



# DIAGNOSIS INDEKS KESEHATAN TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN *LONG SHORT TERM MEMORY* (LSTM)

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

**Muhammad Ali Wafa**

**102117002**



Universitas  
**Pertamina**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS PERTAMINA**

**2021**

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



# DIAGNOSIS INDEKS KESEHATAN TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN *LONG SHORT TERM MEMORY* (LSTM)

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Muhammad Ali Wafa

102117002



Universitas  
**Pertamina**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS PERTAMINA  
2021**

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



*Hak Cipta milik Universitas Pertamina*

*Dilindungi Undang-Undang*

*© Copyright of Universitas Pertamina*



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

## LEMBAR PENGESAHAN

ir : Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator  
Daya Menggunakan *Long Short Term Memory*  
(LSTM)  
a : Muhammad Ali Wafa  
hasiswa : 102117002  
: Teknik Elektro  
: Teknologi Industri  
dang Tugas Akhir : 15 Juni 2021

Jakarta, 29 Juni 2021

### MENGESAHKAN

: Nama : Dr.Eng. Muhammad Abdillah, S.T., M.T.

NIP : 116153



: Nama : Teguh Aryo Nugroho, S.T., M.T.

NIP : 116054



### MENGETAHUI,

Ketua Program Studi

Dr.Eng. Wahyu Kunto Wibowo, S.T., M.Eng.

NIP. 116059

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

## LEMBAR PERNYATAAN

a menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul Diagnosis Indeks Kesehatan Trans-  
i Menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM) ini adalah benar-benar  
sil karya saya sendiri dan tidak mengandung materi yang ditulis oleh orang lain  
likutip sebagai referensi yang sumbernya telah dituliskan secara jelas sesuai  
penulisan karya ilmiah.

udian hari ditemukan adanya kecurangan dalam karya ini, saya bersedia me-  
dari Universitas Pertamina sesuai dengan peraturan yang berlaku.

ongan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Univer-  
a hak bebas royalti noneksklusif (*non-exclusive royalty-free right*) atas Tugas  
rta perangkat yang ada. Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Univer-  
a berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk  
a (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap  
n nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

nyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Jakarta, 29 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ali Wafa

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya Menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM) ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan tidak mengandung materi yang ditulis oleh orang lain kecuali telah dikutip sebagai referensi yang sumbernya telah dituliskan secara jelas sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya kecurangan dalam karya ini, saya bersedia menerima sanksi dari Universitas Pertamina sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertamina hak bebas royalti noneksklusif (*non-exclusive royalty-free right*) atas Tugas Akhir ini beserta perangkat yang ada. Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Pertamina berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Jakarta, 29 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Ali Wafa







## ABSTRAK

**Muhammad Ali Wafa. 102117002.** Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya Menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM).

Transformator daya merupakan salah satu komponen yang fundamental dalam sistem transmisi jaringan listrik. Hal ini karena pada dasarnya transformator daya berperan dalam mengurangi rugi-rugi daya pada proses transmisi yakni dengan menaikkan tegangan selama proses transmisi pada jarak yang sangat jauh. Oleh karena itu kegiatan pemeliharaan dalam memastikan kondisi transformator daya dapat bekerja dengan baik menjadi penting dilakukan. Namun, proses menentukan kondisi transformator berlangsung dalam waktu yang panjang serta harus dilakukan oleh teknisi yang handal. Pada Tugas Akhir ini dilakukan sebuah perancangan diagnosis indeks kesehatan transformator daya berbasis *machine learning* dengan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Perancangan dilakukan dengan beberapa perubahan pada jumlah *hidden layer*, fungsi aktivasi serta perubahan rasio set data yang digunakan selama pelatihan dan pengujian. Hasilnya, pada kasus pertama diperoleh akurasi terbaik 99% pada proses pelatihan dan pada kasus kedua diperoleh model yang mendiagnosis tanpa kesalahan saat pengujian. Model terbaik yang dihasilkan selanjutnya diimplementasikan pada sebuah aplikasi yang ditanamkan dalam perangkat digital.

Kata kunci: Indeks Kesehatan, Transformator Daya, *Machine learning*, LSTM.



## ABSTRACT

**Muhammad Ali Wafa. 102117002.** *Health Index Diagnosis of Power Transformer using Long Short Term Memory (LSTM).*

Power transformers are one of the fundamental components in electrical transmission systems. This is because power transformers basically play a role in reducing power losses in the transmission process by increasing the voltage during the transmission process at long distances. Therefore maintenance activities in ensuring the condition of the power transformer can work properly become important to do. However, the process of determining the condition of the transformer lasts for a long time and must be done by a reliable engineer. In this Final Project, a machine learning-based power transformer health index diagnosis is designed with the Long Short-Term Memory (LSTM) method. The design was done with some changes to the number of hidden layers, activation function and data set ratio that used during training and testing. As a result, in the first case the best accuracy was obtained 99% in the training process and in the second case obtained a model that diagnosis without errors during testing. The best model produced is then implemented in an application embedded in a digital device.

**Keywords:** *Health Index, Power Transformer, Machine learning, LSTM*





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya Menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM). Keberhasilan dalam penyusunan laporan ini tentunya tidak akan terwujud dan terselesaikan dengan sangat baik tanpa adanya bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, baik itu secara material maupun spiritual.

Dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis sampaikan ucapak terima kasih kepada:

1. Orang tua serta keluarga yang senantiasa mendoakan serta memberikan dukungan dan motivasi selama proses pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Abdillah, S.T, M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Teguh Aryo Nugroho, M.T selaku dosen pembimbing II yang bersedia meluangkan banyak waktu dalam memberikan bimbingan, arahan serta motivasi kepada penulis.
3. Dr.Eng. Wahyu Kunto Wibowo S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pertamina serta sebagai dosen wali yang telah banyak memberikan motivasi dan dorongan selama masa perkuliahan.
4. Ibu Aulia Rahma Annisa, S.T., M.T., selaku Koordinator Kemahasiswaan Program Studi Program Studi Teknik Elektro Universitas Pertamina.
5. Seluruh jajaran dosen dan staf Program Studi Teknik Elektro Universitas Pertamina.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan yang disebabkan oleh banyak faktor dan keterbatasan penulis. Akhir kata, terimakasih dan semoga hasil dari Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 27 Mei 2021

Muhammad Ali Wafa



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>2</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	2
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Batasan Masalah . . . . .	3
1.4 Tujuan Perancangan . . . . .	4
1.5 Manfaat Perancangan . . . . .	4
1.6 Waktu Pelaksanaan Perancangan . . . . .	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1 Transformator Daya . . . . .	6
2.2 Indeks Kesehatan Trafo . . . . .	6
2.2.1 Dissolve Gas Analysis (DGA) . . . . .	6
2.2.2 Kualitas Minyak Transformator . . . . .	7
2.2.3 Pengujian Furan . . . . .	8
2.3 Machine Learning . . . . .	9
2.4 Long Short Term Memory (LSTM) . . . . .	9
2.4.1 Forget Gate . . . . .	10
2.4.2 Input Gate . . . . .	10
2.4.3 Cell gate . . . . .	11

2.4.4	<i>Output Gate</i> . . . . .	11
2.5	Fungsi Aktivasi . . . . .	12
<b>BAB III KONSEP PERANCANGAN</b>		<b>17</b>
3.1	Diagram Alir Perancangan . . . . .	17
3.2	Perancangan Model . . . . .	18
3.2.1	Set Data Indeks Kesehatan Transformator Daya . . . . .	18
3.2.2	Perancangan Model LSTM . . . . .	41
3.2.3	<i>Multilayer layer</i> LSTM . . . . .	42
3.3	Pertimbangan Perancangan . . . . .	42
3.3.1	Akurasi . . . . .	43
3.3.2	Presisi . . . . .	43
3.3.3	Sensitifitas ( <i>recall</i> ) . . . . .	43
3.3.4	Spesificitiy . . . . .	43
3.3.5	<i>F1 Score</i> . . . . .	43
3.3.6	Waktu Pelatihan dan Pengujian . . . . .	43
3.4	Analisis Teknis . . . . .	44
3.5	Peralatan dan Bahan . . . . .	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>46</b>
4.1	Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak . . . . .	46
4.2	Menentukan Jumlah <i>Backpropagation (Epochs)</i> . . . . .	46
4.3	Kombinasi pada Fitur <i>Input</i> . . . . .	47
4.4	Studi Kasus 1: Penggunaan Set Data 1 . . . . .	49
4.4.1	Perubahan Jumlah <i>Hidden Layer</i> . . . . .	49
4.4.2	Perubahan Fungsi Aktivasi . . . . .	51
4.4.3	Perubahan Pembagian Data dengan Rasio 8:2 . . . . .	54
4.5	Studi Kasus 2 . . . . .	57
4.5.1	Perubahan Jumlah <i>Hidden Layer</i> . . . . .	57
4.5.2	Perubahan Fungsi Aktivasi . . . . .	59
4.5.3	Perubahan Pembagian Data dengan Rasio 8:2 . . . . .	62
4.6	Perbandingan Terhadap Metode <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> Sederhana . . . . .	65



4.7 Implementasi Model LSTM pada Aplikasi Website . . . . .	66
---	----

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 71**

5.1 Kesimpulan . . . . .	71
5.2 Saran . . . . .	71

## **DAFTAR PUSTAKA 73**

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
  - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir . . . . .	4
Tabel 2.1	Standar Pengujian Minyak Transformator . . . . .	8
Tabel 2.2	Standar Pengujian Furan . . . . .	8
Tabel 3.1	Set Data Studi Kasus 1 . . . . .	19
Tabel 3.2	Set Data Studi Kasus 2 . . . . .	39
Tabel 3.3	<i>Confussion Matrrix</i> . . . . .	42
Tabel 3.4	Alat dan Bahan . . . . .	44

1. Dilarang menyalin karya tulis ini, kecuali:
  - a. penyalinan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
  - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
  - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Segitiga Duval [1] . . . . .	7
Gambar 2.2	Sel LSTM [2] . . . . .	9
Gambar 2.3	Forget Gate [2] . . . . .	10
Gambar 2.4	Input Gate [2] . . . . .	11
Gambar 2.5	Cell Gate [2] . . . . .	11
Gambar 2.6	Output Gate [2] . . . . .	12
Gambar 2.7	Plot Fungsi Aktivasi Sigmoid . . . . .	12
Gambar 2.8	Plot Fungsi Aktivasi Tanh . . . . .	13
Gambar 2.9	Plot Fungsi Aktivasi Relu . . . . .	13
Gambar 2.10	Plot Fungsi Aktivasi Elu . . . . .	14
Gambar 2.11	Plot Fungsi Aktivasi Selu . . . . .	14
Gambar 2.12	Plot Fungsi Aktivasi Softplus . . . . .	14
Gambar 2.13	Plot Fungsi Aktivasi Softplus . . . . .	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan Sistem Model LSTM . . . . .	17
Gambar 3.2	Pair Plot . . . . .	38
Gambar 3.3	Perbandingan Jumlah Kategori Dataset-1 . . . . .	39
Gambar 3.4	Jumlah Untuk Setiap Kategori Dataset-2 . . . . .	40
Gambar 3.5	Pair Plot Set Data 2 . . . . .	41
Gambar 4.1	Pengaruh <i>Epochs</i> terhadap Akurasi dengan Set Data 1 . . . . .	46
Gambar 4.2	Hubungan Kombinasi Fitur Terhadap Akurasi pada Studi Kasus 1 . . . . .	48
Gambar 4.3	Studi Kasus 1: Akurasi Percobaan Perubahan Layer . . . . .	49
Gambar 4.4	Studi Kasus 1: Persebaran Akurasi Menggunakan 2 Layer . . . . .	50
Gambar 4.5	Studi Kasus 1: <i>Confusion Matrix</i> LSTM dengan 2 <i>Hidden Layer</i> . . . . .	50
Gambar 4.6	Studi Kasus 1: Presisi Percobaan Perubahan Layer . . . . .	51
Gambar 4.7	Studi Kasus 1: Akurasi Percobaan Perubahan Fungsi Aktivasi . . . . .	52
Gambar 4.8	Studi Kasus 1: Persebaran Akurasi Menggunakan Fungsi Aktivasi <i>Selu</i> . . . . .	53
Gambar 4.9	Studi Kasus 1: <i>Confusion Matrix</i> Menggunakan Fungsi Aktivasi <i>Selu</i> . . . . .	53





Gambar 4.10	Studi Kasus 1: Presisi Percobaan Perubahan Layer . . . . .	54
Gambar 4.11	Studi Kasus 1: Akurasi Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	55
Gambar 4.12	Studi Kasus 1: Persebaran Akurasi Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	55
Gambar 4.13	Studi Kasus 1: <i>Confusion Matrix</i> Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	56
Gambar 4.14	Studi Kasus 1: Presisi dan Sensitivitas Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	56
Gambar 4.15	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Perubahan <i>Hidden Layer</i> . . . . .	57
Gambar 4.16	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Single Layer . . . . .	58
Gambar 4.17	Studi Kasus 2: <i>Confusion Matrix</i> LSTM dengan 1 <i>Hidden Layer</i> . . . . .	58
Gambar 4.18	Studi Kasus 2: Presisi Percobaan Perubahan Layer . . . . .	59
Gambar 4.19	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Perubahan Fungsi Aktivasi . . . . .	60
Gambar 4.20	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Menggunakan Fungsi Aktivasi <i>Selu</i> . . . . .	61
Gambar 4.21	Studi Kasus 2: <i>Confusion Matrix</i> Menggunakan Fungsi Aktivasi <i>Selu</i> . . . . .	61
Gambar 4.22	Studi Kasus 2: Presisi dan Sensitivitas Percobaan Perubahan Layer . . . . .	62
Gambar 4.23	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	63
Gambar 4.24	Studi Kasus 2: Akurasi Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	63
Gambar 4.25	Studi Kasus 2: <i>Confusion Matrix</i> Percobaan Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	64
Gambar 4.26	Studi Kasus 2: Grafik Presisi dan Sensitivitas Menggunakan Rasio Data Pelatihan dan Pengujian 8:2 . . . . .	64
Gambar 4.27	Perbandingan Neuron pada ANN dengan Set Data 2 . . . . .	65
Gambar 4.28	Perbandingan Neuron pada ANN dengan Set Data 2 . . . . .	66
Gambar 4.29	Tautan Aplikasi Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya . . . . .	66
Gambar 4.30	Tampilan Aplikasi Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya pada Perangkat <i>Mobile</i> . . . . .	67
Gambar 4.31	Tampilan Aplikasi Diagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya pada Perangkat <i>Dekstop</i> . . . . .	68
Gambar 4.32	Peringatan Aplikasi Jika Terdapat Masukkan yang Belum Lengkap pada Perangkat <i>Mobile</i> . . . . .	68
Gambar 4.33	Berhasil Mendiagnosis Indeks Kesehatan Transformator Daya pada Perangkat <i>Mobile</i> . . . . .	69