

PERANCANGAN SISTEM PREDIKSI KEPADATAN LALU LINTAS MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING BERBASIS IoT

Rosa Andrie Asmara¹, Noprianto², Muhammad Ainur Ilmy³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

¹rosa_andrie@polinema.ac.id, ²noprianto@polinema.ac.id, ³polinema1641720019@gmail.com

Abstrak

The number of vehicles and currents that tend to increase is still a big problem and causes many losses. It can be seen from the large number of vehicles and the increase in the flow that exceeds the capacity of the road section and can cause the free space of the road to be reduced so that there is traffic density. From this problem, we need a system that can calculate the number of vehicles and predict traffic density in real time.

In this research the system uses Haar Cascade as a method of detecting the number of cars and motorcycles that Raspberry PI will send to the website application for visualization and forecasting using the Double Exponential Smoothing method as a method for predicting the number of vehicles on the road. Calculation of forecasting accuracy using the MAPE (Mean Absolute Percentage Error) method in determining the system to select a smoothing constant value (alpha) best for forecasting. Based on the results of tests on June 13 to 20 2020 get the best forecasting results including cars on June 14, 2020 with alpha 0.5, MAPE 0%, and motorcycles on June 18, 2020 with alpha 0.5, MAPE 0.1134% , then the largest MAPE results of automobile vehicles were on June 15, 2020 with alpha 0.5, MAPE 2.1073%, In the haar cascade detection test results by comparing application and manual calculations for 3 minutes the total testing is car detection with 72.58% and motorcycle detection 81.90%.

Keywords: *Traffic Density, Haar Cascade, Double Exponential Smoothing, Mean Absolute Percentage Error, Website Aplication*

Abstrak

Jumlah kendaraan dan arus yang cenderung mengalami pertambahan masih menjadi permasalahan besar dan menimbulkan banyak kerugian. Hal itu dapat di lihat dari banyaknya jumlah kendaraan dan bertambahnya arus yang melampaui kapasitas ruas lalu lintas dan dapat mengakibatkan ruang bebas lalu lintas tersebut berkurang sehingga terjadinya kepadatan lalu lintas. Dari permasalahan tersebut maka diperlukan sebuah sistem yang dapat menghitung jumlah kendaraan dan memprediksi kepadatan lalu lintas secara real time.

Dalam penelitian ini sistem menggunakan Haar Cascade sebagai metode deteksi jumlah mobil dan sepeda motor yang akan dikirim oleh Raspberry PI ke Aplikasi website untuk dilakukan visualisasi dan Prediksi menggunakan metode Double Exponential Smoothing sebagai metode untuk meramalkan jumlah kendaraan pada lalu lintas. Perhitungan akurasi Prediksi menggunakan metode MAPE (Mean Absolute Percentage Error) dalam menentukan sistem untuk memilih nilai konstanta permulusan (alpha) terbaik pada Prediksi. Berdasarkan hasil pengujian pada tanggal 13 sampai 20 Juni 2020 mendapatkan hasil Prediksi terbaik diantaranya mobil pada tanggal 14 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 0% , dan sepeda motor pada tanggal 18 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 0,1134%, kemudian hasil MAPE terbesar kendaraan mobil ada pada tanggal 15 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 2,1073%, dan sepeda motor ada pada tanggal 14 Juni 2020 dengan alpha 0,4 ,MAPE 8,5205%. Pada hasil pengujian deteksi haar cascade dengan membandingkan perhitungan aplikasi dan manual selama 3 menit pada total pengujian adalah deteksi mobil dengan 72,58% dan deteksi sepeda motor 81,90%.

Kata kunci: *Kepdaatan Lalu Lintas, Haar Cascade, Double Exponential Smoothing, Mean Absolute Percentage Error, Aplikasi website*

I. PENDAHULUAN

Setiap tahun jumlah kendaraan yang ada selalu mengalami pertambahan yang cukup pesat hal ini menyebabkan suatu permasalahan yang sering dihadapi oleh kebanyakan kota salah satunya adalah kepadatan lalu lintas, hal itu dapat di lihat dari banyaknya jumlah kendaraan dan bertambahnya arus yang melampaui kapasitas ruas lalu lintas, ini dapat mengakibatkan ruang bebas lalu lintas tersebut berkurang sehingga terjadinya antrian dan akan terus meningkat apabila arus semakin besar sehingga kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat. Terjadinya kepadatan lalu lintas dapat ditentukan dari meningkatnya arus kendaraan yang biasanya terjadi seiring bertambahnya permintaan per lalu lintas pada waktu/periode tertentu serta jumlah pemakai lalu lintas melebihi dari kapasitas yang ada.

Banyak kerugian besar yang ditimbulkan oleh kepadatan lalu lintas, salah satunya yaitu kerugian karena waktu terlalu lintasan menjadi semakin lama ini dapat menciptakan biaya sosial menjadi tinggi seperti biaya operasional, hilangnya waktu, polusi udara, angka kecelakaan, bising, dan juga menimbulkan ketidak nyamanan bagi pelalu lintas kaki. Seiring dengan perkembangan zaman diperlukan adanya teknologi yang dapat memprediksi jumlah kendaraan pada lalu lintas yang berguna untuk membantu pengendara, kepolisian, pemerintahan dan pihak-pihak terkait lainnya sebagai data informasi serta evaluasi. Untuk menyelaraskan permasalahan tersebut perlu dibangun suatu sistem yang dapat mendeteksi dan memprediksi jumlah kendaraan pada kurun waktu tertentu.

Peramalan adalah cara untuk memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang dengan dasar data yang relevan pada masa lalu. Dalam membangun suatu sistem peramalan banyak metode yang digunakan diantaranya moving average, exponential smoothing dan proyeksi trend. salah satu metode yang diterapkan dalam perancangan sistem prediksi kepadatan lalu lintas berbasis iot ini yaitu menggunakan metode Double Exponential Smoothing, dimana metode ini dinyatakan cukup sesuai untuk peramalan jangka pendek dan jangka menengah terutama bila dibutuhkan jumlah besar hasil ramalan seperti yang terdapat pada deteksi jumlah kendaraan untuk rentang waktu tertentu. Metode ini dapat ditunjang dengan data yang menunjukkan suatu trend linear sehingga metode Double Exponential Smoothing digunakan untuk merancang sistem prediksi kepadatan lalu lintas dimasa yang akan datang untuk mengetahui peningkatan ataukah mengalami penurunan. Maka dengan adanya sistem peramalan ini, masalah dan hambatan tersebut dapat diprediksi.

II. PEMBAHASAN

2.1 Internet Of Things (IoT)

Internet Of Things (IoT) adalah konsep komputasi yang menggambarkan gagasan objek fisik sehari-hari yang terhubung ke internet dan mampu mengidentifikasi diri ke perangkat lain . Istilah ini erat didefinisikan dengan RFID sebagai metode komunikasi, meskipun itu juga termasuk teknologi sensor lain, teknologi nirkabel atau kode QR. IoT signifikan karena suatu objek dapat mempresentasikan secara digital menjadi sesuatu yang lebih besar dari objek itu sendiri. Tidak lagi objek berhubungan hanya dengan pengguna, tetapi sekarang terhubung ke objek dan data database sekitarnya. Ketika banyak objek bertindak bersama-sama, mereka dikenal sebagai memiliki “kecerdasan”.

2.2 Computer Vision

Computer Vision (visi komputer) merupakan bidang yang menjadi tantangan menarik untuk membuat komputer dapat menangkap informasi yang berada didalam suatu gambar dan video. Dasar dari visi komputer antara lain adalah pengolahan citra (image processing) dan pengolahan video. Hal ini berbeda dengan pengolaha citra yang lebih menekankan pemrosesan suatu gambar menjadi gambar yang lain. Pada visi komputer terdapat empat tugas yang

Letakkan informasi sumber dana atau sponsor di sini. Jika tidak ada, maka Anda dapat menghapus kotak teks ini.

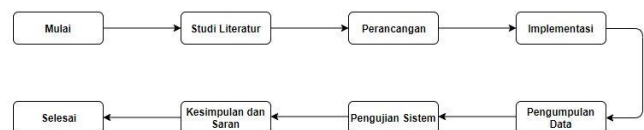
dilakukan, yaitu menangkap, memproses, menganalisis, dan memahami citra.

2.3 Aplikasi Website

Website atau web merupakan suatu dokumen berupa sekumpulan halaman yang berisi berbagai informasi berbentuk digital. Informasi itu bisa berupa teks, gambar, animasi, video atau gabungan dari semuanya yang disediakan melalui internet dan dapat diakses oleh banyak orang di seluruh dunia selama memiliki koneksi internet. Menurut Arief (2011:8). “Web adalah salah satu aplikasi yang berisikan dokumen-dokumen multimedia (teks, gambar, animasi, video) didalamnya yang menggunakan protokol HTTP (Hypertext Transfer Protocol) dan untuk mengaksesnya menggunakan perangkat lunak yang disebut browser”. Oleh karena itu website dapat menjadi sarana informasi ataupun media pengenalan bagi perusahaan atau lembaga dan juga media masyarakat seluruh dunia yang menunjang dengan kecepatan dan kemudah yang akan diperoleh.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dalam perancangan sistem prediksi kepadatan lalu lintas menggunakan metode double exponential smoothing berbasis iot. Dimulai dari studi literatur dari berbagai sumber yang mendukung dalam penelitian seperti mempelajari metode deteksi Haar Cascade, pemrograman Python pada visi komputer, dan mempelajari metode peramalan Double Exponential Smoothing. Setelah itu memulai perancangan aplikasi deteksi kendaraan dalam Raspberry Pi. Perancangan dilakukan sehingga dapat melakukan observasi lalu lintas dan kebutuhan sistem saat implementasi program serta pengumpulan data di lapangan sehingga di dapatkan suatu permasalahan. Kemudian dilakukan pengujian sistem dan terakhir dilakukan penarikan kesimpulan dan saran. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sesuai dengan sumber dan jenis yang diperlukan. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengumpulan data yang digunakan variabel/instrumen data secara kuantitatif yaitu data yang diperoleh adalah secara tetap sampai akhir penelitian. Teknik pengumpulan data jumlah kendaraan per 3 detik diambil dengan cara Observasi pada uji Raspberry Pi dilapangan sebagai parameter data. Dalam pembuatan data latih haar cascade penulis merekam arus lalu lintas melalui webcam sesuai jam pengujian kemudian mengambil objek motor dan mobil melalui frame video. Hasil pelatihan data dilakukan sebanyak mobil 7x dan sepeda motor sebanyak 3x.

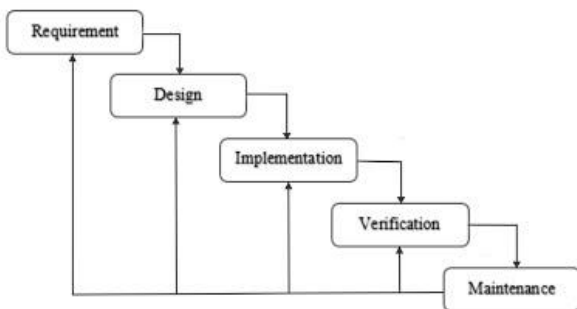
3.2 Metode Pengolahan Data

Pada penelitian ini, akan dibuat suatu aplikasi yang dapat mendeteksi, menghitung jumlah kendaraan per 3 detik, dan menampilkan data berupa grafik peramalan pada website.

Data yang digunakan sebagai data latih dan data uji adalah data yang diperoleh dalam pengujian aplikasi pada saat proses penentuan lalu lintas dan observasi di tempat penelitian. Variabel input yang akan digunakan adalah kordinat webcam, kordinat ROI, kordinat garis trigger dan nilai alpha.

Metode Pengembangan Sistem

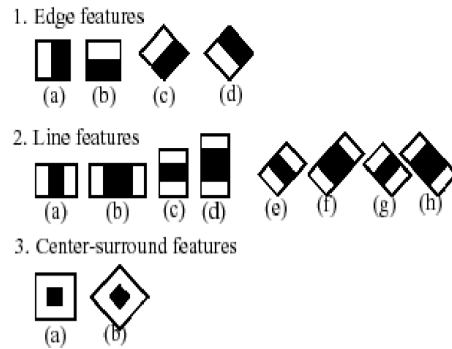
Dalam metode pengembangan penelitian ini akan menjelaskan tentang metode yang digunakan dan konsep pembuatan keseluruhan sistem yang di ajukan menggunakan pemodelan waterfall. Metode Waterfall merupakan pendekatan sistematis yang berurutan dalam pengembangan sebuah sistem atau perangkat lunak. Diawali dengan menganalisa kebutuhan sistem kemudian dilanjutkan dengan proses merancang desain sistem yang akan dibangun. Setelah itu di lanjutkan proses implementasi berdasarkan perancangan dari proses sebelumnya. Apabila proses implementasi sudah terlaksana, selanjutnya proses pengujian dilakukan untuk mengetahui kesalahan yang terjadi. Tahap terakhir adalah proses perawatan dan pemeliharaan sistem agar sistem dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Berikut adalah diagram gambar dari Metode Waterfall seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram metode waterfall

2.4 Metode Haar Cascade Classifire

Haar like feature atau yang dikenal sebagai Haar Cascade Classifier merupakan rectangular (persegi) feature, yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau image. Haar cascade classifier berasal dari gagasan Paul Viola dan Michael Jhon, karena itu dinamakan metode Viola & Jhon. Ide dari Haar like feature adalah mengenali obyek berdasarkan nilai sederhana dari fitur tetapi bukan merupakan nilai piksel dari image obyek tersebut. Metode ini memiliki kelebihan yaitu komputasi yang sangat cepat, karena hanya tergantung pada jumlah piksel dalam persegi bukan setiap nilai piksel dari sebuah image. Metode ini merupakan metode yang menggunakan statistik model (classifier). Pendekatan untuk mendeteksi objek dalam gambar menggabungkan empat kunci utama yaitu Haar like feature, Integral Image, Adaboost learning dan Cascade Classifier dapat di lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Haar Cascade Classifier

Untuk mendeteksi suatu objek metode haar memerlukan 2 tipe gambar objek dalam proses training yang dilakukan, yaitu :

1. Positive samples

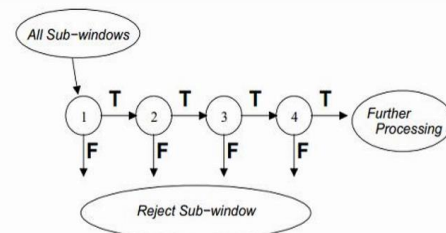
Berisi citra obyek yang ingin dideteksi. Apabila ingin mendeteksi pisau maka positive samples ini berisi gambar pisau.

2. Negative samples

Berisi citra selain obyek yang ingin dikenali. Negative samples umumnya berupa gambar background seperti tembok, pemandangan, dan lain-lain. Resolusi untuk sampel negatif disarankan untuk memiliki resolusi yang sama dengan resolusi kamera.

Training dari metode Haar menggunakan dua tipe sampel diatas. Informasi dari hasil training ini lalu dikonversi menjadi sebuah parameter model statistik.

Cascade classifier adalah sebuah rantai stage classifier, dimana setiap stage classifier digunakan untuk mendeteksi apakah di dalam image sub window terdapat obyek yang ingin dideteksi (object of interest).



Gambar 3. 4 Proses Haar Cascade

2.5 Metode Double Exponential Smoothing

Metode *double exponential smoothing* merupakan salah satu metode peramalan dari metode exponential smothing. Metode Exponential Smoothing (Makridakis, 1999) merupakan prosedur perbaikan terus-menerus pada peramalan terhadap objek pengamatan terbaru. Metode ini menitik beratkan pada penurunan prioritas secara eksponensial pada objek pengamatan yang lebih tua. Dalam menggunakan metode peramalan.

Metode *Double Exponential Smoothing* ini merupakan model linier yang ditemukan oleh Brown. Dalam metode Double Exponential Smoothing dilakukan proses smoothing dua kali. Metode Double Exponential Smoothing biasanya digunakan untuk meramalkan data yang mempunyai trend. Dan pola data yang cenderung naik. Double Exponential Smoothing adalah perpindahan dari Double Moving Average. Kelebihan dari metode ini yaitu dapat

memodelkan trend dan tingkat dari deret waktu lebih efisien dibandingkan dari metode lain, karena memerlukan data yang lebih sedikit, dan menggunakan satu parameter sehingga menjadi lebih sederhana. Kekurangan dari metode ini yaitu metode ini memerlukan optimasi parameter sehingga memerlukan waktu untuk mencari α (alpha) yang paling optimal. Langkah dalam menghitung dalam menggunakan metode Double Exponential Smoothing sebagai berikut.

- a. Menentukan Nilai Smoothing Pertama (S_t^I) dengan rumus:

$$S_t^I = \alpha X_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^I$$

- b. Menentukan Nilai Smoothing Kedua (S_t^{II})

$$S_t^{II} = \alpha S_t^I + (1 - \alpha) S_{t-1}^{II}$$

Dimana:

S_t^I = nilai peramalan untuk periode t

α = konstanta pembobotan eksponensial

X_t = nilai aktual periode t

S_{t-1}^I = nilai peramalan periode t-1

S_t^{II} = nilai Double Exponential Smoothing periode t

S_{t-1}^{II} = nilai Double Exponential Smoothing t-1

- c. Menentukan Nilai Konstanta (a_t)

$$a_t = 2S_t^I - S_t^{II}$$

Dimana:

a_t = nilai konstanta

$2S_t^I$ = nilai peramalan untuk periode t

S_t^{II} = nilai Double Exponential Smoothing periode t

- d. Menentukan Nilai Slope (b_t)

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t^I - S_t^{II})$$

Dimana:

α = konstanta pembobotan eksponensial

S_t^I = nilai peramalan untuk periode t

S_t^{II} = nilai Double Exponential Smoothing periode t

- e. Menentukan Nilai Peramalan

$$F_{t+1} = a_t + b_t m$$

Dimana:

F_{t+1} = nilai Peramalan

m = periode ke depan yang diramalkan

2.6 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah ukuran akurasi dari suatu prediksi atau suatu peramalan. Mape digunakan untuk mengevaluasi ketepatan peramalan menggunakan kesalahan dalam bentuk presentase. Interpretasi dari nilai MAPE sebagai berikut.

- a. < 10 % = peramalan sangat akurat
b. 10 % - 20% = peramalan akurat

- c. 20 % - 50% = peramalan cukup akurat
d. > 50 % = peramalan tidak akurat

Dalam menghitung MAPE menunjukkan akurasi peramalan dalam bentuk presentase dengan menentukan PE (Percentage Error) atau Galat Presentase pada perhitungan PE digunakan sebagai menentukan jumlah presentase error pada peramalan. Berikut ini rumus menghitung PE dan MAPE:

Rumus PE:

$$PE = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100$$

Rumus MAPE:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{PE_t}{n}$$

Dimana:

n = nilai periode waktu

xt = nilai sebenarnya pada periode ke-1

ft = nilai peramalan pada periode ke-1

2.7 Perancangan Sistem

Sistem ini memiliki 3 tahap yaitu Monitoring, Proses Automation dan Controlling. Pada proses Monitoring sistem akan mengenali obyek kendaraan menggunakan deteksi haar cascade melalui webcam yang telah terinstal pada Raspberry PI untuk mengetahui jumlah kendaraan per 3 detik. Selanjutnya data akan ditransfer kedalam database pada mysql server melalui jaringan. Kemudian pada tahap Automation, data yang terdapat didalam mysql server diambil untuk melakukan proses peramalan menggunakan metode Double Exponential Smoothing untuk menghasilkan nilai forecasting atau output pada website.

Tahap akhir adalah Controlling adalah sistem pengaturan yang dapat dikelola oleh pengguna untuk dapat melakukan pengaturan sesuai yang diharapkan terhadap sistem, mengantisipasi pada sistem automasi jika tidak berlalu lintas sesuai yang diinginkan oleh user.

2.7.1 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan dan digunakan dalam penelitian pada sistem ini dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. 1 Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak

No.	Perangkat	Keterangan
1	Text Editor	Untuk memudahkan dalam menulis program dan melakukan pengembangan aplikasi pada Windows dan Raspbian.
2	Local Server	sebagai server yang terdiri atas MySQL database dan sebagai penerjemah bahasa PHP.
3	Remote Desktop Protocol	Aplikasi Windows untuk melakukan remote desktop

		pada sistem operasi perangkat yang berbeda.
4	Cascade Trainer GUI	Sebagai aplikasi pelatih data gambar untuk melakukan deteksi kendaraan menggunakan Haar Cascade.
5	Raspbian OS	Sistem operasi untuk menyalakan semua aktivitas komputer pada Raspberry Pi.
6	Python IDE	Aplikasi untuk menulis kode program khusus bahasa pemrograman python.
7	Library OpenCV	Pustaka perangkat lunak yang ditujukan untuk pengolahan citra dinamis secara real-time.

7	Gorilla Tripod		Sebagai penyangga webcam dan mempermudah mencari sudut pengambil gambar.
8	Kabel LAN		Digunakan sebagai jaringan lokal saat pengambilan data selama 8 hari

2.7.2 Perangkat Keras

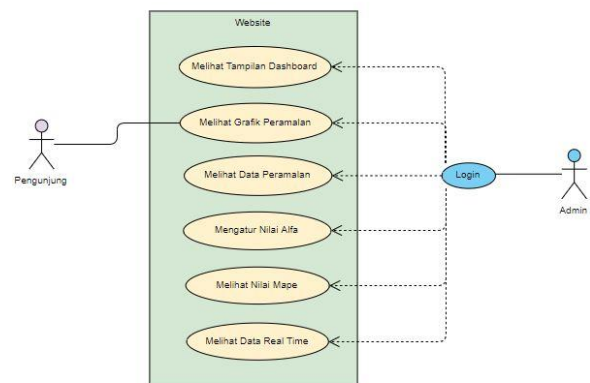
Perangkat keras yang dibutuhkan dan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 2 Spesifikasi kebutuhan perangkat Keras

No	Perangkat	Gambar	Keterangan
1	Raspberry Pi 3 Model B+		Untuk melakukan proses komputasi.
2	Kabel USB		Untuk menghubungkan daya pada Raspberry
3	Heatsink Raspberry Pi		Untuk memperluas transfer panas dari processor raspberry supaya suhu di tidak terlalu panas
4	Kipas Pendingin Raspberry Pi type C		Untuk mempercepat proses sirkulasi udara pada prosesor raspberry
5	Power Bank 10000 mah		Sebagai sumber tegangan listrik untuk raspberry
6	webcam logitech c290		Untuk melakukan proses deteksi kendaraan secara real time

2.7.3 Use Case Diagram

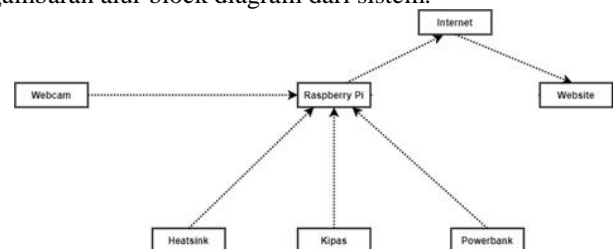
Dalam perancangan sistem dari penelitian ini, desain use case diagram digunakan untuk menjelaskan aktifitas yang bisa dilakukan oleh user atau pengguna. Desain use case diagram merupakan gambaran dari interaksi pengguna dengan Sistem yang dibuat, dengan desain yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 5 Use Case Diagram

2.7.4 Block Diagram

Block diagram adalah sebuah alur pada diagram yang memetakan proses kerja dalam sistem dengan tujuan untuk memudahkan dalam mengenali komponen - komponen dan alur kerja yang ada di dalam sebuah sistem. Berikut adalah gambaran alur block diagram dari sistem.



Gambar 3. 6 Block Diagram

Pada gambar berikut merupakan alur dari block diagram meliputi sumber tegangan listrik melalui powerbank, proses pendinginan processor pada Raspberry Pi menggunakan

heatsink dan kipas. Proses pengambilan streaming video pada lalu lintas dilakukan oleh webcam kemudian untuk melakukan proses komputasi dan perhitungan kendaraan oleh raspberry. Data yang diolah menjadi angka pada raspberry kemudian dikirimkan per 3 detik pada website melalui jaringan internet untuk melakukan proses peramalan pada aplikasi website.

2.7.5 Pengumpulan Data Latih

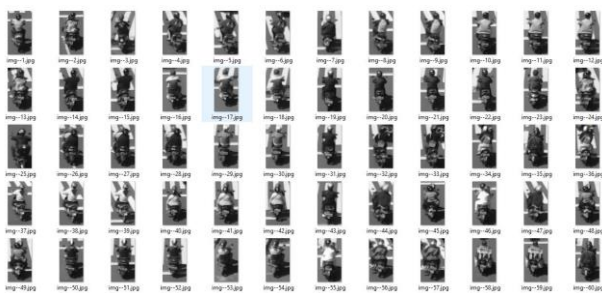
Pada pengumpulan data latih bertujuan untuk memperoleh jenis dan pola objek kendaraan pada lokasi pengujian dengan perbandingan 100:1000, yaitu 100 jumlah objek positif dan 1000 jumlah objek negatif. Hasil dari data latih haar cascade berupa file XML motor dan mobil. Beberapa tahapan pelatihan objek dalam penelitian ini yaitu:

- Mengambil citra positif melalau frame video
- Mengumpulkan citra gambar negatif
- Memperkecil pixel citra positif dan negatif
- Transformasi citra positif dan negatif menjadi greyscale
- Melakukan pelatihan menggunakan aplikasi Cascade Trainer GUI

Beberapa hasil pelatihan citra positif dan negatif dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 3. 7 Data Latih Mobil



Gambar 3. 8 Data Latih Sepeda motor



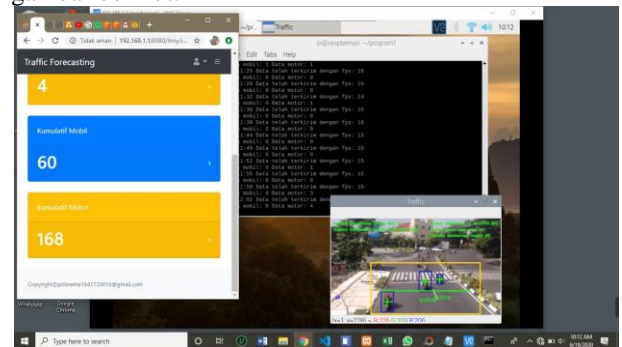
Gambar 3. 9 Data negatif

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

Pada pengujian sistem ini dilakukan untuk memberikan sistem yang akurat didalam automasi dan pengaturan yang cepat dan mudah pada pengguna sistem dan aplikasi ini. Dalam penerapan sistem sudah di ujicoba pada tempat yang diimplementasikan yaitu pada jembatan penyebrangan JL.Basuki Rahmat Klojen, Kota Malang dimulai dari jam 10:00 sampai 10:30 am. Dalam pengujian penerapan sistem didapatkan hasil yang sesuai dengan pengujian sebelumnya sebagai berikut:

1. Sitem dapat mendeteksi kendaraan mobil dan sepeda motor dan sistem dapat melakukan komunikasi data per 3 detik pada website secara realtime. Monitoring jumlah kendaraan juga dapat dilakukan pada aplikasi website secara realtime. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Pengujian Sistem

5.2 Pembahasan Pengujian Deteksi

Pengujian deteksi pada haar cascade dilakukan dengan membandingkan perhitungan aplikasi dan perhitungan manual selama 8 hari percobaan dengan kurun waktu 3 menit untuk memperoleh perbandingan dan perkiraan tingkat akurasi perhitungan. Pada tabel berikut merupakan analisis pengujian deteksi.

Hari	Cuaca	Haar Cascade		Hasil Riil		Persentase	
		Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor
Sabtu-13 Juni-2020	Cerah	26	72	30	61	86.67%	118.03%
Minggu-14 Juni-2020	Berawan	10	43	26	39	38.46%	110.26%
Senin-15 Juni-2020	Berawan	11	12	14	22	78.57%	54.55%
Selasa-16 Juni-2020	Berawan	13	26	24	72	54.17%	36.11%
Rabu-17 Juni-2020	Cerah	32	60	30	71	106.67%	84.51%
Kamis-18 Juni-2020	Cerah	19	59	23	45	82.61%	131.11%
Jumat-19 Juni-2020	Berawan	11	39	17	60	64.71%	65.00%
Sabtu-20 Juni-2020	Berawan	13	60	22	83	59.09%	72.29%
TOTAL		135	371	186	453	72.58%	81.90%

Gambar 4. 2 Presentase deteksi haar cascade

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa perbandingan akurasi pada haar cascade pada tanggal 13 sampai 20 Juni 2020 waktu 8 hari. Dapat ditarik kesimpulan bahwa deteksi kendaraan mobil yang paling mendekati hasil riil pada hari Rabu 17 - Juni 2020 dengan presentasi 106,67%, dan deteksi kendaraan sepeda motor yang paling mendekati hasil riil ada pada hari Minggu-14 Juni 2020 dengan presentase 110,26%. Presentase keseluruhan pada pengujian deteksi haarcascade yaitu mobil 72,58% dan motor 81,90%.

5.3 Pembahasan Komunikasi Data Aplikasi

Pengujian komunikasi data dilakukan dengan membandingkan waktu pengiriman pada Raspberry Pi dengan Aplikasi website untuk mengetahui keakuratan waktu pengiriman data per 3 detik. Dapat dilihat pada gambar berikut.

tanggal	waktu_kirim	waktu_terima
2020-06-14	10:31:14	10:31:13
2020-06-14	10:31:10	10:31:10
2020-06-14	10:31:07	10:31:07
2020-06-14	10:31:04	10:31:04
2020-06-14	10:31:01	10:31:01
2020-06-14	10:30:57	10:30:57
2020-06-14	10:30:54	10:30:54
2020-06-14	10:30:51	10:30:51
2020-06-14	10:30:48	10:30:47
2020-06-14	10:30:44	10:30:44

Gambar 4. 3 Komunikasi Data

5.4 Pembahasan Pengujian FPS pada Raspberry Pi

Hasil pengujian FPS pada Raspberry Pi digunakan untuk mengetahui kemampuan komputasi pada Raspberry Pi dan webcam yang digunakan dengan resolusi 427 x 240. Dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. 1 Pengujian FPS

Waktu	Data Mobil	Data Motor	FPS
10:10:02	0	0	14
10:10:05	2	1	16
10:10:09	0	0	15
10:10:12	1	1	18
10:10:15	0	1	14
10:10:19	0	0	12
10:10:24	0	0	15
10:10:27	0	2	17
10:10:31	0	3	13

Pada tabel FPS berikut diperoleh setiap 3 detik saat pengiriman data dengan FPS tertinggi yaitu 17 dan terendah yaitu 13.

5.5 Pembahasan Hasil Peramalan Aplikasi dan Excel

Pada pengujian hasil peramalan aplikasi dan excel nilai dari hasil peramalan telah sesuai dengan metode Double Exponential Smoothing percobaan ini dilakukan dengan membandingkan hasil peramalan pada setiap kendaraan. Dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Peramalan Aplikasi dan Excel

Alpha	Aplikasi	Excel	Kendaraan
0,1	137	137.8800	Mobil
0,2	137	137.8800	Mobil

0,3	427	427.9150	Motor
0,4	427	427.9150	Motor
0,5	137	137.8800	Mobil
0,6	137	137.8800	Mobil
0,7	427	427.9150	Motor
0,8	427	427.9150	Motor
0,9	137	137.8800	Mobil

5.6 Pembahasan Hasil MAPE Aplikasi dan Excel

Berdasarkan pembahasan pengujian hasil MAPE akan membandingkan perhitungan pada Aplikasi dan Excel. Ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dan tingkat keakuratan peramalan kendaraan mobil dan sepeda motor. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Mape Aplikasi dan excel

Mobil				
Alpha	ABS Aplikasi	ABS Excel	PE	PE Excel
0,3	0	0.00000000	2.4444	2.4444
	2.5	0.02500000		
	4.833333333	0.04833333		
0,6	0	0.00000000	1.75	1.7500
	1.25	0.01250000		
	4.0000000000001	0.04000000		
0,9	0	0.00000000	4.9444	4.9444
	5	0.05000000		
	9.833333333	0.09833333		

SEPEDA MOTOR				
Alpha	Aplikasi	Excel	PE Aplikasi	PE Excel
0,3	0	0.00000000	3.6655	3.6655
	6.0377358490566	0.06037736		
	4.9586776859505	0.04958678		
0,6	0	0.00000000	3.403	3.4030
	3.0188679245283	0.03018868		
	7.1900826446281	0.07190083		
0,9	0	0.00000000	7.4962	7.4962
	12.075471698113	0.12075472		
	10.413223140496	0.10413223		

5.7 Pembahasan dan Pengujian Rekomendasi Alpha Terbaik

Pada pembahasan dan pengujian rekomendasi Alpha terbaik akan membahas data hasil uji lapangan dengan rekomendasi Alpha terbaik pada aplikasi untuk memperoleh presentase error yang kecil secara realtime pada kendaraan mobil dan sepeda motor. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Rekomendasi Alpha Terbaik

Mobil		
Hari	Rekomendasi Alpha	Nilai PE
Sabtu-13 Juni-2020	0.4	1.0302

Minggu-14 Juni-2020	0.5	0
Senin-15 Juni-2020	0.5	2.1073
Selasa-16 Juni-2020	0.5	0.3846
Rabu-17 Juni-2020	0.5	0.463
Kamis-18 Juni-2020	0.4	1.7875
Jumat-18 Juni-2020	0.5	1.2712
Sabtu-19 Juni-2020	0.5	1.5306

Motor		
Hari	Rekomendasi Alpha	Nilai PE
Sabtu-13 Juni-2020	0.5	1.3158
Minggu-14 Juni-2020	0.4	8.5205
Senin-15 Juni-2020	0.5	3.2258
Selasa-16 Juni-2020	0.6	3.1089
Rabu-17 Juni-2020	0.4	1.0338
Kamis-18 Juni-2020	0.5	0.1788
Jumat-18 Juni-2020	0.5	0.1134
Sabtu-19 Juni-2020	0.5	1.0791

Pada tabel diatas aplikasi berhasil merekomendasikan Alpha terbaik sehingga memperoleh nilai PE terkecil secara realtime. Pada kendaraan mobil PE terkecil ada pada hari Minggu 14 Juni 2020 pada alpha 0,5 dengan nilai PE 0 dan pada sepeda motor PE terkecil ada pada hari Jumat 18 Juni 2020 pada alpha 0,5 dengan nilai PE 0,1134.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada perancangan sistem prediksi kepadatan lalu lintas menggunakan metode double exponential smoothing berbasis iot, dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah melakukan pengujian dan uji coba untuk membandingkan hasil perhitungan dari sistem dengan perhitungan manual (excel), metode Double Exponential Smoothing telah berhasil diterapkan pada sistem deteksi kepadatan lalu lintas secara realtime dan dapat digunakan sebagai informasi untuk perencanaan pelayanan dalam menanggulangi kepadatan lalu lintas oleh pihak-pihak yang terkait lainnya.

2. Hasil Prediksi jumlah kendaraan terdeteksi per 3 detik dan telah di jumlah dalam waktu per 10 menit dengan kategori mobil dan sepeda motor pada tanggal 13 sampai 20 juni 2020 pada arah alun-alun malang mendapatkan hasil Prediksi terbaik diantaranya mobil pada tanggal 14 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 0% (Prediksi sangat baik), dan sepeda motor pada tanggal 18 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 0,1134% (Prediksi sangat baik). Kemudian hasil MAPE terbesar kendaraan mobil ada pada tanggal 15 Juni 2020 dengan alpha 0,5, MAPE 2,1073% (Prediksi sangat baik), dan sepeda motor ada pada tanggal 14 Juni 2020 dengan alpha 0,4 ,MAPE 8,5205% (Prediksi sangat baik). Pada hasil pengujian deteksi haar cascade dengan membandingkan perhitungan aplikasi dan manual selama pengujian adalah deteksi mobil dengan 72,58% dan deteksi sepeda motor 81,90%.

Daftar Pustaka

[1] A. Purwanto dan S. Hanief, "Teknik Peramalan Dengan Double Exponential Smoothing Pada Distributor Gula," Teknik Peramalan Dengan Double Exponential Smoothing Pada Distributor Gula, p. 5, 2017.

[2] E. Pujiati, D. Yuniarti dan R. Goejantoro, "Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda)," Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda), p. 40, 2016.

[3] M. Syarif dan W. , "Deteksi Kedipan Mata Dengan Haar Cascade Classifier Dan Contour Untuk Password Login Sistem," Deteksi Kedipan Mata Dengan Haar Cascade Classifier Dan Contour Untuk Password Login Sistem, pp. 242-249, 2015.

[4] M. Munir, M. I. Mahali , S. A. Dewanto, B. Wulandari dan N. Hasanah , "Pengembangan Smart Traffic Light berbasis IoT (Internet Of Things) dengan Mobile Backend as a Service (MbaaS) sebagai wujud Smart City bidang transportasi," Pengembangan Smart Traffic Light berbasis IoT (Internet Of Things) dengan Mobile Backend as a Service (MbaaS) sebagai wujud Smart City bidang transportasi, p. 15, 2016.

[5] M. D. Cordova, "Implementation Pada Smart Greenhouse Hidroponik Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Aplikasi Android," Implementation Pada Smart Greenhouse Hidroponik Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Aplikasi Android, p. 90, 2019.

[6] M. F. Wicaksono, Mudah Belajar Raspberry Pi, Bandung: Informatika, 2018.

[7] A. Kadir, Langkah Mudah Pemrograman OpenCV & Python, Yogyakarta: PT Elex Media Koputindo, 2019.

[8] B. Raharjo, Kumpulan Solusi Pemrograman Python, Bandung: Informatika, 2016.

[9] L. Jakarta, "mplementasi Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya," 04 April 2013. [Online]. Available: <https://www.bantuanhukum.or.id/web/implementasi-undang-undang-nomor-22-tahun-2009-tentang-lalu-lintas-dan-angkutan-jalan-raya/>.

[10] F. A. Saragih, "Anda Tahu Populasi Kendaraan di Indonesia?," 20 Agustus 2016. [Online]. Available: <https://otomotif.kompas.com/read/2016/08/20/103100215/Anda.Tahu.Populasi.Kendaraan.di.Indonesia..>

[11] G. M. Nayazri, "Indonesia merupakan Negara Termacet Kedua Dunia," 22 Februari 2017. [Online]. Available: <https://otomotif.kompas.com/read/2017/02/22/172218515/indonesia.merupakan.negara.termacet.kedua.dunia..>