

APLIKASI PENGAWAS RUANGAN BERBASIS DETEKSI PERUBAHAN CITRA MENGUNAKAN LINEAR DEPENDENCE MODEL

Zefanya Ch. S., Fazmah Arif Yulianto, Eddy Muntina Dharma

Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi Dayeuh Kolot Bandung 40257

Abstrak

Sistem pengawasan (surveillance system) untuk ruangan statis yang banyak digunakan dianggap kurang efisien karena sistem akan menyimpan semua gambar (video) untuk seluruh waktu pencuplikan. Dalam paper ini dipaparkan purwarupa aplikasi sistem pengawasan pada lokasi yang terisolasi. Sistem ini nantinya akan lebih menghemat media penyimpanan karena hanya akan mendokumentasikan kejadian jika pada lokasi tersebut ditemukan perubahan. Sistem juga akan mengirimkan pesan dalam bentuk sms kepada petugas jika terdeteksi adanya perubahan pada citra, sehingga petugas tidak perlu mengawasi terus menerus melalui layar monitor.

Deteksi perubahan pada lokasi dilakukan dengan membandingkan citra yang diambil dari kamera pengawas. Citra yang dibandingkan adalah citra yang diambil pada saat kondisi normal (reference image) dan citra yang diambil pada saat pengawasan dilakukan (current image). Deteksi perubahan pada citra dilakukan dengan menggunakan Linear Dependence Model.

Sistem difokuskan agar dapat seakurat mungkin mendeteksi perubahan pada citra, dengan memperhitungkan kecepatan dan ketepatan untuk mendeteksi perubahan pada citra. Dari pengujian yang dilakukan ternyata kecepatan deteksi dipengaruhi oleh vektor dimensi yang digunakan. Semakin besar ukuran vektor dimensi yang digunakan, semakin lama waktu yang dibutuhkan. Ketepatan deteksi dipengaruhi oleh vektor dimensi, threshold $detG$ (TdetG) yang digunakan, dan pencahayaan pada lokasi yang diawasi. Dengan memperbesar ukuran vektor dimensi maka hasil deteksi perubahan lebih sempurna. Semakin kecil nilai TdetG sistem akan semakin sensitif terhadap perubahan. Adanya perubahan pencahayaan yang sangat signifikan akan dideteksi juga sebagai perubahan pada citra.

Kata kunci: sistem pengawasan, deteksi perubahan citra, Linear Dependence Model

1. Pendahuluan

Ruangan penyimpanan seperti brankas dan lemari besi, ruangan server (*mainframe*) membutuhkan sistem yang dapat membantu petugas pengawas. Sistem serupa juga diperlukan untuk mengawasi gallery maupun ruang pameran benda-benda berharga pada malam hari. Tujuan utama sistem ini adalah untuk mengetahui adanya perubahan dari kondisi normal, serta mendokumentasikan kejadian pada lokasi tersebut dalam media penyimpanan.

Dilengkapi dengan kamera video, sistem pengawas yang banyak digunakan sekarang mengharuskan petugas untuk terus mengamati layar monitor. Dokumentasi juga dilakukan secara terus menerus, tidak peduli ada perubahan atau tidak pada citra hasil rekaman kamera. Hal ini dianggap kurang efisien.

Dalam paper ini dipaparkan purwarupa aplikasi pengawasan ruangan berbasis deteksi perubahan pada citra. Sistem ini diharapkan akan lebih menghemat media penyimpanan karena sistem hanya akan mendokumentasikan kejadian (dalam bentuk video) jika pada lokasi tersebut ditemukan perubahan dari kondisi normal. Sistem ini juga akan mengirimkan pesan kepada petugas yang berwenang jika perubahan dari kondisi normal ditemukan sehingga petugas tidak perlu terus menerus mengawasi lokasi melalui layar monitor.

Perubahan yang dideteksi adalah adanya objek yang berpindah tempat, bertambah, berkurang, maupun perubahan pencahayaan yang cukup besar sehingga informasi citra yang didapatkan tidak sesuai dengan keadaan normal. Yang dimaksud dengan keadaan normal adalah kamera pengawas dalam kondisi baik dan lokasi maupun ruangan yang diawasi dalam kondisi yang diinginkan oleh pengguna.

Perubahan dideteksi dengan membandingkan citra yang diambil dari kamera pengawas. Citra yang dibandingkan adalah citra yang diambil pada saat kondisi normal (*reference image*) dan citra yang diambil secara periodik pada saat pengawasan dilakukan (*current image*). Deteksi perubahan pada citra ini dilakukan dengan menggunakan Linear Dependence Model.

2. Linear Dependence Model

2.1 Pengaruh Pencahayaan dan Representasi Bentuk Vektor

Karena adanya pengaruh pencahayaan yang berbeda untuk permukaan pantul, maka sebagian pixel dari suatu citra mempengaruhi pixel tetangganya. Dengan demikian, sekumpulan pixel yang berada di sekeliling suatu pixel harus diperhitungkan untuk mendapatkan informasi yang mendekati permukaan sesungguhnya.

Wilayah dari sekumpulan pixel ini berbentuk bujursangkar, dan ukurannya disebut vektor dimensi yang ukurannya dapat beragam: 3x3, 5x5, 7x7, ataupun 9x9. Secara spasial, nilai vektor mewakili nilai pixel yang berada tepat pada pusat bujur sangkar. Untuk melakukan proses perbandingan maka citra direpresentasikan ke dalam bentuk vektor, sehingga citra sekarang tidak representasi dari nilai pixel-pixel melainkan representasi nilai vektor. Jumlah vektor yang ada adalah sama dengan jumlah pixel. Dengan cara ini maka dapat dikonstruksi vektor citra asal dan citra sekarang yang nilainya berasal dari elemen bujursangkar dari citra awal dan sekarang.

Dengan merepresentasikan citra dalam bentuk vektor maka perubahan pada panjang ataupun arahnya dapat dianalisis. Dapat diasumsikan bahwa perubahan pada pencahayaan dan diffuse antara citra yang dibandingkan adalah penyebab perubahan panjang maupun arah dari vektor, yang secara matematika berkorespondensi dengan perubahan derajat linear dependence antara vektor awal dan vektor yang sekarang.

2.2 Linear Dependence

Dalam proses deteksi perubahan citra ini, perubahan dihitung antara citra awal I_r (Reference Image) dan citra sekarang I_c (Current Image) dengan \vec{u} elemen dari I_r dan \vec{v} elemen dari I_c .

Definisi 2.1:

Jika diketahui bahwa ruang vektor V direntang oleh himpunan vektor $S = \{\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots, \vec{u}_n\}$ maka persamaan vektor:

$$k_1 \vec{u}_1 + k_2 \vec{u}_2 + \dots + k_n \vec{u}_n = 0 \quad (1)$$

mempunyai paling sedikit satu pemecahan, yakni:

$$k_1 = 0, k_2 = 0, \dots, k_n = 0 \quad (2)$$

Jika ini adalah satu-satunya pemecahan, maka S dinamakan himpunan bebas linier (*linearly independent*). Jika ada pemecahan lain, maka S dinamakan himpunan tak bebas linier (*linearly dependent*) (1). Istilah "tak bebas linier" berarti bahwa vektor-vektor tersebut saling bergantung dengan cara tertentu.

2.3 Hubungan Linier Dependence dan Grammian

Untuk menguji 2 vektor apakah tak bebas linier dapat digunakan Grammian Determinant (detG). Dalam proses deteksi perubahan ini digunakan vektor u dan vektor v yang diuji apakah tak bebas linier, sehingga detektor perubahan dapat dirumuskan sebagai berikut (3):

$$\det G = \begin{vmatrix} (\vec{u} \cdot \vec{u}) & (\vec{u} \cdot \vec{v}) \\ (\vec{v} \cdot \vec{u}) & (\vec{v} \cdot \vec{v}) \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= (\vec{u} \cdot \vec{u})(\vec{v} \cdot \vec{v}) - (\vec{u} \cdot \vec{v})^2 \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i^2 - \left| \sum_{i=1}^n x_i y_i \right|^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Yang mana jika $\vec{u} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ dan $\vec{v} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ adalah sembarang vektor pada R^n maka hasil kali dalam Euclides (Euclidean inner product) $(\vec{u} \cdot \vec{v})$ didefinisikan dengan (1):

$$(\vec{u} \cdot \vec{v}) = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n \quad (4)$$

Dimana $\det G = 0$ jika dan hanya jika:

$\vec{u} = \vec{v}$ menyatakan tidak ada perubahan terjadi antara citra awal dan citra sekarang.

$\vec{u} = k \vec{v}$ perubahan pencahayaan terjadi antara citra awal dan citra sekarang, kita asumsikan disini bahwa k suatu faktor konstanta pencahayaan.

Secara teoretis perubahan pada citra terjadi ketika $\det G > 0$. Pada kasus $\det G = 0$ vektor dari citra awal dan citra sekarang adalah tak bebas linier (*linearly dependent*) yang menyatakan bahwa tidak terjadi perubahan. Untuk mendapatkan tingkat sensitifitas pada perubahan sesuai yang diinginkan maka digunakan T (Threshold) untuk menggantikan 0 sebagai nilai pembandingan $\det G$.

Dari persamaan (3) terlihat adanya perkalian $x_i^2 y_i^2$ yang mungkin akan menyebabkan nilai gramman determinant sangat besar (contoh: $x_1 = 200, y_1 = 50$ maka $x_1^2 y_1^2 = 100000000$). Hal ini mengharuskan peninjauan nilai threshold untuk tiap ukuran vektor dimensi yang digunakan. Permasalahan perbedaan threshold untuk vektor dimensi yang berbeda dapat diatasi dengan menggunakan vektor satuan dari vektor u dan vektor v , yaitu \hat{u} dan \hat{v} .

$$\hat{u} = \frac{1}{\|\vec{u}\|} \vec{u}, \quad \hat{v} = \frac{1}{\|\vec{v}\|} \vec{v} \quad (5)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \|\vec{u}\| &= \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} \\ \|\vec{v}\| &= \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2} \end{aligned}$$

Perlu diingat bahwa perkalian vektor satuan dengan dirinya sendiri nilai skalarnya adalah 1. Dengan adanya vektor satuan ini maka persamaan (3) dapat dirumuskan sebagai berikut (3):

$$\begin{aligned} \det G &= \begin{vmatrix} (\vec{u} \cdot \vec{u}) & (\vec{u} \cdot \vec{v}) \\ (\vec{v} \cdot \vec{u}) & (\vec{v} \cdot \vec{v}) \end{vmatrix} \\ &= 1 - (\vec{u} \cdot \vec{v})^2 \\ &= 1 - \frac{1}{\|\vec{u}\|^2 \|\vec{v}\|^2} (\vec{u} \cdot \vec{v})^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Untuk lebih memperbaiki performansi dari detektor perubahan ini maka didefinisikan komponen vektor yang akan diuji menjadi (3):

$$\vec{u} = (1, 1, \dots, 1)$$

$$\vec{v} = \left(\frac{x_1}{y_1}, \frac{x_2}{y_2}, \dots, \frac{x_n}{y_n} \right) \quad (7)$$

dengan $y_n \neq 0$, namun rumus yang digunakan adalah tetap menggunakan persamaan (6). Dapat dilihat bahwa vektor u mempunyai nilai satu, sedangkan vektor v nilainya berasal dari perbandingan pixel yang berasal dari citra awal (x_1, x_2, \dots, x_n) dan citra sekarang (y_1, y_2, \dots, y_n) . Dimana n adalah vektor dimensi yang digunakan.

3. Deskripsi Sistem

Sistem ini difokuskan agar dapat seakurat mungkin mendeteksi perubahan yang diinginkan, dengan memperhitungkan kecepatan dan ketepatannya. Secara umum, sistem ini terdiri dari 5 proses, yaitu: proses pengambilan citra, proses deteksi perubahan, proses pencetakan *citra perubahan*, proses pengiriman pesan singkat (sms) dan proses pendokumentasian.

Proses pengambilan citra berguna untuk mengambil citra melalui kamera pengawas, baik itu pada saat awal (kondisi normal ruangan), maupun pada saat proses pengawasan terjadi. Pengambilan citra saat kondisi normal ruangan dilakukan beberapa saat setelah sistem berjalan, hal ini bertujuan untuk memberikan waktu bagi pemakai untuk meninggalkan ruangan yang diawasi, dan memastikan ruangan pada kondisi normal yang diinginkan. Pengambilan citra pada saat pengawasan dilakukan berulang-ulang sesuai interval waktu yang ditentukan user.

Proses deteksi perubahan berguna untuk membandingkan citra yang diambil pada saat kondisi normal ruangan dengan citra yang diambil pada saat pengawasan. Proses deteksi perubahan ini dilakukan setiap kali sistem melakukan pengambilan citra pada saat pengawasan dilakukan. Dikatakan ada perubahan jika perubahan dari kondisi normal ruangan ditemukan, yaitu jumlah pixel yang berubah melebihi dari threshold yang ditentukan. Pemakai harus menentukan threshold yang akan digunakan, baik threshold untuk detG maupun persentase jumlah pixel yang berubah. Pemakai dapat menentukan sendiri vektor dimensi yang digunakan, apakah $3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7$, atau 9×9 .

Proses pencetakan *citra perubahan* dilakukan setiap kali proses deteksi perubahan dilakukan. *Citra perubahan* yaitu citra yang dicetak pixel per pixel berdasarkan perubahan pixel yang ditemukan.

Proses pengiriman sms berguna untuk mengirimkan pesan kepada nomor handphone yang telah ditentukan pemakai. Proses ini dilakukan jika terdeteksi adanya perubahan dari kondisi normal.

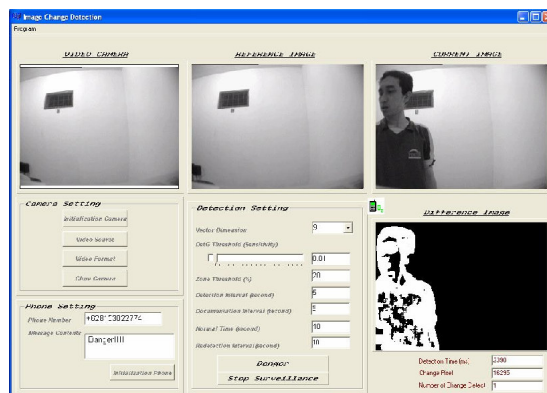
Proses pendokumentasian melakukan dokumentasi semua kejadian di ruangan dengan cara menyimpan semua yang ditangkap kamera pengawas dalam bentuk video. Berapa panjang dokumentasi yang dilakukan saat terdeteksi adanya perubahan ditentukan oleh pengguna.

Selain seperangkat komputer, diperlukan perangkat sebagai berikut:

- Satu buah mini dome camera hitam putih, yang digunakan sebagai kamera pengawas dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Resolusi maksimal 640×320
- Memiliki kemampuan pengambilan citra dan perekaman video.
- Satu buah tv tuner card PCI, yang berguna sebagai interface kamera dengan komputer.
- Satu buah handphone Nokia 3310 berikut kabel datanya, yang akan berfungsi untuk mengirimkan sms. Handphone ini nantinya terhubung melalui serial port.

Di sisi perangkat lunak, disamping sistem operasi Windows XP dan Borland C++ Builder diperlukan VideoOCX ActiveX dan Oxygen Mobile ActiveX Control. VideoOCX ActiveX adalah komponen yang harus diinstall sebagai interface antara kamera dengan sistem. Komponen ini berguna untuk pemrograman yang menggunakan kamera yang terhubung ke usb port. Komponen ini menyediakan perintah-perintah untuk pengambilan citra maupun perekaman video dari kamera. Setelah diinstall, komponen ini otomatis menyediakan kelas yang berisi proses-proses yang dapat dilakukan dengan kamera yang bernama TVideoOCX, kelas inilah yang digunakan nantinya dalam pembangunan sistem. Oxygen Mobile ActiveX Control adalah sebuah komponen yang akan memberikan akses ke berbagai jenis handphone nokia dari program yang dibuat. Komponen ini menyediakan perintah-perintah yang berkaitan dengan pengiriman dan penerimaan SMS. Setelah diinstall, komponen ini menyediakan kelas yang bernama TMobile, kelas inilah yang digunakan dalam pembangunan sistem.

Gambar 1 memperlihatkan antar muka aplikasi.



Gambar 1. Antar muka aplikasi

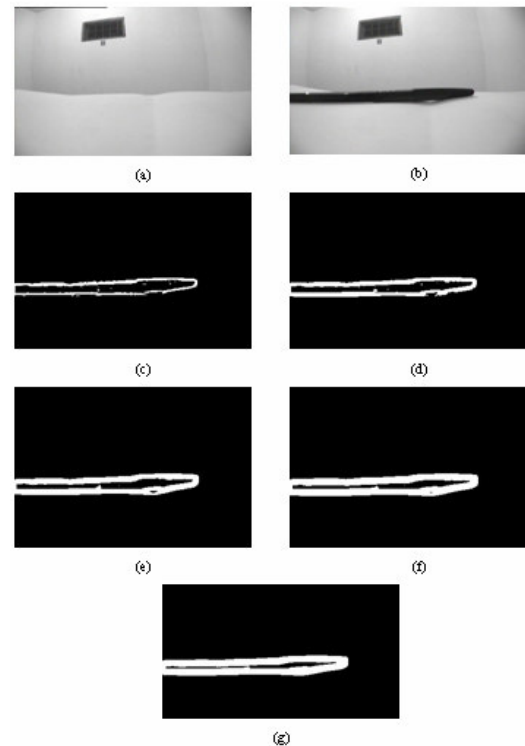
4. Evaluasi Sistem

Pengujian dilakukan dengan mengubah data-data masukan dan parameter-parameter pengujian yang digunakan. Ada 2 faktor yang sangat perlu diperhatikan, yaitu: waktu deteksi dan ketepatan deteksi. Penilaian waktu deteksi dapat diperoleh secara objektif. Sementara ketepatan deteksi, penilaiannya berdasarkan pandangan kasat mata terhadap citra perubahan yang dihasilkan, apakah meyerupai objek yang berubah (perubahannya lebih jelas). Ketepatan deteksi juga dapat dilihat bahwa perubahan yang ditunjukkan benar-benar perubahan yang diakibatkan perubahan scene bukan perubahan lainnya, penilaian ini disebut penilaian subjektif.

4.1 Pengaruh Ukuran Vektor Dimensi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan data deteksi sebagai berikut: $\text{detG}=0.03$, $\text{detection interval}= 5,5$ second, dan sumber pencahayaan yang digunakan ruangan adalah lampu. Dengan memperbesar vektor dimensi maka ketepatan deteksi menjadi lebih baik, namun membutuhkan waktu proses yang lebih lama. Hal ini disebabkan lebih banyaknya pixel yang diproses untuk vektor dimensi yang lebih besar.

Data percobaan menunjukkan waktu deteksi tertinggi untuk tiap tiap vektor dimensi sebagai berikut: $3 \times 3=1266$ ms, $5 \times 5=1594$ ms, $7 \times 7=2094$ ms, $9 \times 9=2672$ ms, $11 \times 11=3406$ ms. Hal ini tentu akan mempengaruhi penentuan interval setiap berapa lama sistem melakukan proses deteksi perubahan (*Detection Interval*). *Detection Interval* harus lebih besar dari waktu deteksi tertinggi untuk setiap vektor dimensi.



Gambar 2. (a) citra yang berasal dari kondisi normal (b) citra pada saat pengawasan dilakukan (c) s.d. (g) citra perubahan dengan vektor dimensi berturut-turut 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 , dan 11×11

4.2 Pengaruh Nilai Threshold detG

Untuk melakukan analisis pengaruh nilai threshold detG , sistem dijalankan dengan mengganti-ganti nilai threshold. Nilai TdetG yang digunakan ialah: 0.009, 0.01, 0.03, 0.05, 0.06, 0.09. Sementara data deteksi yang digunakan adalah vektor dimensi: 3×3 dan 11×11 , $\text{detection interval} = 5,5$ second.

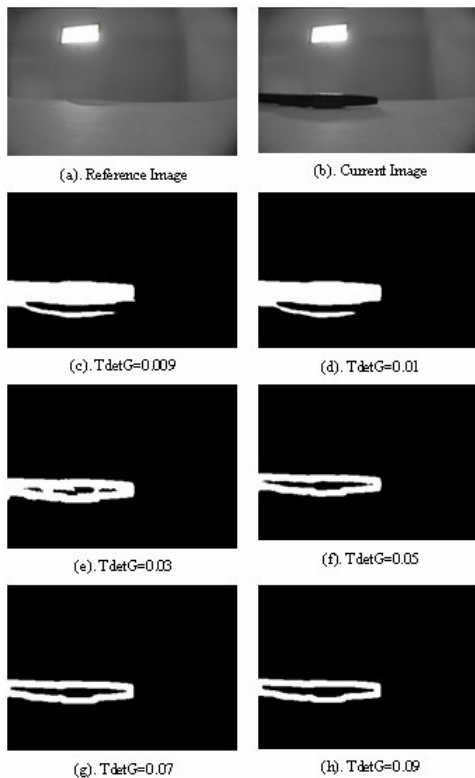
Dari data percobaan terlihat bahwa nilai threshold detG (TdetG) yang lebih kecil akan menyebabkan hasil deteksi menjadi lebih sensitif, namun dapat mendeteksi bagian interior yang berubah dengan lebih sempurna. Di lain pihak, memperkecil nilai TdetG menyebabkan terdeteksinya perubahan selain dari perubahan objek, hal ini akan mengurangi ketepatan deteksi yang diharapkan. Setelah dilakukan pengujian, ternyata threshold detG tidak berpengaruh pada waktu deteksi.

4.3 Pengaruh Perbedaan Objek

Objek pada lokasi yang diawasi bisa mempunyai karakteristik yang berbeda-beda seperti: kontur yang berbeda, ukuran yang berbeda, dan warna yang berbeda. Untuk pengujian ini digunakan $\text{TdetG}=0.01$ dan vektor dimensi 11×11 . Pada

keadaan normal, objek pada lokasi yang diawasi mempunyai karakteristik warna yang serba sama dan permukaan kontur yang datar.

Perubahan disimulasikan dengan menambahkan sebuah objek pada lokasi yang diawasi, pertama ditambahkan sebuah objek yang warnanya tidak serba sama dengan kontur permukaannya tidak datar (sebuah tas ransel), sedangkan objek yang kedua yaitu memiliki warna dan permukaan kontur yang serba sama (sebuah buku). Sistem ternyata memberikan hasil deteksi perubahan lebih sempurna untuk objek yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan objek pada saat keadaan normal.



Gambar 3. Pengujian dengan mengubah nilai T_{detG} untuk vektor dimensi 11×11

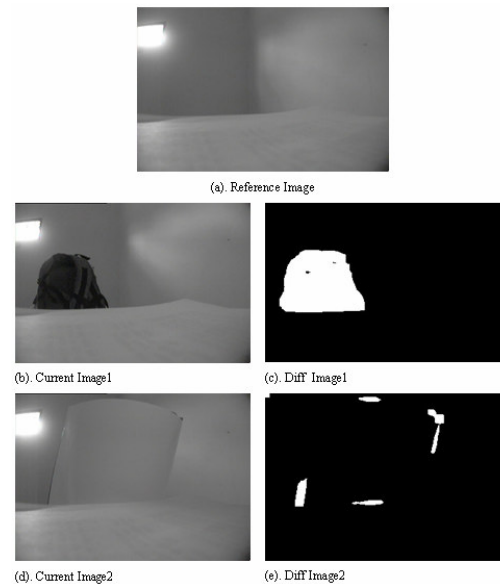
4.4 Pengaruh Pencahayaan

Pada pengujian ini, sistem melakukan pengawasan pada dua lokasi yang berbeda sumber cahayanya. Yang pertama lokasi dengan sumber cahaya dari matahari, dan yang kedua yaitu lokasi dengan sumber cahaya dari lampu listrik. Pengawasan dilakukan dengan $T_{detG}=0.01$, detection interval = 5 detik. Selama pengawasan dilakukan tidak ada perubahan dari kondisi normal.

Percobaan menunjukkan bahwa meskipun tidak ada perubahan objek dari kondisi normal, tetapi sistem masih mendeteksi adanya pixel yang berubah, hal ini disebabkan oleh perubahan pencahayaan matahari yang menyebabkan adanya

perubahan komposisi intensitas warna dari objek. Sistem akan lebih memberikan hasil yang maksimal untuk lokasi dengan sumber pencahayaan yang stabil seperti lampu.

Perubahan pencahayaan yang signifikan akan tetap dianggap perubahan scene oleh sistem. Dari citra perubahan terlihat bahwa objek yang permukaannya datar dan warnanya serba sama tidak terdeteksi perubahan citra meski pencahayaan berubah. Sebaliknya, untuk objek yang permukaan tidak datar dan warna tidak serba sama dideteksi perubahan citra. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengakomodasi perubahan pencahayaan yang signifikan untuk lokasi yang permukaannya datar dan warna serba sama. Perubahan pencahayaan yang terjadi untuk permukaan datar dan warna serba sama dianggap sebagai sebuah konstanta penguatan intensitas warna saja.



Gambar 4. Pengujian dengan objek yang berbeda karakteristik

4.5 Pengaruh Jenis Kamera

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari kamera pengawas yang digunakan. Pengujian-pengujian sebelumnya seluruhnya dilakukan dengan menggunakan mini dome camera hitam putih yang terhubung melalui tv tuner card, kamera ini berjenis CCD. Penggunaan kamera ini akan dibandingkan dengan penggunaan web cam berjenis CMOS yang terhubung ke komputer melalui usb port.

Perangkat kamera pengawas yang digunakan sangat berpengaruh terhadap performansi sistem. Secara keseluruhan (untuk kelima vektor dimensi yang digunakan), waktu deteksi dengan menggunakan web cam lebih besar dibanding mini dome camera. Hal ini disebabkan oleh delay pengambilan gambar yang lebih lama untuk kamera

web cam yang terhubung melalui usb port dibanding dengan mini dome camera yang terhubung melalui tv tuner card. Semakin besar delay pengambilan gambar akan menyebabkan semakin besar waktu deteksi yang dibutuhkan. Kualitas citra yang dihasilkan oleh mini dome camera juga lebih bagus daripada yang dihasilkan oleh web cam. Hal ini berpengaruh pada ketepatan deteksi.

5. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Sistem memenuhi kebutuhan (requirement) fungsionalnya, yaitu: mendeteksi perubahan pada citra dan jika terdeteksi ada perubahan dari keadaan normal, sistem dapat mengirimkan sms dan melakukan pendokumentasian dalam bentuk video.
- Sistem dapat digunakan untuk ruangan ataupun lokasi yang perubahan pencahayaannya tidaklah besar. Sistem ini sangat tepat untuk ruangan yang diawasi pada malam hari dimana sumber pencahayaan ruangan tersebut hanya berasal dari lampu.
- Dengan memperbesar vektor dimensi akan lebih banyak pixel yang diperhitungkan, sehingga perubahan pada citra dapat dideteksi lebih sempurna. Namun konsekuensinya, hal itu akan mengurangi sensitifitas terhadap perubahan selain dari perubahan scene yang terjadi. Ukuran vektor dimensi yang semakin besar juga akan meningkatkan waktu deteksi yang diperlukan, karena semakin besar jumlah pixel yang diproses.
- Nilai threshold $\det G$ ($T_{\det G}$) yang lebih kecil akan menyebabkan hasil deteksi lebih sensitif terhadap perubahan, termasuk perubahan diluar perubahan scene yang terjadi. Memperbesar nilai threshold ($T_{\det G}$) menyebabkan hasil deteksi tidak sensitive terhadap perubahan, dan akan lebih beresiko untuk kehilangan informasi perubahan yang terjadi pada citra.
- Sistem akan memberikan hasil deteksi perubahan lebih sempurna untuk perubahan scene yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan scene pada saat keadaan normal.
- Perangkat kamera pengawas yang digunakan sangat berpengaruh terhadap performansi sistem baik dalam hal delay pengambilan citra, maupun kualitas dari citra yang dihasilkan.

Untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa hal yang dapat dikembangkan:

- Sebagai pelaporan adanya perubahan dapat dilakukan pengiriman gambar melalui MMS, sehingga objek yang berubah dapat diketahui baik bentuk dan jenisnya.
- Dapat ditambahkan fasilitas dimana pengguna dapat melihat kondisi ruangan pada saat tertentu. Pengguna meminta citra untuk kondisi ruangan

melalui sms yang dikirimkan ke sistem, kemudian sistem akan mengirimkan MMS gambar untuk kondisi ruangan saat itu.

Daftar Pustaka

- Anton, Howard, *Aljabar Linier Elementer*, edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1987.
- Durucan, E and Ebrahim, T., *Robust and Illumination Invariant Change Detection Based on Linear Dependence*, Proc. Of 10th European Signal Processing Conference (EUSIPCO-2000), 5-8, pp 1141-1144, Tampere (Finland), September 2000.
- Durucan, E and Ebrahim, T., *Change Detection by Nonlinear Grammian*, NSIP01, Baltimore, USA, Sept 2001.
- Richard J. Radke_, Srinivas Andra, Omar Al-Kofahi, and Badrinath Roysam, *Image Change Detection Algorithms: A Sistematic Survey*, Department of Electrical, Computer, and Systems Engineering Rensselaer Polytechnic Institute, NY, USA, July 2003