



TESIS

DETEKSI ABNORMALITAS PERGERAKAN SPERMA DENGAN LSTM (*LONG SHORT-TERM MEMORY*) DAN MENGGUNAKAN OPTIMASI SGD (*STOCHASTIC GRADIENT DESCENT*)

VAIZAL ASY'ARI

NPM 23066020001

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Rr. Ani Dijah Rahajoe, ST, M.Cs.

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU

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

TESIS

DETEKSI ABNORMALITAS PERGERAKAN SPERMA DENGAN LSTM (*LONG SHORT-TERM MEMORY*) DAN MENGUNAKAN OPTIMASI SGD (*STOCHASTIC GRADIENT DESCENT*)

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister Program Studi
Teknologi Informasi

Disusun dan diajukan oleh

VAIZAL ASY'ARI
230660200001

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN “VETERAN” JAWA TIMUR
SURABAYA
2025**

**DETEKSI ABNORMALITAS PERGERAKAN SPERMA
DENGAN LSTM (*LONG SHORT-TERM MEMORY*) DAN
MENGUNAKAN OPTIMASI SGD (*STOCHASTIC GRADIENT
DESCENT*)**

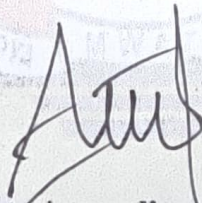
Disusun Oleh:

**VAIZAL ASY'ARI
NPM 23066020001**

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Tesis

Mengetahui

**KOORDINATOR PRODI
MAGISTER TEKNOLOGI INFORMASI**



**Dr. Eng. Agussalim, S.Pd., M.T.
NIP. 19850811 2019031 005**

**DETEKSI ABNORMALITAS PERGERAKAN SPERMA
DENGAN LSTM (*LONG SHORT-TERM MEMORY*) DAN
MENGUNAKAN OPTIMASI SGD (*STOCHASTIC GRADIENT
DESCENT*)**

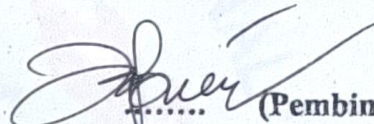
Oleh:

VAIZAL ASY'ARI
23066020001

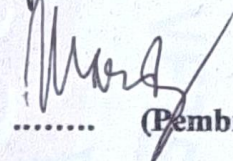
Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Ujian Tesis
Prodi Magister Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas
Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Pada tanggal 28 Juli 2025

Menyetujui

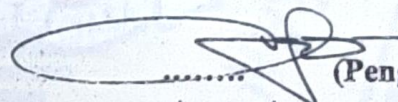
Dr. Rr. Ani Dijah Rahajoe, S.T., M.Cs.
NIP. 19730512 200501 2003


..... (Pembimbing I)

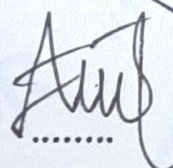
Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU
NIP. 19700619 2021211 009


..... (Pembimbing II)

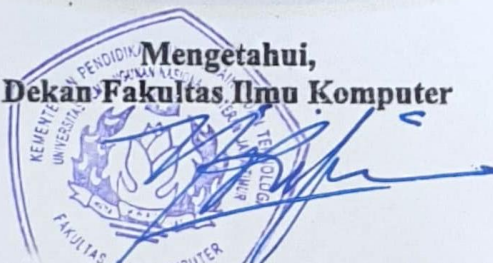
Dr. Basuki Rahmat, S.Si., M.T.
NIP. 19690723 202121 1 002


..... (Penguji I)

Dr. Eng. Agussalim, S.Pd., M.T.
NIP. 19850811 2019031 005


..... (Penguji II)

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer**


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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Vaizal Asy'ari
NPM : 23066020001
Program : Magister (S2)
Program studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tesis 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 dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Tesis 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, 28 Juli 2025

Yang Membuat pernyataan,



Vaizal Asy'ari

230660200001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga tesis dengan judul “Deteksi Abnormalitas Pergerakan Sperma Dengan LSTM (*Long Short-Term Memory*) dan Menggunakan Optimasi SGD (*Stochastic Gradient Descent*)” dapat terselesaikan dengan baik.

Gagasan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan *artifacts* yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan abnormalitas pergerakan sperma secara akurat, yang sangat penting dalam penilaian kualitas sperma dan diagnosis infertilitas. Masalah infertilitas yang semakin meningkat di seluruh dunia, dengan abnormalitas motilitas sperma sebagai salah satu penyebab utama, mendorong kebutuhan akan solusi berbasis teknologi yang akurat. Melalui penelitian ini, penulis berusaha mengembangkan model pembelajaran mesin berbasis LSTM (*Long Short-Term Memory*) yang dioptimalkan dengan algoritma SGD (*Stochastic Gradient Descent*), dengan harapan dapat memberikan kontribusi pada bidang analisis sperma.

Bukan hal yang mudah untuk mewujudkan gagasan ini dalam sebuah susunan tesis. Oleh karena itu, dengan bimbingan, arahan, dan motivasi dari berbagai pihak, tesis ini dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan kaidah-kaidah yang dipersyaratkan. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta, yang senantiasa menyayangi, menjaga, mendoakan, mendidik, membimbing, mendukung dalam segala bentuk, mengapresiasi, memberikan pengorbanan, kerja keras, dan memotivasi penulis.
2. Dr. Rr. Ani Dijah Rahajoe, S.T., M.Cs., selaku dosen pembimbing pertama atas bantuan, kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian tesis ini.
3. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU, selaku dosen pembimbing kedua dan Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, atas bantuan, kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

5. Dr. Basuki Rahmat, S.Si., M.T., selaku dosen penguji dan Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, atas kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian tesis ini.
6. Dr. Eng. Agussalim, S.Pd., M.T., selaku penguji dan Koordinator Program Studi Magister Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, atas kritik, dan saran yang membangun dalam penyelesaian tesis ini.
7. Teman-teman seperjuangan di lingkungan kampus Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang membantu dan mendukung penulis dalam penyelesaian tesis ini.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan tesis 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, 28 Juli 2025

Vaizal Asy'ari

ABSTRAK

VAIZAL ASY'ARI. Deteksi Abnormalitas Pergerakan Sperma Dengan LSTM (*Long Short-Term Memory*) dan Optimasi SGD (*Stochastic Gradient Descent*) (dibimbing oleh **Dr. Rr. Ani Dijah Rahajoe, ST, M.Cs.** dan **Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU**)

Infertilitas adalah masalah kesehatan yang signifikan dan memengaruhi banyak pasangan di seluruh dunia, dengan abnormalitas motilitas sperma sebagai salah satu penyebab utama. Motilitas sperma yang abnormal dapat menghambat proses pembuahan, sehingga analisis terhadap pergerakan sperma menjadi penting dalam penilaian kualitas sperma dan diagnosis infertilitas. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem otomatis yang dapat menganalisis data pergerakan sperma secara akurat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah model pembelajaran mesin yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan abnormalitas motilitas sperma secara otomatis. Penelitian ini mengakuisisi data spermatozoa menggunakan video mikroskopik dan memanfaatkan library Trackpy untuk pelacakan spermatozoa. Pengklasifikasian abnormalitas spermatozoa dilakukan menggunakan algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang dioptimalkan dengan *Stochastic Gradient Descent* (SGD) dalam tiga varian, yaitu *Aggressive SGD*, *Momentum Standard*, dan *Nesterov*. Evaluasi performa dilakukan berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Aggressive SGD* memberikan hasil terbaik dengan akurasi mencapai 93%, sedangkan varian lain cenderung stagnan pada akurasi lebih rendah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan sistem otomatis yang lebih akurat dalam deteksi abnormalitas motilitas sperma, serta menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam penerapan metode pembelajaran mesin pada analisis motilitas sperma.

Kata kunci: motilitas sperma, abnormalitas sperma, *Long Short-Term Memory*, *Stochastic Gradient Descent*

ABSTRACT

VAIZAL ASY'ARI. Detection of Sperm Movement Abnormalities with LSTM (Long Short-Term Memory) and Using SGD (Stochastic Gradient Descent) Optimization (supervised by **Dr. Rr. Ani Dijah Rahajoe, ST, M.Cs.** and **Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, S.T., M.T., IPU**)

Infertility is a significant health problem and affects many couples around the world, with sperm motility abnormalities being one of the main causes. Abnormal sperm motility can inhibit the fertilization process, so analysis of sperm movement is important in sperm quality assessment and infertility diagnosis. Therefore, an automated system is needed that can analyze sperm movement data accurately and efficiently. This study aims to develop a machine learning model that is able to detect and classify sperm motility abnormalities automatically. This study acquired spermatozoa data using microscopic video and utilized the Trackpy library for spermatozoa tracking. The classification of spermatozoa abnormalities was carried out using the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm optimized with Stochastic Gradient Descent (SGD) in three variants, namely Aggressive SGD, Momentum Standard, and Nesterov. Performance evaluation is conducted based on accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. The results showed that the use of Aggressive SGD gave the best results with an accuracy of up to 93%, while other variants tended to be stagnant at lower accuracy. The results of this study are expected to contribute to the development of a more accurate automated system in the detection of sperm motility abnormalities, as well as the basis for further research in the application of machine learning methods to sperm motility analysis.

Keywords: *sperm motility, sperm abnormalities, Long Short-Term Memory, Stochastic Gradient Descent*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Dasar Teori.....	7
2.1.1. Spermatozoa.....	7
2.1.2. Motilitas Sperma	8
2.1.3. Abnormalitas Pergerakan Sperma.....	9
2.1.4. <i>Neural Network</i>	10
2.1.5. <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	12
2.1.6. Optimasi	13
2.1.7. <i>Stochastic Gradient Descent (SGD)</i>	14
2.2. Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Variabel dan Sumber Data	23
3.2. Gambaran Urutan Pelaksanaan Proses Penelitian.....	23

3.3.	Rancangan Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Akuisisi Data Video Sperma.....	29
4.2	Deteksi Pergerakan Sperma	31
4.3	Pelabelan dan Pembuatan Dataset.....	39
4.4	Pengembangan Model Deteksi Pergerakan Sperma	46
4.5	Uji Performa Model Deteksi Pergerakan Sperma.....	55
4.6	Analisa Perbandingan.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Optimasi pada neural network.....	13
Tabel 2.2 Parameter pada optimasi Stochastic Gradient Descent (SGD)	15
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu.....	18
Tabel 4.1 DataFrame lintasan sperma	39
Tabel 4.2 DataFrame lintasan dan kecepatan sperma	42
Tabel 4.3 Dataset klasifikasi abnormalitas sperma	45
Tabel 4.4 Parameter model LSTM.....	46
Tabel 4.5 Perbandingan parameter optimasi SGD	51
Tabel 4.6 Pembagian data latih dan data validasi	54
Tabel 4.7 Performance perbandingan skenario pertama dan kedua.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur spermatozoa manusia dewasa	7
Gambar 2.2 Bentuk dan dasar neuron	11
Gambar 2.3 Perceptron model	11
Gambar 2.4 Arsitektur LSTM	12
Gambar 3.1 Metodologi penelitian	23
Gambar 3.2 Mikroskop OptiLab IRIS-4	24
Gambar 3.3 Lensa Okuler OptiLab Advance Plus	24
Gambar 3.4 Diagram alir klasifikasi abnormalitas sperma	26
Gambar 4.1 Hasil akuisisi data video sperma dalam bentuk MP4	29
Gambar 4.2 Pergerakan sperma hasil ekstraksi video MP4	30
Gambar 4.3 Hasil konversi TIFF menjadi citra grayscale.....	32
Gambar 4.4 Hasil deteksi sperma menggunakan Trackpy.locate.....	33
Gambar 4.5 Hasil deteksi sperma per frame menggunakan Trackpy.batch	34
Gambar 4.6 Hasil lintasan sperma menggunakan fungsi Trackpy.plot_traj.....	35
Gambar 4.7 Hasil lintasan sperma setelah difilter dengan Trackpy.filter_stubs .	36
Gambar 4.8 Hasil lintasan sperma setelah difilter dengan latar belakang frame pertama.....	37
Gambar 4.9 Hasil koreksi drift menggunakan Trackpy.compute_drift.....	38
Gambar 4.10 Hasil lintasan sperma setelah koreksi drift	39
Gambar 4.11 Diagram alir pelabelan abnormalitas sperma	43
Gambar 4.12 Diagram alir cara kerja internal LSTM	48
Gambar 4.13 Diagram alir cara kerja optimasi SGD.....	52
Gambar 4.14 Hasil pelatihan skenario pertama optimasi aggressive SGD	55
Gambar 4.15 Confusion matrix skenario pertama optimasi aggressive SGD	56
Gambar 4.16 Perbandingan akurasi skenario pertama optimasi aggressive SGD	57
Gambar 4.17 Hasil pelatihan skenario pertama optimasi SGD momentum standard	57
Gambar 4.18 Confusion matrix skenario pertama optimasi SGD momentum standard	58

Gambar 4.19 Perbandingan akurasi skenario pertama optimasi SGD momentum standard	59
Gambar 4.20 Hasil pelatihan skenario pertama optimasi SGD nesterov	60
Gambar 4.21 Confusion matrix skenario pertama optimasi SGD nesterov	60
Gambar 4.22 Perbandingan akurasi skenario pertama optimasi SGD nesterov ..	61
Gambar 4.23 Hasil pelatihan skenario pertama optimasi Adam	62
Gambar 4.24 Confusion matrix skenario pertama optimasi Adam	63
Gambar 4.24 Perbandingan akurasi skenario pertama optimasi Adam.....	63
Gambar 4.23 Hasil pelatihan skenario kedua optimasi aggressive SGD	64
Gambar 4.24 Confusion matrix skenario kedua optimasi aggressive SGD	65
Gambar 4.25 Perbandingan akurasi skenario kedua optimasi aggressive SGD ..	66
Gambar 4.26 Hasil pelatihan skenario kedua optimasi SGD momentum standard	67
Gambar 4.27 Confusion matrix skenario kedua optimasi SGD momentum standard	68
Gambar 4.28 Perbandingan akurasi skenario kedua optimasi SGD momentum standard	68
Gambar 4.29 Hasil pelatihan skenario kedua optimasi SGD nesterov.....	69
Gambar 4.30 Confusion matrix skenario kedua optimasi SGD nesterov.....	70
Gambar 4.31 Perbandingan akurasi skenario kedua optimasi SGD nesterov	70
Gambar 4.35 Hasil pelatihan skenario kedua optimasi Adam.....	71
Gambar 4.36 Confusion matrix skenario kedua optimasi Adam	72
Gambar 4.37 Perbandingan akurasi skenario kedia optimasi Adam	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dataset lintasan sperma	85
Lampiran 2. Potongan kode program	89