

Click here and write your Article Category

Sistem Klasifikasi Penumpang Bus Trans Padang Berdasarkan Pakaian Menggunakan Metode *Image Processing*

Rahmi Eka Putri, M.T¹, Muhammad Raid Naufal²

^{1,2} Jurusan Sistem Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 INDONESIA

ARTICLE INFORMATION

Received: February 00, 00
 Revised: March 00, 00
 Available online: April 00, 00

KEYWORDS

Machine Learning, Flap Barrier, Image Processing, Klasifikasi

CORRESPONDENCE

Phone: +62 812 6665 5700
 E-mail: first_author@affiliation.xx.xx

ABSTRACT

Public transportation is one of the things that is often used by everyone. One type of public transportation that is often used in Indonesia is the Bus Rapid Transit (BRT) or commonly known as the busway. The city of Padang, West Sumatra has a BRT to serve the community called the Trans Padang Bus. However, in this bus service there are still several shortcomings that make the bus service ineffective. The gate system which is still manual on this bus makes service slow and inefficient. By using a flap barrier gate that has an image processing system for suit passengers, the service on this bus will be more effective. Utilizing the Raspberry Pi and You Only Look Once (YOLO), this system can be made as efficient as possible for the place and use. Passengers who will enter will be immediately detected by the PIR sensor and the system will start with a camera that will take pictures of passenger clothes. The image will be processed using YOLO and the results of the process in the form of passenger categories and prices will be displayed on the LCD. The author uses YOLO and the Fast R-CNN algorithm to determine passenger categories. With this method, the test results show an average success percentage of 98.3%.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sebuah hal yang penting bagi kehidupan sehari-hari bagi setiap orang. Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Proses pengangkutan merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan angkutan dimulai, ke tempat tujuan, kemana kegiatan angkutan diakhiri. Untuk itu dengan adanya pemindahan barang dan manusia tersebut, maka transportasi merupakan salah satu sector yang dapat menunjang kegiatan ekonomi dan pemberi jasa bagi perkembangan ekonomi[1]. Transportasi umum menjadi salah satu hal yang sering digunakan oleh setiap orang. Salah satu jenis angkutan umum yang sering digunakan di Indonesia adalah *Bus Rapid Transit* (BRT) atau biasa disebut *busway*. BRT merupakan bus kualitas tinggi berbasis sistem transit yang cepat, nyaman, dan biaya murah[2]. Kota Padang, Sumatera Barat telah memiliki BRT untuk melayani masyarakat, BRT tersebut bernama “Bus Trans Padang”. Jumlah bus yang beroperasi saat ini berjumlah 35 unit, untuk melayani Koridor I Lubuk Buaya-Pasar Raya Padang[3].

Bus Trans Padang telah mampu mengatasi kebutuhan masyarakat terhadap angkutan umum yang bisa mengatasi kemacetan dan kepadatan lalu lintas. Bus Trans padang juga mampu mengatasi

permasalahan bagi para pelajar yang ingin pergi ke sekolah nya dan tidak memiliki kendaraan pribadi. Namun dibalik kesuksesannya, transportasi ini masih memiliki cukup banyak permasalahan didalamnya. Sebelum beralih menggunakan *e-money* untuk sistem pembayaran nya, Bus Trans Padang menggunakan karcis dan uang tunai sebagai bukti pembayaran telah menggunakan jasa meraka, tetapi yang terjadi dilapangan adalah penumpang bus Trans Padang tidak diberikan karcis setelah membayar ongkos. Padahal karcis tersebut sebagai bukti berapa banyak penumpang naik, yang nantinya akan disetorkan menjadi pendapatan asli daerah (PAD) bagi Kota Padang[4]. Kebijakan penggunaan kartu Brizzi diberlakukan untuk meminimalisir kemungkinan kesalahan pencatatan laporan oleh petugas[5].

Penelitian yang terkait dengan sistem bus trans padang membahas tentang bagaimana penumpang yang akan naik hanya perlu menempelkan NFC-tag ke gerbang yang terdapat NFC-reader dan langsung otomatis terbuka saat transaksi berhasil, tetapi pada penelitian ini pembayaran dibatasi dengan hanya satu kategori harga yaitu Rp3.500[6]. Penelitian lain yang terkait membahas tentang bagaimana menghitung penumpang pada bus trans padang dan posisi bus trans padang dengan menggunakan NFC yang akan menyimpan data pada sistem dan menggunakan module GPS untuk melacak lokasi bus tersebut[7]. Penelitian lain

juga membahas terkait sistem image processing dan object detection dengan *deep learning*[8].

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut penulis tertarik untuk merancang suatu sistem klasifikasi yang dapat membedakan penumpang pada bus trans padang dengan 2 jenis yaitu penumpang umum dan penumpang pelajar. Klasifikasi akan menggunakan metode image processing yang nantinya akan melihat pakaian yang dipakai oleh penumpang tersebut. Kemudian akan dirancang sebuah gerbang yang dapat lebih memaksimalkan isi dari bus trans padang tersebut dengan menggunakan gerbang berjenis *flap barrier*.

LANDASAN TEORI

Bus Rapid Transit (BRT)

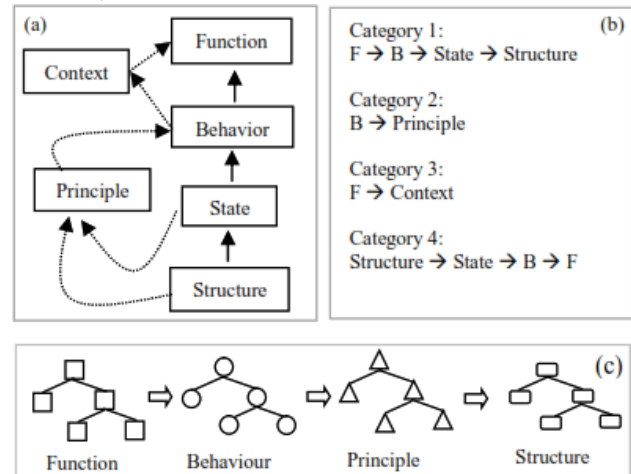
Bus Rapid Transit (BRT) atau busway merupakan bus dengan kualitas tinggi yang berbasis sistem transit yang cepat, nyaman, dan biaya murah untuk mobilitas perkotaan dengan menyediakan jalan untuk pejalan kaki, infrastrukturnya, operasi pelayanan yang cepat dan sering, perbedaan dan keunggulan pemasaran dan layanan kepada pelanggan. Transportasi ini pada dasarnya mengemulasi karakteristik kinerja sistem transportasi kereta api modern. Satu sistem biasanya akan dikenakan biaya 4-20 kali lebih kecil dari Light Rail Transit (LRT) dan 10-100 kali lebih kecil dari sistem kereta api bawah tanah [9].

Sebagaimana diamanatkan dalam UU No. 22/2009 tentang LLAJ pasal 139, bahwa pemerintah (pemerintah pusat dan Daerah) wajib menjamin tersedianya angkutan umum untuk jasa angkutan orang dan /atau barang. Baik itu antarkota, antarProvinsi, wilayah Kabupaten/Kota. Sedikitnya ada lebih dari 10 kota di Indonesia yang sudah mengembangkan transportasi umum Bus Rapid Transit (BRT). Meski dalam perkembangannya belum menunjukkan hasil yang signifikan mengatasi masalah transportasi kota. Gagasan membangun BRT di Indonesia jelas akan lebih baik dan efisien untuk menyediakan angkutan umum bagi rakyat di masa mendatang. Selain Jakarta, beberapa kota di Indonesia juga memiliki BRT. Kota-kota itu, antara lain Bogor (TransPakuan), Yogyakarta (Trans Jogja), Bandung (Trans Metro Bandung), Palembang (Trans Musi), Semarang (TransSemarang), Pekanbaru (Trans Metro Pekanbaru), Solo (Batik Solo Trans), Trans Sarbagita (Denpasar), Padang (Trans Padang), dan Makassar (Busway Trans Mamminasata). Beberapa kota besar seperti Medan dan Surabaya hendak menyusul membuat sistem transportasi yang sama. Dari BRT-BRT setelah TransJakarta itu beberapa juga menggunakan kartu elektronik seperti TransSemarang, Batik Solo Trans, Trans Jogja, dan Trans Musi. BRT-BRT itu juga tak sepenuhnya mengikuti TransJakarta untuk jalur alias tanpa separator. Beberapa BRT ini malah ada yang terhubung langsung ke bandar udara, stasiun kereta api, bahkan dermaga bus air seperti Trans Jogja, Batik Solo Trans, Trans Semarang, Trans Musi, dan Trans Metro Pekanbaru [2].

Deep Learning

Belajar adalah proses untuk memperoleh pengetahuan atau keterampilan tentang suatu hal. Suatu hal dapat selalu dilihat sebagai suatu sistem, dan arsitektur umum dari pengetahuan tentang hal tersebut mengikuti arsitektur FCBPSS, di mana fungsi F: mengacu pada peran yang dimainkan oleh struktur tertentu dalam konteks tertentu; C: konteks yang mengacu pada

lingkungan serta pra-kondisi dan pasca-kondisi di sekitar struktur; B: perilaku yang mengacu pada hubungan sebab akibat antara keadaan suatu struktur; P: prinsip yang mengacu pada pengetahuan yang mengatur perilaku struktur; S: keadaan yang menggambarkan properti atau karakter struktur; S: struktur yang mewakili elemen atau komponen sistem atau benda beserta koneksinya.

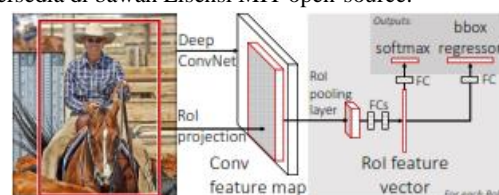


Gambar 2.1 Kategorisasi *knowledge* berdasarkan FCBPSS

Dari gambar 2.1 diatas, dapat dilihat bahwa hubungan antara enam konsep adalah jaringan, bukan hierarki. Urutan struktur → keadaan → perilaku → fungsi (SSBF) adalah hierarki dari pandangan dimensi yang membangun fungsi (atau makna atau informasi) dari struktur. Prinsip ini mengarah ke pandangan baru tentang dimensi yang menjelaskan mengapa dan bagaimana struktur bersama dengan hasil negara dalam perilaku. Konteksnya mengarah ke pandangan lain tentang dimensi yang menjelaskan mengapa dan bagaimana struktur bersama dengan keadaan dan perilaku memainkan fungsi atau menunjukkan informasi atau mengarahkan artinya. Suatu sistem atau hal yang kompleks terdiri dari beberapa sub-sistem atau sub-hal, dan FCBPSS berlaku untuk semuanya. Sejumlah pengetahuan yang kompleks dengan demikian terdiri dari beberapa bidang FCBPSS.

Algoritma Fast Region-based Convolutional Network (Fast R-CNN)

Fast R-CNN dibangun berdasarkan pendahulu sebelumnya untuk secara efisien mengklasifikasikan proposal objek menggunakan jaringan convolutional yang mendalam. Dibandingkan dengan pendahulu sebelumnya, Fast R-CNN menggunakan beberapa inovasi untuk meningkatkan kecepatan pelatihan dan pengujian begitu juga meningkatkan akurasi deteksi. Fast R-CNN melatih jaringan VGG16 yang sangat dalam, 9x lebih cepat dari R-CNN, 213x lebih cepat pada saat pengujian, dan mencapai mAP yang lebih tinggi pada PASCAL VOC 2012. Dibandingkan dengan SPPnet, Fast R-CNN melatih VGG16 3 kali lebih cepat, menguji 10 kali lebih cepat, dan lebih akurat. Fast R-CNN diimplementasikan dalam Python dan C++ (menggunakan Caffe) dan tersedia di bawah Lisensi MIT open-source.

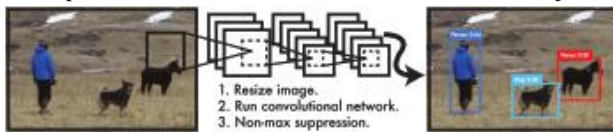


Gambar 2.2 Arsitektur Fast R-CNN

Jaringan Fast R-CNN mengambil sebagai input seluruh gambar dan satu set proposal objek. Jaringan pertama memproses keseluruhan gambar dengan beberapa lapisan konvolusional (konv) dan maks pooling untuk menghasilkan peta fitur konv. Kemudian, untuk masing-masing objek proposal suatu daerah yang menarik (RoI) lapisan penggabungan mengekstraksi vektor fitur yang tetap dari peta fitur. Setiap vektor fitur dimasukkan ke dalam urutan lapisan yang terhubung penuh (*fully connected*) yang akhirnya bercabang menjadi dua lapisan kembar yang menghasilkan estimasi probabilitas softmax atas kelas objek K ditambah kelas "*background*" tangkap semua dan lapisan lain yang menghasilkan *real-valued number* untuk masing-masing kelas objek K. Setiap set 4 nilai mengkodekan posisi bounding-box yang didefinisikan untuk salah satu kelas K.

You Only Look Once (YOLO)

YOLO merupakan sistem yang dibuat berdasarkan prinsip bahwa manusia dapat melihat dan akan mengetahui secara langsung apa saja yang terlihat oleh mata dan di mana letaknya. Pada YOLO, sistem akan membingkai ulang deteksi objek sebagai masalah regresi tunggal, langsung dari piksel gambar hingga koordinat bounding box dan probabilitas kelas. Prinsip dalam YOLO sangat sederhana, satu jaringan konvolusional secara bersamaan memprediksi banyak bounding box dan probabilitas kelas untuk kotak itu. YOLO melatih gambar penuh dan secara langsung mengoptimalkan deteksi kinerja. Model terpadu ini memiliki beberapa manfaat lebih dari metode tradisional deteksi objek.



Gambar 2.3 Proses Pada YOLO

OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah library perangkat lunak sebuah computer vision dan machine learning yang bersifat open source. OpenCV dibangun untuk menyediakan infrastruktur umum untuk aplikasi computer vision dan mempercepat penggunaan nya. OpenCV merupakan sebuah pustaka perangkat lunak yang ditujukan untuk pengolahan citra dinamis secara real-time, yang dibuat oleh Intel, dan sekarang didukung oleh Willow Garage dan Itseez. Program ini bebas dan berada dalam naungan sumber terbuka dari lisensi BSD. Pustaka ini merupakan pustaka lintas platform. Program ini didedikasikan sebgaiian besar untuk pengolahan citra secara real-time. Jika pustaka ini menemukan pustaka Integrated Performance Primitives dari intel dalam sistem komputer, maka program ini akan mempercepat proses kerja program ini secara otomatis[15].

Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan single board seukuran kartu kredit. Raspberry Pi kebanyakan digunakan untuk sistem tertanam dan kegiatan pembelajaran yang tidak memerlukan daya komputasi dan alokasi memori yang besar. Fungsi lain dari Raspberry Pi antara lain yaitu dapat digunakan sebagai file server, download server, access point, DNS server dan sebagai multimedia player. Raspberry Pi dikembangkan oleh Raspberry Pi foundation yang dipimpin oleh Eben Upton pada tahun 2006. Raspberry Pi menggunakan sistem operasi Raspbian. Ide pembuatannya muncul ketika Eben Upton melihat bagaimana siswa-siswa tidak

dapat mengembangkan kreativitas dalam hal teknologi terutama dalam belajar komputer dikarenakan orang tua yang takut terjadi kerusakan pada komputer[7][8].

Raspberry Pi memiliki dua varian yaitu model A dan model B. Dimana model A merupakan versi biaya murah dan menghilangkan chip USB hub. Pada bulan juli 2014, Raspberry Pi foundation meluncurkan model B+ yang memiliki port USB lebih banyak dan menyempurnakan kemampuan dayanya dibanding versi sebelumnya. Kelebihan utama model B adalah tersedianya Ethernet port sehingga Raspberry Pi dapat terhubung ke internet[7].



Gambar 2.4 Raspberry Pi 3 Model B[7]

Flap Barrier Gate

Flap Barrier Gate juga dikenal sebagai *speed gate*, *speedstiles*, dan *optical turnstiles*. Gerbang ini mengandalkan estetika dalam penggunaannya, menghalangi orang yang akan masuk setinggi pinggang dan biasanya menggunakan kaca yang dikeraskan atau akrilik sebagai penghalangnya. Digunakan untuk manajemen jalur/antrian, mengatur pengunjung yang keluar ataupun masuk. Flap barrier dapat diintegrasikan dengan system biometric maupun RFID untuk menjadi solusi control penggunaan nya. Flap barrier memiliki berbagai kombinasi yang tersedia dalam mode operasinya yaitu: opsi jalur sempit, standar, lebar, satu-dua arah, tunggal, ganda, dan biasanya terbuka-tertutup. Estetika dari gerbang ini menjadikan flap barrier sebagai pilihan populer di berbagai penggunaan tempat umum. Keunggulan flap barrier dalam penggunaan nya antara lain adalah dari segi besar nya yang tidak terlalu memakan banyak tempat dan efisien dalam penggunaan nya[12].

Motor Servo

Motor Servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo. Keunggulan dari penggunaan motor servo adalah :

- Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
- Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
- Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
- Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti encoder yang dipakai.
- Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi [13].



Gambar 2.5 Motor Servo[16]

Motor servo sering digunakan sebagai penggerak robot karena memiliki presisi yang tinggi dan torsi yang bisa disesuaikan tergantung kebutuhan. Pada penelitian ini, Motor servo difungsikan sebagai pengunci pintu halte. Dimana motor servo akan dipasangkan sebuah besi yang dapat menahan terbukanya pintu. Jika pintu akan dibuka, motor servo hanya butuh di gerakkan 90 derajat. Penggunaan motor servo sebagai tuas pengunci pintu akan lebih efektif dibanding penggunaan kunci elektrik karena motor servo membutuhkan daya listrik lebih rendah dibanding kunci elektrik.

Passive Infrared Sensor

Sensor PIR atau disebut juga dengan Passive Infra Red merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah dari suatu object. Sesuai dengan namanya sensor PIR bersifat pasif, yang berarti sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah melainkan hanya dapat menerima radiasi sinar infra merah dari luar. Sensor PIR dapat mendeteksi radiasi dari berbagai objek dan karena semua objek memancarkan energi radiasi, sebagai contoh ketika terdeteksi sebuah gerakan dari sumber infra merah dengan suhu tertentu yaitu manusia mencoba melewati sumber infra merah yang lain misal dinding, maka sensor akan membandingkan pancaran infra merah yang diterima setiap satuan waktu, sehingga jika ada pergerakan maka akan terjadi perubahan pembacaan pada sensor. Sensor PIR terdiri dari beberapa bagian yaitu, Lensa Fresnel, Penyaring Infra Merah, Sensor Pyroelektrik, Penguat Amplifier, Komparator.

Sensor PIR bekerja dengan cara menangkap pancaran infra merah, kemudian pancaran infra merah yang tertangkap akan masuk melalui lensa Fresnel dan mengenai sensor pyroelektrik, sinar infra merah mengandung energi panas membuat sensor pyroelektrik dapat menghasilkan arus listrik. Arus listrik inilah yang akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Kemudian komparator akan membandingkan sinyal yang sudah diterima dengan tegangan referensi tertentu yang berupa keluaran sinyal 1-bit. Sensor PIR hanya akan mengeluarkan logika 0 dan 1. 0 saat sensor tidak mendeteksi adanya perubahan pancaran infra merah dan 1 saat sensor mendeteksi infra merah. Sensor PIR hanya dapat mendeteksi pancaran infra merah dengan panjang gelombang 8-14 mikrometer. Manusia memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra merah dengan panjang gelombang antara 9-10 mikrometer, panjang gelombang tersebut dapat terdeteksi oleh sensor PIR membuat sensor ini sangat efektif digunakan sebagai human detektor. Sensor PIR hanya akan mendeteksi jika object bergerak atau secara teknis saat terjadi adanya perubahan pancaran infra merah.

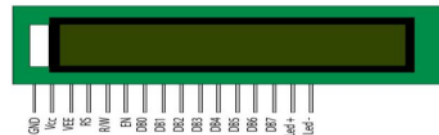


Gambar 2.6 Sensor Passive Infrared

Liquid Crystal Display (LCD)

Display elektronik adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data. Baik karakter, huruf, maupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik [14].

LCD menjadi interface yang umum digunakan karena ukuran dan pemrogramannya yang cukup mudah. LCD lebih mudah diterapkan dibanding interface lainnya seperti android ataupun web. Pada LCD terdapat 16 pin yang memiliki fungsi yang berbeda. Gambar 2.5. merupakan tampilan dan konfigurasi pin pada LCD [14].



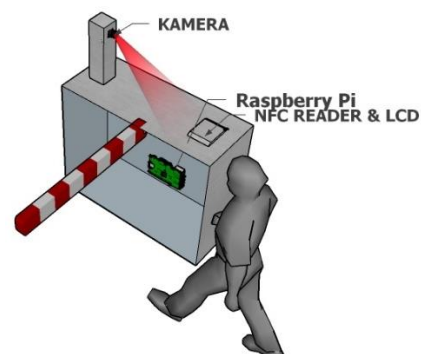
Gambar 2.7 LCD (Liquid Crystal Display) 2x2[14]

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental (Experimental Research). Metode penelitian eksperimental adalah metode penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suatu perlakuan terhadap subjek penelitian. Terdapat beberapa karakteristik diantaranya adalah variabel bebas yang dimanipulasi, variabel lain yang berpengaruh untuk dikontrol agar tetap konstan dan observasi langsung oleh penelitian.

Rancangan Umum Sistem

Berikut gambar rancangan umum sistem penelitian yang diterapkan pada penelitian ini:



Gambar 3.1 Rancangan Umum Sistem

Rancangan umum sistem mencakup seluruh komponen yang digunakan dalam merancang sistem klasifikasi penumpang pada bus transpadang. Pada bagian ini akan digambarkan arsitektur rancangan umum sistem. Sistem ini dimulai dengan penumpang akan masuk gerbang dan terdeteksi oleh sensor PIR yang kemudian kamera akan langsung mengambil tangkapan seluruh badan penumpang tersebut. Output yang dihasilkan berupa gambar yang akan dikirimkan ke Raspberry Pi kemudian di proses menggunakan metode *image processing* yang kemudian akan menghasilkan kategori penumpang. Setelah mendapatkan kategori penumpang akan diproses kembali berapa harga untuk penumpang tersebut dan data tersebut akan ditampilkan di LCD. Setelah proses tersebut selesai penghalang pada gerbang akan terbuka selama 6 detik dan akan tertutup kembali.

Rancangan Proses



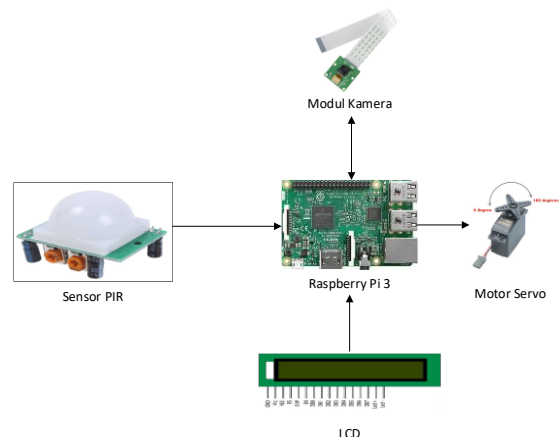
Gambar 3.2 Flowchart Rancangan Umum Proses Sistem

Pada perancangan proses akan dijelaskan proses kerja sistem dalam melakukan suatu pengolahan gambar agar dapat menentukan kategori penumpang di gerbang masuk. Alur dari proses sistem ini dimulai dengan penumpang akan bergerak menuju gerbang dan terdeteksi oleh sensor PIR yang berada pada gerbang masuk. Kemudian Sensor PIR akan dibaca melalui fungsi proses sensor PIR. Jika sensor PIR mendeteksi pergerakan maka buzzer akan berbunyi sebagai indikator telah terbaca dan kamera akan mengambil gambar keseluruhan dari badan penumpang untuk mengidentifikasi pakaian penumpang tersebut yang outputnya berupa gambar. Kemudian gambar tersebut akan dikirimkan ke Raspberry Pi dimana akan diproses menggunakan metode *image processing* dan akan ditentukan kategori penumpang tersebut berdasarkan pakaian yang digunakan. Setelah proses selesai, maka data kategori penumpang dan harga akan ditampilkan di LCD yang berada di gerbang masuk dan penghalang gerbang akan terbuka secara otomatis karna terdeteksi sensor PIR tadi dan akan menutup kembali otomatis

ketika sensor PIR tidak mendeteksi pergerakan lagi di gerbang dalam jangkauan nya.

Rancangan Perangkat Keras

Pada bagian perancangan perangkat keras ini akan dijabarkan mengenai hubungan antara komponen-komponen yang akan diimplementasikan pada perancangan sistem klasifikasi penumpang pada bus transpadang. Pada perancangan perangkat keras sistem ini menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*) untuk memulai sistem dimana penumpang yang akan masuk akan terdeteksi pergerakan nya ketika melewati gerbang dan kamera akan langsung menangkap gambar dari keseluruhan tubuh penumpang tersebut untuk melihat pakaian nya yang akan di proses untuk kategori penumpang. Setelah kamera mengambil gambar maka gambar tersebut akan dikirimkan ke Raspberry Pi untuk diproses menggunakan metode *image processing*. Setelah proses klasifikasi selesai Raspberry Pi akan mengirimkan data ke LCD dimana akan muncul informasi kategori penumpang dan harga yang dibayar. Kemudian Raspberry Pi akan mengendalikan motor servo untuk membuka penghalang pada gerbang masuk tersebut selama sensor PIR masih mendeteksi pergerakan dalam jangkauan nya dan jika tidak mendeteksi pergerakan gerbang kemudian menutup kembali. Berikut merupakan rancangan proses perangkat keras dari sistem klasifikasi penumpang bus transpadang yang akan dirancang.



Gambar 3.3 Blok Diagram Rancangan Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 3.4, perancangan perangkat keras ini masing-masing memiliki prinsip kerja, sebagai berikut :

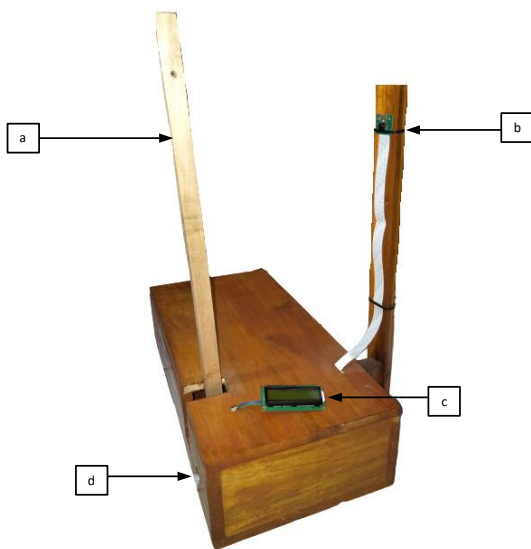
1. **Sensor PIR**
Befungsi sebagai pendeteksi otomatis gerbang ketika ada pergerakan penumpang yang akan masuk dan melewati gerbang untuk menutup gerbang Kembali.
2. **LCD**
Befungsi untuk menampilkan informasi tentang kategori penumpang dan harga masuk penumpang.
3. **Raspberry Pi**
Befungsi sebagai pengendali utama sistem secara keseluruhan yang akan mengolah gambar dan mengirimkan output berupa kategori penumpang yang akan ditampilkan di LCD.
4. **Modul Kamera**
Befungsi untuk mengambil gambar keseluruhan tubuh penumpang.
5. **Motor Servo**
Befungsi sebagai komponen yang akan memutar penghalang pada gerbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi *Flap Barrier* dengan sistem klasifikasi penumpang trans padang berdasarkan pakaian ini dirancang berdasarkan pada bab perancangan sistem yang telah di jelaskan sebelumnya. Implementasi sistem ini terbagi menjadi dua tahap yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak..

Implementasi Perangkat Keras

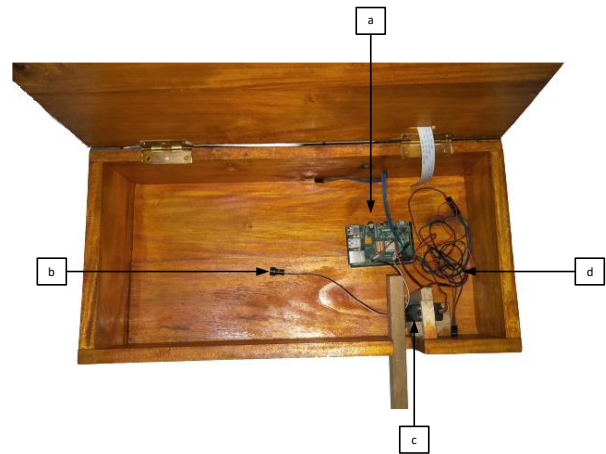
Pada implementasi perangkat keras terdiri dari raspberry pi sebagai kontrol utama keseluruhan sistem, sensor PIR sebagai pendeteksi penumpang masuk, motor servo untuk membuka dan menutup gerbang, modul kamera untuk menangkap gambar pakaian penumpang, dan LCD sebagai output untuk menampilkan kategori dan harga penumpang.



Gambar 4.1 Implementasi Perangkat Keras Tampak Luar

Pada Gambar 4.1 terdapat beberapa komponen yang digunakan sebagai implementasi perangkat keras dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Flap Barrier : berfungsi sebagai penghalang pintu masuk gerbang
- b. Modul Kamera : berfungsi untuk mengambil gambar pakaian penumpang
- c. LCD : berfungsi untuk menampilkan output kategori dan harga penumpang
- d. Sensor PIR : berfungsi untuk mendeteksi ada nya pergerakan penumpang yang akan masuk



Gambar 4.2 Implementasi Perangkat Keras Tampak Dalam

Pada Gambar 4.1 terdapat beberapa komponen yang digunakan sebagai implementasi perangkat keras dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Raspberry Pi : sebagai kontrol sistem keseluruhan
- b. Buzzer : sebagai penanda gerbang akan terbuka atau tertutup
- c. Motor Servo : berfungsi untuk menggerakkan penghalang gerbang
- d. Jumper : berfungsi untuk menghubungkan masing-masing perangkat

Keras

Implementasi Perangkat Lunak

Pada implementasi perangkat lunak terdiri dari sistem *flap barrier* dan *image processing* yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman python dan operasi-operasi dasar pada terminal linux.

Sistem *flap barrier* ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Pada sistem ini terdapat proses dimana sistem gerbang *flap barrier* di rancang agar dapat mengotomatisasi gerbang tersebut. Gerbang pertama kali akan membaca pergerakan penumpang melalui sensor PIR dan apabila terdeteksi maka sensor akan mengirimkan sinyal yang akan memulai sistem dimana kamera akan mengambil gambar penumpang kemudian akan dikirimkan ke raspberry pi yang akan menggunakan *image processing* nantinya. Kemudian setelah gambar di proses maka buzzer akan berbunyi sebagai indikator bahwa gerbang akan terbuka. Setelah gerbang terbuka maka sensor PIR akan terus mendeteksi gerakan penumpang sampai melewati jarak jangkauan sensor yang nantinya gerbang akan menutup otomatis kembali ketika tidak terdeteksi pergerakan oleh sensor PIR.

```

21
22 def sistem():
23     try:
24         sleep(2)
25         while True:
26             if GPIO.input(24) == GPIO.HIGH:
27                 GPIO.output(23, True)
28                 sleep(0.5)
29                 GPIO.output(23, False)
30                 print("Motion Detected...")
31                 p.ChangeDutyCycle(7.5)
32                 sleep(3)
33             else:
34                 p.ChangeDutyCycle(3.0)
35                 sleep(1)
36         except KeyboardInterrupt:
37             GPIO.cleanup()
38             print("Program ended.")
39

```

Gambar 4.3 Tampilan Sebagian *Source Code* Sistem *Flap Barrier*

Pada sistem *image processing* dibuat juga dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Dimana pada sistem ini dirancang untuk dapat mendeteksi sebuah objek berupa pakaian penumpang yang dimana output yang dihasilkan berupa kategori dari penumpang tersebut serta harga dari kategori tersebut. Sistem ini juga dapat menentukan seberapa akurat kategori penumpang tersebut yang dapat kita lihat. Sistem ini akan digunakan untuk dapat mengotomatisasi untuk penentuan kategori penumpang di bus trans padang.



Gambar 4.4 Penampakan Dari Output *Image Processing*

Pada gambar 4.4 dapat dilihat tampilan dari output *image processing* yang ada didalam raspberry pi terdapat kotak yang mengelilingi dari pakaian yang ada di gambar tersebut. Kotak tersebut adalah hasil dari deteksi oleh sistem *image processing* yang mendeteksi pakaian pada seseorang dimana pada penelitian ini dimaksudkan penumpang. Di kotak tersebut juga terdapat tulisan kategori penumpang yang sudah di definisikan pada saat pembuatan sistem *image processing* ini. Pada gambar diatas juga terlihat angka disamping kategori penumpang yang menunjukan persentase keakuratan dari sistem yang menunjukan seberapa besar persentasi penumpang itu sesuai dengan kategori yang ditampilkan.




Pengujian dan Analisa Perangkat Keras

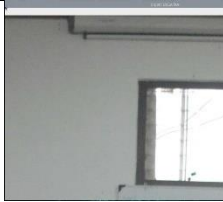

Pengujian dan analisa perangkat keras dilakukan untuk memastikan setiap komponen yang digunakan di dalam sistem ini dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dan dapat memenuhi tujuan penelitian ini dengan baik. Pengujian perangkat keras ini memiliki tiga bagian yaitu, pengujian sistem pada raspberry pi, pengujian modul kamera, pengujian sensor PIR.

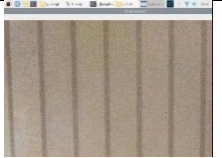
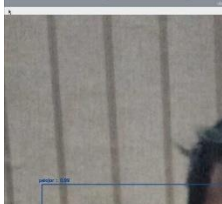



Pengujian dan Analisa Sistem Raspberry Pi

Pengujian ini dilakukan pengujian terhadap sistem *image processing* yang telah dibuat didalam raspberry pi untuk mengetahui terdeteksi atau tidak nya kategori dan harga penumpang dari input gambar yang didapatkan. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan 15 input gambar yang sudah didapatkan kemudian di uji dengan cara memproses gambar tersebut di sistem yang sudah dibuat di raspberry pi. Setelah dilakukan pengujian sebanyak 15 kali maka didapatkan hasil seperti yang dijelaskan pada table dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian Sistem *Image Processing* di Raspberry Pi







Pengu jian ke-	Output	Kategori/Per sentase	Sesuai/T idak
1		Umum/98%	Sesuai
2		Pelajar/98%	Sesuai
3		Pelajar/86%	Sesuai

4		Pelajar/100%	Sesuai
5		Pelajar/93%	Sesuai
6		Pelajar/98%	Sesuai
7		Pelajar/100%	Sesuai
8		Pelajar/99%	Sesuai
9		Pelajar/98%	Sesuai
10		Umum/83%	Sesuai

11		Pelajar/100%	Sesuai
12		Pelajar/99%	Sesuai
13		Umum/99%	Sesuai
14		Umum/91%	Sesuai
15		Umum/-	Sesuai

Pada tabel 4.1 telah dilakukan pengujian sebanyak 15 kali seperti yang dapat dilihat diatas. Pada tabel tersebut terdapat 15 gambar yang hasil uji nya berupa kesesuaian kategori dan persentase nya. Kategori yaitu kategori penumpang pada bus trans padang yang dimana terdapat dua kategori yaitu umum dan pelajar. Persentase yaitu adalah seberapa besar gambar pakaian penumpang tersebut cocok dengan kategori yang telah ditentukan oleh sistem. Semakin tinggi persentase maka menentukan bahwa semakin cocok dengan kategori yang ditentukan oleh sistem. Dari hasil diatas penulis mendapatkan kesesuaian terhadap gambar input, kategori penumpang, dan persentase yang didapatkan. Pada pengujian ke-15 gambar input mendapatkan hasil kategori penumpang tetapi tidak ada persentase nya. Hal ini disebabkan karena sistem hanya dapat mendeteksi apa yang didefinisikan pada dataset ketika melakukan pelatihan pada sistem *image processing*. Kategori umum didapatkan apabila jika gambar yang dideteksi oleh sistem tidak termasuk kategori apapun maka hasil nya akan menjadi kategori umum.

Tabel 4.2 Tampilan Output Pengujian Dari Sistem *Image Processing* di LCD

Pengujian Ke-	Output di LCD	Sesuai/Tidak
1		Sesuai
2		Sesuai
3		Sesuai
4		Sesuai
5		Sesuai
6		Sesuai
7		Sesuai
8		Sesuai
9		Sesuai

10		Sesuai
11		Sesuai
12		Sesuai
13		Sesuai
14		Sesuai
15		Sesuai

Persentase Keberhasilan

$$= \frac{\text{Jumlah Seluruh Persentase}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

Persentase Keberhasilan

$$= \frac{98\% + 98\% + 86\% + 100\% + 93\% + 98\% + 100\% + 99\% + 98\% + 83\% + 100\% + 99\% + 99\% + 91\% + 100\%}{15} \times 100\%$$

$$= \frac{1.442\%}{15} \times 100\% = 96,13\%$$

Berdasarkan data pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa sistem *image processing* yang telah dibuat di dalam raspberry pi memiliki persentase ketepatan rata-rata sebesar 96,13%. Dari 15 pengujian hasil dari keseluruhan mendapatkan hasil yang sesuai begitu juga dengan output yang di tampilkan di LCD. Gambar penumpang yang diproses menggunakan *image processing* dapat kita tentukan kategori dan harga penumpang nya yang langsung di tampilkan di LCD. Pada pengujian ke 15 pun dilakukan test error menggunakan gambar yang tidak terdapat pada dataset yang digunakan penulis untuk melatih sistem dan didapatkan hasil yang sesuai juga dengan pakaian penumpang tersebut. Akan tetapi persentase tidak didapatkan dikarenakan sistem memang tidak dapat mempersentasekan karna tidak ada didalam kategori yang sudah didefinisikan sebelumnya di sistem.

Pada pengujian ini juga dilakukan seberapa jauh modul kamera raspberry pi dapat menangkap gambar dan dapat diproses didalam sistem raspberry pi. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan gambar pakaian orang yang ditangkap kamera secara

langsung dan jarak yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil seperti yang ada dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Pengujian Tangkapan Modul Kamera Raspberry Pi

Pengujian Ke-	Jarak (cm)	Terdeteksi/Tidak
1	20	Tidak
2	25	Tidak
3	30	Tidak
4	35	Tidak
5	40	Tidak
6	45	Tidak
7	50	Terdeteksi
8	55	Terdeteksi
9	60	Terdeteksi
10	65	Terdeteksi
11	70	Terdeteksi
12	75	Terdeteksi
13	80	Terdeteksi
14	85	Terdeteksi
15	90	Terdeteksi
16	95	Terdeteksi
17	100	Terdeteksi
18	110	Terdeteksi
19	120	Terdeteksi
20	130	Terdeteksi

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa modul kamera raspberry pi dapat menangkap gambar pakaian penumpang secara efektif mulai dari rentang 50 cm sampai 130 cm. Gambar dapat diambil dan diproses oleh sistem *image processing* dan dapat terdeteksi dengan baik.

Pada pengujian ini juga dilakukan bagaimana sensor PIR dapat mendeteksi dari berbagai jarak jauh dan seberapa cepat sensor PIR dapat merespon dari gerakan tersebut. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali. Dari 10 kali percobaan akan dilakukan variasi yang berbeda setiap pengujian nya seperti yang dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Pengujian Sensor PIR Berdasarkan Jarak dan Waktu Deteksi

Pengujian ke-	Jarak (cm)	Waktu (detik)	Terdeteksi/Tidak
1	1	1.4	Terdeteksi
2	2	1.3	Terdeteksi
3	3	1.5	Terdeteksi
4	4	1.3	Terdeteksi
5	5	1.4	Terdeteksi
6	6	1.6	Terdeteksi
7	7	1.9	Terdeteksi
8	8	2.1	Terdeteksi
9	9	2.4	Terdeteksi
10	10	2.2	Terdeteksi

Rata – rata waktu yang dibutuhkan

$$= \frac{\text{Jumlah seluruh waktu}}{\text{Jumlah pengujian}}$$

Rata – rata waktu yang dibutuhkan

$$= \frac{1.4 + 1.3 + 1.5 + 1.3 + 1.4 + 1.6 + 1.9 + 2.1 + 2.4 + 2.2}{10}$$

$$= \frac{17,1}{10}$$

$$= 1,71 \text{ detik}$$

Berdasarkan data yang telah didapatkan yang dapat dilihat pada tabel 4.4 yang menguji sensor PIR berdasarkan jarak dan waktu dapat disimpulkan bahwa sensor PIR dapat mendeteksi gerakan penumpang dari rentang jarak 1-10 cm dalam rentang waktu rata-rata 1.7 detik. Waktu tersebut dapat terbilang cukup untuk mendeteksi gerakan penumpang yang akan melewati gerbang sebelum penghalang gerbang akan terbuka dan memulai proses seluruh sistem gerbang.

Pengujian dan Analisa Perangkat Lunak

Pada pengujian perangkat lunak kita akan menguji kemampuan dari sistem image processing yang dimana menggunakan OpenCV dan Darknet YOLO sebagai perangkat lunak yang mengolah gambar pada sistem ini. Dalam pengujian ini kita akan menguji performa terhadap data validasi dengan cara mengambil data untuk tiap-tiap class. Untuk mengevaluasi kinerja classifier, digunakan langkah-langkah sebagai berikut:

Confusion Matrix

Confusion Matrix biasanya juga disebut error matrix. Pada dasarnya, confusion matrix memberikan informasi tentang membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem (model) dengan hasil klasifikasi yang sebenarnya. Matriks konfusi berbentuk tabel matriks, yang menggambarkan performa model klasifikasi pada rangkaian data uji dengan nilai sebenarnya yang diketahui. Gambar 4.6 di bawah ini adalah confusion matrix, yang berisi 4 kombinasi berbeda dari nilai prediksi dan nilai aktual.

		Actual Values	
		1 (Positive)	0 (Negative)
Predicted Values	1 (Positive)	TP (True Positive)	FP (False Positive) Type I Error
	0 (Negative)	FN (False Negative) Type II Error	TN (True Negative)

Gambar 4.6 Confusion Matrix

Ada 4 istilah yang merepresentasikan hasil proses klasifikasi pada matriks konfusi. Keempat istilah tersebut adalah "True Positive" (TP), "True Negative" (TN), "False Positive" (FP) dan "False Negative" (FN).

True Positive (TP) adalah data positif yang prediksinya benar. Misalnya penumpang pelajar (class 1), dan memprediksi penumpang pelajar (class 1) dari model.

True Negative (TN) adalah data negatif yang merepresentasikan prediksi yang benar. Misalnya penumpang umum (class 2), dan prediksi penumpang umum (class 2) berdasarkan model.

False Postive (FP) — Type I Error adalah data negatif, tetapi ramalannya positif. Misalnya penumpang biasa (class 2), tapi dari model yang memprediksi penumpang pelajar (class 1).

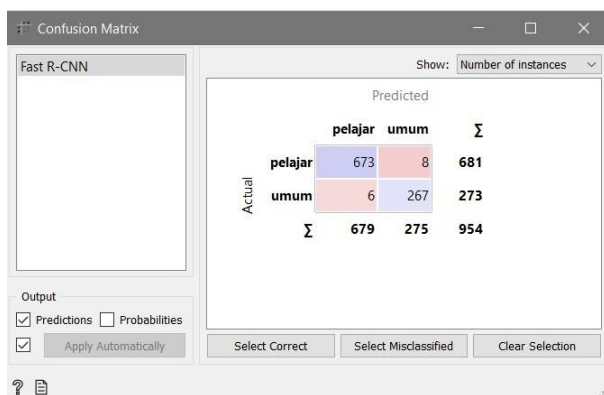
False Negative (FN) — Type II Error adalah data positif, tetapi ramalannya negatif. Misalnya penumpang pelajar (class 1), tetapi model yang ditetapkan memprediksi penumpang biasa (class 2). Sensitivity, menjelaskan keberhasilan model dalam menemukan kembali informasi. Oleh karena itu, sensitivitas adalah rasio prediksi True Positive terhadap semua data True Positive. Nilai sensitivitas dapat diperoleh dengan persamaan (1).

$$\text{Sensitivity} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \dots (1)$$

Classification Accuracy of the Classifier, Akurasi menjelaskan keakuratan model yang dapat diklasifikasikan dengan benar. Oleh karena itu, akurasi adalah rasio perkiraan yang sebenarnya (positif dan negatif) terhadap keseluruhan data. Dengan kata lain, akurasi adalah seberapa dekat nilai prediksi dengan nilai aktual. Nilai akurasi dapat diperoleh dengan persamaan (2).

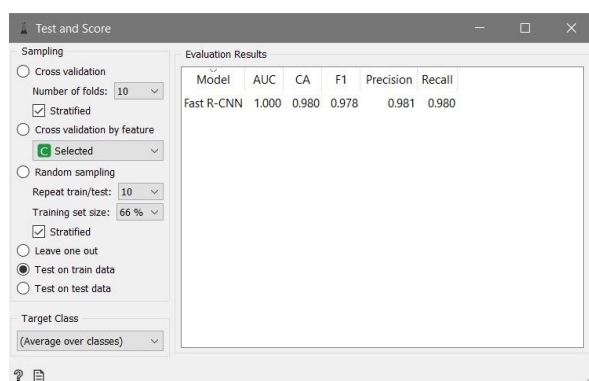
$$\text{Accuracy} = (\text{TN} + \text{TP}) / (\text{TN} + \text{TP} + \text{FN} + \text{FP}) \dots (2)$$

Kurva Receiver Operating Characteristics (ROC) Analysis, adalah alat pengukuran kinerja yang digunakan untuk mengklasifikasikan masalah saat menentukan threshold model.



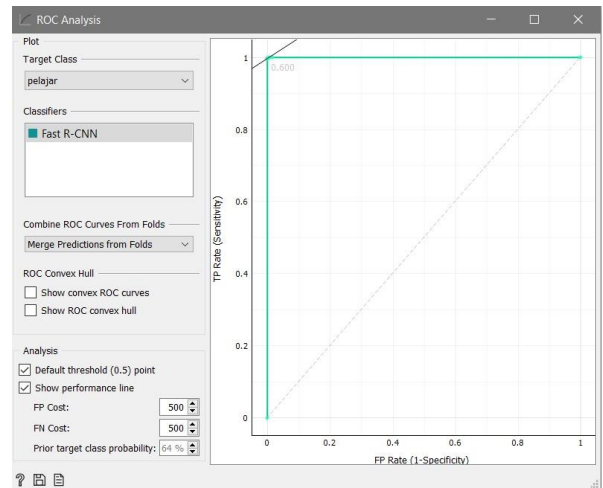
Gambar 4.7 Pengujian Confusion Matrix

Pada gambar 4.7 dapat dilihat pengujian confusion matrix pada kedua data yang dimana didapatkan hasil true positive sebanyak 673 data, false positive sebanyak 8 data, false negative sebanyak 6 data, dan true negative sebanyak 267 data dari keseluruhan total 954 data.



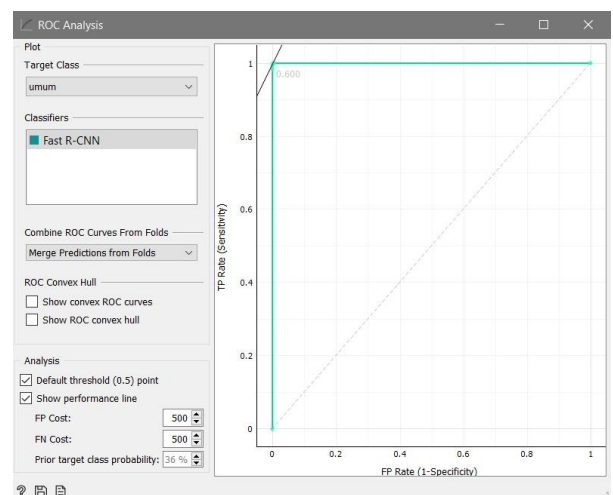
Gambar 4.8 Pengujian Test & Score

Pada gambar 4.8 dapat dilihat hasil pengujian test & score dari seluruh data dan didapatkan hasil accuracy 100%, sensitivity 98%, dan precision 98,1%. Data tersebut didapatkan dari rumus persamaan yang sudah dijelaskan di atas. Hasil yang didapatkan tersebut dapat dinilai sangat baik untuk pengujian performa pada dataset ini.



Gambar 4.9 Kurva ROC Penumpang Pelajar

Pada gambar 4.9 dapat dilihat kurva ROC merupakan kurva dari penumpang pelajar yang dimana threshold yang digunakan default dari sistem yaitu 0,5. Dapat dilihat kurva mendapatkan hasil seperti yang ada pada gambar diatas dimana garis vertikal menunjukkan true positive rate dan garis horizontal menunjukkan false positive rate. Dari hasil diatas didapatkan true positive rate yang hampir menuju ke angka 1 dengan prior target class probability 64%.



Gambar 4.10 Kurva ROC Penumpang Umum

Pada gambar 4.10 dapat dilihat kurva ROC merupakan kurva dari penumpang umum yang dimana threshold yang digunakan default dari sistem yaitu 0,5. Dapat dilihat kurva mendapatkan hasil seperti yang ada pada gambar diatas dimana garis vertikal menunjukkan true positive rate dan garis horizontal menunjukkan false positive rate. Dari hasil diatas didapatkan true positive rate yang hampir menuju ke angka 1 dengan prior target class probability 36%.

Pengujian dan Analisa Sistem Secara Keseluruhan

Pada pengujian dan analisa sistem secara keseluruhan akan dilakukan pengujian sistem untuk dapat menentukan kategori dari penumpang yang masuk dan kemudian akan diproses menggunakan *image processing* dan menampilkan data tersebut di LCD. Kemudian pengujian sistem gerbang yang dimana Sensor PIR dan Motor Servo akan bekerja dan diuji sedemikian rupa agar dapat berjalan dengan sebagaimana semestinya.

Pengujian selanjutnya yaitu menguji pemrograman Python yang telah dibuat dimana program tersebut dapat mengkategorikan data dari hasil keluaran *image processing* dan menentukan harga penumpang tersebut ke LCD. Setelah dilakukan pengujian maka hasil dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Perangkat	Komponen	Pengujian Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Perangkat Keras	Sensor PIR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Modul Kamera	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motor Servo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	LCD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Buzzer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Perangkat Lunak	Darknet YOLO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Mengirim data untuk ditampilkan di LCD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Waktu Keseluruhan	Waktu yang dibutuhkan (detik)	3 1	3. 2	3 5	3 0	3 3	3 3	3 2	3 1	3 2	3 2
	Waktu rata-rata (detik)	3.21									

Berdasarkan tabel 4.6 diatas dapat kita lihat bahwa dari 10 kali pengujian secara keseluruhan sistem maka didapatkan hasil keseluruhan pengujian berhasil dilakukan. Hal ini dapat disimpulkan komponen yang digunakan berfungsi dengan baik dan sebagaimana mestinya dan sesuai dengan rancangan yang telah penulis buat dan semua fungsi dari perangkat dapat berfungsi secara otomatis satu sama lain dan saling terhubung satu sama lain seperti yang telah dirancang sebelumnya. Sehingga dari penjelasan berikut dapat ditarik kesimpulan bahwa *flap barrier* dengan sistem klasifikasi penumpang trans padang berdasarkan pakaian dapat bekerja dengan baik seperti yang telah dirancang.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian beserta pengujian yang telah dilakukan dari tugas akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem klasifikasi dengan metode *image processing* yang terdapat dalam sistem ini sudah dapat mendeteksi dengan

2. Sistem klasifikasi yang digunakan pada sistem ini yang diuji menggunakan uji performa dengan confusion matrix dan kurva ROC Analysis. Didapatkan hasil untuk confusion matrix pada kedua data yang dimana didapatkan hasil *true positive* sebanyak 673 data, *false positive* sebanyak 8 data, *false negative* sebanyak 6 data, dan *true negative* sebanyak 267 data dari keseluruhan total 954 data. Kemudian hasil pengujian *test & score* dari seluruh data dan didapatkan hasil *accuracy* 100%, *sensitivity* 98%, dan *precision* 98,1%.
3. Integrasi sistem pengiriman data kategori penumpang dan harga penumpang dari raspberry pi menuju ke LCD untuk di tampilkan sudah tepat dengan tingkat kesesuaian data 100%. Sensor PIR pada sistem ini juga dapat mendeteksi penumpang pada rentang jarak 1-10 cm dengan rata-rata waktu deteksi yaitu 1,7 detik. Modul kamera raspberry pi pada sistem ini dapat menangkap gambar pakaian penumpang agar dapat terdeteksi oleh sistem pada rentang jarak 50-130 cm. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk keseluruhan sistem 3,21 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasution, M. Nur. 2004. *Manajemen Transportasi*. Ghalia Indonesia, Bogor.
- [2] Anonim. 2015. *Mengenal Bus Rapid Transit (BRT)*. <http://dishub.jabarprov.go.id/artikel/view/566.html>, diakses tanggal 10 Oktober 2019, jam 13.35 wib.
- [3] Joko Nugroho. 2019. *2021, bus Trans-Padang ditargetkan beroperasi di enam koridor*. <https://sumbar.antaranews.com/berita/285048/2021-bus-trans-padang-ditargetkan-beroperasi-di-enam-koridor>, diakses tanggal 10 Oktober 2019, jam 13.51 wib.
- [4] Anonim. 2018. *Penumpang Trans Padang Keluhan Karcis Hingga Uang Kembalian Tidak Diberikan*. <https://www.marapinews.com/penumpang-trans-padang-keluhan-karcis-hingga-uang-kembalian-tidak-diberikan/>, diakses tanggal 10 Oktober 2019, jam 14.10 wib.
- [5] Madi. 2019. *Pemko Wajibkan Penumpang Bus Trans Padang Pakai Brizzi*. <https://kumparan.com/langkanid/pemko-wajibkan-penumpang-bus-trans-padang-pakai-brizzi-1rfkDKthbsi>, diakses tanggal 10 Oktober 2019, jam 14.19 wib.
- [6] Ihsan, Taufik. 2016. *Perancangan Sistem Pembayaran Tiket Serta Pencatatan Waktu Kedatangan Bus Rapid Transit (BRT) pada Halte Menggunakan Near Field Communication (NFC)*. Universitas Andalas. Padang
- [7] Haryono, Bayu. 2018. *Sistem Monitoring Jumlah Penumpang dan Posisi Bus Trans Padang Berbasis Internet of Things*. Universitas Andalas. Padang
- [8] Zhao, Zhong-Qiu., dkk. 2019. *Object Detection With Deep Learning: A Review*. IEEE. doi: [10.1109/TNNLS.2018.2876865](https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865).
- [9] Nasrulloh, Mokhammad. 2010. *Sistem Bus Rapid Transit di Jakarta: Integrasi Perkotaan dan Dampak Lingkungan*.

Skripsi Sarjana Teknik Sipil Universitas Indonesia. Jakarta
: Diterbitkan pada Perpustakaan Universitas Indonesia.

- [10] Anbarjafari, Gholamreza. 2014. *Introduction to Image Processing*. <https://sisu.ut.ee/imageprocessing/book/1>, diakses tanggal 11 Oktober 2019, jam 09.35 wib.
- [11] Anonim. Tanpa Tahun, *Introduction to TensorFlow*. <https://www.tensorflow.org/about/>, diakses tanggal 11 Oktober 2019, jam 10.14 wib.
- [12] Anonim. Tanpa Tahun. *Flap Barriers*. <https://limton.com.pk/flap-barriers/>, diakses tanggal 11 Oktober 2019, jam 10.44 wib.
- [13] Anonim. 2014. *Motor Servo*. <http://zoniaelektro.net/motor-servo/> diakses tanggal 12 Oktober 2019, jam 10.20 wib.
- [14] Anonim. 2012. *LCD (Liquid Crystal Display)*. <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/> diakses tanggal 12 Oktober 2019, jam 10.25 wib.
- [15] Anonim. 2019. *About OpenCV*. <https://opencv.org/about/>, diakses tanggal 26 Desember 2019, jam 14.58 wib.
- [16] Advernesia. 2018. *Pengertian dan Cara Kerja Algoritma K-Nearest Neighbors (KNN)*. <https://www.advernesia.com/blog/data-science/pengertian-dan-cara-kerja-algoritma-k-nearest-neighbours-knn/>, diakses tanggal 26 Desember 2019, jam 16.02 wib.
- [17] Liantoni, Febri., dkk. 2020. *Increased Mammogram Image Contrast Using Histogram Equalization And Gaussian In The Classification Of Breast Cancer*. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering). Vol. 04 No.01 (2020) 40-44.
- [18] Oyedeji, Ajibola.O., dkk. 2020. *Analysis and Prediction of Student Academic Performance Using Machine Learning*. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering). Vol. 04 No. 01 (2020) 10-15.