

Metode *Star Skeletonization* dan *Background Subtraction* untuk Menghitung Jumlah Pejalan Kaki

Natanael^{#1}, Ken Ratri Retno Wardani^{#2}

[#]Departemen Teknik Informatika - Institut Teknologi Harapan Bangsa

Jalan Dipatiukur no. 83 – 84 Bandung

¹natanael.li93@gmail.com

²ken_ratri@ithb.ac.id

Abstract— Count up of pedestrians automatically, performed by detecting and analyzing objects were seen moving in the image. The problem occurs when two or more people walking together and attached, people who do not move or sit, and when a moving object is not pedestrians but people ride bicycles, cars, or other objects. *Star Skeletonization* methods applied to recognize objects pedestrians by 3 and 5 lines. Initial processing done, to get moving objects using background subtraction, opening to remove noise, closing to eliminate the gap on the object, and the border extraction to get the object segmentation. Results of testing the threshold value 5, 3x3 rect-shaped structuring element for opening process, 5x5 rect-shaped for closing process. *Star Skeletonization* three lines provide the best results for the introduction of a pedestrian. The test results for a series of still image with a single pedestrian get 90% accuracy rate, meaning that the object of pedestrians can be recognized well. When crowded at pedestrian, accuracy rate become 32.5%. This is due to the many pedestrians adjacent to each other seem to merge into one object.

Keywords: *Star Skeletonization*, background subtraction, border extraction, opening image morphology, closing image morphology.

Abstrak — Menghitung pejalan kaki secara otomatis dilakukan dengan mendeteksi dan menganalisis obyek-obyek yang terlihat bergerak di dalam citra. Masalah yang ada jika dua orang atau lebih berjalan berdekatan dan menempel, orang dalam keadaan diam ditempat atau duduk, dan ketika obyek yang bergerak bukan saja pejalan kaki tetapi orang naik sepeda, mobil, atau obyek bukan pejalan kaki lainnya. Metode *Star Skeletonization* diterapkan untuk mengenali obyek pejalan kaki berdasarkan 3 dan 5 garis skeleton. Prapemrosesan yang dilakukan adalah *background subtraction* untuk mendapatkan obyek bergerak, *opening* untuk menghilangkan noise, *closing* untuk menghilangkan celah pada obyek, dan ekstraksi *border* untuk mendapatkan segmentasi obyek. Nilai *threshold* 5 memberikan hasil terbaik untuk proses *background subtraction* dalam mengenali obyek bergerak. *Structuring* elemen berbentuk *rect* 3x3 untuk proses *opening* dan *rect* 5x5 untuk proses *closing* memberikan hasil terbaik untuk mengoreksi bentuk obyek. *Star Skeletonization* 3 garis memberikan hasil terbaik untuk pengenalan pejalan kaki. Hasil pengujian untuk rentetan citra diam dengan pejalan kaki tunggal dan tidak berdekatan tingkat akurasi 90% berarti obyek pejalan kaki dapat dikenali dengan baik. Ramainya pejalan kaki dengan tingkat akurasi 32,5% disebabkan banyaknya pejalan kaki yang berdekatan, sehingga nampak saling bergabung menjadi satu obyek.

Kata kunci: *Star Skeletonization*, background subtraction, ekstraksi border, morfologi citra *opening*, morfologi *closing*.

I. PENDAHULUAN

Mengetahui jumlah pejalan kaki di suatu tempat publik, seperti di pusat perbelanjaan, stasiun, terminal, bioskop, dan lain sebagainya, dapat digunakan sebagai informasi yang bermanfaat. Informasi dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, seperti menetapkan harga sewa tempat di suatu daerah, menetapkan jenis barang dagangan yang akan dijual, memajukan iklan yang efektif, dan dapat digunakan untuk mengatur keamanan.

Berbagai metode dikembangkan untuk menghitung pejalan kaki, baik secara manual yang memerlukan pemantauan orang secara langsung untuk menghitung ataupun secara otomatis menggunakan sensor atau kamera video [2].

Pengolahan citra adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung jumlah pejalan kaki dengan cara otomatis melalui data yang ditangkap dari kamera video. Sebuah citra *real-time* yang diambil dari suatu tempat akan menjadi masukan dalam pengolahan citra. Beberapa metode pengolahan citra yang digunakan dalam menghitung jumlah orang dibagi ke dalam tiga pendekatan [3], yaitu:

- *Visual feature trajectory clustering*.
- *Feature-based regression*.
- *Individual pedestrian detection*.

Visual feature trajectory clustering adalah teknik analisis fitur, di mana *data set* obyek orang didapatkan menggunakan pendekatan *clustering*. Pendekatan ini memperkirakan orang yang lewat dalam waktu tertentu, mengekstraksi dari sebuah citra diam, dalam pemrosesan tidak dilakukan secara *real-time*.

Feature-based regression adalah pendekatan yang memperkirakan jumlah orang yang lewat dari citra masukkan menggunakan fungsi regresi. Namun, dengan pendekatan ini posisi orang-orang tidak dapat diketahui.

Individual pedestrian detection dalam pendekatannya dengan masukan citra diam algoritma dapat memperkirakan jumlah pejalan kaki atau orang tetapi tidak bisa digunakan jika terdapat banyak orang dan berjalan dalam jarak yang berdekatan satu sama lain. Oleh karena itu, diperlukan metode segmentasi yang handal untuk mengatasinya.

Metode lain yang dikembangkan dengan mengetahui kerangka obyek, yaitu metode *skeletonization*. *Skeletonization* adalah teknik pengolahan citra untuk mendapatkan piksel *foreground* tertentu dari citra biner dengan lebar hanya satu piksel [5]. *Skeletonization* dapat digunakan untuk menghitung

orang dengan menghasilkan kerangka dari suatu obyek yang sudah tersegmentasi.

Kerangka tersebut dianalisis lebih lanjut untuk membedakan apakah obyek yang dihitung orang atau bukan. *Skeletonization* atau *skeleton graph* [9] dapat digunakan untuk menentukan bagian tubuh manusia yang dihitung berdasarkan siluet yang didapatkan dari sebuah citra kemudian ditentukan bagian kepala manusia sebagai penentu jumlah pejalan kaki. Metode ini cocok digunakan secara *real-time*. Namun, metode tersebut masih memiliki masalah ketika dua orang berdampingan nampak menumpuk dan hanya mengenali bagian kepala.

Star Skeletonization adalah metode berbasis metode *skeletonization* yang dapat digunakan untuk menentukan kerangka obyek yang bentuknya menyerupai bintang untuk mengenali gerakan yang dilakukan obyek tersebut [4]. Metode ini mengenali kerangka yang membentuk suatu obyek berdasarkan posisi garis-garis kerangka sesuai pola *Star Skeletonization*.

Dalam penelitian ini, metode *Star Skeletonization* digunakan untuk mengenali rangka obyek pejalan kaki karena mudah di dalam menentukan kerangka dan dapat mengenali obyek yang bergerak yaitu pejalan kaki, tidak hanya berdasarkan kepala tetapi berdasarkan tangan dan kakinya.

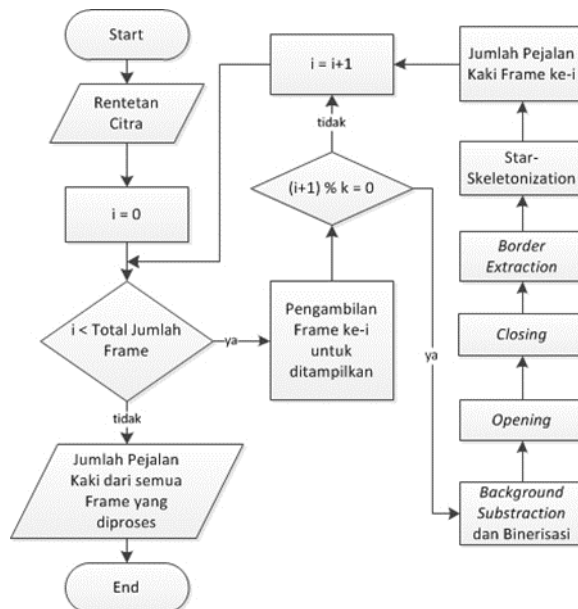
Masalah yang dihadapi dalam menghitung jumlah pejalan kaki dengan menggunakan metode ini adalah bagaimana cara menentukan obyek bergerak dan mengenali orang dari masuknya *frame* video yang akan diasumsikan sebagai rangkaian citra diam. Memisahkan obyek bergerak dari *background* citra dan mengenali obyek pejalan kaki dari semua obyek bergerak yang ada di dalam citra sulit dilakukan jika:

- ketika dua atau lebih orang menempel.
- ketika orang dalam keadaan diam di tempat atau duduk.
- ketika obyek yang bergerak bukan saja pejalan kaki, tetapi misalnya orang naik sepeda, mobil, atau obyek bukan pejalan kaki lainnya.

Suatu obyek manusia yang sedang berjalan kaki dapat diidentifikasi dengan *Star Skeletonization* melalui 3 garis (satu garis kepala dan dua garis kaki) atau 5 garis (satu garis kepala, dua garis tangan, dan dua garis kaki). Di dalam penelitian ini, mendapatkan garis *Star Skeletonization* tidak menggunakan algoritma *Local Maxima* tetapi menggunakan beberapa persyaratan yang dibuat. Hal tersebut karena *Star Skeletonization* hanya dikhususkan untuk mengenali pejalan kaki, tidak untuk mengenali bentuk obyek lainnya dan tidak untuk menganalisis gerakan.

II. PERANCANGAN

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* penghitung jumlah pejalan kaki dan menjelaskan urutan proses. Masukannya adalah rangkaian *frame* yang kemudian diubah ke dalam citra diam dengan format PNG berwarna abu-abu dan kedalaman warna 8 bit. Rekaman rentetan citra diam memiliki skenario pengambilan citra dengan posisi kamera berada di samping area pejalan kaki yang sedang berjalan dengan arah kiri dan ke kanan.



Gambar 1. *Flowchart* penghitung jumlah pejalan kaki

Setiap rentetan citra diam akan diproses untuk setiap *k frame* sekali. Jika proses dilakukan pada setiap *frame*, maka perubahan obyek yang diamati tidak signifikan. Pemrosesan dibagi ke dalam tahap pemrosesan awal dan *Star Skeletonization*. Keluaran yang dihasilkan berupa penandaan obyek yang dianggap pejalan kaki dengan garis berwarna hijau dan garis merah untuk yang bukan pejalan kaki, serta jumlah pejalan kaki yang terdeteksi.

A. Pemrosesan Awal

Pemrosesan diawali dengan *background subtraction* dan binerisasi citra untuk mendapatkan obyek bergerak dari rentetan citra diam. Metode yang digunakan dalam proses ini adalah *Thresholded Euclidean Difference* [4] dengan *background model* yang digunakan adalah *frame* sebelumnya. Hal ini dimaksudkan agar hanya obyek yang sedang bergerak yang didapat. Berikut adalah persamaan mencari selisih nilai intensitas citra:

$$\begin{aligned} Diff_{red} &= |A_{red} - B_{red}| \\ Diff_{green} &= |A_{green} - B_{green}| \\ Diff_{blue} &= |A_{blue} - B_{blue}| \end{aligned} \quad (1)$$

Diff adalah selisih nilai untuk suatu intensitas warna pada suatu piksel, *A* adalah citra masukkan dan *B* adalah *background model*. Nilai *euclidean difference* dihitung dari intensitas piksel dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$E = Diff_{red}^2 + Diff_{green}^2 + Diff_{blue}^2 \quad (2)$$

E adalah nilai *Thresholded Euclidean Difference*.

Kemudian nilai E dibandingkan dengan nilai T (*threshold*) yang ditentukan.

Berikut persamaan untuk penentuan nilai citra biner [8]:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } E > T^2 \\ 0 & \text{if } E \leq T^2 \end{cases} \quad (3)$$

Jika nilai E lebih besar daripada T^2 , maka nilai citra biner adalah 1 (putih). Sebaliknya, nilai citra biner adalah 0 (hitam). Proses morfologi citra *opening* dilakukan untuk menghilangkan *noise* lalu dilanjutkan dengan proses *closing* untuk menghilangkan celah pada obyek. Bagian pinggiran obyek akan diekstraksi dengan menggunakan proses morfologi ekstraksi border dan dengan *structuring element ellipse* 3x3 [8] dengan pola seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

B. *Star Skeletonization*

Hasil dari proses ekstraksi *border* dilakukan segmentasi dengan cara menelusuri setiap *border* atau tepian dari obyek. Pencarian titik tengah kemudian dilakukan dengan persamaan berikut [6]:

$$x_c = \frac{1}{N_b} \sum_{i=1}^{N_b} x_i \quad (4)$$

$$y_c = \frac{1}{N_b} \sum_{i=1}^{N_b} y_i$$

x_c, y_c adalah koordinat titik tengah, N_b adalah jumlah piksel dari *border* obyek, dan x_i, y_i adalah koordinat dari setiap piksel *border* obyek. Jarak antara titik tengah dengan setiap piksel *border* obyek kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \sqrt{(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2} \quad (5)$$

Piksel *border* disimpan dalam *list* berbeda berdasarkan posisi piksel *border* tersebut, yaitu posisi koordinat di bagian atas koordinat titik tengah ($y < y_c$) dan bagian bawah ($y > y_c$) obyek. Kedua *list* tersebut diurutkan berdasarkan jarak terpanjang. Setelah itu, mencari dan menganalisis piksel *border* yang memiliki jarak terpanjang yang membentuk *Star Skeletonization* dengan posisi sudut dan koordinat tertentu.

Sudut yang terbentuk antara sumbu y_c dengan piksel *border* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{x_i - x_c}{y_i - y_c} \quad (6)$$

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Gambar 2 *Structuring element* berbentuk *ellipse* 3x3

θ_i adalah sudut yang terbentuk antara sumbu y_c dengan suatu piksel *border* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Di dalam penelitian [6], penentuan obyek orang atau bukan berdasarkan pada posisi derajat dari ketiga piksel *border* yang membentuk tiga garis *Star Skeletonization*. Obyek dianggap orang ketika sesuai pernyataan berikut:

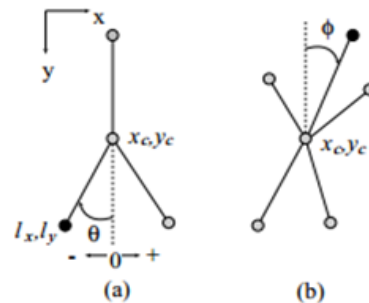
- Untuk satu piksel *border* yang membentuk garis kepala yang artinya $y < y_c$ harus berada pada sudut $+20^\circ$ sampai -20° .
- Untuk dua piksel *border* yang membentuk garis kaki yang artinya $y > y_c$ harus berada pada sudut $+50^\circ$ sampai -50° .

Di dalam penelitian ini, *Star Skeletonization* yang diuji adalah *Star Skeletonization* 3 garis dan 5 garis. Pada *Star Skeletonization* 5 garis, persyaratan untuk satu garis kepala dan dua garis kaki sama seperti 3 garis, sedangkan untuk 2 garis tangan dilakukan analisis terhadap citra sampel VISAL, dengan obyek orang yang sedang berjalan. Gambar 4 adalah hasil pemotongan citra dari data *sampling* VISAL orang yang sedang berjalan.

Dari citra sampel tersebut dianalisis posisi ayunan tangan ketika sedang berjalan. Pada Gambar 4 kiri atas, terlihat orang sedang berjalan dengan ayunan tangan ke arah belakang, pada gambar kanan orang sedang berjalan dengan ayunan yang pendek ke arah depan, dan pada gambar bawah orang sedang berjalan dengan ayunan yang jauh ke arah depan. Ketiga orang tersebut diperkirakan bagian ujung dari tangannya ditunjukkan dengan piksel hijau, kemudian dihitung sudut yang terbentuk dengan sumbu y_c titik tengah (piksel merah).

Dari hasil analisis dan perhitungan terhadap nilai sudut θ disimpulkan bahwa titik ujung tangan selalu berada di posisi $y < y_c$. Posisi tangan paling jauh berayun adalah $+51,34^\circ$. Hal ini tidak sampai pada posisi sudut garis kepala, sehingga ayunan tangan baik ke arah kanan atau kiri dari citra adalah $> 50^\circ$ dan $< -50^\circ$.

Garis dikatakan tangan jika piksel *border* memiliki $y < y_c$ dan tidak di antara sudut untuk kepala. Artinya, satu tangan memiliki sudut terhadap sumbu $y_c \geq +45^\circ$. Dianggap tangan ketika sudut berada pada $> 50^\circ$. Untuk tangan lainnya memiliki sudut terhadap sumbu $y_c \leq -45^\circ$. Dianggap tangan jika sudut berada pada $< -50^\circ$. Penggunaan sudut batas pencarian untuk garis tangan, yaitu $\geq +45^\circ$ dan $\leq -45^\circ$, agar bagian yang kemungkinannya masih piksel *border* bagian kepala atau bahu tidak dianggap sebagai tangan.



Gambar 3 Penentuan sudut (a) Bagian kaki (b) Bagian kepala

Gambar 5 menunjukkan 3 garis *Star Skeletonization*. Gambar 6 menunjukkan 5 garis. Garis warna hijau menunjukkan bahwa obyek tersebut dikenali sebagai pejalan kaki, sedangkan tiga garis berwarna merah menunjukkan bahwa obyek tersebut bukan pejalan kaki (lihat Gambar 7).

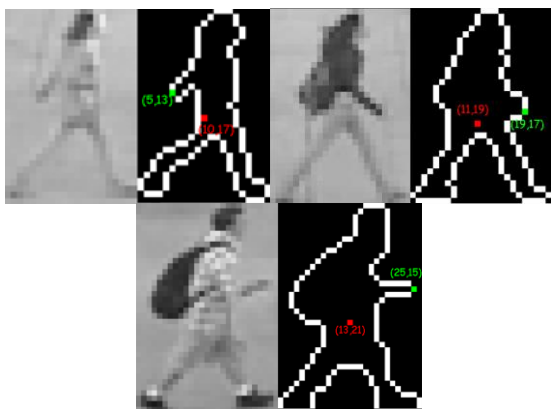
Pada Gambar 8(a), area berwarna hijau menunjukkan area pencarian piksel *border* untuk garis kepala, area berwarna oranye adalah area pencarian piksel *border* untuk satu garis tangan, area berwarna cokelat adalah area pencarian piksel *border* untuk satu garis tangan lainnya, area berwarna biru muda adalah area pencarian piksel *border* untuk satu garis kaki, dan area berwarna biru tua adalah area pencarian piksel *border* untuk satu garis kaki lainnya.

Pada Gambar 8(b), area berwarna hijau menunjukkan area garis kepala yang dianggap benar, area berwarna oranye adalah area satu garis tangan yang dianggap benar, area berwarna cokelat adalah area satu garis tangan lainnya yang dianggap benar, area berwarna biru muda adalah area satu garis kaki yang dianggap benar, dan area berwarna biru tua adalah area satu garis kaki lainnya yang dianggap benar.

III. IMPLEMENTASI

Spesifikasi perangkat lunak yang diperlukan untuk mengimplementasikan aplikasi terdiri dari:

- Sistem operasi: Windows 7 Ultimate 64-bit Service Pack 1.
- Tools pengembangan: Java Development Kit 1.7.0 32-bit, Netbeans IDE 7.3.
- Library: OpenCV 2.4.0.



Gambar 4 Pejalan kaki dari data sampel VISAL dengan penandaan titik tengah dan titik tangan.



Gambar 5 *Star Skeletonization* 3 garis

IV. PENGUJIAN

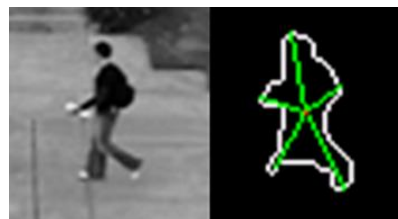
Pengujian dibagi ke dalam empat, yaitu:

- Pengujian nilai *threshold* terbaik untuk proses *background subtraction* dan binerisasi citra.
- Pengujian bentuk *structuring element library* OpenCV untuk proses *opening* dan *closing*.
- Pengujian metode *Star Skeletonization* 3 garis dan 5 garis.
- Pengujian perhitungan jumlah pejalan kaki dalam keadaan banyak dan sedikit pejalan kaki.

Pengujian dilakukan terhadap data sampel dari VISAL [1] dan sumber lainnya [7]. Data *sampling* berbentuk sekumpulan rentetan citra diam berformat PNG yang membentuk video rekaman CCTV.

Terdapat 172 data set rekaman yang terdapat dalam data *sampling*, dimana setiap rekamannya memiliki 200 *frame* (citra diam). *Frame* yang digunakan dalam data *sampling* memiliki kecepatan 30 fps, beresolusi 238 x 158 piksel, dan warna abu-abu dengan kedalaman warna 8 bit. Asumsi lainnya adalah orang yang tegak dan bergerak saja yang terhitung, sehingga jika orang sedang dalam keadaan diam atau duduk tidak akan terhitung.

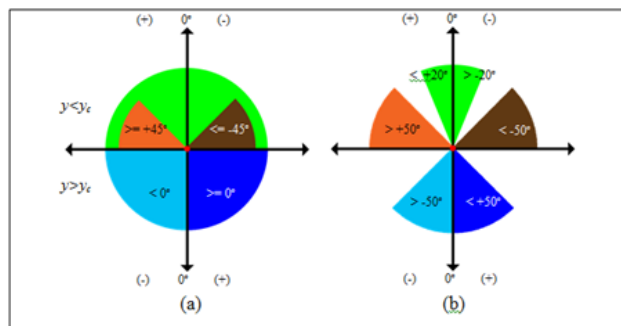
Pengujian 1, 2, dan 3 dilakukan terhadap 10 *data set* dengan konten, yaitu satu pejalan kaki ke arah kiri, satu pejalan kaki ke arah kanan, tiga orang pejalan kaki, seorang mengendarai sepeda, seorang pejalan kaki dan seorang mengendarai sepeda, tiga pejalan kaki berdekatan, dua pejalan kaki berdekatan, dua pejalan kaki dan orang sedang duduk,



Gambar 6 *Star Skeletonization* 5 garis



Gambar 7 *Star Skeletonization* bukan pejalan kaki



Gambar 8 Sudut area pencarian garis *Star Skeletonization*

mobil SUV bergerak, serta mobil sedan bergerak yang masing-masing terdiri dari dua *frame*, sebagai masukan dan *background* model.

Hasil pengujian akan diukur dengan dengan nilai baik, cukup, dan buruk. Baik artinya hasil pengujian mendukung untuk proses selanjutnya atau sesuai yang diharapkan, cukup artinya hasil pengujian cukup mendukung proses selanjutnya dan masih bisa diperbaiki pada proses selanjutnya, dan buruk artinya tidak mendukung proses selanjutnya yang memungkinkan hasil akan semakin buruk atau tidak sesuai yang diharapkan.

C. Pengujian untuk Menentukan Nilai Threshold

Beberapa nilai *threshold* yang diuji dipilih secara acak. Jika pengujian dilakukan pada nilai *threshold* lebih dari 20, obyek yang terdeteksi bergerak tidak menyerupai bentuk aslinya. Hasil pengujian yang diharapkan adalah obyek pejalan kaki bisa dikenali dan jika memiliki *noise* dan celah pada obyek yang berukuran kecil bisa diperbaiki saat proses *opening* dan *closing*.

Tabel I menunjukkan hasil pengujian terhadap 10 video pejalan kaki. Dari 3 pengujian yang dilakukan dengan nilai *threshold* 5, 10, dan 20. *Threshold* bernilai 5 adalah yang paling baik, karena semua hasil pengujian dapat mengenali obyek pejalan kaki.

D. Pengujian untuk Menentukan Structuring Element

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari ukuran *structuring element* yang disediakan *library* OpenCV [7] terhadap bentuk pengenalan obyek, sehingga mendapatkan bentuk dan ukuran *structuring element* yang paling baik untuk proses *opening* dan *closing*.

Structuring element diuji mulai dari ukuran kecil terlebih dahulu. Jika ukuran kecil saja sudah menghasilkan hasil yang buruk, maka tidak akan dilanjutkan untuk pengujian ukuran yang lebih besar.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN NILAI THRESHOLD

Nilai Threshold	Hasil		
	Baik	Cukup	Buruk
5	10	0	0
10	8	2	0
20	4	4	2

TABEL II
HASIL PENGUJIAN STRUCTURING ELEMENT
UNTUK PROSES OPENING

Bentuk dan Ukuran	Hasil		
	Baik	Cukup	Buruk
<i>Rect</i> 3x3	6	3	1
<i>Ellipse</i> 3x3	4	4	2
<i>Ellipse</i> 5x5	4	4	2
<i>Cross</i> 3x3	3	5	2
<i>Cross</i> 5x5	5	2	3

Pengujian proses *opening* dilakukan dengan beberapa bentuk dan ukuran *structuring element*. Hasil pengujian yang baik dari proses *opening* adalah *noise* hilang, celah tidak terlalu membesar, dan bentuk obyek masih menyerupai obyek riilnya, serta jika beberapa obyek berdekatan bisa terpisah.

Lima bentuk dan ukuran *structuring element* yang diuji untuk proses *opening*, *structuring element* berbentuk *rect* 3x3 adalah yang terbaik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel II.

Pengujian proses *closing* dilakukan dengan beberapa bentuk dan ukuran *structuring element*. Hasil pengujian yang baik dari proses *closing* adalah celah hilang, bentuk obyek masih menyerupai obyek riilnya dan tidak membuat beberapa obyek yang berbeda bergabung. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel III.

E. Pengujian Metode Star Skeletonization

Pengujian ini dimaksudkan untuk membandingkan penghitungan jumlah pejalan kaki dengan metode *Star Skeletonization* 3 garis dan 5 garis. *Threshold* dan *structuring element* yang digunakan mengacu pada hasil terbaik dari pengujian sebelumnya, yaitu dengan nilai *threshold* lima dan *structuring element* berbentuk *rect* 3x3 untuk proses *opening* serta *rect* 5x5 dan *ellipse* 5x5 untuk *closing*. Tabel IV dan Tabel V adalah hasil pengujian terhadap perhitungan jumlah pejalan kaki.

Hasil pengujian metode *Star Skeletonization* 3 garis lebih baik dalam mengenali bentuk dan menghitung pejalan kaki, baik dengan *structuring element rect* 5x5 maupun dengan *ellipse* 5x5 untuk proses *closing*. Perhitungan pejalan kaki pada pengenalan lima garis lebih buruk hasilnya karena pencarian untuk posisi tangan memberikan hasil yang salah.

TABEL III

HASIL PENGUJIAN STRUCTURING ELEMENT UNTUK PROSES CLOSING

Bentuk dan Ukuran	Hasil		
	Baik	Cukup	Buruk
<i>Rect</i> 3x3	5	4	1
<i>Rect</i> 5x5	8	1	1
<i>Ellipse</i> 3x3	2	6	2
<i>Ellipse</i> 5x5	8	1	1
<i>Cross</i> 3x3	2	6	2
<i>Cross</i> 5x5	4	5	1

TABEL IV

HASIL PENGUJIAN RECT 5X5 UNTUK PROSES CLOSING

Banyak Garis	Hasil Bagus	Hasil Buruk
Tiga	8	2
Lima	3	7

TABEL V

HASIL PENGUJIAN ELLIPSE 5X5 UNTUK PROSES CLOSING

Banyak Garis	Hasil Bagus	Hasil Buruk
Tiga	7	3
Lima	3	7

F. Pengujian Penghitungan Jumlah Pejalan Kaki

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui akurasi perhitungan jumlah pejalan kaki dengan menggunakan *threshold*, *structuring element*, dan jumlah garis *Star Skeletonization* yang paling baik dari pengujian-pengujian sebelumnya. Pengujian ini dilakukan pada dua buah rekaman dengan skenario banyak pejalan kaki dan sedikit pejalan kaki dari data *sampling* VISAL yang masing-masing berjumlah 200 *frame* dan diproses setiap 5 *frame*.

Kedua rekaman video menunjukkan hasil pengenalan yang sangat jauh, yaitu rekaman yang memiliki skenario banyak pejalan kaki memiliki akurasi 32,5% dan rekaman yang memiliki skenario sedikit pejalan kaki memiliki akurasi 90%. Perhitungan pada orang-orang yang berdekatan dan tumpang tindih adalah masalah yang mengakibatkan salah hitung. Prapemrosesan dapat mengatasi 2 orang yang berjalan berdekatan tetapi tidak dapat mengatasi pejalan kaki yang tumpang tindih. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI

AKURASI HASIL PENGHITUNGAN JUMLAH PEJALAN KAKI

Skenario rekaman	total <i>Frame</i>	hasil dikenali	Akurasi
Banyak Pejalan <i>overlap</i> Kaki	40	12	32.5%
Sedikit Pejalan Kaki	40	36	90%

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembuatan aplikasi metode *Star Skeletonization* adalah nilai *threshold* 5 menunjukkan hasil pengujian yang paling bagus. Nilai *threshold* tersebut menghasilkan citra biner yang mendekati ukuran obyek asli, mengecilkan *noise* dan mengenali celah yang berukuran kecil pada obyek bergerak dan saling berdekatan, sehingga mendukung proses *opening* dan *closing*.

Proses *opening* masih sulit menghilangkan *noise* yang berukuran besar, sehingga *noise* bisa dianggap obyek. Proses *opening* juga masih sulit untuk memisahkan obyek yang berdekatan dan tumpang tindih. Hasil pengujian untuk proses *opening*, *structuring element* $rect\ 3 \times 3$ adalah yang terbaik untuk menghilangkan *noise*, tidak memperbesar celah, dan tidak mengubah bentuk obyek. Namun, proses tersebut tidak bisa untuk memisahkan obyek yang menempel.

Proses *closing* masih sulit untuk menjaga obyek yang berdekatan tidak menyatu. Hal itu karena ukuran *structuring element* yang semakin besar, sehingga semakin banyak celah obyek hilang. Namun, proses tersebut membuat obyek berdekatan menyatu dan mengubah bentuk obyek dari riilnya. *Structuring element* berbentuk $rect\ 5 \times 5$ dan $ellipse\ 5 \times 5$ adalah yang terbaik untuk proses *closing*.

Hasil pengujian dengan metode *Star Skeletonization* 3 garis lebih baik dalam mengenali bentuk dan menghitung jumlah pejalan kaki dibandingkan 5 garis. Hal ini karena pencarian posisi tangan 5 garis tidak sesuai dengan sudut yang ditentukan akibat tangan pejalan kaki pada data sampel tidak terlalu berayun saat berjalan.

Hasil pengujian dengan menggunakan parameter pra-pemrosesan terbaik menunjukkan hasil yang berbeda. Ketika keadaan dengan pejalan kaki banyak dan berdekatan atau tumpang tindih, akurasinya 32,5%. Ketika keadaan dengan sedikit pejalan kaki, berjalan sendiri atau berdekatan dengan jarak yang dapat ditolerir oleh pra-pemrosesan, akurasinya 90%. Beberapa kesalahan yang terjadi adalah akibat kesalahan menentukan piksel border.

Untuk mendapatkan hasil terbaik perlu mengembangkan proses morfologi citra yang dinamis (tergantung kondisi citra), menambahkan algoritma *region filling* untuk menutup celah pada obyek yang tidak memperbesar bentuk obyek, dan menambahkan proses segmentasi yang dapat digunakan untuk memisahkan obyek yang menempel, seperti metode *Region-Based Segmentation* untuk memisahkan obyek berdasarkan warna, intensitas, atau tekstur.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Antoni Chan, "VISAL (Video, Image, and Sound Analysis Lab)." Internet: <http://visal.cs.cityu.edu.hk> [22 Januari 2015].
- [2] Damien Lefloch, et al. "Real-time people counting system using a single video camera", *Electronic Imaging, International Society for Optics and Photonics*, 2008.
- [3] Djamel Merad, K-E. Aziz, dan Nicolas Thome. "Fast people counting using head detection from skeleton graph". *Advanced in video and signal based surveillance, Seventh IEEE International Conference on* (2010): 233-240.
- [4] E.W. Irawan, "Aplikasi Keamanan Pendeteksian Gerak dengan Menggunakan Background Subtraction dan Thresholded Euclidean Difference", Institut Teknologi Harapan Bangsa, 2012.
- [5] Gupta Rakesh and Kaur Rajpreet. "Skeletonization algorithm for numeral patterns." *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition 1.1* (2008): 63-72.
- [6] Hironobu Fujiyoshi, Alan J. Lipton, dan Takeo Kanade. "Real-time human motion analysis by image skeletonization", *IEICE Transactions on Information and Systems 87.1* (2004): 113-120.
- [7] "OPENCV (Open Source Computer Vision)" Internet: <http://opencv.org> [16 Februari 2015].
- [8] R.C. Gonzales, R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Third Edition, Pearson Prentice-Hall, 2010.
- [9] Stephen Gould, Tianshi Gao, and Daphne Koller. "Region-based segmentation and object detection". *Advances in neural information processing systems* (2009): 655-663.

Natanael, mahasiswa jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Harapan Bangsa Bandung lulus tahun 2015. Minat penelitiannya pada pengolahan citra dan sistem cerdas.

Ken Ratri Retno Wardani, menerima gelar Sarjana Teknik Informatika dari Sekolah Tinggi Sains dan Teknologi pada tahun 1993. Menyelesaikan studi Magister di Institut Teknologi Bandung jurusan Teknologi Informasi dan aktif sebagai pengajar di Departement Teknik Informatika, Institut Teknologi Harapan Bangsa di Bandung. Bidang penelitian adalah pengolahan citra dan interaksi manusia komputer.