing memiliki atribut. Aktor admin memiliki hak akses tertinggi sehingga dapat mengakses semua atribut diantaranya ada data pegawai, CCTV online, menu tambah tugas / trayek, dan laporan . Sementara aktor driver hanya memiliki akses terhadap atribut CCTV Online. Secara ringkas, use case diagram dari sistem informasi yang dibangun digambarkan melalui Gambar 6.

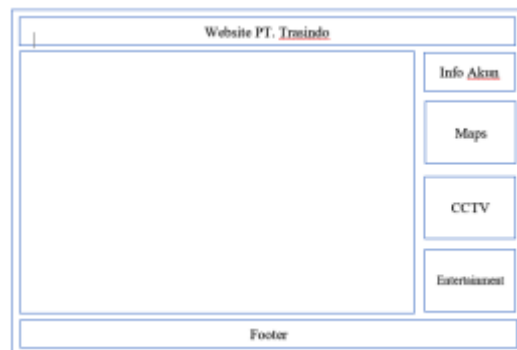
Selanjutnya, diberikan gambaran secara detail mengenai rancangan layout dari sistem informasi yang akan dibangun: Gambar 7 untuk tampilan pada admin, sementara Gambar 8 menunjukkan tampilan untuk driver.



Gambar 6. Use Case Diagram



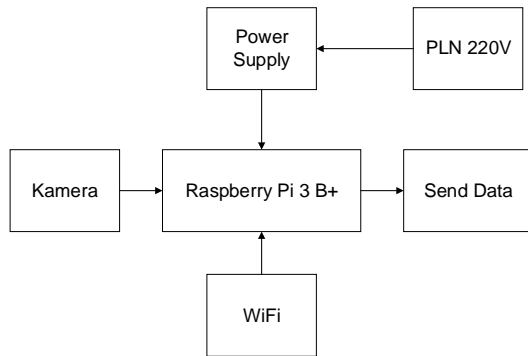
Gambar 7. Rancangan Layout Admin



Gambar 8. Rancangan Layout Driver

3.2.2 Arsitektur Perangkat

Untuk membangun sistem penghitung jumlah penumpang berdasarkan deteksi wajah yang diusulkan melalui penelitian ini, beberapa perangkat yang diintegrasikan antara lain raspberry pi 3 b+, power supply, kamera, serta modem mobile Wi-Fi. Untuk memberikan gambaran yang lebih detail, Gambar 9 menunjukkan blok diagram dari alat yang dibuat.



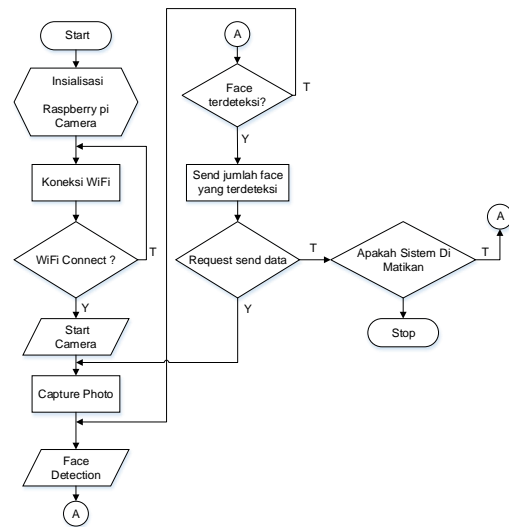
Gambar 9. Blok Diagram Rangkaian Alat

Deskripsi singkat mengenai fungsi setiap perangkat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Power supply*: sebagai catu daya perangkat secara keseluruhan
- Kamera*: bertugas melakukan *capturing image* sebagai pendeteksi objek wajah (hasil *capture image* akan dijadikan sebagai data masukan sistem)
- Modem mobile Wi-Fi*: menyediakan konektivitas perangkat ke jaringan internet untuk proses pengiriman data ke server
- Raspberry Pi*: mini computer yang berfungsi sebagai controller dari seluruh rangkaian sistem, memproses setiap hasil *capture image* yang didapatkan dari kamera dengan menggunakan *face detection*, untuk kemudian mengirimkan hasil pengolahan data ke *website*.

Alur kerja proses sistem kamera pengawas dimulai dari proses insialisasi yang dilakukan oleh raspberry pi dan kamera lalu dilanjutkan ke proses koneksi jaringan wifi. Proses *looping* akan terus dilakukan sampai perangkat dapat terhubung ke jaringan *Wi-Fi*. Setelah perangkat terhubung, maka selanjutnya proses pengaktifan kamera untuk proses *capturing image* sebagai pendeteksi jumlah penumpang yang ada di dalam bus. Hasil dari *capture image* tersebut akan diolah dengan menggunakan metode *face detection* pada *raspberry pi* untuk menentukan berapa jumlah wajah yang dapat terdeteksi. Proses ini akan secara kontinyu dikerjakan hingga *face detection* berhasil menentukan jumlah penumpang dan mengirimkan datanya ke *web server*. Prosedur ini akan dikerjakan berdasarkan batasan waktu tertentu. Ketika sistem mendapatkan notifikasi *timer* dari *raspberry pi*, sistem akan kembali melakukan prosedur perhitungan dari awal.

Keseluruhan prosedur ini disimpulkan melalui diagram alir sistem kerja alat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

3.3 Sistem Deteksi Wajah dan Perhitungan Jumlah Penumpang

Sistem deteksi wajah penumpang dikerjakan dengan menggunakan algoritma Viola-Jones yang melibatkan 4 fitur utama yaitu *Haar-Like Feature*, *Integral Image*, *Adaptive Boosting*, dan *Cascade Classifier*. Alur kerja proses deteksi wajah diuraikan melalui tahapan berikut ini:

- Proses masukan citra melalui *webcam* yang telah dipasang pada dashboard bus
- Raspberry pi akan mendeteksi dimensi citra masukan dan mengubahnya ke dimensi 1200x800 pixel dalam format RGB.
- Proses masukan citra melalui *webcam* yang telah dipasang pada dashboard bus
- Raspberry pi akan mendeteksi dimensi citra masukan dan mengubahnya ke dimensi 1200x800 pixel dalam format RGB.
- Proses konversi warna citra menjadi *grayscale*.
- Menyiapkan *sub image*, citra akan dipotong menjadi dimensi 100x100 pixel untuk proses deteksi.
- Menjalankan proses deteksi wajah menggunakan library *OpenCV*.
- Proses komparasi citra hasil masukan dengan *database cascade*.
- Jalankan mesin penghitung apabila terdeteksi citra merupakan wajah manusia.

- j. Buat segiempat pada citra untuk menunjukkan proses deteksi wajah manusia.
- k. Proses pergeseran *sub image* dimulai dari kiri atas sampai kanan bawah sampai keseluruhan citra terdeteksi.
- l. Proses pengecekan skala apakah sudah mencapai skala minimum. Proses penskalaan bertujuan untuk mendeteksi obyek dengan berbagai ukuran. Proses scan dilanjutkan dengan penurunan ukuran citra masukan sesuai dengan skala yang ditentukan.
- m. Proses perhitungan jumlah segiempat yang muncul. Apabila jumlah segiempat lebih dari 1, berarti tidak ada wajah manusia yang terdeteksi.
- n. Gabungkan semua segiempat yang telah dibuat, kemudian melakukan proses kalkulasi jumlah wajah yang terdeteksi.
- o. Simpan hasil deteksi wajah dan perhitungan ke dalam database.
- p. Selesai.

Keseluruhan alur mekanisme sistem deteksi dan perhitungan penumpang dalam penelitian ini disimpulkan melalui Gambar 11.

3.4 Pengujian Rancangan Sistem

Untuk memenuhi kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna, maka dilakukan sebuah pengujian rancangan sistem dalam bentuk pengujian antarmuka. Menurut Pressman, terdapat 4 aspek utama dalam pengujian antarmuka, antara lain interaktivitas, estetika, tata letak, dan personalisasi [16].

Pengujian ini dilakukan melalui pembuatan sebuah kuesioner yang menggunakan skala Likert, dengan 5 kriteria utama yaitu Sangat Tidak Memuaskan (STM), Tidak Memuaskan (TM), Cukup (C), Memuaskan (M) dan Sangat Memuaskan (SM).

Kuesioner tersebut dibagikan kepada 3 orang admin (termasuk pemilik PO Bus) dan 4 orang *driver* bus, sebagai pengguna sistem.

Kesimpulan dari pengujian rancangan sistem ini dapat dilihat melalui Tabel 1.

Perhitungan skor pada Tabel 1 mengacu pada range nilai yang dimiliki oleh skala Likert. Nilai 5 untuk SM, nilai 4 untuk M, nilai 3 untuk C, nilai 2 untuk TM dan nilai 1 untuk STM.

Nilai persentase pada kolom berikutnya merupakan nilai skor yang direpresentasikan ke dalam satuan persen dengan menggunakan Persamaan 2 berikut ini [17].

$$\text{Persentase (\%)} = (\text{Skor} / S_{\max}) \times 100\% \quad (2)$$

dimana S_{\max} menunjukkan nilai skala Likert tertinggi dikalikan dengan jumlah responden.



Gambar 11. Diagram Alur Sistem Deteksi Wajah dan Perhitungan Jumlah Penumpang

Tabel 1: Kuesioner Pengujian Rancangan Sistem

No.	Aspek	Pertanyaan	Jawaban Angket					Skor	Persentase
			STM	TM	C	M	SM		
STAKEHOLDER : ADMIN									
1.	Interaktivitas	Bagaimana pendapat anda terkait tampilan website, apakah memuaskan?	0	0	0	2	1	13	86%
2.	Estetika	Apakah menu navigasi website memudahkan anda memahami fungsi dari menu tersebut ?	0	0	1	2	0	11	73%
3.	Tata letak	Apakah letak menu navigasi di website membantudan memudahkan anda untuk melakukan pemantauan kinerja di lapangan dengan cepat ?	0	0	0	2	1	13	86%
4.	Personalisasi	Bagaimana menurut anda fitur-fitur pengelompokkan kategorisasi pencarian yang ada di menu website, apakah sesuai dengan kebutuhan anda?	0	0	0	2	1	13	86%
STAKEHOLDER : DRIVER									
1.	Interaktivitas	Bagaimana pendapat anda mengenai tampilan website utama bagi driver?	0	0	0	2	2	18	90%
2.	Estetika	Apakah menu navigasi website memudahkan anda memahami fungsi dari menu tersebut ?	0	0	0	3	1	17	85%
3.	Tata letak	Apakah letak menu navigasi di website membantudan memudahkan anda untuk melakukan pemantauan kinerja di lapangan dengan cepat ?	0	0	0	2	2	18	90%
4.	Personalisasi	Bagaimana menurut anda fitur-fitur pengelompokkan kategorisasi pencarian yang ada di menu website, apakah sesuai dengan kebutuhan anda?	0	0	0	3	1	17	85%
								NILAI RATA – RATA	85.12%

4. KESIMPULAN

Perancangan sistem deteksi wajah pada penumpang bus sebagai salah satu transportasi public yang paling banyak digunakan masyarakat, diharapkan mampu mengatasi permasalahan utama yang sering dihadapi oleh PO Bus, yaitu ketidaksesuaian jumlah setoran dengan jumlah penumpang yang diangkut.

Sebuah pemodelan sistem penghitungan jumlah penumpang bus dibuat dengan berpedoman pada pendeteksian wajah penumpang dengan menggunakan metode Viola-Jones. Pemodelan yang dibangun melalui penelitian ini dituliskan melalui perancangan sistem informasi, arsitektur perangkat, hingga perancangan mekanisme sistem deteksi wajah untuk menghitung jumlah penumpang. Penggunaan raspberry pi diharapkan mampu mempercepat proses pengolahan dan pengiriman data ke dalam server melalui Internet, sehingga pihak manajemen bus dapat dengan segera mendapatkan informasi dari setiap armada secara *real-time*.

Sebuah pengujian rancangan sistem dilakukan untuk menilai tingkat kesesuaian sistem yang dibangun dengan kebutuhan perusahaan. Pengujian dilakukan melalui pembuatan kuesioner yang dibagikan kepada 7 responden (3 orang admin dan 4 orang driver) dan didapatkan hasil tingkat kesesuaian sistem sebesar 85.12%. Penilaian kepuasan tersebut didasarkan pada 4 aspek utama yang meliputi interaktivitas, estetika, tata letak dan personalisasi.

Kelanjutan dari penelitian ini adalah pengujian keakuratan metode Viola-Jones dalam mendeteksi jumlah penumpang dan kecepatan sistem dalam mengirimkan hasil pengolahan data ke server. Tidak menutup kemungkinan, hasil pengujian tersebut kemudian dikomparasikan dengan metode deteksi wajah lainnya, seperti metode Kanade-Lucas-Tomasi dan metode Eigenface untuk mendapatkan perbandingan metode yang paling sesuai dengan kebutuhan di lapangan, dengan tingkat keakuratan yang tertinggi.

PERNYATAAN PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada mitra PO Bus Malang Indah yang telah bersedia menjadi mitra penulis dan

telah memberikan fasilitas bagi penulis untuk melakukan observasi permasalahan dan data yang ada di PO. Bus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. A. Nasir, N. K. A. Gharib, and H. Jaafar, "Automatic Passenger Counting System Using Image Processing Based on Skin Colour Detection Approach," in *International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications, ICASSDA 2018*, 2018, pp. 1–8, doi: 10.1109/ICASSDA.2018.8477628.
- [2] J. I. Sojol, N. Ferdous, S. Sadman, and T. Motahar, "Smart Bus: An Automated Passenger Counting System," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, no. 18, pp. 3169–3177, 2018, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/323027620_Smart_Bus_An_Automated_Passenger_Counting_System.
- [3] A. Olivo, G. Maternini, and B. Barabino, "Empirical Study on the Accuracy and Precision of Automatic Passenger Counting in European Bus Services," *Open Transp. J.*, vol. 13, no. 1, pp. 250–260, 2019, doi: 10.2174/1874447801913010250.
- [4] F. Li, F.-W. Yang, H.-W. Liang, and W.-M. Yang, "Automatic Passenger Counting System for Bus Based on RGB-D Video," *Adv. Eng. Res.*, vol. 117, pp. 209–220, 2017, doi: 10.2991/eeeis-16.2017.29.
- [5] B. Yuliandra and Tjokorda Agung Budi, "People Counting menggunakan Extended CAMSHIFT dan Fitur Haar-like People Counting using Extended CAMSHIFT and Haar-like Features," in *eProceedings of Engineering*, 2015, pp. 1–10.
- [6] S. H. Khan, M. H. Yousaf, F. Murtaza, and S. Velastin, "Passenger Detection and Counting for Public Transport System," *NED Univ. J. Res.*, vol. XVII, no. 2, pp. 35–46, 2020, doi: 10.35453/nedjr-ascn-2019-0016.
- [7] P. Lengvenis, R. Simutis, V. Vaitkus, and R. Maskeliunas, "Application Of Computer Vision Systems For Passenger Counting In Public Transport," *Elektron. ir Elektrotechnika*, vol. 19, no. 3, pp. 69–72, 2013, doi: 10.5755/j01.eee.19.3.1232.
- [8] A. Saputra, "Perancangan Power Saving Dengan Implementasi Face Detection

- Pada Komputer,” in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, 2016, vol. V, pp. SNF2016-CIP-109-SNF2016-CIP-114, doi: 10.21009/0305020121.
- [9] S. Purnamawati, R. F. Rahmat, and M. Santana, “Aplikasi Pendeteksi Wajah Manusia untuk Menghitung Jumlah Manusia,” *Lentera*, vol. 15, pp. 73–80, 2015.
- [10] I. G. . Widagna and I. K. Surakarta, “Pendeteksi Target Wajah Dengan Metode Viola-Jones,” Universitas Udayana, 2017.
- [11] A. Kumar, A. Kaur, and M. Kumar, “Face Detection Techniques: A Review,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 52, no. 2, pp. 927–948, 2019, doi: 10.1007/s10462-018-9650-2.
- [12] P. Dwisnanto, B. Teguh, and Winduratna.B, “Sistem Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode Viola-Jones,” in *Seminar Nasional “Science, Engineering and Technology,”* 2012, pp. 1–5.
- [13] A. R. Syafira, “Sistem Deteksi Wajah Dengan Modifikasi Metode Viola Jones,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 26–33, 2017, doi: 10.23917/emitor.v17i1.5964.
- [14] R. E. Putri, T. Matulatan, and N. Hayaty, “Sistem Deteksi Wajah Pada Kamera Realtime dengan menggunakan Metode Viola Jones,” *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 30–37, 2019, doi: 10.31629/sustainable.v8i1.526.
- [15] Setyorini and F. S. Mukti, “Sistem Informasi Manajemen Taman Baca Masyarakat Pondok Sinau Lentera Anak Nusantara Berbasis Digital System Book QR Code,” *J. Ilm. NERO*, vol. 4, no. 3, pp. 165–171, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.21107/nero.v4i3.135>.
- [16] L. Farokhah and Y. A. Sapoetra, “Sistem Pengawasan Keuangan Badan Usaha Milik Desa (BUM Des) berbasis Android,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 4, p. 206, 2018, doi: 10.26418/justin.v6i4.29097.
- [17] Setyorini and F. S. Mukti, “Pengujian Sistem Informasi Manajemen Taman Baca Masyarakat Pondok Sinau LENSEA Menggunakan Metode McCall,” *Teknomatika*, vol. 12, no. 1, pp. 20–24, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.unjaya.ac.id/index.php/Teknomatika/>.