

Game TicTacToe Dengan Gerakan Jari Menggunakan Metode *Viola And Jones*

Raditya Nugraha,

Mahasiswa Jurusan Teknik Informatika, Setiawardhana, S.T, M.T, Nana Ramadijanti, S.Kom, M.Kom
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. (+62)-31-5947280 Fax. (+62)-31-5946114
Email : bacil_juraganpulsa3650@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perkembangan dunia *Game* komputer telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Sehingga para developer *Game* komputer terus mengembangkan *Game* yang user friendly atau mudah digunakan oleh semua orang dengan desain grafik user interface yang menarik dan interaktif. Disamping itu ada beberapa *Game* komputer dengan kendali tanpa menggunakan keyboard dan mouse pada umumnya, seperti dengan gerakan tangan, gerakan kaki, joystick dan masih banyak yang lainnya. Dalam proyek akhir ini dibuat suatu aplikasi *Game* TicTacToe dengan menggunakan gerakan jari sebagai kontrol.

Pendeteksian gerakan jari ini menggunakan web kamera dan menggunakan metode *Viola dan Jones* dan terdapat fungsi *haar cascade* pada library *Open CV*. Kemudian setelah jari dapat dideteksi, selanjutnya pelacakan jari pemain dengan membentuk jari telunjuk dan jari tengah berjauhan dan berdekatan sebagai kontrol *Game* tersebut. *Game* TicTacToe ini dimainkan oleh 2 orang. Pembuatan *Game* TicTacToe ini menggunakan Visual C++.Net 2008.

Kata kunci : *Open CV, Viola and Jones, Haar Cascade.*

ABSTRACT

Computer *Game* has progressed very rapidly. So that the computer *Game* developers continue to develop that *Games* user friendly or easy to use by everyone with a graphical user interface design an attractive and interactive. Besides, there are some computer *Games* with the control without using a keyboard and mouse in general, as with the hand movements, leg movements, the joystick and many others. In this final project created a TicTacToe *Game* applications, using the finger movements as the control.

The detection of finger movement is using a web camera using the method of *Viola and Jones* and there are functions *haar cascade* at the *Open CV* library.. Then after the finger can be detected, then

tracking the player by forming finger index finger and middle fingers apart and close together as a control *Game*. Tic-TacToe *Game* can be played by two person. Making this TicTacToe *Game* using Visual C + +. Net 2008.

Keyword : *Open CV, Viola and Jones, Haar Cascade.*

1. PENDAHULUAN

Semakin maraknya *Game* interaktif yang memungkinkan pengguna dapat berinteraksi langsung di dalam *Game*, seperti pada konsol *Game* terkemuka Nintendo-Wii. Memunculkan ide dari para pembuat *Game* untuk menciptakan *Game* baru yang sesuai dengan para imajinasi *Gamers* (pengguna *Game*) itu sendiri.

Seperti kita ketahui *Game* TicTacToe merupakan permainan logika sederhana yang dimainkan oleh 2 orang pemain, dimana pemain secara bergantian menuliskan simbol "X" atau "O" diatas papan berukuran 3 x 3. Dimana pemain yang lebih dahulu dapat menyusun simbol "X" atau "O" secara berurutan (secara vertikal, horizontal, atau diagonal) sebanyak 3 simbol akan memenangkan permainan ini. Simbol yang telah dituliskan tidak dapat dihapus atau dipindahkan, bila seluruh papan telah terisi namun tidak ada yang dapat menyusun 3 simbol secara berurutan maka permainan dinyatakan seri. Namun dalam pengerjaan proyek akhir ini penulis membuat TicTacToe 5 x 5 agar berbeda dengan TicTacToe yang telah ada selama ini. Namun penulis mempunyai ide untuk membuat sebuah *Game* dengan menggunakan gerakan jari telunjuk dan jari tengah dengan mendekatkan maupun menjauhkan kedua jari tersebut. Sensor dari *Game* ini berasal dari Web Cam sebagai input yang akan mendeteksi ada atau tidaknya gerakan jari.

1.1 Tujuan

Tujuan umum dari pembuatan proyek akhir ini adalah membuat *Game* yang interaktif dan atraktif sehingga mengajak user untuk lebih kreatif dan berpikir dalam bermain *Game*.

Tujuan khusus adalah mendeteksi arah gerakan jari telunjuk dan jari tengah dengan cepat dan tepat. Sehingga diperoleh kondisi yang real time seperti dengan menggunakan keyboard atau mouse.

1.2 Batasan Masalah :

Adapun beberapa hal yang membatasi pemakaiannya dalam proyek akhir ini, antara lain :

- Dua pemain, namun tingkat keakuratan lebih tinggi pada jari penulis.
- Gerakan jari telunjuk dan jari tengah seperti yang telah ditentukan.
- Intensitas cahaya harus cukup
- Jarak kamera dengan objek terbatas.
- Posisi objek jari terletak di sudut 45° menghadap keatas.
- Sementara hanya bisa dengan jenis jari sesuai data training.
- Adanya level melawan Artificial Intelligence yang dibuat oleh penulis pada 3X3 dan 5X5.

2. TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan membahas mengenai teori-teori yang akan dijadikan materi penunjang dalam pembuatan proyek akhir ini. Adapun teori-teori yang akan dibahas di dalam bab ini adalah :

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah suatu metode yang digunakan untuk mengolah gambar sehingga menghasilkan gambar yang sesuai dengan keinginan kita. Pengambilan gambar bisa dilakukan dengan menggunakan kamera atau alat lain yang bisa digunakan untuk mentransfer gambar misalnya scanner atau kamera digital. Bahasan kali ini berfokus pada pengambilan gambar menggunakan web kamera. Sehingga citra yang dihasilkan sudah berbentuk sinyal digital dan mudah dikenali atau dibaca oleh komputer. Citra digital adalah citra kontinyu yang sudah didiskritkan baik koordinat spasial maupun kecerahannya. Citra digital dianggap matrik dengan ukuran $M \times N$ dimana baris dan kolom menunjukkan titik-titiknya. Citra berwarna menggunakan metode RGB. Adapun masing-masing warna dalam tabel memiliki 3 buah kombinasi angka yaitu R, G, dan B yang menentukan proporsi warna merah, warna hijau dan warna biru dari warna tersebut. RGB masing-masing memiliki range antara 0 hingga 63 sehingga jumlah warna yang dapat kita pilih untuk mengisi warna pada sebuah cell ditabel ialah $63 \times 63 \times 63 = 16$ juta warna. Tetapi seluruh tabel hanya dapat diisi dengan 256 pilihan warna.

2.2 Pengertian Gesture

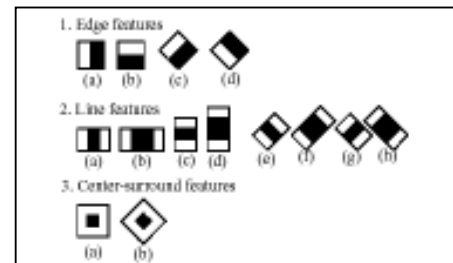
Dalam studi pustaka, Andy Wilson dan Aaron Bobick dalam makalahnya menjelaskan tentang cara kerja gerak tangan manusia dimana gerak tangan manusia setiap gerakannya mengalami moment-moment tertentu misalnya pada saat seseorang tersebut istirahat maupun menggerakkan tangannya. Isyarat dari setiap interaksi nonverbal, menggunakan bahasa gerak baik wajah, tangan, kaki maupun otot-otot yang lainnya sebagai alat untuk berinteraksi dengan komputer.

2.3 Teknik Pengambilan Citra

Permasalahan awal dari pengolahan citra ialah bagaimana cara kita menangkap gambar dari keadaan real untuk kemudian di sampling sehingga terbentuk suatu gambar atau citra digital. Permasalahan ini biasa di sebut dengan *capture*. Proses ini memerlukan alat-alat *capture* yang baik seperti kamera, scanner, light-pen dan lain sebagainya, sehingga kita bisa mendapatkan hasil yang baik pula.

2.4 Haar Fitur

Prosedur pendeteksian obyek ini menggolongkan gambar berdasarkan pada nilai dari fitur sederhana seperti dibawah ini :



Gambar 2.1 Haar Fitur

Ada beberapa alasan mengapa harus menggunakan fitur dari pada pengolahan pixel secara langsung. Alasan yang paling umum adalah bahwa fitur dapat bertindak untuk melakukan encode ad-hoc pada daerah pengetahuan yang sukar untuk dipelajari apabila menggunakan suatu kwantitas data pelatihan yang terbatas. Alasan yang kedua adalah karena operasi dasar dari suatu fitur jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan pengolahan pixel.

2.5 Object Detection

Metode yang digunakan untuk melakukan *object detection* pada proyek akhir ini adalah *Haar Classifier*, yaitu metode object detection yang membangun sebuah boosted rejection cascade, yang akan membuang data training negative sehingga didapat suatu keputusan untuk menentukan data positif. *Haar Classifier* merupakan metode supervised learning, yaitu membutuhkan data training untuk dapat mendeteksi obyek-obyek tertentu. Untuk itu, *Haar Classifier* membutuhkan data positif (obyek yang akan dideteksi) dan data negatif (bukan obyek yang akan dideteksi).

2.6 Teori Viola Jones

Ada 3 kontribusi utama dalam teori viola jones ini, yaitu :

1. Integral Image, yaitu penyajian gambar menggunakan teknik yang mengijinkan perhitungan feature dapat dilakukan dengan cepat karena dilakukan pada waktu yang konstan.

2. Adaptive Boosting atau AdaBoost, adalah metode untuk membangun suatu pengklasifikasi dengan menyeleksi sejumlah fitur penting. Di dalam tiap sub-window image jumlah total dari haar-like fitur sangat besar, jauh lebih besar jika dibandingkan dengan jumlah pixel. Untuk memastikan pengklasifikasi dapat dilakukan secara cepat, proses pembelajaran harus menghilangkan sejumlah fitur-fitur mayoritas yang tersedia, dan memusatkan pada sekumpulan kecil fitur-fitur yang perlu.
3. Mengkombinasikan pengklasifikasi dalam sebuah struktur cascade yang akan meningkatkan kecepatan dari proses pendeteksian, yaitu dengan cara memusatkan perhatian pada daerah-daerah dalam image yang berpeluang saja. Hal ini dilakukan untuk menentukan di mana letak obyek yang dicari pada suatu gambar.

2.6 OpenCV Library

OpenCV adalah suatu library gratis yang dikembangkan oleh developer-developer Intel Corporation. Library ini terdiri dari fungsi-fungsi computer vision dan image processing tingkat tinggi. OpenCV sangat disarankan untuk programmer yang akan berkecukupan pada bidang computer vision, karena library ini mampu menciptakan aplikasi yang handal, kuat dibidang digital vision. Karena library ini bersifat cuma-cuma dan sifatnya yang open source, maka dari itu OpenCV tidak dipesan khusus untuk pengguna arsitektur Intel, tetapi dapat dibangun pada hampir semua arsitektur.

Saat ini para developer dari Intel Corporation telah membuat berbagai macam versi, yaitu:

- openCV untuk bahasa pemrograman C/C++,
- openCV untuk bahasa pemrograman C# (masih dalam tahap pengembangan), dan
- openCV untuk bahasa pemrograman Java.

untuk bahasa pemrograman C# dan Java, karena masih dalam tahap pengembangan, maka kita membutuhkan library lain sebagai pelengkap kekurangan yang ada. Namun untuk bahasa pemrograman C/C++ tidak memerlukan library lainnya untuk pemrosesan pada computer vision.

2.7 Algoritma Minimax

Algoritma minimax merupakan basis dari semua permainan berbasis AI seperti permainan catur misalnya. Pada algoritma minimax, pengecekan akan seluruh kemungkinan yang ada sampai akhir permainan dilakukan. Pengecekan tersebut akan menghasilkan pohon permainan yang berisi semua kemungkinan tersebut. permainan *tic-tac-toe* ini mempunyai lebih sedikit kemungkinan solusi, sehingga kita akan mempunyai cukup komputasi untuk memainkan setiap kombinasi langkah dari setiap posisi dan

kondisi. Namun hal ini dapat dihindari dengan membatasi sejauh mana komputer akan menganalisis hasil dari langkah-langkah yang mungkin (menentukan kedalaman pohon).

Tetapi dengan hal ini, kita harus menambah kedalaman pohon tersebut setiap langkahnya agar kedalaman pohon pada *state* tersebut sama dengan *state* sebelumnya. Algoritma minimax ini bekerja secara rekursif dengan mencari langkah yang akan membuat lawan mengalami kerugian minimum. Semua strategi lawan akan dihitung dengan algoritma yang sama dan seterusnya. Ini berarti, pada langkah pertama komputer akan menganalisis seluruh pohon permainan. Dan untuk setiap langkahnya, komputer akan memilih langkah yang paling membuat lawan mendapatkan keuntungan minimum, dan yang paling membuat komputer itu sendiri mendapatkan keuntungan maksimum.

Dalam penentuan keputusan tersebut dibutuhkan suatu nilai yang merepresentasikan kerugian atau keuntungan yang akan diperoleh jika langkah tersebut dipilih. Untuk itulah disini digunakan sebuah fungsi *heuristic* untuk mengevaluasi nilai sebagai nilai yang merepresentasikan hasil permainan yang akan terjadi jika langkah tersebut dipilih.

Biasanya pada permainan *tic-tac-toe* ini digunakan nilai 1,0,-1 untuk mewakili hasil akhir permainan berupa menang, seri, dan kalah. Dari nilai-nilai *heuristic* inilah komputer akan menentukan simpul mana dari pohon permainan yang akan dipilih, tentunya simpul yang akan dipilih tersebut adalah simpul dengan nilai *heuristic* yang akan menuntun permainan ke hasil akhir yang menguntungkan bagi komputer. Pembentukan pohon pencarian solusi digunakan dengan menggunakan konsep *depth-first*, dimulai dari awal permainan sampai akhir permainan. Setelah itu, posisi akhir permainan dievaluasi melalui sudut pandang MAX seperti gambar dibawah ini :

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Instalasi dan Konfigurasi OpenCV

OpenCV adalah suatu library computer vision yang dibuat oleh para developer Intel Corporation yang bersifat Open Source, library tersebut merupakan kumpulan fungsi-fungsi C dan beberapa kelas C++ yang mengimplementasikan banyak algoritma-algoritma Image Processing dan Computer Vision.

Modul-modul OpenCV, antara lain:

- cv* – fungsi-fungsi utama OpenCV,
- cvaux* – fungsi tambahan (eksperimental) OpenCV,
- cxcore* – dukungan struktur data dan aljabar linear,
- highgui* – fungsi-fungsi yang menangani masalah GUI.

3.2 Perancangan Sistem *Game*

3.2.1 Perancangan Sistem image Processing

Perancangan sistem ini dimulai dari training objek jari menggunakan algoritma Haar cascade yang di lakukan dengan menggunakan OpenCV, objek jari yang digunakan sudah didefinisikan terlebih dahulu dengan menggunakan jari yang spesifik warna dan bentuknya, perancangan deteksi ini secara murni menggunakan tool yang telah disediakan oleh Haar Cascade.

Pengolahan citra dilakukan dengan training image pada algoritma haar training. Dengan keterangan sebagai berikut:

Mempunyai 2600 data gambar positif masing-masing objek, yang dimaksud gambar positive adalah gambar yang didalamnya terdapat gambar suatu objek yang akan dideteksi. Seperti, gambar jari. Kemudian mempunyai 3000 gambar negatif ,yang dimaksud dengan gambar negative adalah suatu gambar yang didalamnya tidak terdapat suatu objek yang akan dideteksi dan gambar tersebut bertipe grayscale. Kemudian dilakukan crop gambar objek pada gambar positif sesuai dengan objek yang akan dideteksi.

Setelah keseluruhan proses cropping selesai maka akan didapatkan nilai vector gambar tersebut, kemudian dilakukan proses training haar. Taining haar ini memerlukan waktu yang cukup lama, berdasarkan jumlah gambar dan jumlah stage yang terdapat pada training. Semakin banyak jumlah gambar dan semakin besar nilai stage, maka hasil deteksi objek yang di dapatkan juga semakin baik. Setelah training ini selesai, maka akan didapatkan nilai variable cascade. Nilai cascade tersebut kemudian dikonvert menjadi xml database. dengan menggunakan nilai Xml tersebut pada program. Maka program akan dengan mudah mendeteksi objek yang terdapat pada gambar.



Gambar 3.1 Gambar Positif

Selanjutnya dari sekumpulan gambar positif tersebut dilakukan data bounding atau cropping terhadap objek spesifik yang akan dideteksi, sebagai contoh gambar positif yang telah di bounding sebagai berikut.

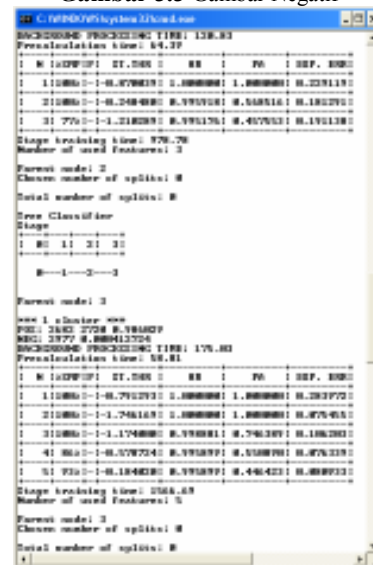


Gambar 3.2 Proses crop dan bounding pada data positif.

Data negative adalah sekumpulan gambar yang tidak mengandung obyek yang akan dideteksi, Berikut ini adalah contoh data-data negative yang digunakan selama *training* data untuk *HaarClassifier*:



Gambar 3.3 Gambar Negatif



Gambar 3.4 Proses Training Stage 3

Untuk memudahkan proses pembacaan pada program, openCv menggunakan file xml agar dapat membaca cascade classifier yang telah dihasilkan pada proses training. Oleh karena itu folder cascade classifier tersebut harus di ubah dahulu ke dalam bentuk xml menggunakan convert.exe. yang telah disediakan oleh openCv.



Gambar 3.5 Convert Cascade ke File XML

3.2.2 Deteksi Objek

Setelah training selesai maka xml akan menjadi suatu database objek deteksi sudah. Kamera akan menangkap gambar kemudian aplikasi melakukan load database pada xml yang sudah terbuat maka aplikasi akan mencari objek yang akan dideteksi.

Aplikasi akan mengcapture image dari webcam hasil capture tersebut akan melakukan konversi warna RGB ke Gray. selanjutnya gambar/image grayscale tersebut dirubah skalanya.



Gambar 3.4 Hasil deteksi jari

3.3 Implementasi System Pada Game

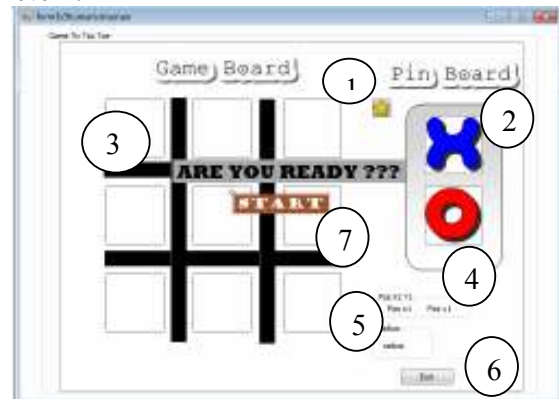
Setelah deteksi objek jari berhasil selanjutnya akan digabungkan dengan sistem pada Game. Deteksi objek jari berfungsi sebagai pengganti mouse dalam menggerakkan pointer pada Game, pointer ini digunakan untuk mengambil dan meletakkan objek gambar yang di inginkan. Design interfacenya di buat dengan bahasa C++.Net pada Microsoft Visual Studio 2008 menggunakan Windows Form Application. Interface ini bertujuan untuk memudahkan user untuk menggunakan aplikasi ini. Berikut ini adalah tampilan awal interface Game Tic Tac Toe



Gambar 3.5 Interface awal Game

Dalam Game ini, terdapat 3 level yaitu level 1 : Game Tic Tac Toe 3x3 antara user dengan user, level 2 : Game Tic Tac Toe 3x3 antara user dengan computer. Di level 2 ini user bisa memilih sebagai

pemain pertama atau sebagai pemain kedua. Dan level 3 yaitu Game Tic Tac Toe 5x5 antara user dengan user. Berikut adalah tampilan Game Tic Tac Toe level 1.



Gambar 3.6 Game Tic Tac Toe 3x3

Keterangan :

1. Picture box yang terdeteksi oleh gerakan jari sebagai pointer dalam Game.
2. Tempat Pin untuk mengambil Pin X atau Pin O.
3. Tempat Game Board untuk meletakkan Pin X atau Pin O yang telah diambil oleh user dan sebagai action untuk dianggap menjadi sebuah langkah pada Game.
4. Posisi pointer dalam koordinat x dan y.
5. Nilai radius dari deteksi jari dan dianggap sebagai variabel untuk meletakkan dan mengangkat pin dalam Game.
6. Tombol untuk menghentikan Game.
7. Label untuk memulai Game.

Berikut ini juga adalah tampilan Game Tic Tac Toe pada level 3 yaitu 5X5.



Gambar 3.7 Game Tic Tac Toe 5x5

4. ANALISA DAN PENGUJIAN

Pengujian pada proyek akhir ini meliputi pengujian speech recognition, deteksi jari hingga keseluruhan jalannya Game. Hal ini dimaksudkan untuk menguji tingkat keberhasilan sistem dalam kondisi tertentu, misalkan: kondisi ruangan yang

kurang akan pencahayaan. Sehingga dapat di peroleh analisa pada tiap masalah yang muncul.

4.1 Pengujian Deteksi Jari

Pengujian ini terdiri dari :

- Pengujian terhadap cahaya

Tabel 4.1 Pengujian Terhadap Cahaya

PERCOBAAN	GELAP	NORMAL	TERANG
1	√	√	√
2	√	√	√
3	√	√	√
4	√	√	√
5	√	√	√
6	√	X	√
7	√	√	√
8	X	√	X
9	√	√	√
10	√	√	√
Rata-rata	90%	90%	90%

Analisa :

Dari tabel pengujian cahaya di atas dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan deteksi yang baik di butuhkan pencahayaan yang cukup. Dan hampir di segala kondisi cahaya, sistem cukup handal untuk mendeteksi jari.

- Jarak jari dengan kamera

Tabel 4.2 Pengujian Terhadap Jarak Dengan Cahaya Normal

Percobaan	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
1	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	X
3	√	√	√	√	√
4	√	√	√	X	X
5	√	√	√	√	√
6	√	√	X	√	X
7	√	√	√	X	√
8	√	√	√	√	X
9	√	√	√	√	√
10	√	X	X	X	X
Rata-rata	100%	90%	80%	70%	50%

Analisa :

Dari tabel 4.2 pengujian jarak objek jari dengan kamera dalam kondisi cahaya normal di atas dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan deteksi jari yang baik, jarak yang optimal diantara jarak 10-20 cm dari depan kamera dengan tingkat keberhasilan antara 80% hingga 100%.

- Kecepatan Jari

Tabel 4.3 Pengujian Terhadap Kecepatan Gerakan dan kondisi cahaya dalam keadaan normal

PERCOBAAN	DIAM	SEDANG	CEPAT
1	√	√	√
2	√	√	√
3	√	√	√
4	√	√	√
5	√	√	√
6	√	√	√
7	√	√	√
8	X	√	X
9	√	√	√
10	√	√	√
Rata-rata	90%	100%	90%

Analisa :

Dari tabel 4.3 dapat disimpulkan terlihat bahwa pemain dapat menggerakkan jari dengan lancar, dan nilai keberhasilan kecepatan deteksi hampir sama dalam keadaan cahaya normal.

- Pengujian Berbagai Kamera

1. Pengujian Kamera Logitech QuickCam S5500

Analisa :

Dari gambar pengujian ini dapat disimpulkan bahwa ukuran default pada kamera Logitech QuickCam S5500 ini cocok untuk ukuran 320 pixel x 240 pixel.

Selain itu dapat disimpulkan terlihat bahwa deteksi jari menggunakan kamera Logitech QuickCam S5500 pada resolusi 640 pixel x 480 pixel menghasilkan deteksi dengan resolusi yang di resize dari 320 pixel x 240 pixel menjadi 640 pixel x 480 pixel, sehingga tampak gambar agak blur.

2. Pengujian Kamera Logitech C500

Analisa :

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa ukuran default pada kamera Logitech C500 ini cocok untuk ukuran 320 pixel x 240 pixel.

Selain itu dapat disimpulkan terlihat bahwa deteksi jari menggunakan kamera Logitech C500 pada resolusi 640 pixel x 480 pixel terjadi agak lambat untuk pergerakan deteksi jari. Dikarenakan di resize menjadi 640 pixel x 480 pixel.

3. Pengujian HP Webcam Compaq Presario CQ45

Analisa :

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa ukuran default pada kamera HP Webcam Compaq Presario CQ 45 ini cocok untuk ukuran 640 pixel x 480 pixel namun ada sedikit perbedaan warna yang dihasilkan dalam pengambilan gambar oleh kamera ini dari 2 kamera pengujian sebelumnya.

- Pengujian Berbagai Sudut dari Kamera

1. Sudut 0° atau Tegak lurus
2. Sudut 30° terhadap kamera
3. Sudut 45° terhadap kamera

Kesimpulan pengujian yaitu semakin banyak cahaya di sekitar ruangan. Maka menghasilkan deteksi jari yang sangat baik, jarak terbaik antara jari dengan kamera adalah berjarak 10 – 15 cm. posisi jari paling mudah terdeteksi pada posisi 0° dan 45° .

4.2 Pengujian *Game Tic Tac Toe*

- Pengujian Analisa Maju Mundur Jari Sebagai Langkah *Game*

Tabel 4.4 Pengujian Analisa Maju Mundur Sebagai Langkah *Game*

PERCOBAAN	Posisi Awal	Posisi Angkat	Posisi Lepas
1	15 cm	9 cm	14 cm
2	15 cm	8 cm	13 cm
3	17 cm	11 cm	15 cm
4	16 cm	10 cm	14 cm
5	15 cm	9 cm	13 cm
Rata-rata	15 cm	9 cm	14 cm

Analisa :

Dari tabel 4.4 pengujian analisa maju mundur sebagai langkah *Game*, dapat disimpulkan bahwa untuk posisi awal game, jari harus terletak di depan kamera dengan jarak 15 cm, kemudian untuk mengangkat pin, posisi jari berada di posisi 9 cm dari depan kamera, dan untuk melepas pin, posisi jari berada di posisi 14 cm dari depan kamera.

Dari pengujian deteksi jari dan implementasi pada *Game Tic Tac Toe* didapatkan bahwa kondisi terbaik deteksi jari pada saat *Game Tic Tac Toe* berjalan ketika dengan cahaya dari ruangan, karena jika memakai cahaya dari matahari, tingkat deteksi jari agak sulit.

Selain dari kondisi pencahayaan, deteksi jari pada *Game Tic Tac Toe* terjadi banyak noise atau gangguan yang seharusnya tidak dianggap sebagai jari namun terkena deteksi seperti warna kulit pada bagian tubuh yang lain. Sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk menggunakan deteksi jari sebagai pointer dalam *Game Tic Tac Toe* proyek Tugas Akhir ini.

5. KESIMPULAN

Setelah melaksanakan pengujian dan analisa pada system "*Game Tic Tac Toe Dengan Gerakan Jari Menggunakan Metode Viola Jones*", maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses deteksi jari baik pada area dengan intensitas cahaya yang normal dan terang.
2. Keberhasilan pada proses training data akan menentukan tingkat keberhasilan dalam deteksi objek.
3. Semakin banyak jumlah data training dan jumlah stages dalam cascade classifier maka akan semakin akurat dalam pendeteksian objek tetapi akan membutuhkan waktu training yang lebih lama. Jumlah Data
4. Jarak optimal yang masih mampu dideteksi oleh system adalah 10-20 cm, selebihnya system kurang handal mendeteksi adanya jari.

5. Posisi sudut yang dapat terdeteksi oleh jari pada kondisi tegak lurus 0^0 hingga 45^0 dari depan kamera.
6. Pengujian maju dan mundurnya sebagai langkah game, jarak optimal dari kamera pada posisi awal 15 cm dari kamera, posisi mengangkat pin pada jarak 9 cm dari kamera, posisi meletakkan pin pada jarak 14 cm dari kamera.
7. System mampu mengenali obyek jari dengan baik jika jari berada dalam keadaan diam atau bergerak dalam keadaan lambat. Namun implementasi pada *Game* terjadi sedikit noise yang terjadi dalam deteksi jari.

DAFTAR PUSTAKA

1. http://lecturer.eepis-its.edu/~nana/index_files/materi/Teori_Citra/P_ertemuan_2.ppt diakses tanggal 10 Januari 2011 pukul 11.00.
2. http://lecturer.eepis-its.edu/~nana/index_files/materi/Teori_Citra/P_ertemuan_1.ppt diakses tanggal 10 Januari 2011 pukul 10.00.
3. Andrew D. Wilson and Aaron F. Bobick. "Realtime Online Adaptive Gesture Recognition." International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, September 3-8, 2000, accepted for publication.
4. Yusuf. "Pembuatan *Game Puzzle Gambar Dengan Gerakan Tangan dan Perintah Suara*", EEPIS – ITS. 2010.
5. Stevanus, Daniel. "Pembuatan *Game Arcade Dengan Kendali Tongkat dan Deteksi Suara*", EEPIS-ITS. 2010.
6. Ardiansyah Rizkey. "Kendali *Game Tetris Menggunakan Gerakan Tangan*", EEPIS-ITS. 2009.
7. Risa Indah Agustriany Lubis, "Pengendali Pointer dengan Gaze Tracking Menggunakan Metode Haar Cascade sebagai Alat Bantu Presentasi (Eye Pointer)", EEPIS-ITS, 2009.
8. Paul Viola and Michaels J. Jones. "Rapid Object Detection using boosted Cascade of Simple Features". IEEE CVPR, 2001.
9. Open computer vision library. <http://sourceforge.net/project/opencvlibrary/>.
10. Gary Bradski & Adrian Kaehler, *Learning OpenCV Computer Vision with OpenCV Library*, O'REILLY.
11. http://note.sonots.com/SciSoftware/haartrainin_g.html diakses pada tanggal 1 Desember 2010 pukul 10.00.
12. Sholih, Khoirush R. A. Algoritma Minimax Dalam Pengambilan Keputusan Pada Permainan Tic-Tac-Toe. STEI ITB. 2007.
13. http://nashruddin.com/OpenCV_Face_Detectio_n diakses tanggal 30 Desember 2010 pukul 12.00.