

Sistem Perhitungan Orang Menggunakan Non-Parametric Background Subtraction dan Deteksi Fitur KLT

Implementation and Analysis of People Counting System Using Non-Parametric Background Subtraction and KLT Feature Detection

Tito Prihambodo⁰, Bedi Purnama, S.Si, M.T¹, Febryanti Sthevanie, ST, M.T²

Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1 Dayeuhkolot, Bandung 40257

Telp (022) 7564108

prihambodo.tito@gmail.com^[0], bedy.purnama@gmail.com^[1], febryantisthevanie@gmail.com^[2]

Abstrak

Penelitian tentang *tracking* dan deteksi manusia secara *realtime* sangat pesat dewasa ini. Metode yang berkembang selama ini bisa diterapkan pada kasus perhitungan manusia secara otomatis baik di dalam ruangan atau di luar ruangan. Perkembangan untuk menaikkan tingkat akurasi pada perhitungan manusia, beberapa diantaranya ditujukan pada substraksi *background*, *tracking* dan deteksi manusia.

Pada tugas akhir ini akan menerapkan *non-parametric background subtraction* yaitu dengan menggunakan Vumeter, metode pendeteksian Viola Jones dan metode Kanade-Lucas Tomasi (KLT) untuk *features tracking*. Vumeter diajukan sebagai metode substraksi *background* yang memiliki performa tinggi dan cocok untuk sistem yang berbasis *realtime*. Sama halnya dengan vumeter, metode Viola Jones juga diterapkan karena memiliki performa tinggi dalam pendeteksian. Hasil deteksi akan langsung *tracking* oleh KLT sehingga sistem akan selalu membaca keberadaan orang pada setiap frame. Jika orang yg terdeteksi berjalan melewati garis hitung atau disebut *line of interest* (LOI) dan orang tersebut berjalan ke arah kamera, maka sistem akan menghitungnya.

Dengan metode-metode tersebut, sistem dapat mendeteksi manusia dengan tingkat akurasi 86% untuk data uji satu orang dan 71,8% untuk data uji tujuh orang. Performa sistem cukup tinggi dimana rata-rata pemrosesan video uji satu orang sampai dengan tujuh orang mencapai 14 – 23,7 fps.

Kata kunci : *non parametric*, *background subtraction*, perhitungan orang, KLT, vumeter, *features tracking*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan informasi membawa kemudahan untuk berbagai kebutuhan publik, tidak terkecuali pada *monitoring* orang di berbagai tempat umum. Proses *monitoring* orang kini tidak lagi dengan cara manual oleh petugas jaga, tetapi bisa dibantu dengan kamera video yang terhubung dengan komputer. Salah satu fokus dalam *monitoring* orang di area publik saat ini adalah perhitungan orang atau lebih sering disebut dengan *people counting*. Banyak masyarakat yang menggunakan *people counting* sebagai alat untuk kebutuhan pemasaran, kebijakan pembangunan dan keamanan. Di masa depan mungkin saja hasil *people counting* penting untuk perhitungan korban dan pengambilan kebijakan evakuasi korban saat terjadi bencana. Pengembangan *people counting* meliputi beberapa proses yaitu *background subtraction*,

ekstraksi ciri orang, *tracking* dan penghitungan orang. Pada Tugas Akhir ini proses *background subtraction* menggunakan Vumeter dan proses *tracking* menggunakan Kanade-Lucas Tomasi (KLT).

VuMeter merupakan *non-parametric background subtraction* yang telah dicoba pada kasus *tracking* mobil dengan tiga kamera yang dipasang secara berurutan dan dapat berjalan sampai dengan 30 fps [9]. Oleh karena itu, VuMeter cocok diterapkan untuk sistem yang bersifat *realtime*.

Proses yang juga penting dalam sistem perhitungan manusia adalah proses *tracking*. Dimana objek diketahui keberadaannya dan diikuti sesuai dengan arah gerak objek tersebut. Sistem akan menghitung objek yang terdeteksi orang, jika objek tersebut telah melalui *line of interest* (LOI), oleh karena itu *tracking* objek sangat berpengaruh di sini. Metode Lucas-

Kanade Tomasi (KLT) akan mengekstrak fitur berupa titik-titik *corner* pada objek dan akan melakukan pengecekan pada *frame* berikutnya

untuk mencari fitur titik-titik *corner* objek berdasar *pattern* gambar dengan cepat [19]. Oleh karena itu mengapa KLT diimplementasikan pada pengembangan sistem

perhitungan orang pada Tugas Akhir ini. Sistem dilengkapi dengan proses ekstraksi ciri

orang menggunakan metode Viola Jones dan proses perhitungan orang menggunakan *line of*

interest (LOI). Ciri yang akan diekstraksi dari

orang adalah tubuh bagian atas, sehingga jika tubuh bagian atas orang terdeteksi melewati

garis LOI maka akan terhitung oleh sistem.

Metode-metode yang disebutkan di atas memerlukan pengujian di dalam sistem perhitungan orang ini. Beberapa parameter pada metode-metode tersebut juga akan diuji apakah mempengaruhi kinerja sistem dalam mendeteksi dan menghitung orang.

2. Teori dan Perancangan

Metode yang diajukan pada VuMeter adalah *non-parametric background subtraction* dengan berbasis pada perhitungan secara diskret dari distribusi probabilitas, menggunakan *color histogram* setiap *pixel*-nya [2]. *Probabilistic model* dari VuMeter dapat dituliskan dengan ω adalah gambar pada saat t dan $\omega(x)$ adalah fungsi yang menghasilkan vektor warna merah hijau biru (RGB) pada *pixel* u . Setiap *pixel*

adalah variabel random diskret yang mempunyai dua kemungkinan yang bisa diambil yaitu :

- a. *Pixel* merupakan *pixel background* (ω_1)
- b. *Pixel* merupakan *pixel foreground* (ω_2)

Kemudian Yann Goyat et al. [9] mengajukan *background* model untuk *non-parametric* sebagai $p(\omega_1 | \omega(x))$. Pendiskretan dengan *parameter space* yang parameter-parameternya yang tidak saling terpisah akan memakan banyak *memory cost*. Dimana, diskretisasi $p(\omega_1 | \omega(x))$ memerlukan 2^3 elemen jika *sample* pada *bin*. Untuk menghemat waktu komputasi dan *memory cost* maka biasanya setiap *variable* dikatakan saling terpisah,

Selanjutnya, *probability density function* $p(\omega_1 | \omega(x))$ dapat ditentukan dengan :

$$p(\omega_1 | \omega(x)) = \prod_{i=1}^3 p(\omega_1 | \omega(x)_i) \tag{1}$$

dengan

$$p(\omega_1 | \omega(x)) \approx \omega_1 \sum_{i=1}^3 \delta(\omega(x)_i - \omega_1) \tag{2}$$

dimana δ merupakan *Kronecker delta function* dan ω_1 merupakan konstan untuk normalisasi

agar $\sum_{i=1}^3 \omega_1 = 1$, sedang ω_1

ω_1 adalah *discrete*

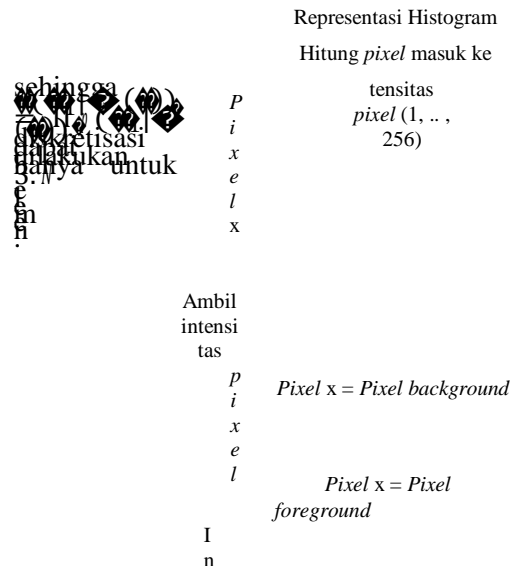
mass function.

$$\omega_1 = \pi_i + \omega_2 \sum_{i=1}^3 (\omega(x)_i - \omega_1) \tag{3}$$

Perubahan temporal pada *background* model dilakukan dengan melakukan update π_i setiap framenya, α adalah *learning rate* dan diikuti dengan *update* ω_1 untuk menormalisasi *probability mass function* tersebut. Pada saat

$$t=0, \omega_1 = 1/\omega_1$$

Setelah banyak frame atau setelah *learning phase*, *bin* yang memodelkan *background* mempunyai nilai yang tinggi. Untuk menentukan setiap *pixel* merupakan *background* atau *foreground*, maka digunakan sebuah *threshold*. Setiap *bin* yang menyatakan *pixel* baru mempunyai nilai di bawah *threshold* maka *pixel* tersebut dikatakan *background*.



dalam
range
mana
(bin)
d
e
n
g
a
n

s
h
o
l
d
?

Intens
itas
pixel :
bin

Ya

I
n
d
e
x
b
i
n

Tidak

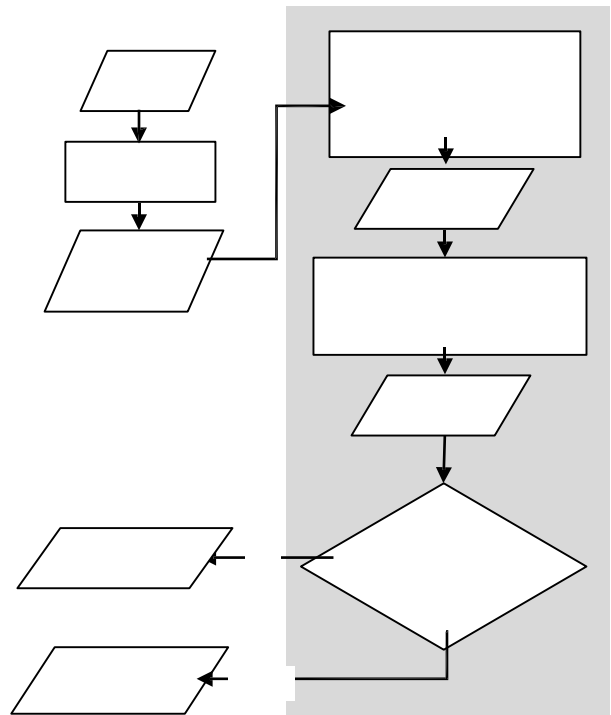
Update bin.
Ditambahkan
dengan nilai bin
dikali dengan
pembobotan
(parameter
learning rate)

B
i
n
y
a
n
g
t
e
r
u
p
d
a
t
e

A
p
a
k
a
h
n
i
l
a
i
b
i
n
k
u
r
a
n
g
d
a
r
i
t
h
r
e

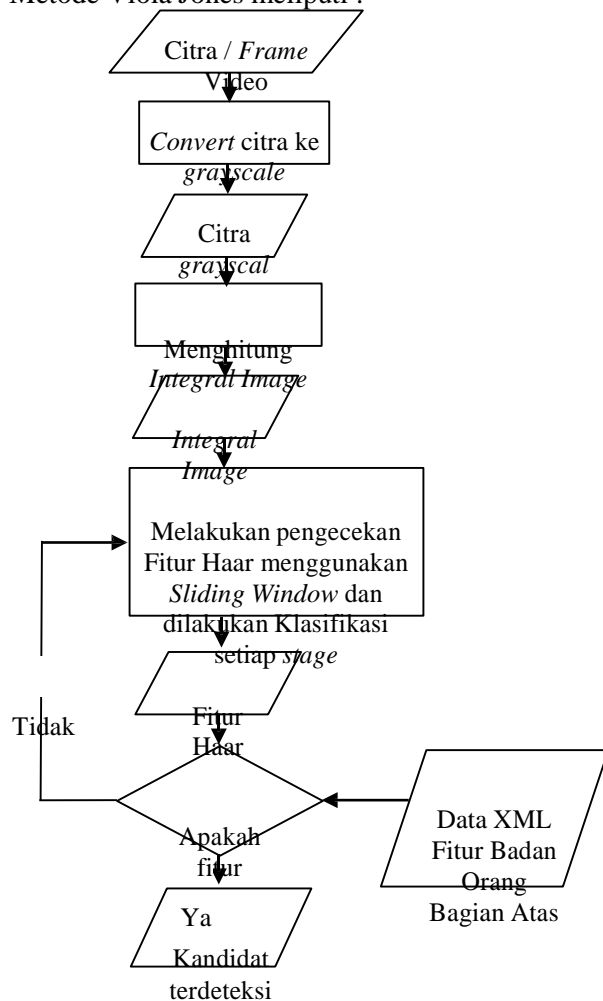
Notasi (x, y) merupakan *bin index vector* yang berhubungan dengan (x, y) pada *pixel* u saat t .

Gambar 1 : *Flowchart background subtraction* Vumeter



Output hasil background subtraction berupa binary image digunakan untuk menentukan area

untuk deteksi Viola Jones.
Metode Viola Jones meliputi :



Gambar 2 : Flowchart tracking KLT

Pada Tugas Akhir ini tidak dilakukan proses *training*, tetapi menggunakan data XML yang sudah ada dari opencv. Saat klasifikasi fitur, jika kandidat lebih dari jumlah minimum kandidat (*minNeighbors*) maka orang terdeteksi. Proses pengecekan fitur berulang sampai satu citra selesai.

Di dalam data XML berisi

```
<opencv_storage>
<HS type_id="opencv-haar-classifier">
  <size>
    22 20</size>
```

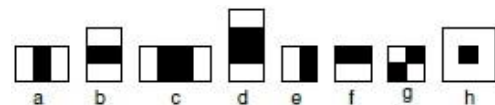
“<size></size>” merupakan ukuran *sliding window* yang digunakan.

```
<feature>
  <rects>
    <_>
      8 4 6 4 -1.</_>
    <_>
      10 4 2 4
  3.</_></rects>
```

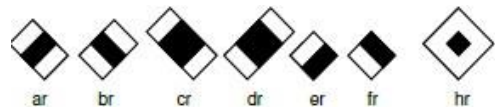
```
</feature>
<tilted>0</tilted>
```

Di dalam “<rects><rects>” merupakan informasi tipe fitur Haar yang dipilih Adaboost saat proses *training* dan digunakan pada saat deteksi. Angka-angka tersebut secara berurutan adalah <rects><_>”posisi awal kotak (x)” “posisi awal kotak (y)” “panjang” “lebar” “nilai pixel”</_></rects>.

Pada citra dua dimensi, gelombang persegi ini digambarkan dengan sepasang persegi yang berdekatan (satu terang dan satu gelap).

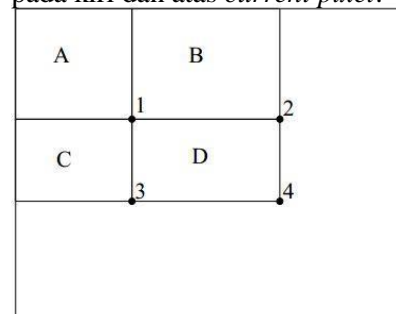


Gambar 3: Contoh bentuk Fitur Haar yang dipakai pada [20]



Gambar 4: Contoh bentuk Fitur Haar dengan diputar 45° yang diajukan oleh Rainer Lienhart et al. [12]

Cara membentuk representasi citra *integral image* adalah dengan menjumlah *pixel* yang ada pada kiri dan atas *current pixel*.

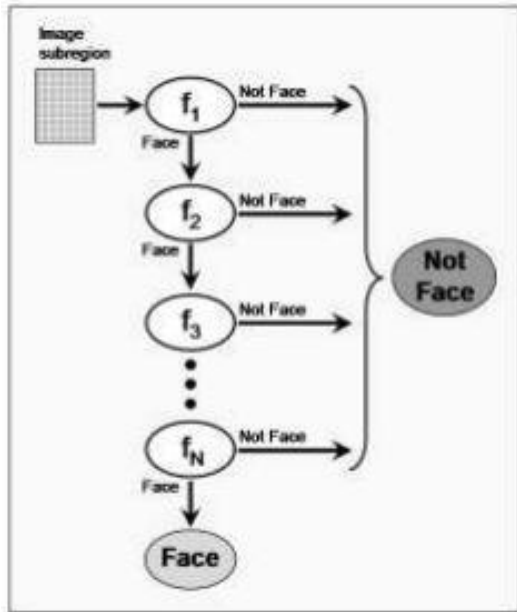


Gambar 5: Jumlah *pixel* di daerah D dapat dihitung menggunakan empat *array* referensi. Nilai *integral image* pada lokasi 1 = jumlah *pixel* di daerah A, lokasi 2 = jumlah *pixel* di daerah A + B, lokasi 3 = jumlah *pixel* di daerah A + C, lokasi 4 = jumlah *pixel* di daerah A + B + C + D. Jumlah pada D dapat dihitung 4 + 1 – (2 + 3).

Menggunakan *integral image*, kita dapat menentukan nilai fitur Haar dengan :

$$\text{Nilai Haar Fitur} = |(\text{jumlah di daerah gelap}) - (\text{jumlah di daerah terang})| \quad (4)$$

Setelah Fitur sudah didapat maka langkah berikutnya adalah mengklasifikasi apakah fitur tersebut merupakan fitur objek yang ingin dideteksi.



Gambar 6: metode AdaBoost Mesin Learning [20]

Di atas adalah ilustrasi deteksi wajah, dimana setiap fitur yang terdeteksi bukan wajah langsung diabaikan dan dikelompokkan menjadi bukan wajah. Sedang pada fitur yang masih terdeteksi sebagai fitur wajah maka dilanjutkan sampai selesai pengecekan.

Sistem yang akan dibangun memerlukan posisi orang berjalan pada setiap frame. Oleh karena itu, proses setelah dideteksi oleh Viola Jones adalah proses tracking.

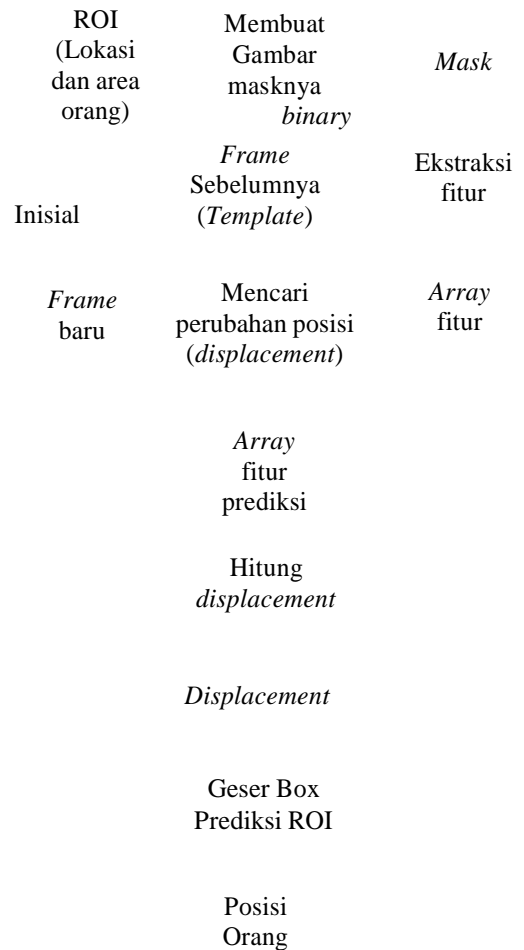
Tracking yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode Kanade-Lucas Tomasi. Berikut ini adalah algoritmanya :

Iterasi :

1. Warp I dengan $(x; p)$ untuk menghasilkan $I(x; p)$
2. Hitung error $E(x; p)$ (disimilarity) $E(x; p) = \sum_{x, y} |I(x; p) - I(x; p_0)|$
3. Warp gradien ∇I dengan $(x; p)$
4. Evaluasi Jacobian $\frac{\partial E}{\partial p}$ pada $(x; p)$
5. Hitung turunan gradien gambar $\nabla I \frac{\partial W}{\partial p}$
6. Hitung Hessian matriks $\frac{\partial^2 E}{\partial p^2} = \sum_x \left[\nabla \frac{\partial W}{\partial p} \right]^T \left[\nabla \frac{\partial W}{\partial p} \right]$
7. Hitung $\Delta p = - \left(\frac{\partial^2 E}{\partial p^2} \right)^{-1} \frac{\partial E}{\partial p}$

Sampai $\|\Delta p\| \leq \epsilon$ dimana ϵ merupakan threshold.

Untuk alur proses saat implementasi, digambarkan pada rancangan berikut :



Gambar 7: Flowchart tracking Kanade Lucas Tomasi (KLT)

Proses tracking KLT melibatkan informasi pada frame awal/sebelumnya, dimana ROI orang yang terdeteksi dan frame sebelumnya menjadi inputan proses ini. Output proses ini adalah posisi orang pada frame sekarang. Informasi pada frame sekarang akan menjadi acuan tracking di frame berikutnya, begitu seterusnya.

3. Pengujian

Pada pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan tujuh video uji. Video uji satu

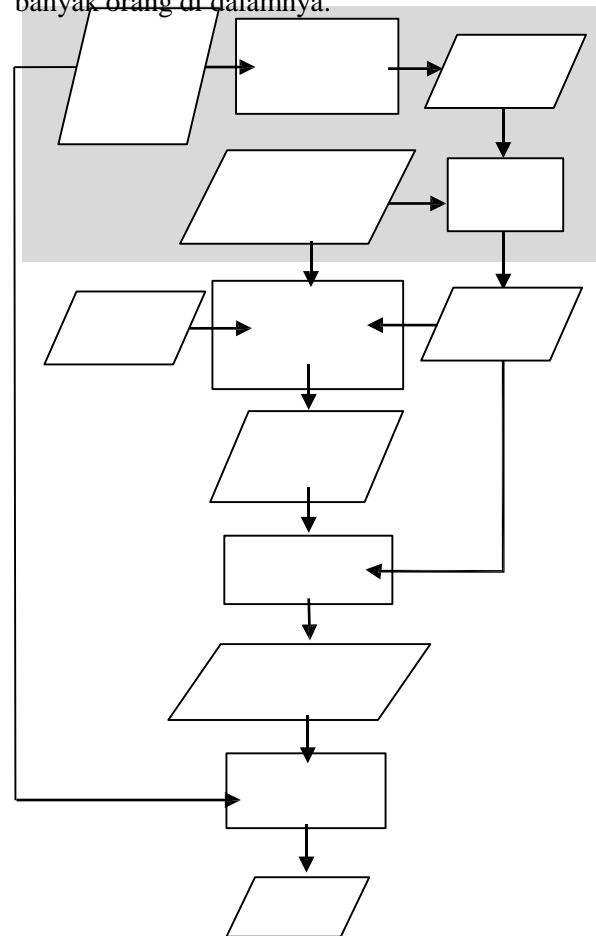
berupa satu orang berjalan, video uji kedua

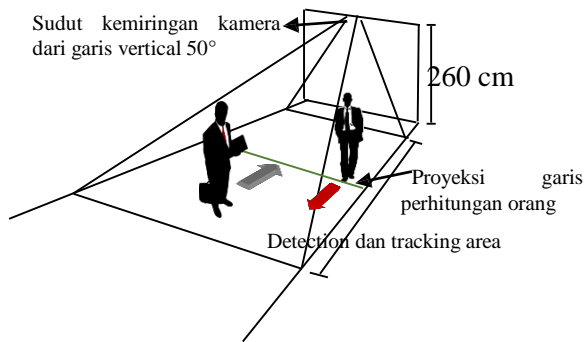
berupa dua orang berjalan, begitu sampai video

uji ketujuh. Pengujian ini dimaksudkan untuk menghitung tingkat akurasi deteksi sistem

8. Hitung $\Delta p = \eta^{-1} \sum [\nabla_{\eta} \frac{\partial W}{\partial p}]$
9. Update parameter $p \leftarrow p + \Delta p$

dengan peningkatan jumlah orang untuk dideteksi dan untuk mengukur performansi, seberapa kuat sistem menangani video dengan banyak orang di dalamnya.





Gambar 7: Skema pemasangan kamera dan pengambilan data uji



Gambar 8: Video uji 1 - 7

Untuk pengujian Vumeter dilakukan dengan mengubah parameter *threshold*, kemudian dianalisa pengaruhnya terhadap sistem. Pengujian Viola Jones dilakukan dengan mengubah parameter *minNeighbors* dan dianalisis hasilnya. Parameter ini dipilih karena untuk mengetahui efeknya untuk hasil *false detection*.

Pengujian KLT dilakukan dengan perbandingan menggunakan update fitur setiap deteksi oleh Viola Jones dengan yang tidak memakai update fitur. Pengujian oklusi juga dilakukan untuk mengetahui hasil tracking.

4. Hasil

Tabel 1: Tabel Hasil Perhitungan Akurasi Deteksi

Video Uji	Tingkat akurasi deteksi (dalam %)
1	86,21
2	85,05
3	83,22
4	84,61
5	77,10
6	75,78
7	71,84

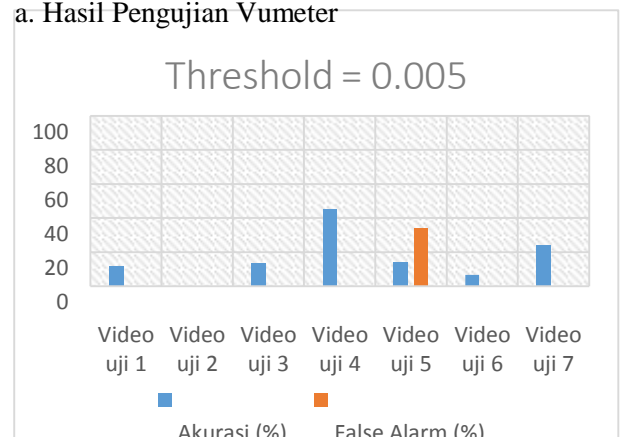
Kesalahan deteksi sistem video uji kelima untuk seluruh pendeteksian sistem adalah sebesar 4,4% dan pada video uji ketujuh sebesar 9,39%.

Tabel 2: Tabel Performansi Sistem

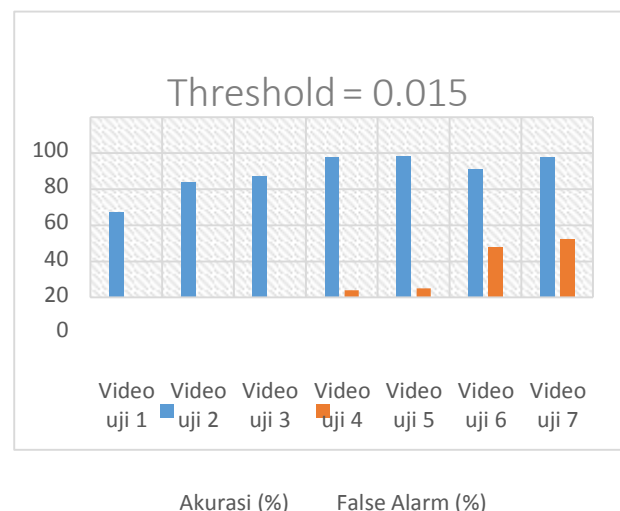
Video Uji	Performansi pemrosesan FPS
1	23,71
2	21,63
3	20,15
4	22,18
5	14,05
6	16,92
7	18,25

Performa sistem masih sangat baik dengan fps terendah yang didapat untuk memproses data uji tidak di bawah batas minimal sistem untuk berjalan secara *realtime* yaitu 12 fps.

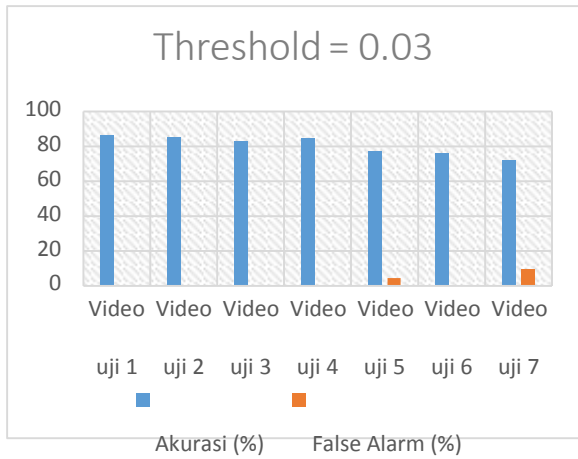
a. Hasil Pengujian Vumeter



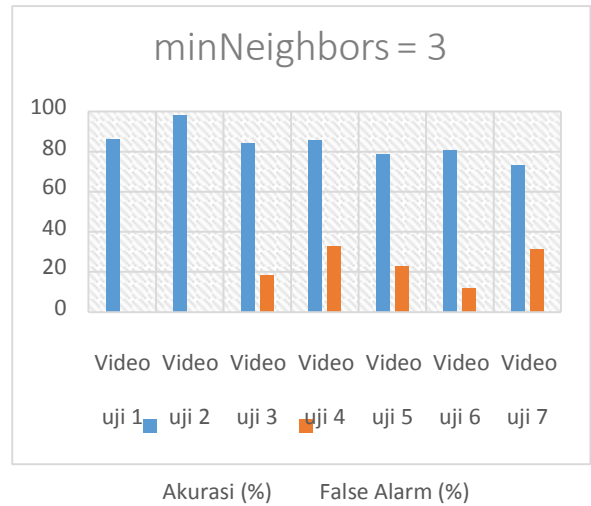
Gambar 9: Grafik hasil pengujian parameter *threshold* = 0.005



Gambar 10: Grafik hasil pengujian parameter *threshold* = 0.015



Gambar 11: Grafik hasil pengujian parameter *threshold* = 0.03



Gambar 13: Grafik hasil pengujian parameter *minNeighbors* = 3

Pada *threshold* kurang dari 0.03 blob yang dihasilkan masih pecah-pecah atau kurang solid. Saat *threshold* 0.03 blob mulai bagus dan hasil deteksi menunjukkan peningkatan akurasi.



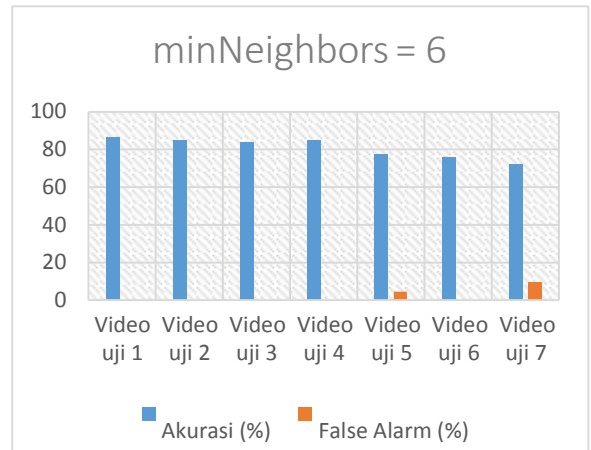
(a) (b)



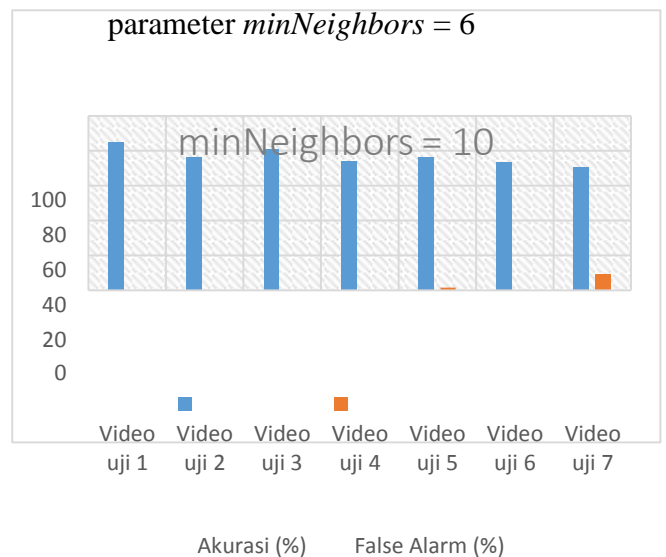
(c)

Gambar 12: Sample blob dalam pengujian parameter *threshold* dengan nilai (a)0.005, (b)0.015 dan (c)0.03

b. Hasil Pengujian Viola Jones

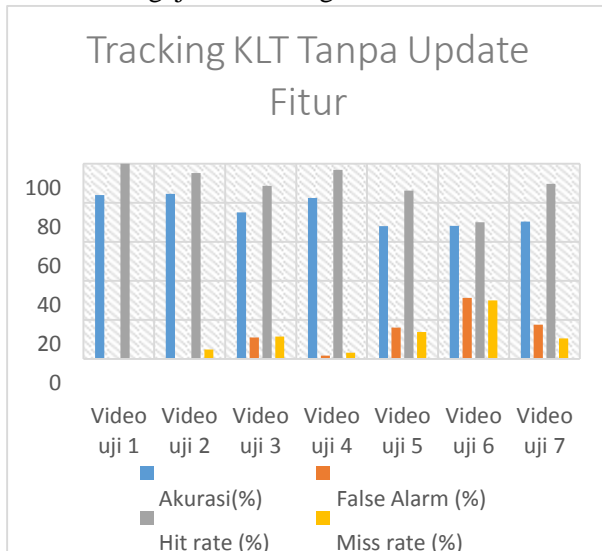


Gambar 14: Grafik hasil pengujian parameter *minNeighbors* = 6

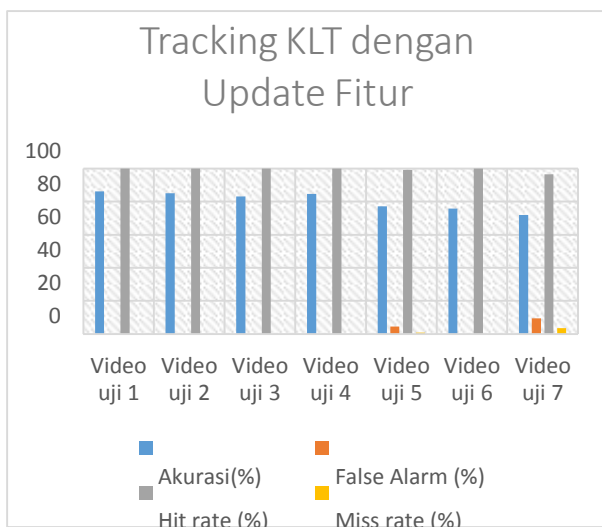


Gambar 15: Grafik hasil pengujian parameter *minNeighbors* = 10

c. Hasil Pengujian Tracking



Gambar 16: Grafik hasil pengujian sistem menggunakan *tracking* KLT tanpa update fitur



Gambar 17: Grafik hasil pengujian sistem menggunakan *tracking* KLT dengan update fitur

Pada tracking yang tidak menggunakan update fitur setiap Viola Jones mendeteksi bagian tubuh orang bagian atas, tracking tidak dapat menjaga fitur sampe akhir sehingga terjadi tingkat *miss tracking* yang cukup tinggi jika dibandingkan yang menggunakan update.

Pengujian oklusi



Gambar 16: Pengujian Oklusi

Dengan menamakan tubuh bagian atas orang pertama dengan “Objek A” dan yang menjadi *occluder* adalah tubuh orang kedua kemudian dinamakan “Objek B”. Hasil percobaan pada kedua data uji, maka saat terjadi oklusi, sistem membaca badan bagian atas orang depan sebagai A dan B, tetapi pada data uji sistem ini objek B tidak dapat menutupi seluruh objek A sehingga fitur objek A masih selalu terdeteksi bersama dengan objek B. Pada akhirnya saat memisah, *tracking* kembali seperti semua dengan objek A terbaca sebagai objek A, objek B terbaca sebagai objek B pada data uji pertama. Untuk data uji kedua berbeda, pengujian kedua menunjukkan bahwa pada saat memisah, objek A terbaca sebagai objek B, begitu pula sebaliknya. *Tracking* KLT masih kurang untuk data oklusi, tetapi karena setting pemasangan kamera dalam pengambilan data uji membantu kasus oklusi oleh bagian tubuh orang lain masih memberi peluang

mendapatkan hasil *tracking* yang benar.

5. Kesimpulan

Sistem yang dibangun menggunakan metode-metode yang telah diujikan dapat berjalan dengan baik yaitu dengan tingkat akurasi dan performansi yang bagus. Parameter *minNeighbors* yang lebih besar dapat mengurangi tingkat *false detection*. Pada sisi tracking KLT bagus menggunakan update fitur saat deteksi Viola Jones. Sedang untuk data oklusi, Tracking KLT masih lemah. Perlu digabung dengan metode penanganan oklusi.

Referensi

[1] Al-Najdwi Nijad, Sara Tedmori, Eran Edirisinghe dan Helmut Bez. 2010. “An Automated Real-Time People

- Tracking System Based on KLT Features Detection*". The International Arab Journal of Information Technology.
- [2] Ali Imtiaz, Julien Mille dan Laure Tougne. 2012. "*Space-time Spectral Model for Object Detection in Dynamic Textured Background*". Elsevier B.V.
- [3] Baker, Simon dan Matthews, Iain. 2004. "*Lucas-Kanade 20 Years On: A Unifying Framework*". Netherland: Kluwer Academic Publisher.
- [4] Bradski, Gary dan Kaehler, Adrian. 2008. "*Learning OpenCV Computer Vision with the OpenCV Library*". USA: O'Reilly.
- [5] Chandrasekaran, Karthik. 2007. "*Parametric & Non-parametric Background Subtraction Model with Object Tracking for Venus*". New York: Rochester Institute of Technology"
- [6] de Almeida Suellen Silva, Victor Hugo Cunha de Melo dan David Menotti. "*An Evaluation of two People counting Systems with Zenithal Camera*". Brazil: Universidade Federal de Ouro Preto.
- [7] Dhome Yoann, Nicolas Tronson, Antoine Vacavant, Thierry Chateau, Christophe Gabard, Yann Goyat dan Dominique Gruyer. "*A Benchmark for Background Subtraction Algorithms in Monocular Vision: a Comparative Study*". France
- [8] Forsyth David A., Okan Arikan, Leslie Ikemoto, James O'Brien dan Deva Ramanan. 2006. "*Computational Studies of Human Motion: Part 1, Tracking and Motion Synthesis*". Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision.
- [9] Goyat Yann, Thierry Chateau, Laurent Malaterre dan Laurent Trassoudaine. 2006. "*Vehicle Trajectories Evaluation by Static Video Sensors*". Canada: IEEE Intelligent Transportation Systems Conference.
- [10] Hasibuan, Faris Haris. 2014. "*Pembangunan Sistem Deteksi Keberadaan Quick Response Code Menggunakan Viola Jones pada Suatu Citra Digital*". Bandung: Universitas Telkom.
- [11] Kumar Rakesh, Tapesh Parashar dan Gopal Verma. 2012. "*Background Modeling and Subtraction Based People counting for Real Time Video Surveillance*". International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE).
- [12] Lienhart Rainer, Alexander Kuranov dan Vadim Pisarevsky. 2002. "*Empirical Analysis of Detection Cascade of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection*". California: MRL Technical Report.
- [13] Lim Eng Aik dan Zainuddin, Zarita. 2009. "*Real-time People counting System using Curve Analysis Method*". International Journal of Computer and Electrical Engineering.
- [14] Lucas, Bruce D. dan Kanade, Takeo. "*An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision*". Pennsylvania: Carnegie-Mellon University.
- [15] Munir, Rinaldi. 2004. "*Pengolahan Citra Digital*". Bandung: Informatika.
- [16] Prakoso, Danu hary. 2015. "*Perhitungan Orang dengan Metode Gaussian Mixture Model dan Human Presence Map*". Bandung: Universitas Telkom.
- [17] Primanda, Rodeztyan. 2013. "*Penerapan dan Analisis Sistem Perhitungan Orang menggunakan Gaussian Mixture Model dengan Penghapusan Bayangan untuk Ekstraksi Foreground dan Pendekatan Model Energi Potensial*". Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [18] Shi, Jianbo dan Tomasi, Carlo. 1994. "*Good Feature to Track*". Seattle: IEEE Conference on Computer.
- [19] Tomasi, Carlo dan Kanade, Takeo. 1991. "*Detection and Tracking of Point Features*". Technical Report CMU-CS-91-132
- [20] Viola, Paul dan Jones, Michael. 2001. "*Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*". Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.