

Sistem Deteksi Kantuk Pada Pengendara Roda Empat Menggunakan *Eye Blink Detection*

¹Siti Maslikah, ²Riza Alfita, ³Achmad Fiqhi Ibadillah,

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan

¹siti.maslikah46@gmail.com, ²riza.alfita@trunojoyo.ac.id, ³fiqhi.ibadillah@trunojoyo.ac.id

Article Info

Article history:

Received December 21th, 2019

Revised January 27th, 2020

Accepted February 28th, 2020

Keyword:

Meanshift
Digital Image
Eye Blinking
Real Time
Sleepiness

ABSTRACT

The number of traffic accidents in Indonesia is increasing. One of the main factors is the condition of a sleepy driver. In general, sleepy occurs at night when the body needs to take rest. But in some people sleepy does not appear to depend on time. This situation needs more attention if we are driving so that the accident cause of sleepy can be avoided. The Republic of Indonesia Police noted that the traffic accidents increasing continued throughout the year, where almost the majority occurred because of drivers who were in a sleepy condition. From these problems a system is created that can automatically determine whether the driver is in conscious, sleepy or a sleep using the Haar Cascade Classifier method. The process begin with taking pictures using Pi Camera which is connected to raspberry to detect the face area using the Haar Cascade Classifier method then the regression tress algorithm on facial landmarks detection which is used to detect sleepy eyes with the output of an alarm to react so the driver is not sleepy. From the results of the overall trial conducted, the percentage of success was 90% and the error rate was 10% during the day from 20 experiments. While the percentage of testing at night obtained a value of 85% and an error rate of 15% from 20 experiments. With the distance between the camera and the driver between 30-50 cm and the slope of 0 - 45 degrees

Copyright © 2020 Jurnal FORTECH.
All rights reserved.

Abstrak—Angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia semakin meningkat. Salah satu faktor penyebab utamanya yaitu kondisi pengemudi mengantuk. Secara umum rasa kantuk muncul pada malam hari ketika tubuh butuh istirahat. Namun pada beberapa orang rasa kantuk muncul tidak bergantung waktu. Keadaan seperti ini yang perlu lebih diperhatikan apabila kita sedang mengemudi agar angka kecelakaan karena faktor mengantuk dapat dihindari. Kepolisian republik indonesia mencatat bahwa peningkatan kecelakaan lalu lintas terus terjadi sepanjang tahun, dimana hampir mayoritas terjadi karena pengemudi yang sedang dalam keadaan mengantuk. Dari permasalahan tersebut dibuat sebuah sistem yang secara otomatis bisa menentukan apakah pengemudi sedang dalam keadaan sadar, mengantuk atau tertidur menggunakan metode Haar Cascade Classifier. Tahapan proses dimulai dengan pengambilan gambar menggunakan Pi Camera yang tersambung dengan raspberry untuk mendeteksi area wajah menggunakan metode Haar Cascade Classifier kemudian algoritma regression tress pada facial landmarks detection yang digunakan untuk mendeteksi mata kantuk dengan keluaran berupa alarm untuk memberikan reaksi agar pengemudi tidak mengantuk. Dari hasil uji coba keseluruhan yang dilakukan diperoleh prosentase keberhasilan sebesar 90% dan tingkat error 10% pada siang hari dari 20 percobaan. Sedangkan prosentase pengujian pada malam hari

diperoleh nilai sebesar 85% dan tingkat error 15% dari 20 percobaan. Dengan jarak kamera dengan pengemudi antara 30 – 50 cm dan tingkat kemiringan sebesar 0 – 45 derajat.

Kata Kunci—Citra Digital, kantuk, Kedipan mata, real time

I. Pendahuluan

Mobil merupakan salah satu sarana transportasi yang digunakan untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Namun dalam penggunaannya kepolisian republik indonesia mencatat bahwa angka kecelakaan lalu lintas di indonesia meningkat. Surabaya merupakan salah satu kota di indonesia menunjukkan kecenderungan yang sama. Banyaknya angka kecelakaan disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor manusia, faktor kendaraan, dan faktor lingkungan. Dari beberapa faktor yang menjadi penyebab kecelakaan tersebut, faktor kecelakaan yang disebabkan oleh manusia atau dalam hal ini pengendara mobil menjadi topik untuk menyusun skripsi. Mengantuk merupakan hal yang kita anggap sebagai hal yang biasa terjadi. Mengantuk dapat terjadi baik ketika kita sedang tidak beraktivitas maupun ketika kita sedang beraktivitas. Namun mengantuk tidak dapat dianggap remeh begitu saja. Mengantuk pada saat atau kondisi tertentu sangatlah berbahaya dan bisa menyebabkan seseorang atau bahkan banyak orang meninggal.

Banyak faktor-faktor yang menyebabkan pengemudi mengantuk, seperti kurang istirahat, mengemudi pada malam hari, jarak tempuh yang panjang dan tidak adanya teman yang menemani berbicara sehingga pengemudi menjadi bosan, jenuh dan akhirnya mengantuk. Maka solusi umum yang sering ditawarkan untuk mencegah pengemudi kendaraan yang mengantuk adalah dengan meminta bantuan teman untuk menemani dan memastikan pengemudi dalam keadaan sadar dan tidak dalam kondisi mengantuk atau bahkan tertidur. Namun solusi ini tidak dapat dilakukan setiap saat karena pengemudi mungkin saja menghadapi kondisi yang mengharuskan dia harus mengemudi sendiri. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem untuk menentukan apakah pengemudi sedang dalam keadaan sadar, mengantuk atau tertidur lalu akan memberikan tanda atau peringatan ke pengemudi jika sedang dalam keadaan mengantuk atau bahkan tertidur. Dalam penelitian sebelumnya membahas tentang: “Deteksi Kelelahan Untuk Pekerja Kantor Berdasarkan Kedipan Mata”. Pada penelitian tersebut menggunakan kamera dengan melihat durasi kedipan mata dari pekerja. Dalam proses pengerjaannya menggunakan metode *viola jones*, serta outputan berupa notifikasi atau peringatan kepada pekerja kantor berupa notifikasi pesan. [1] Pada penelitian lainnya membahas tentang: “Deteksi Rasa Kantuk Pada Pengendara Kendaraan Bermotor Berbasis Pengolahan Citra Digital”. Pada penelitian tersebut dilakukan deteksi apakah pengendara mengantuk atau tidak pada saat berkendara dengan inputan berupa citra mata yang diambil menggunakan kamera digital kemudian dimasukkan kedalam sebuah bahasa pemrograman GUI Matlab Outputnya berupa informasi pengendara kendaraan bermotor mengantuk atau tidak [2] Pada penelitian lainnya membahas tentang: “Deteksi Kelelahan Pengemudi Mobil Berbasis Deteksi Kondisi Mata Dengan Menggunakan Pengolahan Video Digital”. Pada penelitian tersebut menggunakan kamera webcam yang kemudian direkam dalam bentuk file avi. [3]

II. Metode Penelitian

A. Kantuk

Kantuk (*drowsiness*) ialah keadaan dimana seseorang ingin tidur. Namun kondisi kantuk yang tidak tepat dapat mengakibatkan hal yang fatal. Mengantuk dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: kelelahan bekerja, kurangnya tidur yang cukup, dll. Kondisi mengantuk terdapat beberapa macam sehingga dapat dikategorikan seseorang sedang mengantuk atau tidak. Kondisi mengantuk seseorang antara lain dapat dilihat dari kondisi kelopak mata mulai berat, pandangan kabur serta kepala mulai tidak seimbang menahan beban sehingga mengharuskan untuk berbaring dan istirahat. [4]



Gambar 1 Kondisi Mengantuk

Dalam penelitian ini membahas tentang kondisi mengantuk seseorang dengan melihat indikasi-indikasi yang dapat menjadi acuan. Dimana seseorang teridentifikasi mengantuk ditandai dengan dengan melihat kondisi mata apakah tertutup atau terbuka serta durasi kedipan mata. [4]

B. Parameter Mengantuk

Menurut penelitian Tecce (1992), frekuensi kedipan dapat dipengaruhi faktor yang berbeda seperti: kondisi dan perintah. Dalam keadaan normal atau bebas dari stres rata-rata kedipan mata adalah 15 sampai 20 kali permenit. Indikator untuk mengetahui seseorang sedang mengantuk dapat dideskripsikan ketika kondisi normal (tidak mengantuk) posisi kelopak mata membuka lebar sebelum menutup. Ketika menutup memiliki interfal waktu yang cepat (kurang dari satu detik). Untuk memodelkan pengemudi yang sedang mengantuk dapat diindikasikan bahwa terdapat parameter-parameter sebagai berikut:[5]

- a. Menurunnya interest interest terhadap lingkungan .
- b. Meningkatnya kantuk atau kecenderungan untuk tidur, yaitu ditandai dengan meningkatnya durasi kedipan mata untuk menutup.

Menurut studi yang dilakukan oleh Phillip .P. Caffier, mengelompokkan tingkatan kantuk berdasarkan durasi kedipan mata. Umumnya durasi kedipan rata-rata adalah kurang dari 400 Ms dan 75 Ms untuk minimum. Berdasarkan alasan ini, maka digunakan 400 Ms sebagai waktu kantuk (T_{kantuk}) dan 800 Ms sebagai waktu telah tertidur (T_{tidur}).[5]

Tabel 1 Parameter Mengantuk

Level Kantuk	Deskripsi
Normal (Terbangun)	Durasi kedipan $<T_{kantuk}$
Mengantuk	Durasi kedipan $>T_{kantuk}$ dan durasi kedipan $<T_{tidur}$
Tidur	Durasi kedipan $\geq T_{tidur}$

C. Sistem Real Time

Sistem *real time* adalah suatu sistem yang menangkap citra memindah bingkai ke dalam memory komputer, melakukan analisis dan perhitungan dan menghasilkan citra lain yang digunakan untuk melakukan aksi, misalnya memberi predikat

pada objek yang diambil citranya seperti sistem sortir, atau menggerakkan manipulator untuk memetik buah pada robot pemanen buah.[6]

Menurut kamus “*Oxford Dictionary Of Computing*”, *real time system* dapat didefinisikan sebagai: “sistem apapun dalam hal waktu dimana suatu keluaran dihasilkan penting. Hal ini biasanya dikarenakan suatu masukan yang berhubungan dengan suatu pergerakan dalam dunia fisik, dan keluaran harus tetap memiliki hubungan dengan pergerakan tersebut. Sistem *real time* adalah ukuran kerja suatu sistem yang menyangkut batasan kerja dan tahapan perancangan sistem.[6]

D. Pengolahan Citra (Image Processing)

Pengolahan citra (*image processing*) adalah pengolahan suatu citra (gambar) dengan menggunakan komputer secara khusus, untuk menghasilkan suatu citra yang lain.[7]

Sesuai dengan perkembangan komputer itu sendiri, pengolahan citra mempunyai dua tujuan utama, yaitu sebagai berikut:

1. Memperbaiki kualitas citra, dimana citra yang dihasilkan dapat menampilkan informasi secara jelas. Hal ini berarti manusia sebagai pengolah informasi (*human perception*).
2. Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra, dimana hasilnya adalah informasi citra dimana manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik atau dengan kata lain *computer* (mesin) melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas (berupa besaran numerik).

Dalam perkembangan lebih lanjut, *image processing* dan *computer vision* digunakan sebagai pengganti mata manusia dengan perangkat *input image capture* seperti kamera dan *scanner* dijadikan sebagai mata dan mesin komputer dijadikan sebagai otak yang mengolah informasi. Oleh sebab itu uncul beberapa pecahan bidang yang menjadi penting dalam *computer vision* antara lain: *pattern recognition* (pengenalan pola), *biometric* (pengenalan identifikasi manusia berdasarkan ciri-ciri biologis yang tampak pada badan manusia), *content based image and video retrieval* (mendapatkan kembali citra atau video dengan informasi tertentu), *video editing* dan lain-lain. [7]

E. Deteksi Kedipan (Blink Detection)

Berdasarkan geometri wajah, mata terletak pada setengah bagian atas wajah. Karena pada umumnya, ketika seseorang berkedip kedua matanya bergerak bersamaan, maka dalam deteksi kedipan mata ini, sistem mengidentifikasi kedipan masing-masing mata, baik mata sebelah kiri ataupun kanan. Dari hasil segmentasi daerah mata yang diperoleh pada tahap sebelumnya, dapat diketahui posisi mata. Untuk itu citra warna pada daerah mata diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*), yaitu dengan menghitung nilai keabuan tiap piksel (x,y). Dimana gray (x,y) adalah nilai intensitas keabuan pada piksel (x,y), sedangkan RGB adalah komponen citra warna. Proses selanjutnya adalah melakukan *equalisasi histogram* pada citra yang bertujuan untuk mengatasi masalah pencahayaan. Tahap berikutnya yang penting adalah operasi morfologi. Dalam

penelitian ini operasi morfologi digunakan untuk menghilangkan *noise* yang ada. Sebelum dilakukan operasi morfologi, dipilih daerah tertentu saja (daerah yang *dibounding*) untuk diproses atau biasa disebut ROI (*Region of Interest*) untuk mempercepat proses komputasi. Setelah menetapkan daerah ROI (pada penelitian ini ROI adalah daerah mata), pada daerah tersebut dilakukan proses *thresholding*, 35 dalam penelitian ini dipilih nilai ambang batas 5. Bila nilai intensitas keabuan piksel dibawah atau sama dengan 5, hasil deteksinya ditandai dengan warna putih, sedangkan bila nilai intensitas keabuannya di atas 5, hasil deteksinya ditandai dengan warna hitam.[8]

F. Metode Haar Cascade Classifier

Proses deteksi adanya citra mata dalam sebuah gambar pada *opencv*, menggunakan sebuah metode yang dipublikasikan oleh Paul Viola dan Michael Jones tahun 2001. Umumnya disebut metode *haar classifier*. Metode ini merupakan metode yang menggunakan statistical model (*classifier*). Metode ini digunakan untuk mengenali objek berdasarkan nilai dari fitur dengan memproses gambar dalam kotak-kotak, setiap kotak terdapat beberapa pixel. Kemudian setiap kotak akan diproses dan nantinya akan diperoleh perbedaan nilai (*threshold*) yang membedakan daerah gelap dan terang. Nilai tersebut yang dijadikan dasar *image processing*. [8]

$$F(Haar) = \sum F_{white} - \sum F_{black} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : F (Haar) = Nilai fitur total

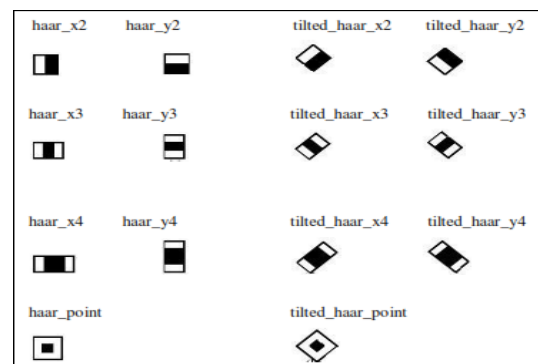
$\sum F_{white}$ = nilai fitur pada daerah terang

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

Pendekatan untuk mendeteksi objek dalam gambar menggabungkan empat konsep utama:

1. Training data
2. Fitur persegi empat sederhana yang disebut fitur haar.
3. *Integral image* untuk pendeteksian fitur secara cepat.
4. Pengklasifikasian bertingkat (*Cascade Classifier*) untuk menghubungkan banyak fitur secara efisien. [8]

Adapun macam-macam variasi *feature haar*:

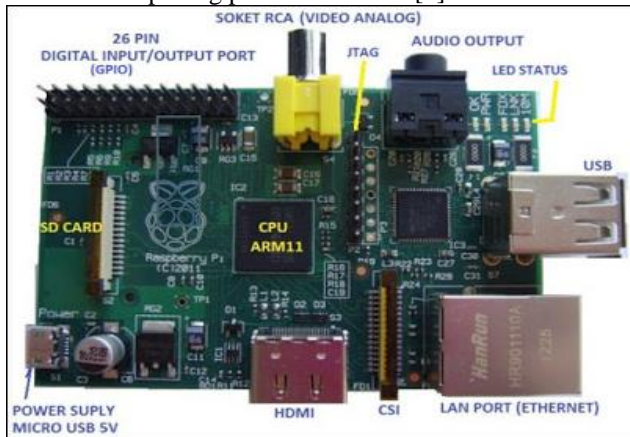


Gambar 2 Feature Haar

G. Raspberry

Raspberry merupakan sebuah modul micro computer yang mempunyai input dan output digital port seperti pada board microcontroller. Diantara kelebihan raspberry dibanding board microcontroller yang lain yaitu mempunyai port atau koneksi untuk display berupa tv atau monitor pc serta koneksi usb untuk keyboard dan mouse. [9]

Raspberry dibuat dengan 2 type yaitu raspberry pi type A dan type B. Perbedaan keduanya terdapat pada ram dan port LAN. Type A ram = 256 Mb dan tanpa port LAN(ethernet) type B = 512 Mb dan terpasang port untuk LAN. [9]



Gambar 3 Raspberry

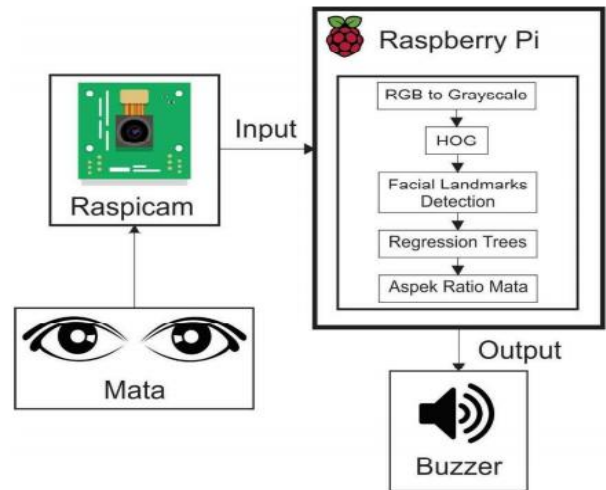
H. Pi Camera Raspberry

Modul kamera OV5647 ini digunakan sebagai night vision camera module atau kamera untuk tingkat cahaya rendah atau malam pada Raspberry Pi. Dilengkapi dengan cahaya infra merah, kamera 5MP ini mampu menangkap gambar dalam kondisi gelap.[10]



Gambar 4 Pi Camera Raspberry

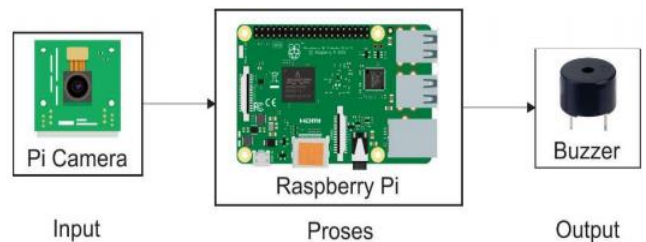
III. Hasil dan Pembahasan



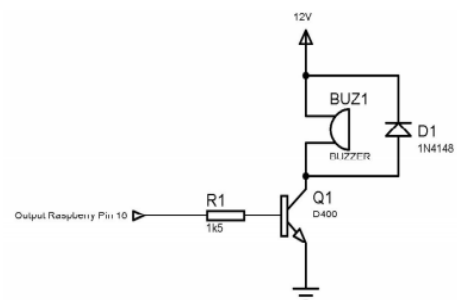
Gambar 5 Perancangan Sistem

Kemudian dilakukan pengujian kesesuaian data yang diambil oleh Pi Camera dan diproses oleh Raspberry Pi dengan cara:

1. Menjalankan program sistem deteksi mata kantuk kemudian mengambil kesimpulan apakah data sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan dan tidak ada kesalahan.
2. Menjalankan program sistem deteksi mata kantuk kepada beberapa orang sebagai sample dan mengambil kesimpulan apakah data rata-rata yang diambil sesuai dengan hasil yang diharapkan.



Gambar 6 Blog diagram sistem deteksi mata kantuk



Gambar 7 Blog diagram rangkaian elektronika

Berikut penjelasan setiap bagian dari blok diagram sistem deteksi mata kantuk.

1. Input

Pi Camera sebagai sensor untuk pengambilan data citra gambar wajah pengemudi.

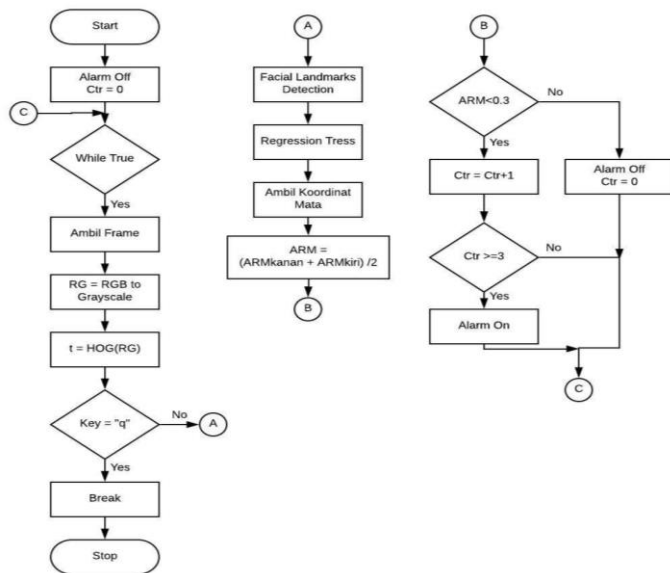
2. Proses

Raspberry Pi 3 Model B, sebagai pengolah data citra gambar wajah yang diolah menghasilkan citra gambar mata menggunakan metode regression tress sehingga diperoleh nilai output.

3. Output

Buzzer sebagai notifikasi alarm kepada pengemudi mobil apabila nilai output yang didapatkan terdeteksi mengantuk.

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa data citra gambar yang diperoleh dari kamera akan diproses oleh Raspberry Pi menggunakan Python dan OpenCV dengan metode Regerssion tress untuk menentukan koordinat mata. Setelah menemukan koordinat mata, maka nilai koordinat mata akan dioleh menggunakan rumus aspek rasio mata untuk menentukan hasil kedipan mata. Apabila hasil aspek rasio mata yang diperoleh berada dibawah thrreshold yang telah ditentukan oleh penulis selama kurun waktu 1 detik, maka buzzer akan aktif sebagai notifikasi alarm.



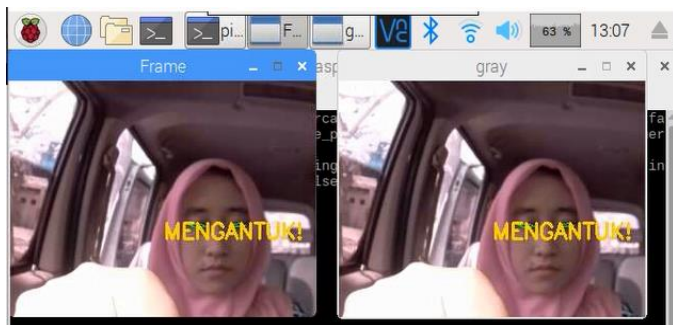
Gambar 8 Flowchart sistem deteksi mata kantuk

Pada Flowchart diatas dapat dijelaskan bagaimana sistem deteksi mata kantuk bekerja. Awal mula sistem mendeklarasikan alarm pada kondisi off dan counter = 0. Sistem akan melakukan infinite looping terus menerus hingga mendapatkan input keyboard berupa karakter “q” dari pengemudi. Kemudian sistem mengambil 2 frame dari kamera untuk diproses lebih lanjut. Proses selanjutnya adalah mengubah data citra gambar pada frame yang telah diambil dari RGB menjadi Grayscale. Dari citra gambar grayscale akan diolah menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients untuk memperkecil proses komputasi selanjutnya dimana hasil dari HOG merupakan area wajah dari pengemudi. Batas koordinat tersebut kemudian akan digunakan untuk pembatas pemetaan 68 penanda koordinat bentuk wajah. Kemudian titik-titik koordinat tersebut akan digeser untuk pemetaan bentuk wajah menggunakan looping regerssor selama beberapa kali. Looping regerssor ini digunakan untuk memberikan penanda pixel pada citra wajah dengan menggunakan metode regression tress. Kemudian sistem mengambil koordinat mata pada 68 penanda koordinat bentuk wajah dimana mata memiliki koordinat 37 hingga 42 untuk mata kiri dan 43 hingga 48 untuk mata kanan. Nilai koordinat (x,y) pada koordinat mata akan diolah menggunakan rumus aspek rasio mata untuk menentukan kedipan mata. Apabila nilai ARM kurang dari 0.3 selama 1 detik atau pada sistem memiliki nilai counter lebih besar sama dengan 3 maka alarm buzzer akan berbunyi selama mata nilai ARM kurang dari 0.3. ketika nilai ARM lebih besar dari 0.3 maka alarm buzzer akan mati dan counter akan direset. Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras (hardware) dan juga perangkat lunak (software) secara keseluruhan yang bertujuan untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan apa tidak.

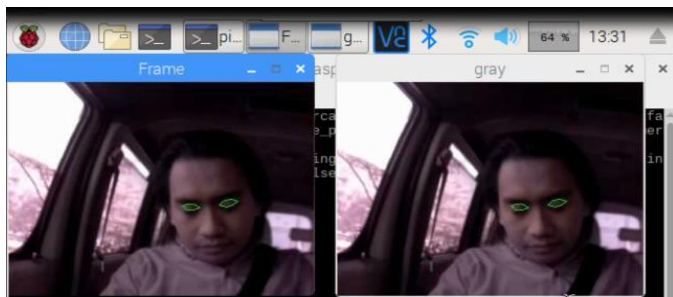
Tabel 2 Pengujian Keseluruhan sistem

Percobaan	Hasil Program	jarak dari kamera (cm)	jeda waktu (s)	Sudut (Derajat)	kondisi buzzer	Keterangan
1	Terdeteksi	30	0.3	0	Aktif	Sesuai
2	Terdeteksi	34	0.5	0	Aktif	Sesuai
3	Terdeteksi	38	0.5	0	Aktif	Sesuai
4	Tidak Terdeteksi	30	0.19	10	Non Aktif	Tidak Sesuai
5	Terdeteksi	35	0.12	10	Aktif	Sesuai
6	Terdeteksi	30	0.7	10	Aktif	Sesuai
7	Terdeteksi	35	0.7	10	Aktif	Sesuai
8	Terdeteksi	35	0.7	10	Aktif	Sesuai
9	Terdeteksi	35	0.12	20	Aktif	Sesuai

10	Terdeteksi	35	0.11	20	Aktif	Sesuai
11	Tidak Terdeteksi	35	0.6	20	Aktif	Tidak sesuai
12	Terdeteksi	30	0.12	20	Aktif	Sesuai
13	Terdeteksi	35	0.17	20	Aktif	Sesuai
14	Terdeteksi	35	0.19	30	Aktif	Sesuai
15	Terdeteksi	38	0.11	30	Aktif	Sesuai
16	Terdeteksi	24	0.12	30	Aktif	Sesuai
17	Terdeteksi	40	0.14	30	Aktif	Sesuai
18	Terdeteksi	41	0.16	30	Aktif	Sesuai
19	Terdeteksi	39	0.18	45	Aktif	Sesuai
20	Terdeteksi	39	0.19	45	Aktif	Sesuai



Gambar 9 Terdeteksi



Gambar 10 Tidak terdeteksi

Pada hasil uji coba tersebut mendapatkan hasil dengan tingkat keberhasilan yaitu 90 % sedangkan tingkat error yaitu 10 %.

IV. Kesimpulan

Pada kesimpulan kali ini dapat dilihat pada data dibawah ini. Data tersebut didasari dengan uji coba perangkat.

1. Tingkat keberhasilan dalam uji coba keseluruhan pada siang hari adalah 90% dan tingkat error adalah 10% dari 20 percobaan.
2. Tingkat keberhasilan dalam uji coba keseluruhan pada malam hari adalah 85% dan tingkat error adalah 15% dari 20 percobaan.
3. Jarak aman untuk menggapai kamera adalah 30 – 50 cm apabila lebih dari jarak tersebut diperlukan kamera yang lebih tinggi tingkat pixelnya.

4. Tingkat kemiringan yaitu menggapai 0 – 45 derajat. Sedangkan jika lebih dari itu maka tidak dapat terdeteksi karena mata tidak terlihat oleh program.

V. Daftar Pustaka

- [1] Arif Nahampun Adnan, dkk. 2015 "Deteksi Keekahan Untuk Pekerja Kantor Berdasarkan Kedipan Mata". Prodi Studi Teknik Informatika, Politeknik Caltex Riau.
- [2] Poli Ekawati Pratiwi, dkk, 2012. "Deteksi Rasa Kantuk Pada Pengendara Kendaraan Bermotor Berbasis Pengolahan Citra Digital". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UNSRAT Manado.
- [3] Ary Prasetya Dedi, dkk. 2012. "Deteksi Wajah Metode Viola Jones Pada OpenCV Menggunakan Pemrograman Phytion". Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] WHO. World Healt Day: Road Safety Is No Accident.2004".
- [5] P.P Caffier, U.Erdmann and P. Ullsperges, 2005. The Spontaneous Eye Blink As Sleepiness Indicator In Ppatients With Obstructive Sleep Apnoea Sydrome-A PilotStudy. Sleep Medicine.
- [6] P Sugiyono, 2010. "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D. Bandung Alfabeta. Utra. Darma. 2010 Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta Penerbit Andi.
- [7] Fedilsyah. 2007. "Computer Vision Dan Pengolahan Citra". Yogyakarta. Penerbit Andi
- [8] Kuswara Rendi. 2013. "Aplikasi Pendeteksi Mata Mengantuk Berbasis Citra Digital Menggunakan Metode Haar Classifier Secara Real Time". Universitas Komputer Indonesia
- [9] <http://17416255201091andrianpratama.blogspot.com/>
- [10] <http://ecadio.com/jual-kamera-night-vision-raspberry-pi>