



Rancang Bangun Sistem Deteksi Kecepatan Kendaraan di Wilayah Zona Selamat Sekolah (ZoSS) Berbasis Mini PC

Desprijon, Rahmi Eka Putri, Nefy Puteri Novani

Jurusan Teknik Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: February 7th, 2021
 Revised: March 10th, 2021
 Available online: March 31st, 2021

KEYWORDS

ZoSS, Vehicle Detection, Speed Detection, Mini PC, Computer Vision, Image Processing, Frame Difference, LCD, Speaker.

CORRESPONDENCE

E-mail: rahmi@it.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study aims to create a system to detect vehicle speed in the School Safe Zone area using Mini PC based with Computer Vision technology and Image Processing techniques. This research, was hoped for the drivers will more discipline in driving, so can create safe and comfortable traffic in the School Safe Zone area. This system was made using a camera module to take video of the track, Raspberry Pi was used as the main device for detection and speed calculation. Every vehicle which crossed the zone would be detected and tracked to follow every vehicle movement, then was conducted a process of saving the center point of the vehicle object based on the initial detection line. Finally, calculated the vehicle speed based on the distance and time the vehicle moved on the frame which was set based on the detection line. The results of the vehicle speed would be displayed on the LCD and the output was in the form of a sound from the speaker as a warning for drivers whose vehicle speed exceeds 25 km / hour. Based on results of this research, the system was capable for work well in detecting and getting the speed results of passing vehicles. However, for direct implementation the devices in this system are inadequate for video processing, so that the response time and accuracy level was obtained by the system did not match for actual conditions.

PENDAHULUAN

Data kejadian kecelakaan lalu lintas kendaraan bermotor yang dikeluarkan World Health Organization (WHO) menunjukkan korban kecelakaan lalu lintas darat di Indonesia menempati peringkat nomor 5 di dunia. Di Indonesia, jumlah korban tewas akibat kecelakaan lalu lintas mencapai 120 jiwa perharinya. Sementara di Kota Padang, data yang diperoleh dari Kepolisian Kota Padang sampai bulan Juni 2017 jumlah pelanggaran lalu lintas mencapai 11.816 kasus. Kondisi tahun 2017 tersebut sebenarnya tidak berbeda dengan kondisi pelanggaran lalu lintas pada tahun 2016 yaitu 26.267 kasus[1].

Selaku pengguna kendaraan bermotor, para pengendara diharuskan mematuhi aturan lalu lintas dan menggunakan jalan raya bersama dengan pengendara lainnya. Hal ini ditujukan agar para pengendara dapat selamat sampai tujuan serta tidak membahayakan orang lain. Indonesia mengatur hal ini dalam Undang-Undang Lalu Lintas Nomor 22 Tahun 2009 yang menggantikan Undang-Undang Nomor 14 tahun

1992. Di dalamnya terdapat peraturan-peraturan dasar yang harus diperhatikan setiap pengendara, diantaranya yaitu: melengkapi surat-surat saat berkendara, konsentrasi dalam berkendara, utamakan pejalan kaki dan pesepeda, kelengkapan kendaraan, berhati-hati saat pindah jalur, dan sesuaikan kecepatan dengan kondisi jalan dan aturan kecepatannya [2].

Faktor utama penyebab kecelakaan lalu lintas adalah tingginya kecepatan kendaraan yang melampaui batas kecepatan kendaraan yang telah ditetapkan. Salah satu bentuk untuk mengurangi kecepatan kendaraan, pemerintah Indonesia membuat sebuah program Zona Selamat Sekolah (ZoSS). Penerapan ZoSS dilakukan untuk melindungi para pejalan kaki dan anak sekolah dari bahaya kecelakaan lalu lintas. Kementerian perhubungan menerapkan aturan melalui peraturan Dirjen Perhubungan Darat Nomor: SK.1304/AJ.403/DJPD/2014 tentang Zona Selamat Sekolah (ZoSS). Aturan tersebut ditetapkan atas dasar anak sekolah merupakan kelompok rentan pengguna jalan, karena secara psikis maupun fisik belum mampu merespon bahaya secara cepat dan tepat[3].

Penelitian tentang peninjauan kecepatan kendaraan pada wilayah Zona Selamat Sekolah di Kota Padang. Hasil yang didapatkan, kecepatan kendaraan yang melewati wilayah ZoSS tidak sesuai dengan kecepatan izin yaitu 33 km/jam. Dengan presentase rata-rata maksimum tingkat pelanggaran pada wilayah ZoSS yaitu 96,5% pelanggaran. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengguna kendaraan tidak peduli dengan adanya wilayah ZoSS[4]. Penelitian lain tentang penerapan Zona Selamat Sekolah di Kota Padang. Hasil studi menunjukkan bahwa setelah diterapkan ZoSS, siswa sekolah masih belum selamat kecuali dibantu oleh petugas polisi[5].

Penelitian terkait *motion detection* juga dilakukan sebelumnya dengan menggunakan kamera CCTV, proses pendeteksian gerakan ini menggunakan konsep pengolahan citra dengan algoritma *Frame Difference* dan *Frame Substraction*. Penelitian ini telah berhasil mendeteksi pergerakan objek dalam video berdasarkan perbedaan (*difference*) yang diperoleh dari pengurangan *frame* sebelumnya dan *frame* selanjutnya[6]. Penelitian lain tentang deteksi kecepatan kendaraan berjalan di jalan juga dilakukan. Sistem ini dibuat dalam perangkat lunak yang dapat mendeteksi kecepatan kendaraan. Sistem ini melakukan *background subtraction* untuk membuat garis awal dan akhir, memperbarui posisi kendaraan, dan menyimpan hasil kecepatan rata-rata kendaraan ke berkas Excel[7].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan Zona Selamat Sekolah utamanya di Kota Padang, namun hal tersebut belum memenuhi sasaran perencanaan. Oleh karena itu Sistem ini dibuat dengan menggunakan teknologi *Computer Vision* dan Teknik Pengolahan Citra. Dengan sistem ini, kecepatan kendaraan yang melewati batas kecepatan maksimum yang diizinkan dideteksi untuk kemudian diberikan tanda peringatan berupa suara dari speaker. Dengan begitu harapannya para pengendara akan lebih disiplin dalam berkendara sehingga menciptakan lalu lintas di Zona Selamat Sekolah yang aman dan nyaman.

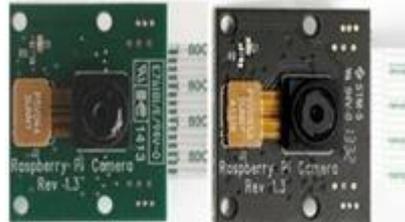
LANDASAN TEORI

Zona Selamat Sekolah

Zona sekolah atau lebih dikenal di Indonesia sebagai Zona Selamat Sekolah (ZoSS) adalah suatu kawasan disekitar sekolah yang perlu dikendalikan lalu lintas kendaraan menyangkut kecepatan, parkir, menyalib, pejalan kaki yang menyebrang jalan. Pengendalian perlu dilakukan mengingat banyak anak-anak sekolah yang berjalan kaki menuju sekolah. Zona Selamat Sekolah (ZoSS) merupakan program inovatif dalam bentuk zona kecepatan berbasis waktu yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan kendaraan di area sekolah. Penggunaan lalu lintas seperti marka jalan serta pembatas kecepatan bertujuan meningkatkan perhatian pengendara terhadap penurunan batas batas kecepatan di zona selamat sekolah serta memberikan rasa aman kepada para murid yang akan menyeberang di jalan.

Modul Kamera Raspberry Pi

Modul kamera Raspberry biasa disebut Picamera atau Raspicam adalah modul kamera yang didesain khusus untuk Raspberry Pi. Pada Picamera terdapat kabel pita yang dapat dihubungkan ke *CSI Connector* yang berada pada Raspberry Pi. Raspicam pertama dirilis pada 14 Mei 2013 dan pada 28 Oktober 2013 dirilis versi "Pi NoIR" yang merupakan versi Picamera tanpa infra merah, ciri-ciri dari Picamera versi ini adalah mempunyai PCB yang berwarna hitam. Pada keduanya mempunyai ukuran 25mm x 20mm x 9mm dengan berat sekitar 3 gram[8].



Gambar 1. Modul Picamera IR dan NoIR

Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah komputer berpapan tunggal (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris. Walaupun berukuran kecil, Raspberry Pi cukup handal untuk melakukan tugas-tugas yang dapat dilakukan oleh komputer pada umumnya seperti membuat laporan, bermain game, memutar video ataupun musik, bahkan Raspberry Pi dapat digunakan sebagai *web server*, dan *media server*[8].



Gambar 2. Raspberry Pi

Pengolahan Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan. Didalam suatu citra tersusun piksel-piksel dalam larik dua dimensi, indeks baris dan kolom (x,y) dari sebuah piksel yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Secara umum citra terdiri dari dua yaitu citra analog dan citra digital[9].

Computer Vision

Computer Vision merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi virtual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, pengenalan dan pembuat keputusan. *Computer Vision* mencoba meniru cara kerja sistem virtual manusia (*Human Vision*) yang sesungguhnya sangat kompleks. Untuk itu, *Computer Vision* diharapkan memiliki kemampuan tingkat tinggi sebagaimana human visual[10].

OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) library yang menyediakan struktur data dan algoritma yang cepat dan efisien serta dapat digunakan untuk pengolahan citra dan *real-time computer vision*[11].



Gambar 3. OpenCV

Python

Python merupakan Bahasa pemrograman yang memiliki cakupan yang luas dengan filosofi perancangan yang berfokus pada keterbacaan kode. Python memiliki kapabilitas, kemampuan, kode program yang jelas, dan dilengkapi dengan pustaka yang besar dan luas. Python mendukung banyak paradigma pemrograman, salah satunya yaitu pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif dan pemrograman fungsional. Python memiliki banyak fitur-fitur, salah satunya yaitu manajemen memori yang dilakukan secara otomatis. Python dapat digunakan untuk keperluan pengembangan perangkat lunak dan dapat digunakan pada berbagai jenis sistem operasi[12].



Gambar 4. Python

Deteksi Kendaraan

Deteksi objek tidak hanya dapat memberi tahu apa yang ada dalam gambar tetapi juga dimana objek tersebut berada. Disini deteksi objek kendaraannya menggunakan pembelajaran mendalam yaitu *Single Short Detector* dan *MobileNets*. Kedua metode tersebut digabungkan untuk mendapatkan hasil deteksi objek dengan waktu nyata dan super cepat pada perangkat dengan sumber daya terbatas (termasuk raspberry pi, smartphone, dll.)

Untuk pendeteksian objek kendaraannya menggunakan model trining yang di ambil dari *repository* milik github (<https://github.com/chuanqi305/MobileNet-SSD>).



Gambar 5. Sumber model training yang digunakan

Segmentasi

Tahapan segmentasi dilakukan agar bagian-bagian citra dikelompokkan menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi yang dibutuhkan saat menganalisa. Segmentasi gambar pada video bertujuan untuk mendeteksi daerah-daerah yang berhubungan dengan objek bergerak dengan lingkungannya atau *background*. Diantara teknik-teknik segmentasi untuk memecah suatu citra kedalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu.

Deteksi Kecepatan

Penggunaan garis deteksi kecepatan disini mempermudah perhitungan. Selama kendaraan yang memiliki boundingbox melewati suatu garis deteksi yang sebelumnya telah ditentukan mulai dari titik awal garis sampai akhir garis maka jumlah frame yang diperlukan kendaraan tersebut selama melewati garis dapat diketahui. Formula kecepatan pada umumnya adalah pada umumnya adalah membagi jarak tempuh suatu kendaraan dengan waktu tempuh seperti pada gambar 2.6 sampai 2.8 [7].

$$Speed = \frac{Dist}{Time} \dots\dots\dots(1)$$

$$Dist = Df \times \left(\frac{D}{Dx}\right) \times (P_n - P_0) \dots\dots\dots(2)$$

$$Time = Tf \times (t(n) - t(0)) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- Df : konversi jarak dari meter ke kilometer (0.001)
- D : jarak sesungguhnya (penulis menggunakan perkiraan)
- Dx : jarak antara dua garis area deteksi (awal dan akhir) dalam piksel
- Pn : posisi ujung kanan kendaraan pada tn
- P0 : posisi ujung kanan kendaraan pada t0
- Tf : konversi waktu dari milidetik ke jam (1/1000*60*60)
- tn : waktu akhir
- t0 : waktu awal

Liquid Cristal Display (LCD) 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer.

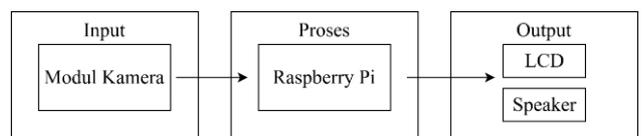
Speaker

Speaker adalah perangkat keras output yang berfungsi mengeluarkan hasil pemrosesan oleh CPU berupa audio/suara. Speaker juga bisa disebut alat bantu untuk keluaran suara yang dihasilkan oleh perangkat musik seperti MP3 Player, DVD Player dan lain sebagainya.

METODE PENELITIAN

Rancangan Umum Sistem

Berikut adalah rancangan umum sistem yang akan dibuat.

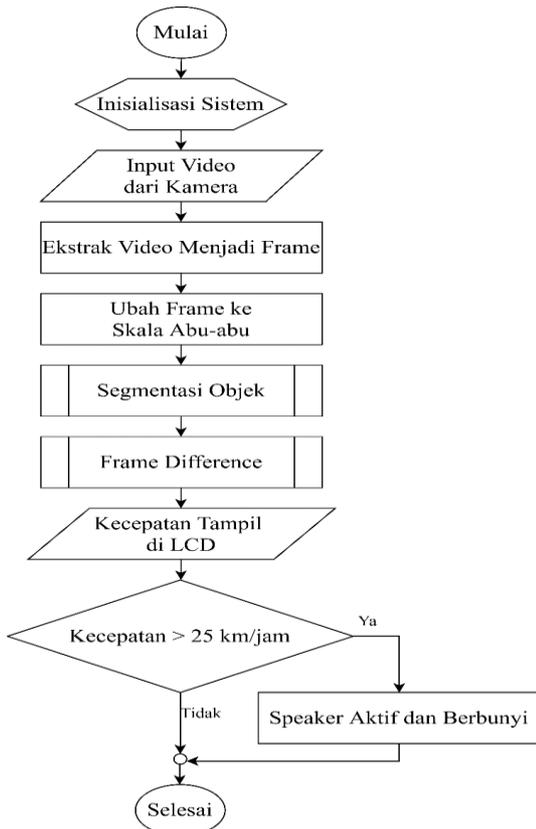


Gambar 6. Rancangan Umum Sistem

Secara keseluruhan perancangan sistem deteksi kecepatan kendaraan di Zona Selamat Sekolah ini dihubungkan ke

board Raspberry Pi. Rangkaian tersebut terdiri dari Modul kamera, Raspberry Pi, LCD, dan Speaker. Dalam perancangan sistem deteksi kecepatan kendaraan ini kamera harus mampu menentukan objek yang bergerak sebagai sebuah kendaraan yang melintas sehingga dapat dilakukan pendeteksian kecepatan gerak objek tersebut dari hasil frame yang didapatkan. Hasil frame tersebut diolah oleh Raspberry Pi sesuai dengan rancangan penelitian. Data hasil olahan Raspberry Pi tersebut akan ditampilkan pada LCD serta dihubungkan dengan speaker jika kecepatan yang didapatkan melebihi batas izin kecepatan kendaraan.

Rancangan Proses



Gambar 7. Flowchart Proses

Berdasarkan gambar tersebut, yang akan dilakukan saat sistem dioperasikan yaitu :

1. Inisialisasi alat pada sistem.
2. Input video yang ditangkap akan dikirimkan ke Raspberry Pi untuk diolah dan diproses.
3. Hasil tangkapan video tersebut akan di ekstrak menjadi beberapa kumpulan frame sehingga lebih mudah untuk pemrosesan citranya.
4. Frame diubah kedalam bentuk skala abu-abu untuk memudahkan penentuan objek pada frame.
5. Proses segmentasi dilakukan untuk pemisahan objek mana yang berperan sebagai *background* dan *foreground*-nya.
6. Proses *frame difference* untuk menentukan perbedaan nilai objek yang didapatkan pada masing-masing frame sehingga didapatkan nilai untuk perhitungan kecepatan kendaraan.
7. Setelah didapatkan nilai-nilai pada frame, seperti jarak perpindahan frame dan waktu perpindahannya

maka dilakukan perhitungan kecepatan kendaraannya.

8. Hasil kecepatan yang didapatkan akan ditampilkan pada LCD, dan jika kecepatan kendaraan tersebut melebihi batas izin maka speaker akan diaktifkan sebagai peringatan tanda bahaya.

Rancangan Perangkat Keras



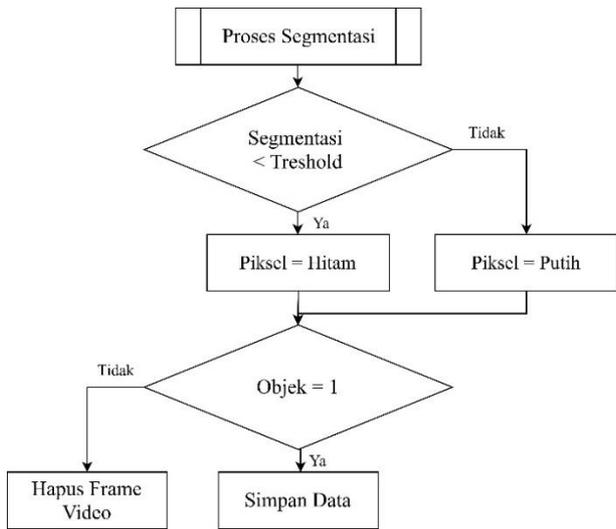
Gambar 8. Rancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem tersebut terdiri dari :

1. Modul Kamera
Modul kamera berfungsi untuk mendeteksi dan menangkap video kendaraan yang melintasi Zona Selamat Sekolah. Nilai input yang didapatkan kemudian dikirimkan ke Raspberry Pi.
2. Raspberry Pi
Raspberry Pi berperan sebagai otak dari sistem yang akan memberikan perintah berdasarkan input yang didapatkan, serta melakukan proses pengolahan.
3. LCD
LCD berfungsi untuk menampilkan hasil kecepatan kendaraan yang didapatkan, serta menampilkan kalimat seruan untuk memperlambat kendaraan jika kecepatannya berlebihan.
4. Speaker
Speaker berfungsi sebagai peringatan/alert tanda bahaya jika kendaraan yang melintasi Zona Selamat Sekolah melebihi batas kecepatan yang diizinkan.

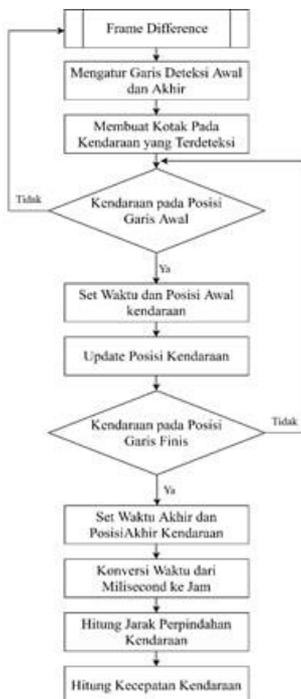
Rancangan Perangkat Lunak

Segmentasi Objek



Gambar 9. Flowchart Segmentasi Objek

Frame Difference



Gambar 10. Flowchart Frame Difference

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan proses merangkai semua komponen-komponen yang diperlukan oleh sistem, seperti Raspberry Pi, Modul Kamera, Speaker, LCD, serta komponen tambahan lainnya yang diperlukan dalam perancangan sistem deteksi kecepatan kendaraan. Implementasi perangkat keras untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Implementasi Perangkat Keras (a) Tampilan Modul Kamera

(b)

Berikut adalah keterangan untuk gambar :



1. Modul Kamera
Digunakan untuk mengambil gambar dan video lintasan kendaraan untuk dikirimkan dan diproses oleh Raspberry Pi.
2. Raspery Pi 4B
Digunakan sebagai mikrokontroler untuk melakukan semua proses yang dilakukan oleh sistem. Mulai dari deteksi objek kendaraan, melakukan tracking pada objek, serta menghitung kecepatan kendaraan dari video yang dikirimkan oleh modul kamera.
3. Low Speaker Raspberry Pi
Digunakan sebagai media output hasil dari sistem yang berupa suara, yang nantinya digunakan sebagai peringatan apabila hasil kecepatan kendaraan yang didapatkan melewati batas maksimum kecepatan yang diizinkan.
4. I2C LCD 20x4 Serial
Digunakan sebagai output sistem untuk menampilkan pesan berupa hasil kecepatan kendaraan yang didapatkan dan seruan untuk tetap menjaga kecepatan stabil.
5. Power Bank
Digunakan sebagai sumber arus untuk menghidupkan semua komponen sistem deteksi kecepatan kendaraan.

Implementasi perangkat Lunak

Pada sistem ini, perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa pemrograman Python dengan *Library* OpenCV pada Sistem Operasi Raspbian untuk Raspberry Pi. Bahasa pemrograman Python digunakan untuk melakukan pemrograman keseluruhan sistem. Sistem deteksi kecepatan kendaraan ini secara keseluruhan di mulai dari deteksi onbek kendaraan, melakukan tracking objek untuk mengetahui titik objek pada setiap frame, melakukan konversi nilai dan perhitungan untuk mendapatkan hasil kecepatan kendaraan. OpenCV merupakan yang dibangun ke Python yang digunakan untuk mengolah proses pengolahan citra dan video. Proses pendeteksian kecepatan kendaraan ini menggunakan modul kamera sebagai sensor inputan, menggunakan modul untuk LCD dan Speaker sebagai output yang programnya di atur pada Raspberry Pi. Pada gambar 4.2 terlihat tampilan awal pada raspberry pi.



Gambar 12. Tampilan OS Raspbian

Pengujian dan Hasil

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan sistem dalam melakukan proses sesuai dengan yang diharapkan. Proses pengujian ini terdiri dari tiga proses pengujian, yaitu pengujian perangkat keras, pengujian perangkat lunak, dan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan.

Berikut akan dijelaskan terlebih dahulu tabel pengujian untuk mencari nilai skala perbandingan kecepatan kendaraan sebenarnya dengan kecepatan yang didapatkan oleh sistem. Hal ini dilakukan karena perangkat yang digunakan kurang mendukung dalam melakukan program pemrosesan video sehingga fps yang didapatkan sistem sedikit rendah dan tampilan output video menjadi patah-patah atau lambat.

Tabel 1 Skala Perbandingan Kecepatan

Kecepatan	Percobaan					Rata-rata Kecepatan	Skala Perbandingan
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5		
20 Km/Jam	5.61 Km/Jam	4.92 Km/Jam	5.39 Km/Jam	5.23 Km/Jam	5.33 Km/Jam	5.30 Km/Jam	1:4
25 Km/Jam	6.21 Km/Jam	5.98 Km/Jam	6.47 Km/Jam	6.56 Km/Jam	5.92 Km/Jam	6.23 Km/Jam	1:4
30 Km/Jam	7.34 Km/Jam	7.64 Km/Jam	8.01 Km/Jam	7.32 Km/Jam	7.57 Km/Jam	7.58 Km/Jam	1:4



Gambar 13 Tampilan Hasil Kecepatan Pada LCD

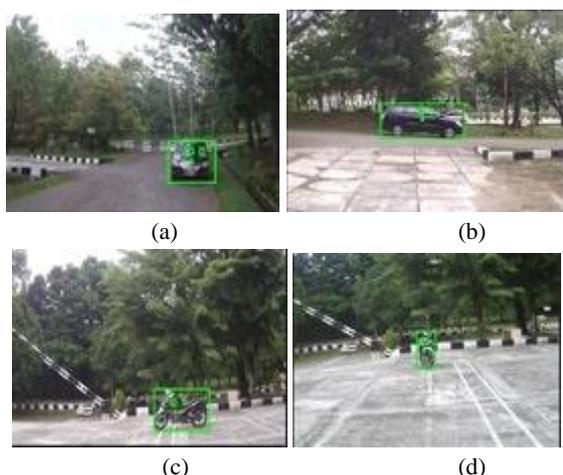
Pada implementasi Zona Selamat Sekolah maksimal kecepatan kendaraan yang diperbolehkan adalah 20-30 Km/Jam, hal itu bergantung pada kondisi lokasi dimana ZoSS itu diterapkan. Berdasarkan hal tersebut dilakukan pengujian untuk mencari nilai skala perbandingan antara kecepatan kendaraan yang dihasilkan oleh sistem dengan kecepatan kendaraan yang sebenarnya dengan rentang kecepatan uji mulai dari 20-30 Km/Jam. Pengujian dilakukan dengan 5 kali percobaan untuk tiap-tiap kecepatan yang telah ditentukan.

Hasil pengujian tiap nilai kecepatan yang ditentukan, rata-rata kecepatan kendaraan yang diperoleh secara berurutan adalah 5.30, 6.23, dan 7.58. Dari nilai rata-rata tersebut masing-masing perbandingan nilainya yaitu 3.77, 4.01 dan 3.96, sehingga jika dibulatkan hasil perbandingan yang didapatkan adalah 1:4 antara kecepatan kendaraan yang diperoleh sistem dengan kecepatan kendaraan sebenarnya.

Pengujian Modul Kamera

Tabel 2. Pengujian Keakuratan Sistem dengan Modul Kamera

Kendaraan	Jarak (m)	Sudut Pandang Kendaran	Hasil			
			Perobaan 1	Perobaan 2	Perobaan 3	Perobaan 4
Mobil	8	Depan	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	10	Depan	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	12	Depan	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	14	Depan	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	16	Depan	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
Mobil	8	Samping	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	10	Samping	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	12	Samping	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	14	Samping	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Mobil	16	Samping	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
Motor	6	Depan	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Motor	8	Depan	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Motor	10	Depan	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
Motor	6	Samping	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Motor	8	Samping	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
Motor	10	Samping	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi



Gambar 14. Hasil Pengujian Jarak Pengambilan Kamera (a) Mobil dari Depan, (b) Mobil dari Samping, (c) Motor dari Samping, (d) Motor dari Depan

Tabel pengujian diatas dilakukan percobaan untuk mendeteksi kendaraan dengan jarak dan sudut pandang yang berbeda terhadap dua jenis kendaraan yaitu mobil dan motor. Berdasarkan hasil tersebut mobil terdeteksi mencapai jarak 14 meter dengan pengambilan gambar dari depan dan dari samping kendaraan. Sedangkan untuk motor untuk sudut pandang dari samping bisa terdeteksi sampai jarak 10 meter, sedangkan kalau dari depan hanya bisa terdeteksi sampai jarak 8 meter.

Pengujian Raspberry Pi

Tabel 3. Pengujian Kemampuan board Raspberry Pi

Percobaan	Waktu Deteksi Awal (s)	Waktu Deteksi Akhir (s)	Waktu Proses (s)
Ke-1	ID 2 14.017378330230713	[INFO] Kecepatan Kendaraan ID 2 31.62959130085266	17.609
Ke-2	ID 3 38.057085275650	[INFO] Kecepatan Kendaraan ID 3 45.784742193222046	7.648
Ke-3	ID 8 82.80669546127	[INFO] Kecepatan Kendaraan ID 8 82.18180283748188	9.385
Ke-4	ID 14 168.78459501268	[INFO] Kecepatan Kendaraan ID 14 185.522054782288	16.837
Ke-5	ID 15 284.411326885	[INFO] Kecepatan Kendaraan ID 15 306.27937672817	16.859

Pengujian respon waktu sistem ini dilakukan untuk melihat lamanya proses yang dilakukan oleh sistem, mulai dari pendeteksian objek sampai dengan penampilan hasil kecepatan kendaraan yang didapatkan sistem. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali percobaan pendeteksian objek. Dari tabel hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa waktu proses yang dibutuhkan sistem dalam mendeteksi objek sampai dengan mendapatkan hasil yaitu berkisar antara 7,648 s sampai 17,609 s. Lamanya waktu proses yang dibutuhkan sistem dalam mendeteksi kecepatan kendaraan

bergantung pada kemampuan kinerja perangkat yang digunakan dalam membangun sistem, jika menggunakan perangkat dengan kemampuan GPU yang baik maka akan mendapatkan waktu proses yang cepat dan sesuai dengan kondisi nyata atau *real time*. Dan pada pembangunan sistem ini hanya menggunakan raspberry pi dengan kemampuan GPU yang standar sehingga hasil waktu proses yang dibutuhkan cukup lama dalam mendapatkan hasil yang diinginkan dan tingkat fps yang didapatkan juga rendah.

Pengujian Deteksi Objek Kendaraan

Tabel 4. Pengujian Kemampuan Sistem dalam mendeteksi objek kendaraan

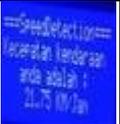
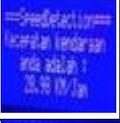
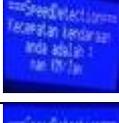
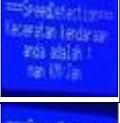
Percobaan	Jumlah Kendaraan	Kendaraan	Hasil
Percobaan ke-1	2 Mobil		Terdeteksi
Percobaan ke-2	3 Mobil		Terdeteksi
Percobaan ke-3	2 Motor		Terdeteksi
Percobaan ke-4	3 Motor		Terdeteksi Sebagian
Percobaan ke-5	1 Mobil dan 1 Motor		Terdeteksi
Percobaan ke-6	1 Mobil dan 2 Motor		Terdeteksi Sebagian
Percobaan ke-7	2 Mobil dan 1 Motor		Terdeteksi Sebagian

Percobaan ke-8	4 Mobil		Terdeteksi
Percobaan ke-9	5 Mobil		Terdeteksi
Percobaan ke-10	6 Mobil		Terdeteksi

Pada tabel percobaan di atas dilakukan pengujian dengan menggunakan jenis kendaraan mobil dan sepeda motor. pengujian dilakukan dengan jumlah 2 sampai dengan 6 kendaraan, dengan memberikan variasi jenis kendaraan pada masing-masing pengujianya. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan bahwa jenis kendaraan mobil selalu dapat terdeteksi dengan baik disetiap kondisi pengujian yang dilakukan. Sedangkan untuk sepeda motor ada beberapa pada pengujian yang tidak berhasil terdeteksi, hal ini terjadi karena jarak kamera dengan sepeda motor yang sedang melintas berada diluar jangkauan deteksi sehingga objek sepeda motornya kurang jelas dan mengakibatkan kendaraan tersebut tidak berhasil terdeteksi.

Pengujian Tingkat Akurasi Kecepatan Kendaraan

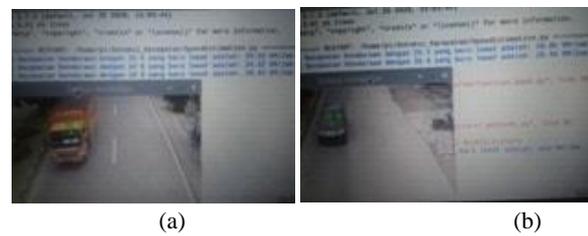
Tabel 5. Pengujian Tingkat Keakurasian Sistem Untuk Kecepatan Kendaraan

Kendaraan	Kecepatan Sebenarnya	Kecepatan Pada Sistem		Kecepatan Hasil (1:4)	Error
		Percobaan 1	Percobaan 2		
Ke-1	20 KM/Jam			21.55 KM/Jam	1.45
Ke-2	30 KM/Jam			29.11 KM/Jam	0.89
Ke-3	40 KM/Jam			37.17 KM/Jam	2.83
Ke-4	50 KM/Jam			Tak Terdefinisi	-
Ke-5	60 KM/Jam			Tak Terdefinisi	-

Berdasarkan tabel pengujian diatas, pengujian dilakukan dengan 5 kecepatan yang berbeda. Dimulai dari kecepatan

20 KM/Jam sampai kecepatan 60 KM/Jam, dengan beda kecepatan tiap pengujianya adalah 10 KM/Jam. Pengujian tingkat akurasi kecepatan kendaraan dilakukan dengan memasukkan nilai skala perbandingan yang telah diperoleh pada tabel pengujian sebelumnya yaitu dengan nilai perbandingan adalah 4.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa sistem dapat mendeteksi kecepatan kendaraan dengan baik dengan beda kecepatan sebenarnya dan pada sistem yaitu 0.89-2.83, akan tetapi itu hanya untuk kecepatan kendaraan 20-40 KM/Jam. Sedangkan untuk kecepatan 50 dan 60 KM/Jam sistem tidak berhasil mendeteksinya karena kendaraan melintas cukup cepat sehingga titik objek kendaraan tidak tercatat pada sistem untuk melakukan perhitungan. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan yang digunakan oleh pengendara akan membuat akurasi sistem menjadi tidak akurat dan akhirnya membuat kendaraan yang melintas tidak bisa ditangkap oleh kamera.



Gambar 15. Tampilan Hasil Kecepatan Sistem (a) Didapatkan Hasil, (b) Hasil Tidak Terdefinisi atau berupa nan

Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Tabel 6. Pengujian Seluruh Sistem

Percobaan	Kendaraan	ID Kendaraan	Kecepatan Kendaraan (1:4)	Speaker
Kendaraan ke-1	Terdeteksi	ID 2	17.28 KM/Jam	Tidak Berbunyi
Kendaraan ke-2	Terdeteksi	ID 4	25.68 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-3	Terdeteksi	ID 7	33.84 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-4	Terdeteksi	ID 11	33.84 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-5	Terdeteksi	ID 12	27.84 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-6	Terdeteksi	ID 13	Nan KM/Jam	Tidak Berbunyi

Kendaraan ke-7	Terdeteksi	ID 14	27.36 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-8	Terdeteksi	ID 15	Tidak Tampil	Tidak Berbunyi
Kendaraan ke-9	Terdeteksi	ID 16	36.84 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-10	Terdeteksi	ID 17	28.2 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-11	Terdeteksi	ID 18	34.05 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-12	Terdeteksi	ID 19	21.50 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-13	Terdeteksi	ID 20	17.80 KM/Jam	Tidak Berbunyi
Kendaraan ke-14	Terdeteksi	ID 21	32.11 KM/Jam	Berbunyi
Kendaraan ke-15	Terdeteksi	ID 23	16.01 KM/Jam	Tidak Berbunyi

Berdasarkan hasil pengujian sistem secara keseluruhan, pengujian dilakukan terhadap 15 kendaraan yang melewati sebuah jalan di kawasan Jl. Belakang Lintas, Olo, Kec. Padang Barat, Depan Plaza Andalas Padang. Pengujian ini hanya dilakukan untuk jenis kendaraan mobil, hal ini karena jenis kendaraan sepeda motor dalam jarak pandang kamera kurang terdeteksi dan hanya bisa terdeteksi saat sepeda motor berada pada bagian bawah frame atau saat jarak pandang sepeda motor sudah dekat dengan kamera dan batas akhir pengukuran deteksi kecepatan kendaraan.

Pengujian dimulai dengan kamera menangkap video lintasan yang dilewati oleh kendaraan yang kemudian tangkapan videonya langsung dikirimkan ke raspberry pi untuk di proses dan dilakukan pendeteksian terhadap kendaraan, melakukan *tracking* pada kendaraan yang terdeteksi untuk melihat perpindahan kendaraan pada tiap frame dan mencatat hasil titik-titik perpindahan kendaraan. Pada frame dibuat dua buah garis deteksi yaitu garis deteksi awal dan garis deteksi akhir, garis ini diperlukan untuk mendapatkan jarak perpindahan kendaraan dan waktu tempuh kendaraan dalam area deteksi. Setelah semua nilai yang dibutuhkan sistem untuk mendapatkan kecepatan kendaraan tercatat, maka sistem akan langsung melakukan perhitungan terhadap kendaraan yang sedang melintas. Hasil kecepatan kendaraan yang didapatkan akan tampil pada LCD, dan jika kecepatan kendaraan melebihi batas izin kecepatan maka otomatis speaker akan berbunyi dan memberikan peringatan kepada pengendara

untuk mengurangi kecepatan kendaraan yang saat ini sedang dikendarai.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 15 percobaan deteksi kecepatannya, semua kendaraan yang melewati zona tangkap kamera dapat terdeteksi dengan baik dan ID kendaraanya juga tercatat. Akan tetapi untuk hasil kecepatannya ada 2 kendaraan yang tidak berhasil didapatkan yaitu pada percobaan kendaraan ke-6 dan ke-8. Hal tersebut terjadi karena sistem tidak mendapatkan nilai-nilai yang diperlukan untuk melakukan perhitungan kecepatan kendaraan, sehingga hasilnya kecepatannya tidak tampil dan hasilnya yang berupanan.

Kecepatan yang didapatkan sistem pada 15 percobaan tersebut berada pada rentang 17.28 KM/Jam – 36.84 KM/Jam dengan memberikan nilai perbandingan untuk mendapatkan hasil kecepatan yang sesuai dengan kecepatan sebenarnya. Hal ini disebabkan kinerja raspberry pi yang kurang mumpuni untuk memproses video secara cepat dan nyata dengan fps yang didapatkan sedikit, sehingga hasil proses videonya terlihat lambat. Hasil tampilan kecepatan kendaraan pada LCD berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang didapatkan oleh sistem tepat pada saat kendaraan berada pada garis akhir deteksi tanpa adanya *relay*. Untuk mengaktifkan speaker maksimal kecepatan yang diperbolehkan adalah 25 KM/Jam, sehingga apabila kecepatan yang didapatkan lebih dari 25 KM/Jam maka otomatis speaker akan aktif dan berbunyi. Dan dari semua percobaan speaker berjalan dengan baik sesuai dengan kondisi yang diperoleh sistem.

Untuk presentasi keberhasilan sistem secara keseluruhan dapat dilihat sebagai berikut :

Presentasi Keberhasilan

$$= \frac{\text{Jumlah Percobaan Berhasil}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Presentasi Keberhasilan} = \frac{13}{15} \times 100\%$$

$$\text{Presentasi Keberhasilan} = 86,6 \%$$

Berdasarkan hasil pengujian dan tingkat keberhasilan sistem yang didapat sistem mampu mendeteksi kendaraan yang melintas, memproses sistem untuk melakukan perhitungan kecepatan kendaraan, serta menampilkan output sesuai dengan yang diharapkan dengan presentasi keberhasilan 86,6%.

Analisa Sistem Secara Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian sistem terhadap semua perangkat yang digunakan serta pengujian sistem secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa sistem dapat berjalan dan berfungsi dengan baik. Untuk implementasi secara langsung jenis kendaraan yang bisa terdeteksi dengan baik hanya berlaku pada mobil, sedangkan untuk sepeda motor tangkapan modul kamera dari jarak yang jauh kurang bisa mendeteksi karena hasil tangkapan kamera untuk sepeda motor terlihat kurang jelas untuk deteksinya, dan hanya bisa terdeteksi saat sepeda motor berada dekat dengan kamera atau berada pada posisi bawah frame. Pada saat itu posisi sepeda motor sudah berada pada garis akhir deteksi sehingga untuk

proses perhitungan kecepatan kendaraan tidak bisa dilakukan dengan baik.

Pada saat sistem melakukan proses pendeteksian dan melakukan perhitungan kecepatan kendaraan, tampilan hasil video prosesnya terlihat lambat dan patah-patah. Ini disebabkan oleh perangkat raspberry pi yang kurang mendukung untuk pemrosesan video dan fps yang didapatkan hanya berkisar 4-5 fps. Hal itu mengakibatkan waktu proses yang dibutuhkan sistem cukup lama dan hasil yang didapatkan menjadi kurang akurat atau tidak sesuai dengan kondisi kecepatan kendaraan yang sebenarnya. Jika ada kendaraan yang melintas dengan kecepatan yang cukup tinggi maka sistem mengalami kesulitan untuk mendeteksinya dan tidak berhasil mendapatkan titik perpindahan kendaraan pada frame sehingga hasilnya kecepatannya berupa nan KM/Jam.

Untuk mengantisipikasi kinerja perangkat dalam melakukan pendeteksian terhadap kecepatan kendaraan dilakukan pengujian untuk menentukan skala perbandingan antara kecepatan kendaraan sebenarnya dengan kecepatan yang didapatkan oleh sistem. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh skala perbandingannya yaitu 1:4. Dengan memerikan nilai tambahan pada program dari skala perbandingan tersebut, pengujian keseluruhan dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan kondisi kecepatan sebenarnya dengan tingkat keberhasilan sistem 86,6% dari 15 percobaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian analisa sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Modul kamera tidak bisa untuk mendeteksi objek sepeda motor, hal ini karena saat di lintasan jarak sepeda motor terlalu jauh dari kamera sehingga objeknya kurang jelas terlihat dan motor tidak bisa untuk didapatkan kecepatannya dengan maksimal jarak sepeda motor sampai 8 meter.
2. Kecepatan kendaraan diperoleh dengan melakukan pendeteksian dan mengikuti setiap perpindahan objek, menyimpan nilai jarak dan waktu perpindahan objek dari dua buah garis deteksi, serta melakukan perhitungan kecepatan kendaraan berdasarkan nilai yang telah diperoleh sebelumnya.
3. Raspberry pi memiliki kemampuan GPU yang standar sehingga hasil waktu proses yang dibutuhkan cukup lama dalam mendapatkan kecepatan yaitu dengan rentang waktu 7,648-17,609 detik.
4. Dalam mengantisipasi kinerja raspberry pi diperlukan nilai skala perbandingan untuk bisa mendapatkan tingkat akurasi sistem seakurat mungkin dengan kondisi sebenarnya.
5. Hasil output dari sistem ini berupa tampilan hasil kecepatan kendaraan yang telah terdeteksi pada

pada LCD, dan speaker berupa himbuan agar pengendara mengurangi kecepatan apabila kendaraan melebihi batas kecepatan izin, dengan presentasi keberhasilan sistem 86,6%.

REFERENCES

- [1] Maisany, Elsi. 2018. Kecelakaan Sepeda Motor. Padang Ekpres. <https://padek.co/koran/padangekspres.co.id/read/detail/117851/Kecelakaan-Sepeda-Motor>. Diakses pada tanggal 26 Januari 2020.
- [2] Undang-undang Lalu Lintas Nomor 22 tahun 2009 yang menggantikan Undang-undang Nomor 14 tahun 1992 tentang peraturan dasar pengendara.
- [3] Peraturan Menteri Perhubungan Direktorat Jenderal Darat, 2014. No. SK.1304/AJ.403/DJPD/2014 tentang Zona Selamat Sekolah (ZoSS).
- [4] Mutiara Sari, Nadra. Oktaviani. Novia, Ali. 2015. "Tinjauan Kecepatan Kendaraan Pada Wilayah Zona Selamat Sekolah (ZoSS) di Kota Padang". Annual Civil Engineering : Pekanbaru. ISBN : 978-979-792-636-6.
- [5] Kurniati, Titi. Gunawan, Hendra. Zulputra, Dony. 2010. Evaluasi Penerapan Zona Selamat Sekolah di Kota Padang. Jurnal Rekayasa Sipil. Universitas Andalas. ISSN : 1858-2133.
- [6] Arby Yuha, Reza. 2019. Deteksi Gerakan Pada Kamera CCTV dengan Algoritma Frame Difference dan Frame Subtraction. Seminar Nasional Aptikom (SEMNASTIK).
- [7] Andrew. 2017. Deteksi Kecepatan Kendaraan Berjalan di Jalan Menggunakan OpenCV. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Informatika ITS.
- [8] *About Raspberry Pi. Official website of the Raspberry Pi project.* <http://www.raspberrypi.org/>, diakses pada tanggal 27 Januari 2020.
- [9] Sutoyo, T, dkk. 2009. "Teori Pengolahan Citra Digital". ANDI : Yogyakarta; UDINUS : Semarang.
- [10] Erik Solem, Jan. 2012. *Programming Computer Vision with Python.* O'Reilly Media, Inc : United State of America.
- [11] *About OpenCV. Official Website of the OpenCV.* <https://www.opencv.org/>, diakses pada tanggal 27 Januari 2020.
- [12] *About Python. Official Website of the Python.* <https://www.python.org/>, diakses pada tanggal 29 Januari 2020.
- [13] Roserbrock, Adrian. 2018. "Simple Object Tracking With OpenCV". <https://www.pyimagesearch.com/2018/07/23/simple-object-tracking-with-opencv/>. Diakses pada tanggal 17 Januari 2020.
- [14] Nofriani. 2020. *Machine Learning Application for Classification Prediction of Household's Welfare Status.* Journal of Information technology and Computer Engineering (JITCE). Vol. 04 No. 02 (2020) 72-82.
- [15] Alex, D.S. & Wahi, A. 2014. BFGSD: *Background subtraction frame differenc algorithm for moving object*

detection and extraction. Journal of Theoretical & Applied Information Technology 60(3): 623-628.

[16] Muis, Saludin. 2012. Prinsip Kerja LCD dan Pembuatannya (*Liquid Crystal Display*). Graha Ilmu : Yogyakarta.

[17] Leon, Alexandro. Makalah Komputer Speaker. Teknik Mesin. Atma Jaya Makasar.

[18] Liantoni Febri, Sukmagautama Coana, Myrtha Risalina. 2020. *Increased Mammogram Image Contrast Using Histogram Equalization And Gaussian In The Classification Of Breast Cancer. Journal of Information Technology and Computer Engineering (JITCE)*. Vol. 04 No.01 (2020) 40-44.

[19] Bharti, T. Tejinder. 2013. *Background Subtraction Techniques-Review. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, Vol. 2, Issue 3, Hal. 166-168.

[20] Hartoto, Pribadi. Tanpa Tahun. Sistem Deteksi Kecepatan Kendaraan Bermotor pada Real Time Traffic Information System. Institut Teknologi Sepuluh Noverber.

[21] Lazuardi, R. Arif Firdaus. 2014. Perhitungan kendaraan Bergerak Berbasis *Algoritma Background Subtraction* Menggunakan Metode *Gaussian Mixture Model*. Tugas Akhir. Jurusan Matematika ITS.

[22] Lugianti, Indah. 20. Deteksi Kecepatan Kendaraan Bergerak Berbasis Video Menggunakan Metode *Frame Difference*. Seminar Nasional Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal. Hal 324-331. ISSN : 978-602-71928-1-2.

[23] N. Singla. 2014. *Motion Detection Based on Frame Difference Method. International Journal of Information & Computation Technology*, Vol. 4, No. 15, pp. 1559-1565.

[24] P, L. M. 2014. *Real Time Motion Detection Using Background Subtraction Method and Frame Difference. International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(6), 1857-1861.