



UNDERGRADUATE THESIS

OBJECT DETECTION AND HUMAN SPERMATOCYTES MOVEMENT TRACKING IN VIDEO USING YOLOV5 AND STRONGSORT ALGORITHM

CHRISTINA HALIM
NPM 21083010124

THESIS ADVISORS

Wahyu Syaifullah JS, S.Kom., M.Kom.
Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom.

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE, AND TECHNOLOGY
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE
DEPARTEMENT OF DATA SCIENCE
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

DETEKSI OBJEK DAN PELACAKAN PERGERAKAN *SPERMATOZOA* MANUSIA BERBASIS VIDEO MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5 DAN *STRONGSORT*

CHRISTINA HALIM
NPM 21083010124

DOSEN PEMBIMBING

Wahyu Syaifullah JS. S.Kom., M.Kom.
Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom.

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE, AND TECHNOLOGY
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE
DEPARTEMENT OF DATA SCIENCE
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

DETEKSI OBJEK DAN PELACAKAN PERGERAKAN SPERMATOZOA MANUSIA BERBASIS VIDEO MENGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5 DAN STRONGSORT

CHRISTINA HALIM
NPM 21083010124

DOSEN PEMBIMBING
Wahyu Syaifullah JS, S.Kom., M.Kom.
Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

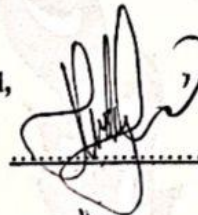
DETEKSI OBJEK DAN PELACAKAN PERGERAKAN SPERMATOZOA MANUSIA BERBASIS VIDEO MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5 DAN STRONGSORT

Oleh:
CHRISTINA HALIM
NPM. 21083010124

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 7 November 2025:

Menyetujui,

Wahyu Syaifullah JS, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19860825 202121 1 003



(Pembimbing I)

Kartika Maulida Hindravani, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19920909 202203 2 009



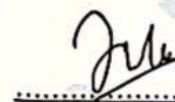
(Pembimbing II)

Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S.
NIP. 19950723 202406 1 002



(Ketua Penguji)

Alfan Rizaldi Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom.
NIP. 19990506 202406 1 001



(Penguji I)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**DETEKSI OBJEK DAN PELACAKAN PERGERAKAN *SPERMATOZOA*
MANUSIA BERBASIS VIDEO MENGGUNAKAN ALGORITMA
YOLOV5 DAN *STRONGSORT***

Oleh:

**CHRISTINA HALIM
NPM. 21083010124**

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi



Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**

Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T., IPU., Asean Eng.
NIP. 19801205 200501 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Christina Halim
NPM : 21083010124
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiasi pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 3 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan,



CHRISTINA HALIM
NPM. 21083010124

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Christina Halim / 21083010124
Judul Skripsi : Deteksi Objek dan Pelacakan Pergerakan *Spermatozoa* Manusia Berbasis Video Menggunakan Algoritma YOLOv5 dan *StrongSORT*
Dosen Pembimbing : 1. Wahyu Syaifullah JS., S.Kom., M.Kom
2. Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom

Infertilitas merupakan masalah global dengan sekitar 50% kasus disebabkan oleh faktor pria. Analisis kualitas sperma, khususnya parameter motilitas, penting untuk evaluasi infertilitas, namun metode manual memerlukan waktu lama, rawan kesalahan, dan tidak konsisten. Sistem otomatis seperti *CASA* dapat membantu, tetapi memiliki biaya tinggi dan keterbatasan dalam pelacakan multi-*spermatozoa*. Penelitian ini mengusulkan pendekatan *deep learning* berbasis *track-by-detection* menggunakan YOLOv5 sebagai detektor untuk mendeteksi keberadaan *spermatozoa* dan *StrongSORT* untuk melacak pergerakan objek *spermatozoa*. Metode pelacakan dievaluasi melalui dua integrasi yaitu YOLOv5 + *Kalman Filter* dan YOLOv5 + *StrongSORT*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode YOLOv5 + *Kalman Filter* memberikan performa yang lebih baik, dengan nilai *MOTA* sebesar 56,7%, *IDF1* sebesar 45,4%, *MOTP* sebesar 0.891, serta kecepatan pemrosesan 5 *FPS*. Sementara itu, YOLOv5 + *StrongSORT* menunjukkan *MOTA* sebesar 50,9%, *IDF1* sebesar 43,1%, *MOTP* sebesar 0.887, dan kecepatan pemrosesan 1 *FPS*. Temuan ini menunjukkan bahwa metode *track-by-detection* berbasis YOLOv5 yang diintegrasikan dengan *Kalman Filter* mampu memberikan hasil deteksi dan pelacakan yang lebih stabil, cepat, dan akurat dibandingkan *StrongSORT* dikarenakan *Kalman Filter* memiliki proses komputasi yang lebih ringan, tidak memerlukan ekstraksi fitur re-identifikasi, dan mampu memperbarui estimasi posisi objek lebih efisien pada setiap *frame*.

Kata kunci: Deteksi dan pelacakan objek, *Kalman Filter*, *Spermatozoa*, *StrongSORT*, YOLOv5

ABSTRACT

Student Name / NPM : Christina Halim / 21083010124
Undergraduate Thesis Title : *Object Detection and Human Spermatozoa Movement Tracking In Video Using YOLOv5 and Strongsort Algorithm*
Advisors : 1. Wahyu Syaifullah JS., S.Kom., M.Kom
2. Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom

Infertility is a global health issue, with approximately 50% of cases attributed to male factors. Sperm quality analysis, particularly the assessment of motility parameters, is essential for evaluating male infertility. However, manual analysis is time-consuming, prone to human error, and often inconsistent. Automated systems such as CASA can assist, but they are costly and still limited in multi-sperm tracking capabilities. This study proposes a deep learning-based track-by-detection approach using YOLOv5 as the detector for identifying spermatozoa and StrongSORT as the tracker for monitoring sperm movement. The tracking performance was evaluated using two integration methods: YOLOv5 + Kalman Filter and YOLOv5 + StrongSORT. Experimental results show that the YOLOv5 + Kalman Filter method yields better performance, achieving a MOTA of 56.7%, an IDF1 of 45.4%, a MOTP of 0.891, and a processing speed of 5 FPS. In comparison, YOLOv5 + StrongSORT achieved a MOTA of 50.9%, an IDF1 of 43.1%, a MOTP of 0.887, and a processing speed of 1 FPS. These findings indicate that the YOLOv5-based track-by-detection approach integrated with the Kalman Filter provides more stable, faster, and more accurate detection and tracking results than StrongSORT. This is because the Kalman Filter involves lighter computation, does not require re-identification feature extraction, and can efficiently update object position estimates at every frame.

Keywords: *Object detection and tracking, Kalman Filter, Spermatozoa, StrongSORT, YOLOv5*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Deteksi Objek Dan Pelacakan Pergerakan *Spermatozoa* Manusia Berbasis Video Menggunakan Algoritma YOLOv5 Dan *StrongSORT*”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wahyu Syaifullah JS., S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Dan penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moral, spiritual maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, ST., MT., IPU., selaku Ketua Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dosen-dosen Program Studi Sains Data yang telah memberikan arahan dan saran yang baik untuk penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Orang tua dan adik tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa yang tidak pernah putus dan mendorong serta memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman Sains Data Angkatan 2021, terkhususnya Ayu yang telah membantu dan menemani penulis dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini

6. Teman-teman *Army of God* GMS Jombang yang terus mendoakan dan memberikan dukungan serta keyakinan penuh kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 3 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2 Kerangka Teori	14
2.2.1 Motilitas <i>Spermatozoa</i>	14
2.2.2 <i>Object Detection</i>	15
2.2.3 <i>Object Tracking</i>	19
2.2.4 <i>YOLO (You Only Look Once)</i>	24
2.2.5 <i>StrongSORT</i>	30
2.2.6 <i>Transfer Learning</i>	34
2.2.7 Metrik Evaluasi	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39

3.1	Variabel Penelitian dan Sumber Data	39
3.2	Langkah Analisis.....	40
3.2.1	Pengumpulan Data Primer.....	40
3.2.2	<i>Video Pre-processing</i>	41
3.2.3	Anotasi Gambar	43
3.2.4	Pembagian Dataset.....	43
3.2.5	Implementasi Model YOLOv5 Menggunakan <i>Transfer Learning</i>	44
3.2.6	Implementasi <i>StrongSORT</i>	45
3.3	Desain Sistem	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	<i>Video Pre-processing</i>	49
4.2	Anotasi Gambar.....	52
4.3	Pembagian Dataset	53
4.4	Hasil Pelatihan Model YOLOv5 menggunakan <i>Transfer Learning</i>	54
4.5	Hasil Pengujian Model YOLOv5	56
4.8	Hasil <i>Tracking</i> Menggunakan <i>StrongSORT</i>	59
4.9	Tampilan Antarmuka (<i>Graphical User Interface</i>)	62
BAB V PENUTUP		67
5.1.	Kesimpulan.....	67
5.2.	Saran Pengembangan.....	67
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motilitas Sperma Normal dan Abnormal [15].....	14
Gambar 2.2 Arsitektur <i>One-Stage Detector</i> dan <i>Two-Stage Detector</i> [19].....	17
Gambar 2.3 Arsitektur YOLO [24]	26
Gambar 2.4 Arsitektur YOLOv5 [27]	27
Gambar 2.5 <i>Backbone</i> YOLOv5 [27].....	28
Gambar 2.6 <i>Neck</i> YOLOv5 [27]	28
Gambar 2.7 <i>Head</i> YOLOv5 [27].....	29
Gambar 2.8 Perbandingan <i>DeepSORT</i> dengan <i>StrongSORT</i> [29].....	31
Gambar 3.1 Langkah Analisis Penelitian	40
Gambar 3.2 Langkah Pemrosesan Data Video	41
Gambar 3.3 Langkah Pelatihan <i>YOLOv5</i> Menggunakan <i>Transfer Learning</i>	44
Gambar 3.4 Diagram Alur Integrasi <i>YOLOv5</i> dan <i>StrongSORT</i>	45
Gambar 3.5 Design Tampilan GUI	47
Gambar 4.1 Hasil <i>Resizing Image</i>	50
Gambar 4.2 Hasil <i>Enhancement</i> Metode <i>CLAHE</i>	51
Gambar 4.3 Hasil <i>Enhancement</i> Metode <i>Histogram Equalization</i>	51
Gambar 4.4 Anotasi Menggunakan <i>LabelImg</i>	52
Gambar 4.5 File Hasil Anotasi	53
Gambar 4.6 Struktur Pembagian Dataset	54
Gambar 4.7 Hasil Inferensi <i>YOLOv5</i>	56
Gambar 4.8 Inferensi Hasil Deteksi <i>YOLOv5</i>	57
Gambar 4.9 Grafik Jumlah Deteksi <i>Spermatozoa</i> Pada Model <i>YOLOv5</i>	58
Gambar 4.10 Hasil Lintasan Pergerakan <i>Spermatozoa</i>	59
Gambar 4.11 Halaman <i>Login</i> User	62
Gambar 4.12 Halaman <i>Registrasi</i> User	63
Gambar 4.13 Halaman Utama Sistem Pelacakan	63
Gambar 4.14 Halaman Riwayat Sistem Pelacakan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Tabel <i>Confusion Matriks</i>	35
Tabel 4.1 Perbandingan Performa <i>StrongSORT</i> dengan Model Lain	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Source Code</i>	75
Lampiran 2. <i>Source Code GUI</i>	75
Lampiran 3. Surat Layak Etik.....	75
Lampiran 4. <i>LoA (Letter of Acceptance)</i>	75

DAFTAR NOTASI

$g_{x,y}$	:	Koordinat pusat hasil prediksi akhir bbox
$g_{w,h}$	:	Ukuran lebar dan tinggi bbox hasil prediksi akhir
$r_{x,y}$	:	Koordinat pusat hasil deteksi awal bbox
e_i^t	:	<i>Smoothed feature</i>
e_i^{t-1}	:	Fitur hasil <i>smoothing</i> sebelumnya
f_i^t	:	Fitur baru hasil ekstraksi dari fitur saat ini
α	:	Faktor peluruhan <i>EMA</i>
$\underline{R}_k$	:	Matriks <i>measurement noise covariance adaptive</i> pada <i>NSA Kalman Filter</i>
R_k	:	Matriks <i>measurement noise covariance</i> konstan pada <i>Kalman Filter</i>
c_k	:	<i>Confidence score</i> dari deteksi objek pada waktu ke-k