

Implementasi Pengolahan Citra Pada *Mobile Robot Vision* Dengan Menggunakan Metoda Viola Jones

FEBRIAN HADIATNA¹, M. ICHWAN², NOVIYANTORO S.³

1. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Nasional Bandung
3. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : Red_Claw0708@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini, dibuat sebuah mobile robot vision yang memiliki kemampuan untuk mentracking pola wajah manusia. Robot ini menggunakan metoda Viola-Jones dalam mengenali pola wajah. Mobile robot vision yang dirancang terdiri dari webcam sebagai sensor, personal computer (PC) dan mikrokontroler sebagai kontroler, motor dc sebagai aktuator, serta kabel sebagai media tranmisi data antara webcam ke PC, serta PC ke mikrokontroler. Pengujian yang dilakukan terdiri atas empat jenis pengujian diantaranya yaitu pengujian unit terdiri dari pengujian display, motor dc dan kemampuan webcam mentracking object. Pengujian integrasi terdiri dari pengujian dengan input dari PC dan output pada display dan motor dc, serta input dari webcam dengan output pada display dan motor dc. Pengujian validasi terdiri dari pengujian terhadap intensitas, terhadap multi object serta terhadap foto wajah. Serta pengujian yang terakhir yaitu pengujian sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: *Viola-Jones, wajah, mobile vision.*

ABSTRACT

In this study, made a mobile robot vision that has the ability to tracking the pattern of the human face. This robot uses Viola-Jones method to recognize facial patterns. Mobile robot vision is designed consists of a webcam as a sensor, personal computer (PC) and the microcontroller as a controller, dc motors as actuators, and cable as a data transmission between the webcam to the PC, and PC to the microcontroller. Tests conducted consisted of four types of testing including, unit testing consists of testing, dc motors and webcam capabilities mentracking object. Integration testing consists of testing with the input of the PC and output to the display and dc motors, as well as input from the webcam with the display output and dc motors. Validation testing consists of testing the intensity, multi-object as well as images of faces. And the last test which is testing the system as a whole.

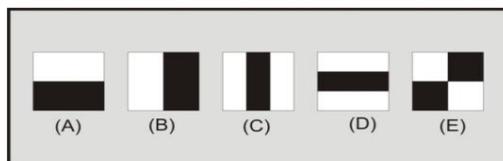
Keywords: *Viola-Jones, face, mobile vision.*

1. PENDAHULUAN

Computer vision merupakan kombinasi dari pengolahan citra, pengenalan pola serta proses pengambilan keputusan. Tujuan utama dari *computer vision* adalah untuk menterjemahkan suatu pemandangan. *Computer vision* fokus pada informasi-informasi yang dimiliki oleh data gambar, kemudian diolah dengan menggunakan algoritma-algoritma tertentu. Banyak manfaat yang dapat diperoleh dari bidang ilmu *computer vision*, salah satunya dapat diaplikasikan pada *mobile robotics*. Dengan menggunakan pengolahan citra pada robot, maka memungkinkan robot untuk dapat bergerak secara *autonomous* sesuai dengan informasi yang diperoleh dari hasil pencitraan pada kamera yang terpasang pada robot.

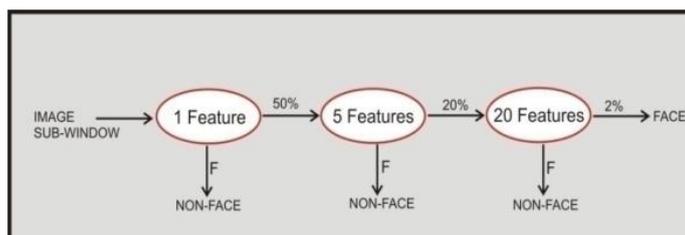
Teknologi robot citra atau yang lebih dikenal dengan *robot vision* kini telah mulai dikembangkan diberbagai bidang. Salah satu aplikasi dari robot ini adalah untuk proses pengintaian, baik digunakan di bidang militer maupun di bidang penelitian jarak jauh. Berdasarkan manfaatnya dalam proses pengintaian tersebut, maka penulis bermaksud untuk merancang *mobile robot vision* tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan pengolahan citra berupa mendeteksi serta mengikuti wajah manusia (*face tracking*), dengan menggunakan metoda *Viola-Jones* untuk pergerakan unit robot beroda.

Metoda *Viola-Jones* dikembangkan oleh Paul Viola dan Micheal Jones pada tahun 2001. Metoda ini menggunakan tiga hal utama dalam melakukan proses pendeteksian *object*, yaitu *cascade of classifier*, *haar-like features* dan algoritma *Ada-Boost*. *Cascade of classifier* merupakan suatu metode klasifikasi yang menggunakan beberapa tingkatan dalam melakukan penyeleksian. Pada setiap tingkatan proses penyeleksiannya dilakukan dengan menggunakan algoritma *Ada-Boost* yang telah di-*training* dengan menggunakan *haar-like feature*. *Haar-Like feature* adalah sebuah fitur dari *image digital* yang digunakan untuk mendeteksi sebuah *object*. Berikut ini Gambar 1 yang menunjukkan beberapa macam *haar-like feature*.



Gambar 1. Macam-macam Fitur Citra

Karakteristik dari algoritma *Viola-Jones* adalah adanya klasifikasi bertingkat. Klasifikasi pada algoritma ini terdiri dari beberapa tingkatan dimana tiap tingkatan mengeluarkan subcitra yang diyakini bukan wajah. Hal ini dilakukan karena lebih mudah untuk menilai subcitra tersebut bukan wajah ketimbang menilai apakah subcitra tersebut berisi wajah. Di bawah ini adalah Gambar 2 yang mengilustrasikan alur kerja dari klasifikasi bertingkat.



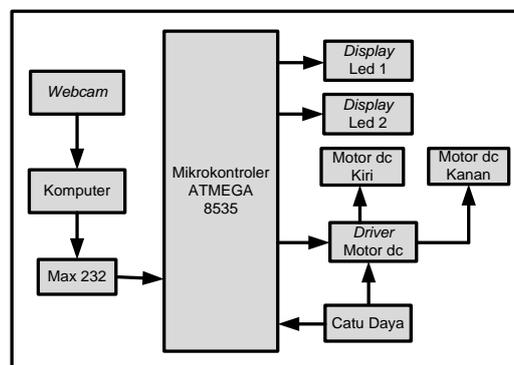
Gambar 2. Blok Diagram Algoritma *Viola-Jones*

Masalah-masalah yang dibatasi pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Bagian *object* yang di deteksi adalah wajah manusia
2. Pergerakan robot terbatas hanya sekitar ± 2 meter.
3. Proses *face tracking* dilakukan dengan posisi wajah saat bergerak selalu memandangi ke arah *webcam*.
4. Pergerakan *object* wajah terbatas hanya pada posisi ke kanan dan ke kiri serta maju dan mundur.
5. Metoda pendeteksian wajah yang digunakan adalah metoda *Viola-Jones*.

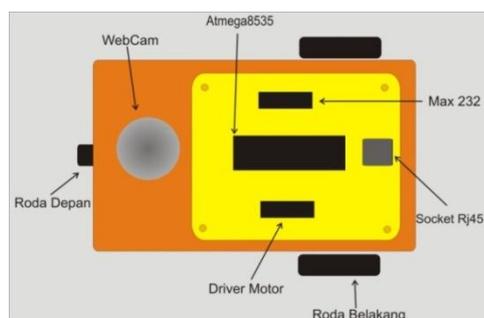
2. PERANCANGAN SISTEM

Berikut ini Gambar 3 yang menunjukkan rancangan arsitektur dari sistem *mobile vision*.



Gambar 3. Arsitektur *Mobile Vision*

Berdasarkan arsitektur *mobile vision* tersebut, maka robot yang akan dibuat di desain seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Robot Tampak Atas

Spesifikasi mekanik dari sistem *mobile vision* ini adalah sebagai berikut :

- a. Sistem *mobile vision* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pertama adalah unit robot serta bagian kedua adalah bagian catu daya robot, konektor *webcam* dan konektor serial. Untuk menghubungkan kedua bagian tersebut digunakan kabel UTP.
- b. Dimensi robot yaitu panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 9 cm.
- c. Sistem pergerakan menggunakan tiga buah roda, dimana dua roda berada pada bagian belakang robot, serta satu buah roda terdapat pada bagian depan. Dua buah roda di posisi belakang, masing-masing terhubung dengan sebuah motor dc, serta satu buah roda dibagian depan tidak terhubung dengan motor dc.

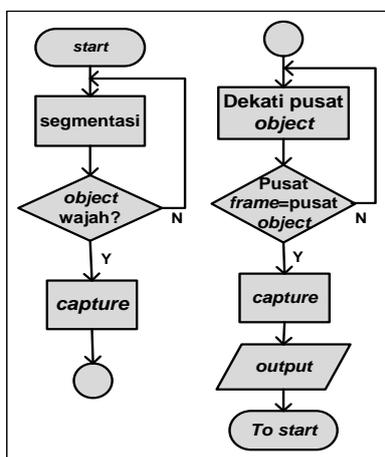
Spesifikasi *hardware* dari sistem *mobile vision* ini adalah sebagai berikut :

- Catu daya yang digunakan sebesar 5 volt.
- Kontroler yang digunakan *personal computer* (PC) dan mikrokontroler ATmega8535
- Sensor yang digunakan *webcam* M-Tech
- Aktuator yang digunakan motor dc 5 volt dengan *driver motor* menggunakan IC L293D
- Media transmisi data berupa kabel UTP dengan panjang ± 2 meter
- Sistem transmisi data berupa USB dan serial
- Display* yang digunakan Led dan *monitor* PC

Spesifikasi *software* dari sistem *mobile vision* ini adalah sebagai berikut :

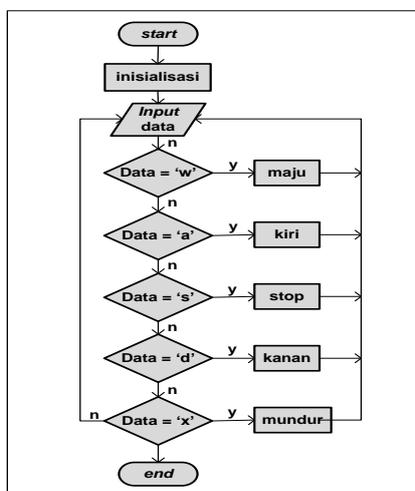
- Program pada mikrokontroler adalah CodeVisionAVR C Compiler
- Program pada *personal computer* adalah Bloodshed Dev C++ dengan penambahan *library*, yaitu OpenCV 2.1 dan FLTK versi 1.3.0

Dari spesifikasi *software* yang digunakan tersebut, kemudian dirancanglah *flowchart* pada masing-masing program yang digunakan. Berikut ini adalah *flowchart* pada program Dev-C++ yang memiliki fungsi untuk memproses citra yang diperoleh dari *webcam*.



Gambar 5. Flowchart Face Tracking (Sumber: Mukhlas Arihutomo,2010)

Pada perancangan program mikrokontroler digunakan *software* codevision AVR. Berikut ini *flowchart* dari program codevision yang digunakan.



Gambar 6. Flowchart pada Program Mikrokontroler

3. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Berikut ini Gambar 7, merupakan implementasi dari perancangan robot serta program pengolahan citra.



Gambar 7. Implementasi *Mobile Vision* dan Program *Face Tracking*

Proses pengujian yang dilakukan terhadap *mobile vision* terdiri dari beberapa pengujian. Berikut ini proses-proses pengujian yang dilakukan.

3.1 Pengujian Unit

Pada pengujian unit, proses yang dilakukan yaitu pengujian terhadap unit *software* serta pengujian terhadap unit *hardware*. Pengujian terhadap unit *software* adalah berupa pengujian program pengolahan citra. Pada pengujian ini, dilakukan pengujian jarak *tracking* wajah yaitu menentukan jarak minimal serta jarak maksimal antara wajah dengan *webcam* agar proses pencitraan dapat dilakukan. Pendeteksian wajah dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Wajah *object* didekatkan pada *webcam* hingga terdeteksi dan proses *tracking* berlangsung.
- b. Setelah terdeteksi, *object* terus mendekati *webcam* hingga diperoleh data mengenai jarak minimal berlangsungnya proses pencitraan antara *object* dan *webcam*.
- c. Setelah jarak minimal dari proses *tracking* diketahui, *object* kemudian menjauhi webcam hingga diperoleh jarak maksimal *webcam* dalam mendeteksi citra *object*.

Hasil pengujian yang diperoleh adalah berupa data nilai W dan H dengan satuannya dalam pixel. Nilai tersebut merupakan nilai dari ukuran lebar *object* ketika ter-*capture* oleh *webcam*. Pada pengujian ini diperoleh data pengujian jarak minimal dan maksimal berlangsungnya proses pencitraan yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Unit *Software*

<i>Object</i> Ke-	Psisi Terdekat Webcam			Posisi Terjauh Webcam		
	H	W	Jarak	H	W	Jarak
1	420	420	45 cm	72	72	308 cm
2	440	440	47 cm	76	76	288 cm
3	418	418	45 cm	76	76	284 cm

Pada proses pengujian jarak *tracking*, pengujian dilakukan oleh tiga *object* wajah yang berbeda. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa kemampuan *webcam* dalam menganalisis *object*-nya terbatas pada jarak minimal rata-rata 45,66 cm serta jarak maksimal rata-rata 293,33 cm. Hal tersebut dikarenakan beberapa sebab, pada pendeteksian dengan jarak minimal, dikarenakan kemampuan komputer dalam menganalisa citra wajah

diperlukan gambar wajah yang tampak secara keseluruhan, oleh karena itu komputer tidak akan mendeteksi citra wajah jika *object* wajah yang menghadap ke arah *webcam* hanya sebagian saja. Pada pendeteksian jarak maksimal, diperoleh jarak 293,33 cm, hal tersebut berkaitan dengan resolusi *webcam* yang digunakan, semakin besar resolusi yang digunakan maka proses deteksi *object* pada jarak terjauh dapat dilakukan.

Pada pengujian terhadap unit *hardware*, pengujian yang dilakukan adalah pada motor dc. Pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian penggunaan *gearbox* pada motor dc, pengujian kecepatan motor dc dengan pengaturan PWM, serta pengujian *navigasi* motor dc. Pada pengujian penggunaan *gearbox* pada motor dc, yang dilakukan adalah membandingkan antara penggunaan motor dc 12 volt tanpa menggunakan *gearbox*, dengan motor dc 5 volt yang menggunakan *gearbox*. Pada penggunaan motor dc 12 volt tanpa *gearbox*, menghasilkan putaran roda yang cepat saat posisi melayang, namun saat berada di jalan robot tidak dapat bergerak. Sedangkan pada penggunaan motor dc 5 volt dengan menggunakan *gearbox*, putaran robot lebih lambat tetapi robot dapat berjalan.

Pada pengujian kecepatan motor dc, proses pengujian yang dilakukan adalah pengaturan PWM motor mulai dari 100% hingga 10%, dengan penurunan kecepatan sebesar 10%. Berikut ini Tabel 2 yang merupakan hasil pengujian kecepatan motor dc.

Tabel 2. Pengujian Unit Kecepatan Motor dc

Tes Ke-	Dutycycle(%)	Ket
1	100	√
2	90	√
3	80	√
4	70	√
5	60	√
6	50	√
7	40	√
8	30	√
9	20	√
10	10	x

Ket : √= motor dc dapat berputar
 X = motor dc tidak dapat berputar

Berdasarkan hasil pengujian kecepatan motor dc, kecepatan minimal yang dapat digunakan oleh motor dc adalah sebesar 20%. Pada pemberian PWM sebesar 20%, kinerja motor dc tidak stabil dalam berputar, sehingga penggunaan PWM motor pada pengujian selanjutnya dengan memberi *input* sebesar 30%. Pada pengujian *navigasi* motor dc, proses pengujian dilakukan dengan pemberian logika 1 atau logika 0 pada masing-masing PORTC.2 sampai PORTC.7 yang merupakan port yang digunakan dalam mengendalikan motor dc.

Tabel 3. Pengujian Unit Navigasi Motor dc

Tes Ke-	Driver Motor dc							
	Motor dc Kanan				Motor dc Kiri			
	PC6	PC2	PC3	Ket	PC7	PC4	PC5	Ket
1	H	L	H	Mundur	H	H	L	Mundur
2	H	H	L	Maju	H	L	H	Maju
3	H	H	L	Maju	H	H	L	Mundur
4	H	L	H	Mundur	H	L	H	Maju

3.2 Pengujian Integrasi

Pada pengujian integrasi, proses pengujian yang dilakukan adalah menggabungkan beberapa unit yang saling terhubung satu dengan yang lainnya, kemudian diadakan pengujian. Pada pengujian yang pertama adalah mengendalikan motor dc dan *display* dengan *input* dari PC. Sistem pengujian yang dilakukan berupa pengujian *navigasi* robot secara *manual* yaitu dengan menggunakan *keyboard* PC sebagai kendalinya. Fungsi dari pengujian ini adalah untuk melihat pergerakan motor dc serta kondisi *display* led secara bersamaan, serta pengujian terhadap kemampuan PC dalam memberi *input* terhadap mikrokontroler. Berikut ini Tabel 4, yang merupakan hasil pengujian terhadap bagian *hardware* dari *mobile vision*.

Tabel 4. Pengujian Integrasi Motor dc dan *Display* Led

Char	Motor dc		Led Kanan	Led kiri	Ket
	Motor Kanan	Motor Kiri			
W	Maju	Maju	Aktif	Aktif	Maju
X	Mundur	Mundur	Mati	Mati	Mundur
S	Stop	Stop	Mati	Mati	Stop
A	Maju	Mundur	Mati	Aktif	Kiri
D	Mundur	Maju	Aktif	Mati	Kanan

Pada pengujian integrasi yang kedua adalah berupa pengujian dengan pemberian *input* berasal dari citra dengan *output*-nya terhadap *display* led dan motor dc. Pada pengujian ini dilakukan secara bertahap, yaitu :

1. pengujian integrasi antara citra dengan *display* led
2. Pengujian integrasi antara citra dengan motor dc, serta
3. Pengujian integrasi antara citra dengan *display* led dan motor dc

Proses pengujian yang dilakukan secara bertahap untuk mempermudah proses analisa saat terjadi kesalahan. Pada proses pengujian integrasi antara citra dengan *display* led, yaitu *webcam* berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi *object* wajah. Jika terdeteksi *object* wajah pada sumbu axis antara 0 sampai dengan 299 pixel, maka led kiri akan aktif dan jika *object* yang terdeteksi berada pada sumbu axis antara 300 sampai dengan 340 pixel maka led akan memeriksa kondisi ukuran *object*, jika *object* memiliki ukuran kurang dari 100 pixel maka kedua led akan aktif bersamaan, sedangkan jika ukuran *object* diatas 100 pixel maka kedua led mati. Jika *object* berada pada sumbu axis antara 341 sampai dengan 640 pixel, maka led kanan yang aktif. Berikut ini Tabel 5 yang menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 5. Pengujian Integrasi *Webcam* dan *Display* Led

Tes Ke-	Posisi Sumbu Axis	Lebar Object	Led Kanan	Led Kiri
1	256	73	Mati	Aktif
2	322	67	Aktif	Aktif
3	324	151	Mati	Mati
4	356	156	Aktif	Mati

Pada pengujian tersebut PC dapat mengolah citra dengan baik serta memberi hasil analisa kepada led dengan benar. Pada pengujian yang kedua, proses pengujian sama dengan proses pengujian dengan *output* pada *display* led, hanya *output* yang digunakan adalah motor dc. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan *mobile vision* secara melayang agar motor dc bergerak di tempat. Berikut ini tabel 6 yang menunjukkan hasil pengujiannya.

Tabel 6. Pengujian Integrasi Webcam dan Motor dc

Tes Ke-	Posisi Sumbu Axis	Lebar Object	Motor Kanan	Motor Kiri
1	256	73	Maju	Mundur
2	322	67	Maju	Maju
3	324	153	Mundur	Mundur
4	356	156	Mundur	Maju
5	321	122	Stop	Stop

Pengujian integrasi yang kedua pada tahapan yang terakhir, proses pengujiannya sama dengan proses pengujian sebelumnya hanya *output* pada led dan motor dc. Berikut ini Tabel 7 yang menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 7. Pengujian Integrasi Webcam dengan Output Led dan Motor dc

Tes Ke-	Posisi Sumbu Axis	Lebar Object	Motor Kanan	Motor Kiri	Led Kanan	Led Kiri
1	251	75	Maju	Mundur	Mati	Aktif
2	321	67	Maju	Maju	Aktif	Aktif
3	326	153	Mundur	Mundur	Mati	Mati
4	420	156	Mundur	Maju	Aktif	Mati
5	325	122	Stop	Stop	Mati	Mati

Analisa yang diperoleh selama proses pengujian kedua berlangsung adalah pada pengujian yang melibatkan motor dc sebagai *output*-nya, sering menyebabkan gangguan pada *webcam*. Hal ini disebabkan kabel *webcam* yang digunakan cukup panjang sedangkan level tegangan pada data *webcam* rendah. *Webcam* rawan mengalami gangguan atau *noise* dari luar, sedangkan motor dc merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat menghasilkan *noise*. Oleh sebab itu *webcam* akan mudah mengalami gangguan pada saat *output*-nya berupa motor dc.

3.3 Pengujian Validasi

Pada pengujian ini dilakukan tiga jenis pengujian. Proses pengujian yang pertama adalah berupa pendeteksian citra dengan intensitas cahaya yang menjadi variabel *control*-nya. Sistem pengujian yang dilakukan adalah pada saat proses pencitraan, intensitas cahaya yang di-*control* berupa kondisi lampu di ruangan pengujian sedang aktif atau mati. Serta wajah *object* berada pada posisi memperoleh pencahayaan atau membelakangi cahaya. Lampu ruangan yang digunakan pada saat proses pengujian berlangsung adalah lampu TL 40Watt dengan jarak antara *object* dan lampu berada sekitar 3 meter. Berikut ini Tabel 8. pengujian intensitas cahaya.

Tabel 8. Pengujian Intensitas Cahaya

Tes Ke-	Kondisi Lampu	Posisi Object	Kondisi Deteksi
1	Mati	bebas	x
2	Aktif	Membelakangi lampu	x
3	Aktif	Memperoleh cahaya	√

Ket : √ = webcam dapat mendeteksi
X = webcam tidak dapat mendeteksi

Pada pengujian pertama, proses deteksi wajah dapat dilakukan jika intensitas cahaya yang terdeteksi oleh *webcam* memiliki intensitas yang cukup, sebab *webcam* yang digunakan tidak dirancang untuk menyesuaikan diri pada kondisi intensitas yang berubah-ubah. Pada pengujian validasi yang kedua, proses pengujian yang dilakukan adalah pendeteksian citra

pada saat *object* yang ter-*capture* oleh *webcam* lebih dari satu. Berikut ini Gambar 8 yang menunjukkan hasil pengujian kedua.



Gambar 8. pengujian terhadap *multi object*

Pada pengujian validasi yang terakhir, proses pengujian yang dilakukan adalah pendeteksian *object* berupa foto wajah. Berikut ini Gambar 9 yang menunjukkan proses pendeteksian foto.

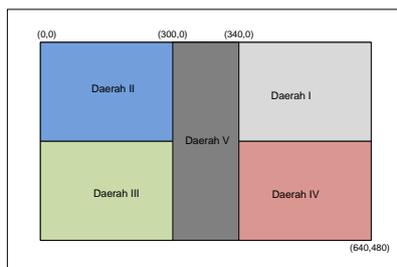


Gambar 9. *tracking* wajah di foto

Berdasarkan hasil pengujian kedua dan ketiga, dapat disimpulkan bahwa sistem pencitraan dengan menggunakan metoda *Viola-Jones* tidak dapat membedakan target wajah tertentu yang ingin di *tracking*, serta tidak dapat membedakan antara wajah asli dengan foto wajah. Program akan menentukan seluruh *object* wajah yang ter-*capture* oleh *webcam* untuk dijadikan target *tracking*. Adanya kelemahan dari metoda ini untuk tidak dapat mengidentifikasi wajah tertentu, dikarenakan metoda *Viola-Jones* hanya mengidentifikasi *object* berdasarkan kriteria-kriteria umum dari suatu wajah (sampel positif wajah), dalam hal ini kriteria tersebut didefinisikan dalam bentuk *haar-like feature*.

3.4 Pengujian Sistem Mobile Vision

Pada pengujian *mobile vision* secara keseluruhan, pengujian yang dilakukan adalah berupa pengujian sistem navigasi robot secara *autonomous* dengan menggunakan *webcam* sebagai sensornya. Proses pengujian *mobile vision* yang dilakukan yaitu pengujian perubahan koordinat target untuk mendekati titik koordinat pusat dari *frame*. Berikut ini gambar pembagian daerah pada *frame* kamera yang membantu dalam proses pengujian.



Gambar 10. pembagian daerah *object*

Sistem pengujian ini untuk menentukan tingkat keberhasilan robot dalam melakukan proses navigasi belok kanan, belok kiri, maju serta mundur dengan masing-masing pengujian dilakukan sebanyak lima kali. Pada pengujian navigasi belok kanan, *object* berada pada daerah I dan IV, sedangkan pada pengujian belok kiri, *object* berada pada daerah II dan III. Navigasi robot dinyatakan berhasil pada saat belok kiri serta belok kanan jika posisi target terletak pada koordinat akhir terhadap sumbu X yaitu berada diantara nilai 300 sampai dengan 340 yaitu pada daerah V.

Pada pengujian navigasi maju dan mundur, *object* berada pada daerah pusat *frame* dengan ukuran *object* yang berbeda-beda. Pada pengujian navigasi maju, ukuran *object* kurang dari 100 pixel, dan untuk navigasi mundur ukuran *object* lebih dari 150 pixel. Navigasi robot dinyatakan berhasil pada saat ukuran tinggi dan lebar target adalah antara 100 pixel sampai dengan 150 pixel.

Tabel 9. Hasil Pengujian Navigasi Belok Kanan

Tes Ke-	Posisi Awal	Posisi Akhir Mendekati daerah V		Ket
		X(pixel)	Y(pixel)	
1	daerah I	307	128	Berhasil
2	daerah I	279	71	Gagal
3	daerah IV	365	358	Gagal
4	daerah IV	304	348	Berhasil

Tabel 10. Hasil Pengujian Navigasi Belok Kiri

Tes Ke-	Posisi Awal	Posisi Akhir Mendekati daerah V		Ket
		X(pixel)	Y(pixel)	
1	daerah II	327	143	Berhasil
2	daerah II	350	175	Gagal
3	daerah III	339	386	Berhasil
4	daerah III	367	373	Gagal

Tabel 11. Hasil Pengujian Navigasi Maju

Tes Ke-	Ukuran Awal Object		Ukuran Akhir Object		Ket
	W(pixel)	H(pixel)	W(pixel)	H(pixel)	
1	82	82	115	115	Berhasil
2	84	84	107	107	Berhasil
3	85	85	111	111	Berhasil
4	87	87	107	107	Berhasil

Tabel 12. Hasil Pengujian Navigasi Mundur

Tes Ke-	Ukuran Awal Object		Ukuran Akhir Object		Ket
	W(pixel)	H(pixel)	W(pixel)	H(pixel)	
1	159	159	133	133	Berhasil
2	162	162	140	140	Berhasil
3	166	166	135	135	Berhasil
4	151	151	141	141	Berhasil

Berdasarkan tabel hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa navigasi robot pada saat *autonomous* tidak akurat, terutama pada saat proses *navigasi* belok serta mudah terjadi *error* pada motor dc. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Proses peng-*capture*-an citra lebih lambat jika dibandingkan dengan kecepatan motor dc saat bergerak sehingga pada saat motor bergerak citra wajah tidak dapat dideteksi.

2. Metoda kontrol pada bagian motor dc yang tidak diatur kecepatannya, sehingga pada posisi jarak terjauh *object* dan posisi jarak terdekat *object* memiliki kecepatan yang sama.
3. kontrol pada motor dc terkadang mengalami *error* hal ini disebabkan oleh proses pengiriman data dari PC ke mikrokontroler lebih cepat dibandingkan proses pengolahan data pada mikrokontroler untuk menggerakkan motor dc.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian terhadap *mobile vision*, dapat disimpulkan diantaranya:

1. Pengolahan citra dengan menggunakan metoda *Viola-Jones* dapat diimplementasikan pada pergerakan robot dengan beberapa keterbatasan.
2. Pengolahan citra dengan menggunakan metoda *Viola-Jones* dapat mendeteksi *object* berupa wajah manusia, namun tidak dapat membedakan identitas wajah *object*-nya serta tidak dapat membedakan antara foto wajah dengan wajah asli. Hal ini diperoleh berdasarkan hasil pengujian validasi terhadap deteksi multi *object* serta pengujian terhadap deteksi *object* berupa foto yang hasil pengujiannya terdapat pada Gambar 8 dan Gambar 9.
3. Berdasarkan pengujian validasi terhadap intensitas cahaya yang terdapat pada Tabel 8, bahwa proses pengolahan citra dipengaruhi oleh adanya intensitas cahaya.
4. Kecepatan sensor *webcam* dalam proses *capture-an frame* setiap detiknya lebih lambat jika dibandingkan dengan kecepatan pada aktuator motor dc saat bergerak sehingga pada saat motor bergerak citra wajah tidak dapat dideteksi, hal tersebut diperoleh selama pengamatan pada saat proses pengujian sistem robot secara keseluruhan.
5. Berdasarkan hasil pengujian sistem *mobile vision* secara keseluruhan yang terdapat pada Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11 dan Tabel 12, pada proses pengujian navigasi belok terdapat gagal dibandingkan dengan navigasi maju atau mundur. Hal ini dikarenakan pergerakan motor dc yang tidak menggunakan metoda *control* khusus, sehingga pada proses navigasi belok, jarak antara *object* dan kamera mempengaruhi keberhasilan terhadap pengujian, sedangkan pada saat navigasi maju dan mundur berlangsung, perubahan ukuran dari lebar *object*-nya tidak terlalu signifikan terhadap perubahan jarak, hal ini diperoleh dari hasil pengujian pada Tabel 1.

DAFTAR RUJUKAN

- Heryanto, M. Ary. (2008). *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. Yogyakarta: Andi.
- Arihutomo, Mukhlas. (2010). *Rancang Bangun Sistem Penjejakan Objek Menggunakan Metoda Viola Jones untuk Aplikasi Eyebot*. Surabaya: ITS.
- Ricky, Michael Yoseph. (2009). *Pengenalan Computer Vision menggunakan openCV dan FLTK*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Bradski, Gary and Adrian Kaehler. (2008). *Learning OpenCV*. United States of America. O'Reilly.