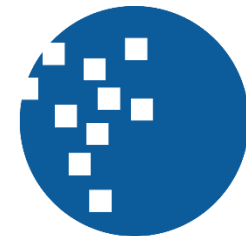


**PREDIKSI MAGNITUDO GEMPA BUMI INDONESIA
MENGUNAKAN MODEL LSTM PADA DATA SPASIAL-TEMPORAL**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Rani Junarti

00000058597

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

**PREDIKSI MAGNITUDO GEMPA BUMI INDONESIA
MENGUNAKAN MODEL LSTM PADA DATA SPASIAL-TEMPORAL**



SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer

Rani Junarti

00000058597

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Rani Junarti

Nomor Induk Mahasiswa : **00000058597**

Program Studi : Sistem Informasi

Skripsi dengan judul:

Prediksi Magnitudo Gempa Bumi Indonesia Menggunakan Model LSTM pada Data Spasial-Temporal

Merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

Tangerang, 28 November 2025



(Rani Junarti)

LEMBAR PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN

KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rani Junarti
NIM : 00000058597
Program Studi : Sistem Informasi
Judul Skripsi : Prediksi Magnitudo Gempa Bumi Indonesia
Menggunakan Model LSTM pada Data Spasial-
Temporal

Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan Artifisial (AI) dalam pengerjaan Tugas Akhir sebagai berikut (beri tanda centang yang sesuai):

- ☐ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu dalam menghasilkan ide-ide utama saja
- ☐ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu menghasilkan teks pertama saja
- ☒ Menggunakan AI untuk menyempurnakan sintaksis dan tata bahasa untuk pengumpulan tugas
- ☐ Karena tidak diizinkan: Tidak menggunakan bantuan AI dengan cara apa pun dalam pembuatan tugas

Saya juga menyatakan bahwa:

- (1) Menyerahkan secara lengkap dan jujur penggunaan perangkat AI yang diperlukan dalam tugas melalui Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)
- (2) Saya mengakui bahwa saya telah menggunakan bantuan AI dalam tugas saya baik dalam bentuk kata, paraphrase, penyertaan ide atau fakta penting yang disarankan oleh AI dan saya telah menyantumkan dalam sitasi serta referensi

Terlepas dari pernyataan di atas, tugas ini sepenuhnya merupakan karya saya sendiri

Tangerang, 28 November 2025
Yang Menyatakan,



(Rani Junarti)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PREDIKSI MAGNITUDO GEMPA BUMI INDONESIA MENGGUNAKAN
MODEL LSTM PADA DATA SPASIAL TEMPORAL

Oleh

Nama : Rani Junarti
NIM : 00000058597
Program Studi : Sistem Informasi
Fakultas : Teknik dan Informatika

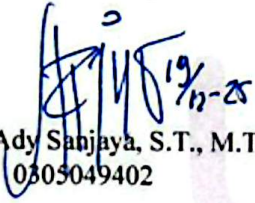
Telah diujikan pada hari Selasa, 09 Desember 2025

Pukul 15.00 s.d 17.00 dan dinyatakan

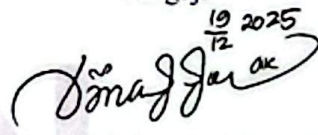
LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang


Samuel Ady Sanjaya, S.T., M.T.
0303049402

Penguji


Dinar Ajeng Kristiyanti, S.Kom, M.Kom.
0330128801

Pembimbing


Iwan Prasetyawan, S.Kom., M.M.
0312046501

Ketua Program Studi Sistem Informasi


Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom.
0313058001

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rani Junarti
NIM : 00000058597
Program Studi : Sistem Informasi
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : Prediksi Magnitudo Gempa Bumi Indonesia
Menggunakan Model LSTM pada Data
Spasial-Temporal

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia* (pilih salah satu):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☒ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 28 November 2025



(Rani Junarti)

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Prediksi Magnitudo Gempa Bumi Indonesia Menggunakan Model LSTM pada Data Spasial-Temporal. Shalawat serta salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat beliau.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Ir. Andrey Andoko, M.Sc., Ph.D, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Bapak Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ibu Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Bapak Iwan Prasetiawan, S.Kom., M.M., sebagai Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Gippy yang telah membantu dan menemani.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dan pemahaman yang lebih dalam mengenai Prediksi Magnitudo Gempa Bumi Indonesia Menggunakan Model LSTM pada Data Spasial-Temporal bagi pembaca dan masyarakat pada umumnya.

Tangerang, 28 November 2025

(Rani Junarti)

PREDIKSI MAGNITUDO GEMPA BUMI INDONESIA MENGUNAKAN MODEL LSTM PADA DATA SPASIAL-TEMPORAL

(Rani Junarti)

ABSTRAK

LSTM konvensional tidak selalu optimal tanpa pengembangan arsitektur, sementara penambahan attention mechanism, meskipun meningkatkan fokus pada informasi yang relevan, berpotensi menimbulkan over-reliance yang melemahkan kemampuan LSTM dalam menangkap ketergantungan jangka panjang. Oleh karena itu, studi ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi model prediksi magnitudo gempa bumi di Indonesia menggunakan pendekatan LSTM yang mengintegrasikan Attention Mechanism dan Residual Connection untuk meningkatkan akurasi serta stabilitas generalisasi. Data penelitian diperoleh dari dataset Kaggle dengan total 21.431 kejadian pada periode 2024–2025 dengan rentang magnitudo 1,0–9,5 Mw. Variabel prediktor meliputi waktu kejadian, koordinat geografis, kedalaman, dan magnitudo sebelumnya, yang diolah menjadi data spasial-temporal sekuensial dengan panjang 60 time steps. Tahap pra-pemrosesan mencakup imputasi sebanyak 699 nilai magnitudo yang hilang menggunakan metode median serta pembagian data menjadi 80% data pelatihan dan 20% data pengujian. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik MSE, RMSE, dan MAE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM Hybrid merupakan arsitektur dengan kinerja terbaik, dengan RMSE sebesar 0,6725 dan MAE sebesar 0,5304 pada data pengujian, melampaui LSTM Dasar yang memiliki RMSE 0,6745 dan MAE 0,5380. Namun, seluruh model masih mengalami kesulitan dalam memprediksi kejadian gempa bermagnitudo tinggi (outlier), dengan kesalahan prediksi ekstrem mencapai $-1,7$ unit magnitudo. Model LSTM Hybrid dengan tuning parameter menunjukkan keseimbangan terbaik antara efisiensi komputasi dengan RMSE 0,6747. Temuan ini mengindikasikan bahwa model yang diusulkan berpotensi digunakan sebagai komponen pendukung dalam sistem peringatan dini gempa bumi, khususnya untuk estimasi cepat intensitas awal gempa berdasarkan pola historis. Studi ini tidak terdaftar dan tidak menerima pendanaan eksternal.

Kata kunci: Attention Mechanism, LSTM Hybrid, Mitigasi Bencana, Prediksi Gempa Bumi, Residual Connection

PREDICTION OF EARTHQUAKE MAGNITUDE IN INDONESIA USING LSTM MODEL ON SPATIO-TEMPORAL DATA

(Rani Junarti)

ABSTRACT (English)

Conventional LSTM models are not always optimal without architectural enhancements, while the incorporation of attention mechanisms, although effective in emphasizing relevant information, may lead to over-reliance that weakens the LSTM's ability to capture long-term dependencies. Therefore, this study aims to develop and evaluate an earthquake magnitude prediction model for Indonesia using an LSTM-based approach that integrates an Attention Mechanism and Residual Connections to improve accuracy and generalization stability. The dataset was obtained from earthquake catalog Kaggle dataset, comprising 21,431 events recorded during the 2024–2025 period with magnitudes ranging from 1.0 to 9.5 Mw. Predictor variables include event time, geographic coordinates, depth, and previous magnitudes, which were transformed into sequential spatiotemporal data with a window length of 60 time steps. The preprocessing stage involved imputing 699 missing magnitude values using the median method and splitting the data into 80% training and 20% testing sets. Model performance was evaluated using MSE, RMSE, and MAE metrics. The results indicate that the LSTM Hybrid model achieved the best performance, with an RMSE of 0.6725 and an MAE of 0.5304 on the test set, outperforming the baseline LSTM model (RMSE 0.6745, MAE 0.5380). However, all models exhibited limitations in predicting high-magnitude earthquake events (outliers), with extreme prediction errors reaching -1.7 magnitude units. The tuned Hybrid LSTM model demonstrated the best balance between computational efficiency and predictive accuracy (RMSE 0.6747). These findings suggest that the proposed model has potential as a supporting component in earthquake early warning systems, particularly for rapid estimation of initial earthquake intensity based on historical patterns. This study was not registered and received no external funding.

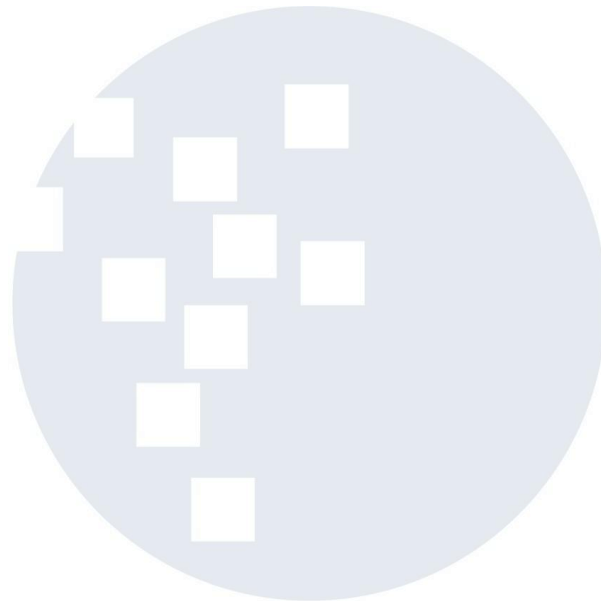
Keywords: *Attention Mechanism, Disaster Mitigation, , Earthquake Prediction, Hybrid LSTM, Residual Connection*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
LEMBAR PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN.....	iii
KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT (English)</i>.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Tujuan Penelitian	5
1.4.2 Manfaat Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Teori yang berkaitan	12
2.2.1 Gempa Bumi	12
2.2.2 Data Seismik	13
2.2.3 Data Spasial-Temporal.....	14
2.2.4 Magnitudo	16
2.2.5 Intensitas Gempa.....	17
2.2.6 Mitigasi Bencana.....	18
2.3 Framework/Algoritma yang digunakan	19
2.4 Tools/software yang digunakan	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Gambaran Umum Objek Penelitian	36
3.2 Metode Penelitian.....	37
3.2.1 Alur Penelitian	37
3.2.2 Metode Pengembangan Sistem / Metode Data Mining.....	44
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.4 Variabel Penelitian.....	48
3.4.1 Variabel Input.....	49
3.4.2 Variabel Output.....	50
3.5 Teknik Analisis Data.....	51
BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN	53
4.1 Data Selection	53
4.2 Data Preprocessing.....	62
4.3 Data Transformation	68
4.3.1 Clustering Spatial Data.....	68
4.3.2 Feature Engineering	69
4.3.3 Normalization.....	70
4.3.4 Splitting Data.....	73
4.4 Data Mining	74
4.4.1 Model LSTM Dasar	74
4.4.2 Model LSTM dengan Attention Mechanism	77
4.4.3 Model LSTM dengan Residual Connection.....	79
4.4.4 Model LSTM kombinasi <i>Attention Mechanism</i> dan <i>Residual Connection</i>	81
4.4.5 Model LSTM dengan attention, residual, dan hyperparameter tuning	84
4.5 Evaluation	87
4.6 Hasil	104
4.7 Diskusi	107
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	110
5.1. Simpulan	110
5.2. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	113

LAMPIRAN.....	120
----------------------	------------



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

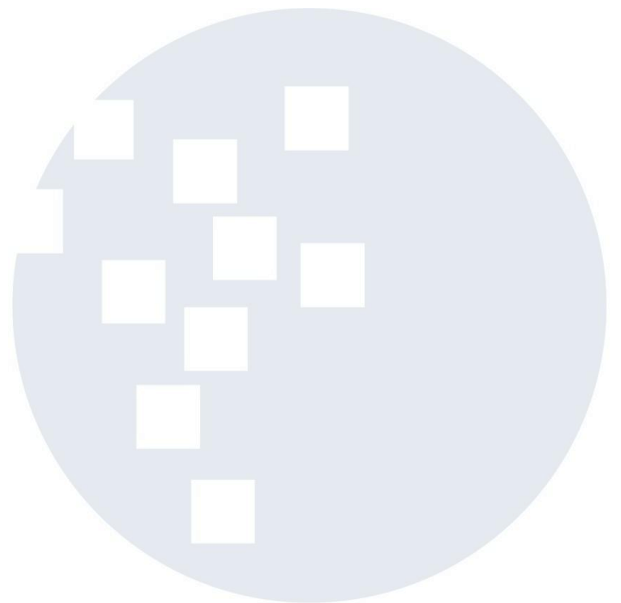
DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Dataset Gempa Bumi di Indonesia.....	37
Tabel 3. 2 Perbandingan Metode Data Mining	45
Tabel 4. 1 Daftar Kolom Feature Engineering	70
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan statistik deskriptif.	71
Tabel 4. 3 Tabel Pembagian Data pada Time Series Cross-Validation	90
Tabel 4. 4 Hasil evaluasi performa model LSTM.....	91
Tabel 4. 5 Hasil validasi silang LSTM dasar.	92
Tabel 4. 6 Perbandingan nilai actual dan hasil prediksi model LSTM	92
Tabel 4. 7 Hasil evaluasi performa model LSTM + Attention	94
Tabel 4. 8 Hasil evaluasi cross-validation LSTM+Attention	94
Tabel 4. 9 Perbandingan hasil prediksi model LSTM dengan Attention.....	95
Tabel 4. 10 Hasil evaluasi performa model LSTM + Residual	96
Tabel 4. 11 Hasil evaluasi cross-validation LSTM+Residual.....	97
Tabel 4. 12 Perbandingan nilai aktual dan hasil prediksi model LSTM dengan Residual.....	97
Tabel 4. 13 Hasil evaluasi performa model LSTM Hybrid	99
Tabel 4. 14 Hasil evaluasi cross-validation LSTM Hybrid.....	99
Tabel 4. 15 Perbandingan hasil prediksi magnitudo menggunakan model LSTM Hybrid	100
Tabel 4. 16 Hasil evaluasi performa model Hybrid Hyperparameter Tuning	102
Tabel 4. 17 Hasil evaluasi cross-validation LSTM Hybrid tuning	102
Tabel 4. 18 Contoh perbandingan prediksi magnitudo dengan LSTM Hybrid Tuning	103
Tabel 4. 19 Metrik Evaluasi Kinerja untuk Lima Model LSTM.	104
Tabel 4. 20 Perbandingan Evaluasi Penelitian Terdahulu.	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik sebaran kejadian gempa bumi merusak di Indonesia.....	1
Gambar 2. 1 Diagram CRISP-DM.....	19
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	38
Gambar 4. 1 Eksplorasi dataset mentah.....	53
Gambar 4. 2 Detail dataframe pandas.....	54
Gambar 4. 3 Heatmap korelasi antar variabel numerik.....	56
Gambar 4. 4 Peta sebaran episentrum gempa.....	57
Gambar 4. 5 Visualisasi Jumlah Kejadian Gempa.....	58
Gambar 4. 6 Visualisasi Rata-rata Magnitudo.....	60
Gambar 4. 7 Histogram frekuensi magnitudo gempa.....	61
Gambar 4. 8 Peringkat lokasi gempa berdasarkan frekuensi kejadian.....	62
Gambar 4. 9 Code pembuatan dataset baru.....	63
Gambar 4. 10 Code penetapan threshold korelasi.....	63
Gambar 4. 11 Code penggunaan kolom.....	64
Gambar 4. 12 Dataset setelah feature selection.....	64
Gambar 4. 13 Hasil Perhitungan Missing Values pada DataFrame.....	65
Gambar 4. 14 Hasil dari penanganan data hilang.....	65
Gambar 4. 15 Penulisan remove outlier menggunakan IQR.....	67
Gambar 4. 16 Jumlah Data Sebelum dan Sesudah Eliminasi Outlier.....	67
Gambar 4. 17 Hasil spatial clustering gempa bumi.....	68
Gambar 4. 18 Implementasi feature engineering.....	69
Gambar 4. 19 Implementasi normalisasi data menggunakan MinMaxScaler.....	71
Gambar 4. 20 Pembagian dataset.....	73
Gambar 4. 21 Dimensi Akhir Data Pelatihan dan Pengujian.....	74
Gambar 4. 22 Struktur Model Sequential (LSTM).....	75
Gambar 4. 23 Perbandingan Nilai Loss Pelatihan dan Validasi.....	76
Gambar 4. 24 Struktur Model Sequential (LSTM dengan Attention).....	77
Gambar 4. 25 Perbandingan Nilai Loss Pelatihan dan Validasi.....	78
Gambar 4. 26 Struktur Model Sequential (LSTM dengan Residual).....	80
Gambar 4. 27 Perbandingan Nilai Loss Pelatihan dan Validasi.....	80
Gambar 4. 28 Struktur Model Sequential Lanjutan.....	82
Gambar 4. 29 Perbandingan Nilai Loss Pelatihan dan Validasi.....	83
Gambar 4. 30 Parameter Optimal Model Hasil Hyperparameter Tuning.....	84
Gambar 4. 31 Struktur Model Sequential Hybrid Tuning.....	85
Gambar 4. 32 Perbandingan Nilai Loss Pelatihan dan Validasi.....	86
Gambar 4. 33 Implementasi fungsi evaluate().	88
Gambar 4. 34 Implementasi inverse_transform().	88
Gambar 4. 35 Implementasi metrik evaluasi.....	89
Gambar 4. 36 Implementasi plot visualisasi.....	90
Gambar 4. 37 Visualisasi Prediksi Magnitudo vs. Data Observasi.....	93
Gambar 4. 38 Visualisasi Prediksi Magnitudo vs. Data Observasi.....	95

Gambar 4. 39 Visualisasi Prediksi Magnitudo vs. Data Observasi.	98
Gambar 4. 40 Visualisasi Prediksi Magnitudo vs. Data Observasi.	100
Gambar 4. 41 Visualisasi Prediksi Magnitudo vs. Data Observasi.	103
Gambar 4. 42 Metrik Evaluasi Kinerja Model Berdasarkan Wilayah (Skala Asli).	106



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

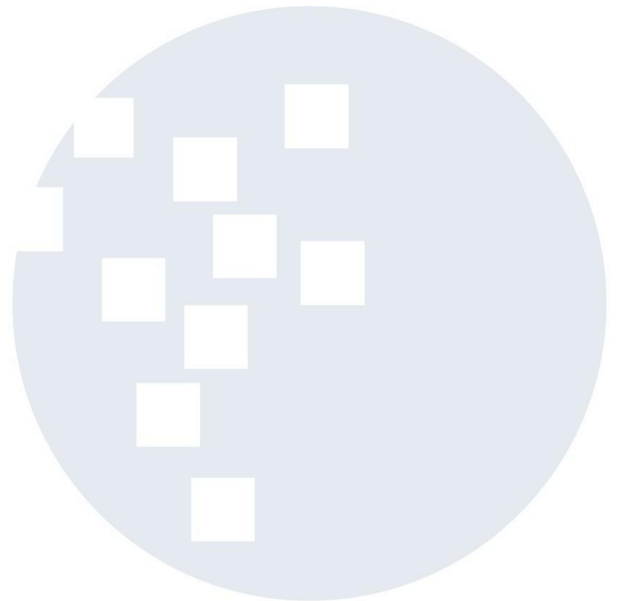
DAFTAR RUMUS

Rumus 2. 1 Rumus Empiris Magnitudo	16
Rumus 2. 2 Rumus cell state	22
Rumus 2. 3 Rumus forget gate	23
Rumus 2. 4 Rumus input gate LSTM.....	23
Rumus 2. 5 Rumus cell update LSTM	24
Rumus 2. 6 Rumus output gate LSTM	24
Rumus 2. 7 Rumus Skor Relevansi Multiplikatif	27
Rumus 2. 8 Rumus Skor Relevansi Multiplikatif dengan Matriks Bobot.....	27
Rumus 2. 9 Rumus hitung Skor Relevansi Aditif.....	27
Rumus 2. 10 Rumus hitung bobot attention.....	28
Rumus 2. 11 Rumus hitung vektor konteks.	28
Rumus 2. 12 Rumus Penggabungan (Notasi Lanjutan)	29
Rumus 2. 13 Rumus residual connection	30
Rumus 2. 14 Rumus detail residual connection	30
Rumus 2. 15 Rumus MSE.....	33
Rumus 2. 16 Rumus MAE	33
Rumus 2. 17 Rumus RMSE	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Turnitin Similarity Report	120
Lampiran B Form Konsultasi Bimbingan	121
Lampiran C Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)	124



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA