

**PENGHITUNG OBYEK JAMAK MENGGUNAKAN METODE  
MULTIKELAS BOOSTING DENGAN MODIFIKASI FUNGSI  
INDIKATOR**

**TESIS**

**FERDI FERANDI  
0706193353**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
DESEMBER 2008**

**PENGHITUNG OBYEK JAMAK MENGGUNAKAN METODE  
MULTIKELAS BOOSTING DENGAN MODIFIKASI FUNGSI  
INDIKATOR**

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Ilmu Komputer

**FERDI FERANDI  
0706193353**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Ferdi Ferandi**

**NPM : 0706193353**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 30 Desember 2008**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Ferdi Ferandi  
NPM : 0706193353  
Program Studi : Magister Ilmu Komputer  
Judul Tesis : Penghitug Obyek Jamak Menggunakan Metode  
Multikelas Boosting dengan Modifikasi Fungsi  
Indikator

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer pada Program Studi Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Rahmat Widyanto, M.Eng. ( )

Penguji : Dr. Ade Azurat ( )

Penguji : Dr. Ahmad Nizar Hidayanto ( )

Penguji : Dr. Indra Budi ( )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 30 Desember 2008

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tesis yang berjudul "Penghitung Obyek Jamak Menggunakan Metode Multikelas Boosting dengan Modifikasi Fungsi Indikator". Penulisan tesis ini dikerjakan guna memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.

Penulis juga hendak mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

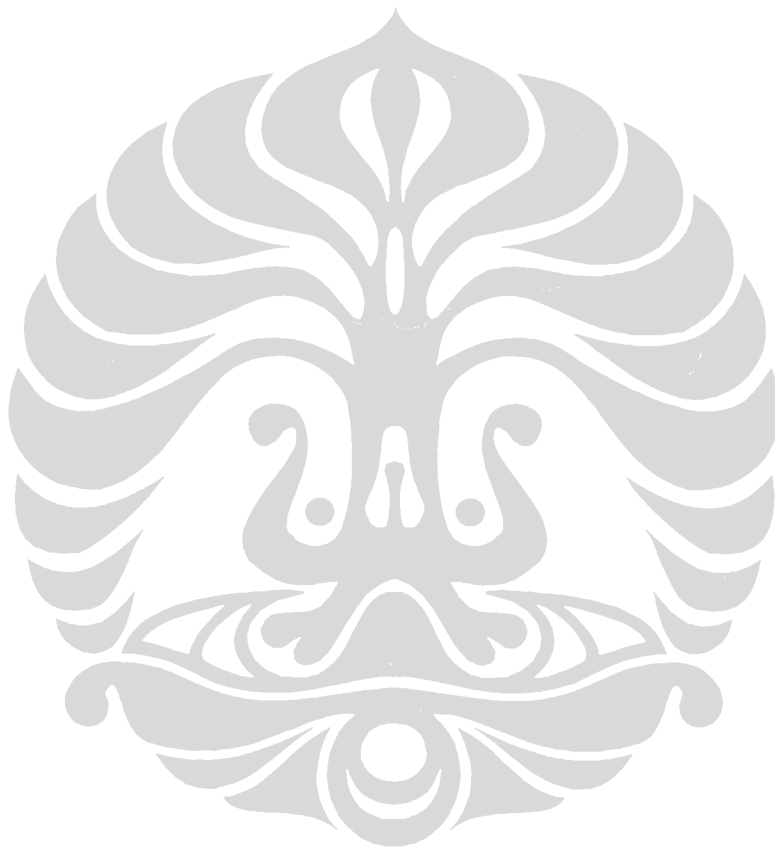
1. Bapak Rahmat Widyanto, yang telah memberikan banyak wawasan, pengetahuan begitu juga dengan kepercayaan dan kesabaran dalam membimbing penulis hingga terselesainya tesis ini.
2. Para Dosen di Fakultas Ilmu Komputer UI, yang telah memberikan bimbingan selama penulis menempuh studi S2 begitu juga dengan Staff Fasilkom yang telah memberikan bantuannya pada penulis.
3. Ibunda dan Ayahanda tercinta, adik, dan tak lupa calon istri tercinta yang selalu mendukung dan membangkitkan semangat penulis.
4. Martin Leonard Tangel yang telah mengajarkan cara mengimplementasikan cara penjejakan dengan metode Euclidian Distance, serta telah memberikan paper yang menjadi rujukan utama penelitian ini.
5. Seluruh teman-teman kuliah terutama Chastine Fatichah, Sukmawati Nur Endah, Dewi Yanti Liliana, T. Ahmad Danial, Surya Agustian, dan Pak Jon Andika.
6. Pihak-pihak lain yang tidak disebutkan dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis mengharapkan pengertian seluruh pihak apabila ditemukan kekurangan-kekurangan dalam tesis ini. Oleh karena itu, Penulis bersedia untuk menerima saran dan kritik demi perbaikan tesis ini. Akhir kata, semoga tesis ini

dapat berguna bagi kita semua. Dan tentu saja penulis sangat berharap bahwa pekerjaan yang dilakukan ini mendapat pahala dari Yang Maha Kuasa.

Depok, Desember 2008

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferdi Ferandi  
NPM : 0706193353  
Program Studi : Magister Ilmu Komputer  
Fakultas : Ilmu Komputer  
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Penghitung Obyek Jamak Menggunakan Metode Multikelas Boosting dengan  
Modifikasi Fungsi Indikator

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 30 Desember 2008

Yang menyatakan

( Ferdi Ferandi )

## ABSTRAK

Nama : Ferdi Ferandi  
Program Studi : Magister Ilmu Komputer  
Judul Tesis : Penghitung Obyek Jamak Menggunakan Metode Multikelas Boosting dengan Modifikasi Fungsi Indikator

Tesis ini mengusulkan metode Boosting yang termodifikasi berbasiskan AdaBoost M2 untuk melakukan klasifikasi obyek multikelas dengan menambahkan fungsi indikator pada faktor pengubah bobot. Metode ini diimplementasikan dalam sistem penghitung pengunjung untuk dapat mendeteksi dan membedakan pengunjung berdasarkan kendaraannya, menjejaknya, dan kemudian menghitung jumlahnya. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa rata-rata akurasi AdaBoost M2 lebih tinggi 1.6% dibandingkan metode yang diusulkan dan tingkat *false detection* metode yang diajukan rata-rata dua kali lipat dari metode AdaBoost M2. Meskipun demikian, sistem penghitung pengunjung yang mengimplementasikan kedua metode tersebut memiliki akurasi penghitungan dan kecepatan deteksi yang hampir sama. Dari hasil ujicoba, terlihat bahwa penambahan fungsi indikator tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil klasifikasi, melainkan menjadi penyebab tingginya tingkat false detection pada metode yang diajukan.

Kata kunci:  
Boosting, pengklasifikasi, penghitung, multikelas



## ABSTRACT

Name : Ferdi Ferandi  
Study Program : Master of Computer Science  
Title : Multiple Objects Counter using Modified Multiclass Boosting  
with Indicator Function

This thesis proposes a modified Boosting method based on AdaBoost M2 by adding indicator function to the weight update factor for classifying multiclass objects. The proposed method is implemented on a visitor counter system to make it capable for detecting incoming objects (i.e., walking person, motorcycle, or car), track them, and count their number. Experimental result shows that AdaBoost M2 is 1.6% more accurate compared to the proposed method on average, and the proposed method has twice false detection rate compared to AdaBoost M2. Nevertheless, the visitor counter systems which implemented these two methods have same accuracy and detection speed. From the experimental result, it can be seen that adding indicator function doesn't affect the classification result. Instead, the high false detection rate is the result of the indicator function.

Key words:

Boosting, classifier, counter, multiclass

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>2. SISTEM DETEKSI DAN PENGHITUNG OBYEK .....</b>	<b>6</b>
2.1 Analisis Kebutuhan.....	6
2.2 Arsitektur Sistem Deteksi dan Penghitung Obyek.....	7
2.2.1 Ekstraksi Ciri.....	9
2.2.2 Proses Pelatihan .....	10
2.2.3 Proses Penjejukan Obyek .....	12
2.2.4 Proses Menghitung Jumlah Obyek.....	13
2.3 Jarak Euclidean .....	15
<b>3. METODE MULTIKELAS BOOSTING TERMODIFIKASI.....</b>	<b>16</b>
3.1 Boosting .....	16
3.2 AdaBoost M2 .....	18
3.3 Usulan Multikelas Boosting Termodifikasi dan Implementasinya.....	21

3.3.1 Usulan Modifikasi AdaBoost M2 dengan Fungsi Indikator .....	21
3.3.2 Implementasi Multikelas Boosting Termodifikasi pada Sistem Penghitung Pengunjung .....	23
<b>4. SKENARIO UJICоба .....</b>	<b>24</b>
4.1 Data Ujicoba .....	24
4.2 Skenario Ujicoba.....	26
4.2.1 Skenario ujicoba pertama: mengukur akurasi dari tiap pengklasifikasi hasil pelatihan dengan data citra .....	26
4.2.2 Skenario ujicoba kedua: mengukur akurasi sistem penghitung pengunjung dengan data video .....	27
4.2.3 Skenario ujicoba ketiga: mengukur kecepatan tiap pengklasifikasi dan sistem penghitung pengunjung dengan data video.....	28
<b>5. HASIL UJICоба DAN ANALISISNYA .....</b>	<b>30</b>
5.1 Hasil Ujicoba.....	30
5.1.1 Hasil ujicoba skenario pertama: mengukur akurasi dari tiap pengklasifikasi hasil pelatihan dengan data citra .....	30
5.1.2 Hasil ujicoba skenario kedua: mengukur akurasi sistem penghitung pengunjung dengan data video .....	33
5.1.3 Hasil ujicoba skenario ketiga: mengukur kecepatan tiap pengklasifikasi dan sistem penghitung pengunjung dengan data video .....	37
5.2 Analisis Hasil Ujicoba .....	38
<b>6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>41</b>
6.1 Kesimpulan .....	41
6.2 Saran.....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Tahap Pelatihan.....	8
Gambar 2.2 Arsitektur Tahap Penghitungan Obyek.....	9
Gambar 2.3 Contoh Ciri Haar-like yang Digunakan.....	10
Gambar 2.4 Contoh Ekstraksi Ciri Haar-like pada Wajah Manusia .....	10
Gambar 2.5 Ilustrasi Cara Kerja Pengklasifikasi yang Berlapis .....	11
Gambar 2.6. Ilustrasi Array yang Mencatat Informasi Lokasi Obyek.....	12
Gambar 2.7 Letak Zona Penghitungan pada Video Ujicoba.....	14
Gambar 3.1 Skema Metode Boosting .....	17
Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Nilai Pengali T dan F terhadap $\epsilon_m$ pada AdaBoost M2 .....	22
Gambar 4.1 Alur Proses Pembuatan Data Pelatihan Dimulai dari Merekam Video sampai Hasil Pelatihan .....	25
Gambar 4.2 Alur Perangkat Lunak Ujicoba Skenario Ujicoba Pertama, Mengukur Akurasi Tiap Pengklasifikasi .....	27
Gambar 4.3 Alur Skenario Ujicoba Kedua, Mengukur Akurasi Sistem Penghitung Pengunjung.....	28
Gambar 5.1 Grafik Hasil Ujicoba, Persentase Tingkat Deteksi ( <i>hit rate</i> ), lebih tinggi lebih baik .....	31
Gambar 5.2 Grafik Hasil Ujicoba, Persentase yang Tidak Terdeteksi ( <i>missed</i> ), lebih rendah lebih baik.....	32
Gambar 5.3 Grafik Hasil Ujicoba, Persentase Tingkat <i>False detection</i> , lebih rendah lebih baik.....	32
Gambar 5.4 Perbandingan Penghitungan Manual dengan Sistem Penghitung Metode AdaBoost M2.....	35
Gambar 5.5 Perbandingan Penghitungan Manual dengan Sistem Penghitung Metode Multikelas Boosting Termodifikasi .....	37
Gambar 5.6 Ilustrasi Gambar, Citra Positif yang Dilatihkan Sebenarnya adalah Citra Positif yang Diperlukan Ditambah dengan Sisa Latar Belakang.....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Perbandingan Nilai Pengali T dan F terhadap $\epsilon_m$ .....	21
Tabel 5.1 Hasil ujicoba tingkat deteksi dan <i>false detection</i> .....	33
Tabel 5.2 Hasil Ujicoba Sistem Penghitung Pengunjung Metode AdaBoost M2	34
Tabel 5.3 Hasil Ujicoba Sistem Penghitung Pengunjung Metode Multikelas Boosting Termodifikasi.....	36
Tabel 5.4 Hasil Ujicoba Rata-rata Kecepatan Tiap Pengklasifikasi dan Sistem Penghitung Pengunjung (dalam satuan detik).....	37

