



SKRIPSI

DETEKSI ABNORMALITAS *MOTILITY* DAN MORFOLOGI SPERMATOZOA MENGGUNAKAN 3D-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

MUHAMMAD NASHIF FARID
NPM 22083010024

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU.
Alfan Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI ABNORMALITAS *MOTILITY* DAN MORFOLOGI SPERMATOZOA MENGGUNAKAN 3D-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Oleh:
MUHAMMAD NASHIF FARID
NPM. 22083010024`

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 26 Februari 2026:

Menyetujui,

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Divasa, S.T., M.T., IPU.
NIP. 19700619 202121 1 009



(Pembimbing I)

Alfan Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom.
NIP. 19990606 202406 1 001



(Pembimbing II)

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



(Ketua Penguji)

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.
NIP. 19940802 202203 2 005



(Penguji I)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



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

LEMBAR PERSETUJUAN

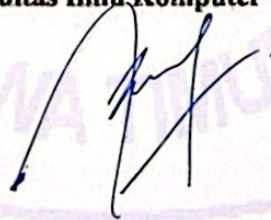
**DETEKSI ABNORMALITAS *MOTILITY* DAN MORFOLOGI
SPERMATOZOA MENGGUNAKAN 3D-CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK**

Oleh:
MUHAMMAD NASHIF FARID
NPM. 22083010024

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 bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Nashif Farid
NPM : 22083010024
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 plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

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



Surabaya, 5 Maret 2026
Yang Membuat Pernyataan,



MUHAMMAD NASHIF FARID
NPM. 22083010024

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Muhammad Nashif Farid / 22083010024
Judul Skripsi : Deteksi Abnormalitas *Motility* dan Morfologi Spermatozoa Menggunakan 3D-*Convolutional Neural Network*
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU.
2. Alfian Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom.

Infertilitas merupakan salah satu permasalahan kesehatan reproduksi yang signifikan secara global, dengan prevalensi sekitar satu dari enam pasangan usia reproduktif mengalami kesulitan dalam memperoleh keturunan. Evaluasi kualitas spermatozoa menjadi komponen penting dalam diagnosis infertilitas pria. Namun, analisis kualitas spermatozoa secara manual melalui pengamatan mikroskopis masih memiliki keterbatasan dalam hal objektivitas, konsistensi, dan efisiensi, karena sangat bergantung pada ketelitian serta pengalaman tenaga laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem analisis kesehatan sperma otomatis berbasis *Computer-Aided Sperm Analysis* (CASA) dengan mengintegrasikan model *deep learning* untuk klasifikasi motilitas dan morfologi. Data yang digunakan berupa video mikroskopis spermatozoa yang diperoleh menggunakan mikroskop binokuler OptiLab IRIS-5. Tahapan penelitian diawali dengan standarisasi video menggunakan FFmpeg, diikuti dengan peningkatan kualitas citra melalui teknik *contrast stretching*. Untuk analisis motilitas, penelitian ini menerapkan arsitektur 3D-*Convolutional Neural Network* (3D-CNN) guna mengekstraksi informasi spasial dan temporal dari pergerakan sel sperma. Sementara itu, analisis morfologi dilakukan menggunakan model EfficientNet-V2 melalui pendekatan *transfer learning*, setelah objek sperma diisolasi menggunakan operasi morfologi erosi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model 3D-CNN mampu mengklasifikasikan motilitas sperma dengan akurasi sebesar 79%, sedangkan model EfficientNet-V2 mencapai akurasi sebesar 97% dalam mendeteksi abnormalitas morfologi. Seluruh model kemudian diintegrasikan ke dalam sistem dashboard interaktif berbasis web menggunakan Streamlit, yang menyajikan statistik parameter motilitas, persentase morfologi normal dan abnormal, serta indikasi klinis berdasarkan standar WHO. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi 3D-CNN dan EfficientNet-V2 mampu menghasilkan analisis spermatozoa yang lebih objektif, konsisten, dan efisien, sehingga berpotensi menjadi alat bantu diagnostik yang andal di laboratorium klinis.

Kata Kunci: *Abnormalitas Spermatozoa, Motility, Morfologi, Deep Learning, 3D-CNN, EfficientNet-V2*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Muhammad Nashif Farid / 22083010024
Undergraduate Thesis Title : *Detection of Motility and Morphological Abnormalities of Sperm Using 3D-Convolutional Neural Network*
Advisors : 1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU.
2. Alfian Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom

Infertility is a significant global reproductive health issue, with approximately one in six couples of reproductive age experiencing difficulty in achieving pregnancy. The evaluation of sperm quality is a crucial component in the diagnosis of male infertility. However, conventional manual sperm analysis through microscopic observation still presents limitations in terms of objectivity, consistency, and efficiency, as it heavily depends on the precision and experience of laboratory personnel. This study aims to develop an automated sperm health analysis system based on Computer-Aided Sperm Analysis (CASA) by integrating deep learning models for motility and morphology classification. The dataset consists of microscopic sperm videos acquired using an OptiLab IRIS-5 binocular microscope. The research process begins with video standardization using FFmpeg, followed by image quality enhancement through contrast stretching techniques. For motility analysis, a 3D-Convolutional Neural Network (3D-CNN) architecture is implemented to extract both spatial and temporal information from sperm movement patterns. Meanwhile, morphology analysis is performed using the EfficientNet-V2 model through a transfer learning approach, after sperm objects are isolated using morphological erosion operations. Experimental results demonstrate that the 3D-CNN model achieves an accuracy of 79% in classifying sperm motility, while the EfficientNet-V2 model attains an accuracy of 97% in detecting morphological abnormalities. Both models are integrated into a web-based interactive dashboard developed using Streamlit, which presents motility statistics, the percentage of normal and abnormal morphology, and clinical indications based on WHO standards. The findings indicate that the integration of 3D-CNN and EfficientNet-V2 provides a more objective, consistent, and efficient sperm analysis system, demonstrating its potential as a reliable diagnostic support tool in clinical laboratories.

Keywords: *Sperm Abnormalities, Motility, Morphology, Deep Learning, 3D-CNN, EfficientNet-V2*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga buku skripsi dengan judul **“Deteksi Abnormalitas Motility dan Morfologi Spermatozoa Menggunakan 3D-Convolutional Neural Network”** dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., IPU, selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng. selaku Koordinator Program Studi Sains Data Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU. selaku dosen pembimbing pertama, atas bantuan, kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Alfian Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom. selaku dosen pembimbing kedua, atas bantuan, kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Kedua orang tua dan keluarga *baiti jannati* tercinta, terima kasih atas doa yang tidak pernah putus, dukungan moral yang luar biasa, serta kasih sayang yang menjadi energi bagi penulis untuk tetap bertahan di masa-masa sulit penyusunan skripsi ini. Segala pencapaian ini penulis persembahkan untuk kalian.
7. Tim Entropiata Agency sebagai himpunan besar yang menyempurnakan pengalaman akademik penulis dalam pengembangan *softskill* maupun *hardskill*, terdapat sebuah subset kecil bernama “Kacong Mak Kom” {Dafi, Faris,

Nashif}. Subset ini menjadi ruang berbagi tempat, cerita, dan pengalaman selama masa perkuliahan, yang kemudian semakin lengkap dengan hadirnya {Daffin} sebagai elemen yang turut memperkaya kebersamaan serta pertukaran ilmu di dalamnya hingga terbentuklah Entropiata Agency.

8. Teman-teman seperjuangan Bismillah Sukses Lulus (Meli ,Dafi, Faris, Hauzan, Ajeng, Fira, Sela) yang telah kebersamai penulis selama proses pengerjaan, persiapan seminar hasil hingga ketertinggalan proses revisi dengan dukungan dan semangat yang luar biasa sehingga memberikan kesan yang luar biasa di akhir masa studi.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyelesaian proposal 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, Maret 2026

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.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	9
1.3. Batasan Masalah.....	9
1.4. Tujuan Penelitian	10
1.5. Manfaat Penelitian	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. Penelitian Terdahulu	13
2.2. Kerangka Teori.....	22
2.2.1. Spermatozoa.....	22
2.2.2. Abnormalitas Sperma.....	23
2.2.2.1. Definisi Abnormalitas	24
2.2.2.2. Faktor Penyebab Abnormalitas	24
2.2.2.3. Jenis Gangguan Pada Sperma	25
2.2.3. Parameter Motilitas Sperma	27
2.2.4. <i>Unstructured Data</i>	29
2.2.5. <i>Preprocessing Data Video</i>	31

2.2.6.	Trackpy	34
2.2.7.	<i>Deep Learning</i>	39
2.2.8.	<i>Neural Network</i>	41
2.2.9.	<i>3D-Convolutional Neural Network</i>	42
2.2.9.1.	<i>Forward Pass</i>	43
2.2.9.2.	<i>Backpropagation</i>	47
2.2.10.	EfficientNet-V2	49
2.2.10.1.	<i>Forward Pass</i>	50
2.2.10.2.	<i>Backpropagation</i>	54
2.2.11.	Operasi Morfologi	56
2.2.12.	<i>Learning Rate Scheduler</i>	57
2.2.13.	Metrik Evaluasi.....	59
2.2.13.1.	<i>Confussion Matrix</i>	59
2.2.13.2.	<i>Accuracy</i>	60
2.2.13.3.	<i>Precision</i>	60
2.2.13.4.	<i>Recall</i>	60
2.2.13.5.	<i>F1-Score</i>	61
2.2.14.	<i>Streamlit</i>	61
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		63
3.1.	Sumber Data Penelitian	63
3.2.	Langkah Analisis	64
3.2.1.	<i>Data Acquisition</i>	66
3.2.2.	<i>Data Preparation</i>	67
3.2.3.	<i>Data Preprocessing</i>	67
3.2.4.	<i>Data Modelling</i>	68
3.2.4.1.	<i>Model Motility</i>	69
3.2.4.2.	<i>Model Morfologi</i>	71
3.2.5.	<i>Data Evaluation</i>	72
3.2.6.	<i>Deployment System</i>	73
3.3.	Desain Sistem	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		77

4.1.	<i>Data Acquisition</i>	77
4.2.	<i>Data Preparation</i>	78
4.3.	<i>Data Preprocessing</i>	83
4.4.	<i>Data Modelling</i>	86
4.4.1.	Model Motility	87
4.4.2.	Model Morfologi.....	101
4.5.	<i>Data Evaluation</i>	112
4.5.1.	Evaluasi Model <i>Motility</i>	113
4.5.2.	Evaluasi Model Morfologi	115
4.6.	<i>Deployment System</i>	116
4.7.	Tampilan Antar Muka (<i>Graphical User Interface</i>).....	118
BAB V PENUTUP		123
5.1.	Kesimpulan	123
4.2.	Saran Pengembangan	124
DAFTAR PUSTAKA		127
LAMPIRAN		133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Bagian Spermatozoa	22
Gambar 2.2. Contoh Abnormalitas <i>Motility</i> [30]	25
Gambar 2.3. Contoh Abnormalitas Morfologi [31].....	26
Gambar 2.4. Contoh Tahapan <i>Preprocessing</i> Data Video	33
Gambar 2.5. Proses Dasar <i>Neural Network</i>	41
Gambar 2.6. Arsitektur 3D-CNN	42
Gambar 2.7. Arsitektur EfficientNet-V2	50
Gambar 2.8. Tabel <i>Confussion Matrix</i>	59
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	65
Gambar 3.2. Desain Sistem	74
Gambar 4.1. Data Video Mikroskopis Sperma.....	77
Gambar 4.2. Tampilan Frame Hasil <i>Grayscale</i> dan <i>Contrast Stretching</i>	82
Gambar 4.3. Hasil Deteksi Partikel Sperma	84
Gambar 4.4. Hasil Deteksi Lintasan Sperma.....	85
Gambar 4.5. (a) Ilustrasi Lintasan VSL (b) Ilustrasi Lintasan VCL	92
Gambar 4.6. <i>Pie Chart</i> Distribusi Label <i>Motility</i>	94
Gambar 4.7. Sample Kumpulan Frame menjadi Clip.npy	97
Gambar 4.8. Grafik <i>Training Loss & Accuracy</i>	100
Gambar 4.9. Gambar Data Morfologi Original <i>Cropping</i>	103
Gambar 4.10. Gambar Data Morfologi Hasil Erosion.....	105
Gambar 4.11. Grafik <i>Training Loss & Accuracy</i>	111
Gambar 4.12. <i>Confusion Matrix</i> Model 3D-CNN	113
Gambar 4.13. <i>Confusion Matrix</i> Model EfficientNet-V2.....	115
Gambar 4.14. <i>Workflow Deployment System</i>	117
Gambar 4.15. Tampilan Halaman Awal.....	119
Gambar 4.16. Tampilan Halaman <i>Data Loader & Processing</i>	119
Gambar 4.17. Tampilan Halaman <i>Analysis Process</i>	120
Gambar 4.18. Tampilan Halaman <i>Summary Dashboard</i>	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 3.1. Tabel Karakteristik Data	63
Tabel 3.2. Tabel Klasifikasi Abnormalitas.....	64
Tabel 3.3. Tabel Ringkasan Arsitektur Model 3D-CNN.....	70
Tabel 4.1. Tabel Karakteristik Video	78
Tabel 4.2. Karakteristik Video Setelah Standarisasi Data.....	80
Tabel 4.3. Tabel Hasil Deteksi Partikel Sperma.....	86
Tabel 4.4. Tabel Perhitungan Jarak	91
Tabel 4.5. Tabel Klasifikasi Fitur CASA dan Label	94
Tabel 4.6. Tabel Classification Report Model 3D-CNN	114
Tabel 4.7. Tabel <i>Classification Report</i> EfficientNet-V2.....	116

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Sperm Dataset</i>	133
Lampiran 2. Dokumentasi <i>Source Code</i> Program.....	134
Lampiran 3. Dokumentasi <i>Source Code</i> GUI	135
Lampiran 4. Kode Etik Penelitian	136

DAFTAR NOTASI

x_i	:	Input ke- i
w_{ij}	:	Bobot dari input ke- i menuju neuron j
b_j	:	Bias untuk neuron j
f	:	Fungsi aktivasi
j_j	:	Output neuron j
$x(i, j, k)$	:	Nilai input pada posisi spasial (i, j) dan temporal (k)
$w(m, n, p)$	:	Bobot kernel 3d berurutan (m, n, p)
$x(i, j, k)$	:	Output fitur pada posisi (i, j, k)
σ_1	:	Skala filter untuk menghilangkan noise bintik kecil
σ_2	:	Skala filter untuk menghilangkan variasi latar belakang
$I(x, y)$	:	Nilai intensitas cahaya pada koordinat piksel (x, y) yang sedang diperiksa
δ	:	Jarak pergeseran piksel di dalam radius lingkungan (<i>neighborhood</i>) partikel
M	:	Total intensitas dari seluruh piksel yang membentuk satu kandidat partikel
x_c, y_c	:	Koordinat pusat partikel hasil perbaikan (presisi sub-piksel)
x_i, y_j	:	Koordinat posisi piksel di dalam area partikel
$A'(x_i, y_j)$	:	Nilai intensitas cahaya pada posisi piksel
$\in$	:	Wilayah integrasi (area disekitar partikel)
$P_i(n)$	:	Posisi partikel i pada bingkai ke- n
$P_j(n + 1)$	:	Posisi kandidat partikel j pada bingkai ke- $n + 1$

L	:	Nilai ambang batas jarak maksimum (parameter <i>search_range</i>)
Φ	:	Fungsi biaya (<i>cost function</i>) yang harus diminimalkan nilainya
$d_{i,j}$	:	Jarak antara partikel i di bingkai n dengan kandidat partikel j di bingkai $n + 1$
N	:	Jumlah total partikel yang sedang dilacak secara simultan
$x(i, j, k)$	:	nilai input pada posisi spasial (i, j) dan temporal (k)
$w(m, n, p)$	:	bobot kernel 3D berurutan (m, n, p)
$y(i, j, k)$	:	output fitur pada posisi (i, j, k)
A	:	Merupakan citra biner masukan yang merepresentasikan himpunan objek latar depan (foreground)
B	:	Merupakan structuring element, yaitu matriks kecil yang berfungsi sebagai kernel untuk mengikis citra
z	:	Koordinat piksel atau titik pergeseran pada citra
$(B)_z$	:	Proses pergeseran elemen penstruktur B sehingga titik pusatnya berada pada posisi z
η_{new}	:	Laju pembaruan baru
η_{old}	:	Laju pembaruan lama
f	:	Konstanta pengali pengurangan bobot