

APLIKASI WEBCAM UNTUK MENJEJAK PERGERAKAN MANUSIA DI DALAM RUANGAN

Kuncoro Adi D¹, Lukas B. Setyawan², F. Dalu Setiaji³

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen SatyaWacana, Salatiga

¹kuncoroadi26@yahoo.co.id, ²lukas.bs@gmail.com, ³fdsetiaji@yahoo.com

INTISARI

Penggunaan CCTV sebagai kamera pengawas biasanya ditempatkan secara statis di berbagai tempat. Karena sifatnya statis maka jangkauan pengawasannya terbatas. Suatu sistem keamanan alternatif dapat dirancang menggunakan *webcam* yang difungsikan sebagai kamera pengawas ruangan yang mampu melakukan pendeteksian dan penjejakan obyek (manusia) bergerak serta mengikuti pergerakan obyek tersebut dengan memanfaatkan teknik pemrosesan citra. Metode pemrosesan citra pada alat yang dibuat ini adalah *frame differencing*, yaitu dengan membandingkan satu *frame* (citra) dengan *frame* sebelumnya. Jika ada perbedaan pada kedua *frame* tersebut berarti sebuah gerakan telah terdeteksi. Proses selanjutnya adalah segmentasi obyek bergerak dan pengiriman perintah gerak ke motor servo sebagai penggerak kamera melalui mikrokontroler. Dari pengujian yang dilakukan, beberapa faktor mempengaruhi kinerja sistem penjejak, di antaranya *frame rate webcam*, kecepatan eksekusi algoritma pemrosesan citra, dan kecepatan gerak kamera. Intensitas cahaya ruangan turut mempengaruhi kinerja sistem dikarenakan *webcam* yang digunakan secara otomatis akan mengurangi nilai *frame rate* ketika intensitas cahaya kurang. Pada ruang pengujian berukuran 4m × 5m dengan intensitas cahaya ruangan 87 lux, nilai tertinggi jumlah *miss detection* sistem dalam menjejak satu obyek adalah sebesar 3% sedangkan pada intensitas 22 lux meningkat menjadi 26,2%. Jika terdapat dua obyek bergerak pada ruang pengujian, sistem akan melakukan penjejakan terhadap obyek bergerak terakhir yang dapat dideteksi.

Kata kunci: *webcam, frame differencing, frame rate.*

1. PENDAHULUAN

Sistem keamanan yang populer menggunakan kamera pengawas (CCTV atau *Close-Circuit Television*). Berbagai macam bentuk kejahatan telah terungkap dengan bantuan CCTV tersebut. Pemasangan kamera pengawas diperlukan di berbagai tempat seperti di fasilitas umum, obyek vital, dan kawasan tertentu yang dianggap penting [1]. Penggunaan kamera pengawas dimaksudkan agar setiap aktivitas yang terjadi pada suatu ruang atau tempat dapat diawasi dengan baik. Namun demikian, dalam pemasangannya, CCTV membutuhkan perangkat tambahan yang dipasang pada komputer, misalnya *DVR (Digital Video Recording) card* atau *TV Tuner*. Komputer yang digunakan juga harus memiliki spesifikasi tinggi.

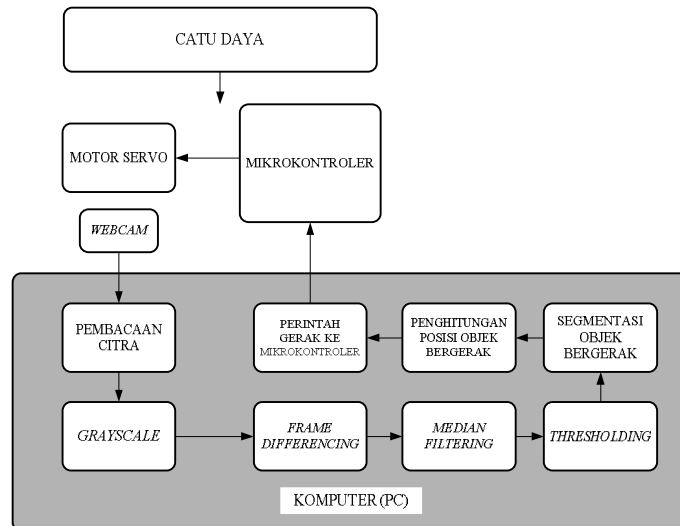
Menurut salah satu perusahaan keamanan proteksi data, identitas dan akses, *CSO Security and Risk* (Amerika Serikat), penggunaan kamera pengawas yang dilengkapi pendeteksi adanya gerakan adalah hal yang penting [2]. Untuk itu, melalui perancangan ini, dibangunlah suatu sistem penjejakan obyek bergerak menggunakan *webcam* yang digunakan sebagai alternatif pengganti CCTV karena harganya yang relatif terjangkau serta penggunaannya yang lebih fleksibel [3].

Untuk melakukan pendeteksian obyek bergerak melalui kamera, diperlukan suatu metode pengolahan citra yang memungkinkan suatu sistem memiliki kemampuan untuk melihat seperti layaknya makhluk hidup. Citra digital yang ditangkap oleh sensor visual (kamera) diproses melalui perangkat lunak pengolahan citra agar didapatkan suatu informasi yang kemudian dijadikan masukan pada sistem lainnya. Informasi yang dihasilkan dapat berupa posisi, arah pergerakan, dan lainnya.

Sistem penjejakan obyek bergerak ini dibuat dengan menggabungkan dua pengendali yaitu komputer (PC) sebagai pengolah citra digital serta pengendali perintah pergerakan dan mikrokontroler sebagai pengendali motor servo (*pan* dan *tilt*) yang digunakan untuk mengatur arah orientasi gerak kamera. Melalui pemrosesan citra yang dilakukan, gambar tangkapan kamera (*webcam*) akan diolah untuk dideteksi ada atau tidaknya pergerakan obyek dan melakukan penjejakan apabila dideteksi ada obyek yang bergerak. Pendeteksian dan penjejakan obyek yang bergerak dimaksudkan agar gambar obyek yang diamati dapat ditangkap dengan baik oleh kamera pengawas sekali pun obyek tersebut bergerak secara bebas dalam ruang yang diawasi.

2. PERANCANGAN ALAT

Diagram kotak alat yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alat penjejak obyek bergerak.

Webcam pada alat ini berfungsi untuk mengambil gambar yang kemudian akan dikirimkan kepada PC untuk diolah. Pengolahan citra yang dilakukan oleh PC bertujuan mendapatkan posisi dan dimensi obyek bergerak dari citra yang dihasilkan *webcam*. PC akan mengolah citra masukan dari *webcam* kemudian memberikan perintah pergerakan ke mikrokontroler melalui komunikasi serial apabila hasil pengolahan citra menunjukkan ada obyek bergerak di dalamnya. Sedapat mungkin obyek bergerak diletakkan pada jangkauan pengamatan *webcam* sehingga pergerakannya dapat diawasi dengan baik.

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra pada sistem penjejak obyek bergerak dilakukan dalam beberapa tahap. Di antaranya adalah pengambilan gambar melalui *webcam*, pengubahan citra RGB menjadi citra *grayscale*, proses *frame differencing*, proses *median filtering*, proses *thresholding*, proses segmentasi obyek bergerak, dan perintah gerak ke mikrokontroler. Seluruh perancangan perangkat lunak pengolahan citra dibuat dengan menggunakan Matlab 7.04 yang dijalankan di bawah sistem operasi Windows XP SP3.

2.1.1. Pembacaan Citra Melalui Webcam

Citra yang digunakan berupa citra digital berukuran 320×240 piksel yang diperoleh dari sebuah webcam LOGITECH QuickCam E3500 Plus yang disambungkan pada port USB komputer. Pengambilan citra dilakukan terus menerus dengan cara mengambil 2 citra (*frame*) berurutan untuk kemudian diolah pada proses berikutnya, demikian seterusnya.

2.1.2. Mengubah Citra RGB ke Citra Grayscale

Citra yang dihasilkan oleh webcam adalah citra RGB. Proses pengubahan ke bentuk citra grayscale bertujuan untuk menyederhanakan model citra. Dengan ukuran data citra yang lebih kecil, maka proses pengolahan citra dapat disederhanakan.

2.1.3. Frame Differencing

Metode *frame differencing* atau perbedaan *frame* adalah penghitungan selisih antara *frame* yang satu dengan *frame* yang lainnya, dalam hal ini adalah *frame* sekarang dikurangi *frame* sebelumnya sehingga didapatkan obyek yang diinginkan [4]. Metode *frame differencing* dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$F_{(n)} = | D_{(n+1)} - D_{(n)} |$$

$F_{(n)}$ = matriks citra hasil *frame differencing* ke- n

$D_{(n+1)}$ = matriks citra ke- $(n+1)$

$D_{(n)}$ = matriks citra ke- n

2.1.4. Median Filtering

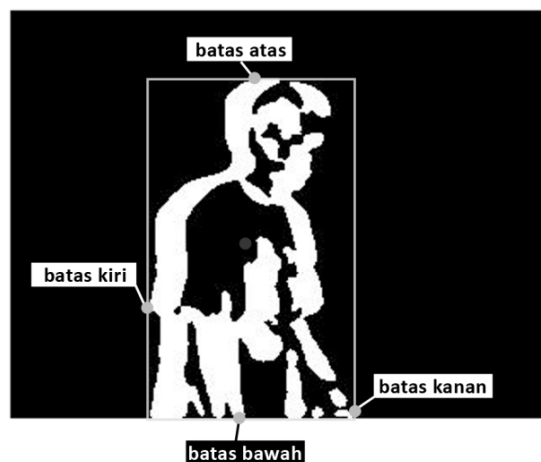
Median filter merupakan salah satu *filter* non-linear yang digunakan untuk mengurangi derau (derau pada kasus ini berupa bintik-bintik piksel) pada citra. *Median filter* terdiri dari suatu *window* berukuran ganjil (pada perancangan ini digunakan *window* berukuran 5×5) yang memuat sejumlah piksel dari suatu citra. *Window* tersebut digeser pada tiap-tiap titik piksel suatu citra dan nilai piksel pada pusat *window* akan diganti dengan nilai median dari *window* tersebut [5].

2.1.5. Thresholding

Operasi *thresholding* digunakan untuk mengubah citra *grayscale* ke citra biner, yang hanya memiliki dua buah nilai ('0' atau '1'). Dalam hal ini, piksel dengan rentang nilai keabuan tertentu diubah menjadi warna hitam dan sisanya menjadi putih, atau sebaliknya.

2.1.6. Segmentasi Obyek Bergerak

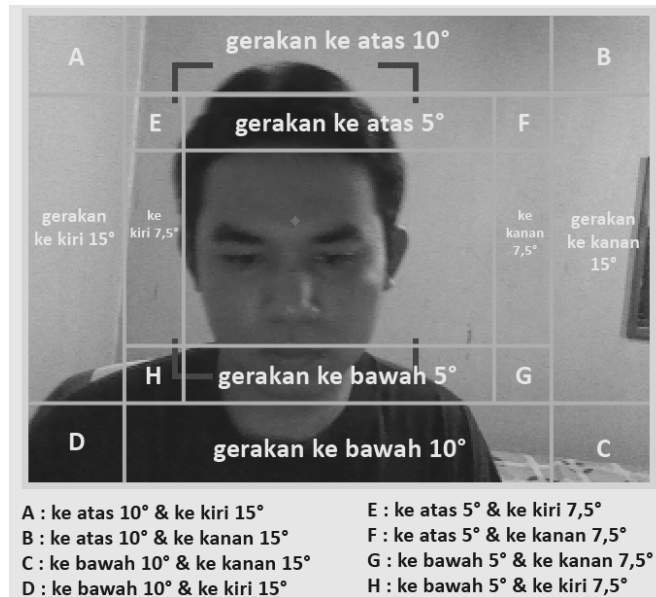
Proses segmentasi diperlukan dengan tujuan untuk mengetahui dimensi dari obyek bergerak, menghitung titik tengah obyek bergerak, dan acuan untuk menentukan arah pergerakan kamera. Metode segmentasi ini dilakukan dengan cara mendeteksi koordinat piksel putih ('1') pada posisi terluar dari citra biner. Pendeteksian piksel-piksel putih terluar ini dilakukan pada arah horisontal dan arah vertikal dari citra biner tersebut. Dengan mendeteksi koordinat piksel putih terluar citra biner maka akan didapatkan batas kanan, batas kiri, batas atas, dan batas bawah obyek bergerak tersebut.



Gambar 2. Ilustrasi Batas-Batas Segmentasi Obyek Bergerak.

2.1.7. Perintah Gerak ke Mikrokontroler

Perintah pergerakan dikirimkan PC ke mikrokontroler berdasarkan posisi titik tengah dimensi obyek bergerak. Apabila posisi titik tengah tersebut berada pada wilayah piksel tertentu, maka PC akan segera mengirimkan perintah pergerakan ke mana motor servo harus digerakkan [6],[7]. Untuk arah horisontal, pergerakan yang dilakukan adalah sebesar $7,5^\circ$ dan 15° . Sedangkan untuk arah vertikal, pergerakan yang dilakukan adalah sebesar 5° dan 10° .



Gambar 3. Ilustrasi Wilayah Pergerakan Motor Servo.

2.2 Perancangan Modul Mikrokontroler, Modul IC MAX232, dan Motor Servo

2.2.1 Perancangan Modul Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali utama dalam pengaturan pergerakan motor servo. Mikrokontroler akan mengirimkan suatu sinyal PWM (*Pulse Width Modulator*) berupa besar sudut pergerakan yang harus dilakukan oleh motor servo.

2.2.2 Modul IC MAX232

Perintah pergerakan motor servo dikirimkan oleh PC (komputer) ke mikrokontroler melalui komunikasi serial melalui IC MAX232. Kegunaan IC MAX232 adalah sebagai *driver*, yang akan mengkonversi nilai tegangan atau kondisi logika *TTL* dari mikrokontroler agar sesuai dengan tegangan pada komunikasi RS232 yang digunakan pada komputer, begitu pula sebaliknya.

2.2.3 Motor Servo

Modul gerak *pan* dan *tilt* kamera pada sistem ini menggunakan dua buah motor servo. Jenis motor servo yang digunakan merupakan tipe *standard* dengan sudut putar 180°. Dua buah motor servo diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat menggerakkan *webcam* secara vertikal dan horisontal. Untuk menentukan besar sudut dan kecepatan

pergerakan yang harus dilakukan motor servo diperlukan suatu sinyal PWM yang dikeluarkan oleh mikrokontroler.

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Sistem penjejak obyek bergerak ini diuji menggunakan komputer dengan *processor* AMD Athlon™ 7750 Dual Core @2.7 GHz dengan kapasitas RAM 1792 MB dan *VGA* ATI Radeon HD 3300 (*onboard*). Modul sistem penjejukan diletakkan pada ketinggian dua meter pada ruangan 4m×5m.

3.1 Pengujian Jumlah *Frame Rate* Citra Yang Dihasilkan Webcam

Pengujian ini dilakukan pada ruangan dengan intensitas cahaya 87 lux dan 22 lux. Dari 500 *frame* yang diambil *webcam* pada intensitas 87 lux, hasil rata-rata waktu yang dibutuhkan *webcam* mengambil 1 *frame* adalah sebesar 0,087 detik yang berarti *webcam* memiliki rata-rata menghasilkan 11,4 fps. Sedangkan untuk intensitas 22 lux, waktu rata-rata pengambilan 1 *frame* adalah 0,168 detik yang berarti *webcam* menghasilkan 5,9 fps.

3.2 Pengujian Perbandingan Tinggi Obyek Dengan Jarak Pengamatan

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan jarak maksimal obyek bergerak terhadap kamera dengan cara menempatkan lima obyek (manusia) dengan tinggi badan beragam untuk mengetahui jarak maksimal tiap obyek yang dapat dideteksi oleh sistem sebagai obyek bergerak. Nilai rata-rata perbandingan tinggi obyek bergerak terhadap jarak pengamatan adalah 1 : 4,75.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jarak Obyek (Manusia) Bergerak Terhadap Webcam.

Keterangan	Obyek "A"	Obyek "B"	Obyek "C"	Obyek "D"	Obyek "E"
Tinggi badan (m)	1,60	1,65	1,66	1,73	1,87
Jarak terjauh (m)	7	8	8	8,5	9
Nilai perbandingan	1 : 4,38	1 : 4,85	1 : 4,82	1 : 4,91	1 : 4,81

3.3 Pengujian Penjejukan untuk Satu Obyek Bergerak

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung jumlah *miss detection* (kegagalan deteksi). *Miss detection* menyatakan kegagalan sistem dalam mendeteksi dan melakukan penjejukan terhadap obyek bergerak. Pada pengujian ini, penghitungan jumlah *miss detection* dilakukan pada 500 *frame* hasil penjejukan sistem dengan

menempatkan obyek (manusia) bergerak di depan *webcam*, obyek tersebut bergerak secara horisontal dengan jarak yang berbeda-beda dari *webcam* dengan kecepatan sekitar 1-1,5 m/s. Pengujian dilakukan dengan dua tingkat intensitas cahaya yang berbeda yaitu 87 lux dan 22 lux. Obyek berjumlah lima orang yang kemudian disebut obyek “A”, “B”, “C”, “D”, dan “E” dengan tinggi badan secara berurutan 1,87 m, 1,7 m, 1,66m, 1,65 m, dan 1,6 m.

Tabel 2. Jumlah *Miss Detection* Penjejakan Obyek Bergerak

Keterangan	Intensitas 87 lux			Intensitas 22 lux		
	1 meter	3 meter	5 meter	1 meter	3 meter	5 meter
Obyek “A”	2%	1,2%	0,6%	26,2%	17,4%	3,6%
Obyek “B”	2,2%	1,6%	1%	20,4%	14,2%	5,2%
Obyek “C”	2,2%	1%	0,6%	19,6%	15,8%	6%
Obyek “D”	3%	1,4%	0,8%	23%	15,6%	4,2%
Obyek “E”	2,6%	1%	0,6%	21,6%	14%	5,4%
Mobil RC	42,6%	35,4%	53%	67%	53,4%	79,8%

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa jumlah *miss detection* akan semakin besar pada intensitas cahaya ruangan yang semakin kecil. Besarnya *frame rate* yang dihasilkan *webcam* akan mempengaruhi kinerja sistem penjejak obyek bergerak. Apabila obyek bergerak lebih cepat dari pada kemampuan sistem melakukan proses penjejakan, maka obyek bergerak tersebut tidak dapat dideteksi.

Hasil pengujian juga menunjukkan nilai *miss detection* akan lebih tinggi jika jarak obyek semakin dekat dengan kamera (*webcam*). Hal ini terjadi karena pergerakan kamera tidak dapat mengikuti kecepatan pergerakan obyek.

3.4 Pengujian Penjejakan untuk Dua Obyek Bergerak

Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan dua obyek yang bergerak secara acak di depan kamera (*webcam*). Gambaran pengujian diperlihatkan Gambar 4.

APLIKASI WEBCAM UNTUK MENJEJAK PERGERAKAN MANUSIA DI DALAM RUANGAN

Kuncoro Adi D, Lukas B. Setyawan, F. Dalu Setiaji



Gambar 4. Gambaran penjejukan dua obyek bergerak.

Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan keadaan ruangan yang sama dengan dua kombinasi obyek bergerak. Obyek bergerak pada pengujian ini terdiri dari empat orang dengan tinggi badan yang beragam yaitu 160 cm, 165 cm, 166 cm, dan 183 cm. Kedua obyek bergerak secara acak pada ruang pengujian yang berukuran 4m×5m. Pengujian dilakukan dengan menghitung jumlah *miss detection* dari 750 *frame* hasil penjejukan yang dilakukan oleh alat.

Tabel 3. Jumlah *miss detection* pada pengujian dua obyek bergerak.

Keterangan	Jumlah <i>Miss Detection</i>
Pengujian I	0,4%
Pengujian II	0,27%
Pengujian III	0,67%
Pengujian IV	1,73%
Pengujian V	0,8%

Hasil pengujian alat akan melakukan penjejukan obyek berdasarkan pergerakan obyek terakhir yang dideteksi. Saat kedua obyek bergerak dan masih berada pada jangkauan tangkapan kamera, maka sistem akan mendeteksi kedua obyek bergerak tersebut. Saat salah satu obyek keluar dari jangkauan tangkapan kamera, maka obyek terakhir yang masih dideteksi kamera yang akan dijejak oleh sistem. Saat kedua obyek bergerak bersama-sama keluar dari jangkauan tangkapan kamera, maka sistem penjejukan akan mengalami kegagalan dalam mendeteksi pergerakan dikarenakan tidak ada obyek bergerak pada jangkauan tangkapan kamera.

4. KESIMPULAN

Pencahayaan ruangan mempengaruhi kinerja sistem penjejak obyek bergerak dikarenakan kamera (*webcam*) yang digunakan memiliki fitur otomatis untuk meningkatkan kualitas pencahayaan pada citra yang dihasilkan dengan cara menurunkan nilai *frame rate*. Hal ini terlihat pada intensitas 87 lux, *webcam* akan menghasilkan 11,4 fps sedangkan untuk intensitas 22 lux akan menghasilkan 5,9 fps. Sistem penjejukan dapat berfungsi dengan baik apabila kecepatan obyek bergerak tidak melebihi kemampuan sistem dalam melakukan proses pendeteksian dan penjejukan obyek bergerak. Apabila ada dua obyek melakukan pergerakan secara acak pada ruang yang diawasi, maka penjejukan akan dilakukan pada obyek bergerak terakhir yang dapat dideteksi oleh sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Daerah Kota Batam Nomor 2 Tahun 2007, “*Sistem Keamanan Melalui Kamera Pengaman di Objek Vital, Fasilitas Umum dan Kawasan Tertentu di Kota Batam*”, Batam, 2007.
- [2] -----, “*19 Ways to Build Physical Security into a Data Center*”, [Online], <http://www.csoonline.com/>, diakses tanggal 5 Maret 2012.
- [3] Santoso, Y., Setiyawan, I., Papilaya, V. N., “*Penerapan Kamera Web Sebagai Pendeteksi Gerakan Dengan Antarmuka Directshow*”, *Makara Teknologi*, vol. 13, no. 1, April 2009.
- [4] Irianto, K.D., Ariyanto, G., Ary, D., “*Motion Detection Using OPENCV With Background Substraction and Frame Differencing Technique*”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2009.
- [5] Pratt, W. K., “*Digital Image Processing*”, ed. 4, A John Wiley & Sons, Inc., California, 2007.
- [6] Gupta, K., Kulkarni, A. V., “*Implementation of an Automated Single Camera Object Tracking System Using Frame Differencing and Dynamic Template Matching*”, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 2008.
- [7] Horner, David, “*Development of an Automatic Object Tracking Camera System Using Multiple Metrics*”, Indiana Purdue University Fort Wayne, 2004.