



**PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* UNTUK  
KLASIFIKASI CURAH HUJAN DI KOTA BANJARBARU**

**SKRIPSI**

**untuk memenuhi persyaratan  
dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Statistika**

**Oleh  
AKHMAD SUWINDI  
NIM. 2211017110006**

**PROGRAM STUDI S-1 STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
JANUARI 2026**



**PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* UNTUK  
KLASIFIKASI CURAH HUJAN DI KOTA BANJARBARU**

**SKRIPSI**

**untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana  
Strata-1 Statistika**

**Oleh  
AKHMAD SUWINDI  
NIM. 2211017110006**

**PROGRAM STUDI S-1 STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
JANUARI 2026**

## SKRIPSI

### PENERAPAN *EXTREME LEARNING MACHINE* UNTUK KLASIFIKASI CURAH HUJAN DI KOTA BANJARBARU

Oleh  
**AKHMAD SUWINDI**  
NIM. 2211017110006

Telah dipertahankan pada hari Senin, 5 Januari 2026 dan telah disetujui oleh dosen pembimbing dan dosen penguji sebagai berikut:

#### Pembimbing I



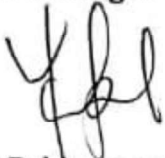
Selvi Annisa, S.Si., M.Si  
NIP. 199212262022032016

#### Penguji I



Dewi Sri Susanti, S.Si, M.Si  
NIP. 197305161999032002

#### Pembimbing II



Yeni Rahkmawati, S.Mat., M.Si  
NIP. 199404032022032014

#### Penguji II



Rifqi Aulya Rahman, S.Mat., M.Si.  
NIP. 199708072024061003

Banjarbaru, 12 Januari 2026  
Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Statistika  
FMIRA ULM



Dewi Anggraini, S.Si., M.App.Sci., Ph.D.  
NIP. 198303282005012001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 12 Januari 2026



Akhmad Suwindi

NIP. 2211017110006

PRODI STATISTIKA

## ABSTRAK

**Penerapan *Extreme Learning Machine* Untuk Klasifikasi Curah Hujan Di Kota Banjarbaru** (Oleh: Akhmad Suwindi; Pembimbing: Selvi Annisa dan Yeni Rahkmawati, 2026; 48 Halaman)

Curah hujan merupakan parameter cuaca penting di Kota Banjarbaru karena berpengaruh pada sektor pertanian, transportasi, dan potensi bencana hidrometeorologi. Namun, prediksi hujan sering terkendala oleh ketidakseimbangan kelas, di mana jumlah hari hujan lebih dominan dibandingkan hari tidak hujan sehingga model cenderung bias terhadap kelas mayoritas. Penelitian ini menerapkan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) yang dikombinasikan dengan *Synthetic Minority Over-sampling Technique* (SMOTE) untuk mengatasi permasalahan tersebut. Data yang digunakan berupa data harian proyek NASA POWER pada titik koordinat Nol Kilometer Banjarbaru periode Januari 1998 hingga Agustus 2025. Variabel *input* meliputi suhu (rata-rata, maksimum, minimum, dan titik embun), arah angin, kecepatan angin, tekanan permukaan, dan kelembapan permukaan tanah, sementara *output* berupa dua kelas curah hujan yaitu Hujan ( $\geq 1$  mm) dan Tidak Hujan ( $< 1$  mm). Tahapan penelitian mencakup normalisasi *Min-Max*, penyeimbangan data *training* menggunakan SMOTE, dan pelatihan model ELM. Model terbaik diperoleh dengan fungsi aktivasi Tanh dan 200 *neuron* pada *hidden layer*. Evaluasi menunjukkan akurasi 77.49%, sensitivitas 81.03%, spesifisitas 71.81%, dan G-Mean 0.7628. Hasil ini menunjukkan bahwa ELM dengan SMOTE mampu memberikan performa klasifikasi yang lebih seimbang. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi studi lanjutan terkait pemodelan curah hujan di Kota Banjarbaru.

Kata Kunci: Klasifikasi curah hujan, *Extreme Learning Machine*, SMOTE, ketidakseimbangan kelas, prediksi cuaca.

## ABSTRACT

**Application of Extreme Learning Machine for Rainfall Classification in Banjarbaru City** (By: Akhmad Suwindi; Supervisors: Selvi Annisa and Yeni Rahkmawati, 2026; 48 page)

Rainfall is an important weather parameter in Banjarbaru City because it affects agriculture, transportation, and potential hydrometeorological hazards. However, rainfall prediction is often challenged by class imbalance, where rainy days are more dominant than non-rainy days, causing classification models to be biased toward the majority class. This study applies the Extreme Learning Machine (ELM) method combined with the Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) to address this issue. The dataset consists of daily NASA POWER data at the Zero Kilometer point of Banjarbaru from January 1998 to August 2025. Input variables include temperature (average, maximum, minimum, and dew point), wind direction, wind speed, surface pressure, and soil moisture, while the output consists of two rainfall classes: Rain ( $\geq 1$  mm) and No Rain ( $< 1$  mm). The research stages include Min–Max normalization, balancing the training set using SMOTE, and training the ELM model. The best model was obtained using the Tanh activation function and 200 hidden neurons. Evaluation results show an accuracy of 77.49%, sensitivity of 81.03%, specificity of 71.81%, and G-Mean of 0.7628. These results indicate that ELM combined with SMOTE provides a more balanced classification performance. This study is expected to serve as a reference for future research on rainfall modeling in Banjarbaru.

**Keywords:** Rainfall classification, Extreme Learning Machine, SMOTE, class imbalance, weather prediction.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan *Extreme Learning Machine* Untuk Klasifikasi Curah Hujan di Kota Banjarbaru”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana strata-1 di Program Studi Statistika FMIPA ULM.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis mendapat berbagai bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendukung serta doa, nasihat, dan bantua baik secara moril maupun materil.
2. Ibu Dewi Anggraini, S.Si., M.App.Sci., Ph.D selaku Koordinator Program Studi Statistika FMIPA ULM atas segala dukungan dan ilmu yang diberikan selama belajar di Program Studi Statistika.
3. Ibu Selvi Annisa, S.Si., M.Si dan Ibu Yeni Rahkmawati, S.Mat., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta dukungan dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Ibu Dewi Sri Susanti, S.Si., M.Si dan Bapak Rifqi Aulya Rahman, S.Mat., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran, serta bantuan dalam proses perbaikan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Statistika FMIPA ULM yang telah memberikan ilmu, nasihat, serta dukungan selama masa perkuliahan di Program Studi Statistika FMIPA ULM.
6. Teman-teman Funtastic yang telah berjuang bersama selama perkuliahan.
7. Pihak-pihak lain yang berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
8. Terakhir, terima kasih kepada hati yang terus berdetak di tengah segala badai, yang memilih tetap melangkah meski kerap dilanda lelah. Terima kasih telah bertahan sejauh ini, melewati berbagai tantangan dan proses panjang hingga akhirnya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir ini tentu masih terdapat kekurangan sehingga kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan dapat membantu dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis berharap agar hasil penelitian pada Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banjarbaru, 6 Januari 2026

Akhmad Suwindi

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Kajian Teori .....	6
2.2.1 Curah Hujan .....	6
2.2.1.1 Suhu Udara.....	7
2.2.1.2 Angin .....	7
2.2.1.3 Tekanan Permukaan.....	8
2.2.1.4 Kelembapan Permukaan Tanah.....	8
2.2.2 <i>Stratified Sampling</i> .....	8
2.2.3 Normalisasi.....	9
2.2.4 <i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i> .....	9
2.2.5 Jaringan Syaraf Tiruan.....	11
2.2.5.1 <i>Feedforward Neural Network (FFNN)</i> .....	12
2.2.5.2 <i>Recurrent Neural Network (RNN)</i> .....	12
2.2.6 <i>Extreme Learning Machine</i> .....	13
2.2.7 Fungsi Aktivasi.....	15
2.2.7.1 Fungsi Aktivasi Sigmoid.....	16
2.2.7.2 Fungsi Aktivasi Tanh .....	16
2.2.7.3 Fungsi Aktivasi ReLU.....	17
2.2.8 <i>Hyperparameter Tuning</i> .....	18
2.2.9 <i>Confusion Matrix</i> .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	21
3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Variabel Penelitian .....	21
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 <i>Preprocessing</i> Data .....	25
4.2 Statistika Deskriptif.....	26
4.3 Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i> .....	29
4.4 Normalisasi Data.....	30
4.5 <i>Resampling</i> Data .....	31

4.6	Pelatihan Model <i>Extreme Learning Machine</i> .....	33
4.6.1	Inisialisasi Bobot <i>Input</i> ( $\mathbf{W}$ ) dan Bias Awal ( $\mathbf{b}$ ).....	35
4.6.2	Proses Perhitungan Matriks $\mathbf{H}_{init,train}$ .....	35
4.6.3	Proses Perhitungan Matriks $\mathbf{H}_{train}$ .....	36
4.6.4	Proses Perhitungan Matriks $\mathbf{H}^t$ .....	37
4.6.5	Proses Perhitungan Bobot <i>Output</i> .....	38
4.7	Pengujian Model <i>Extreme Learning Machine</i> .....	39
4.7.1	Proses Hitung $\mathbf{H}_{init,test}$ .....	40
4.7.2	Proses Hitung Matriks $\mathbf{H}_{test}$ .....	41
4.7.3	Proses Hitung Nilai $\mathbf{Y}$ .....	42
4.8	Evaluasi Model <i>Extreme Learning Machine</i> .....	42
4.8.1	Akurasi.....	43
4.8.2	Sensitivitas.....	43
4.8.3	Spesifisitas.....	44
4.8.4	G-Mean.....	44
4.9	Perbandingan Kinerja Model Klasifikasi.....	44
BAB V PENUTUP.....		46
DAFTAR PUSTAKA.....		48
LAMPIRAN.....		54
RIWAYAT HIDUP.....		71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Stratified Sampling</i> .....	9
Gambar 2.2 Ilustrasi SMOTE.....	10
Gambar 2.3 Ilustrasi Jaringan Syaraf Tiruan .....	12
Gambar 2.4 Ilustrasi FFNN .....	12
Gambar 2.5 Ilustrasi RNN .....	13
Gambar 2.6 Arsitektur ELM .....	14
Gambar 2.7 Grafik Fungsi Sigmoid .....	16
Gambar 2.8 Grafik Fungsi Tanh.....	17
Gambar 2.9 Grafik Fungsi ReLU .....	17
Gambar 3.1 Alur Penelitian .....	24
Gambar 4.1 <i>Bar Plot</i> Proporsi Kelas Variabel Target .....	26
Gambar 4.2 <i>Box Plot</i> Variabel Suhu Berdasarkan Kelas Curah Hujan .....	27
Gambar 4.3 <i>Box Plot</i> Variabel Angin Berdasarkan Kelas Curah Hujan .....	28
Gambar 4.4 <i>Box Plot</i> Tekanan Permukaan dan Kelembapan Tanah Berdasarkan Kelas Curah Hujan .....	29
Gambar 4.5 Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i> .....	30
Gambar 4.6 Perbandingan Persentase Data Sebelum dan Setelah <i>Resampling</i> dengan SMOTE .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
Tabel 2.2 <i>Confusion Matrix</i> .....	19
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	21
Tabel 4.1 Data Penelitian.....	25
Tabel 4.2 Hasil Pengkategorian dan Pelabelan Curah Hujan.....	26
Tabel 4.3 Contoh Data untuk Menghitung Jarak Euclidean .....	31
Tabel 4.4 Contoh Data untuk SMOTE .....	32
Tabel 4.5 Data Sebelum dan Setelah SMOTE .....	32
Tabel 4.6 Data $X_{training}$ Setelah SMOTE dan Normalisasi .....	33
Tabel 4.7 Data $Y_{training}$ Setelah SMOTE .....	34
Tabel 4.8 Daftar Hyperparameter dan Nilai Grid Search Algoritma ELM .....	34
Tabel 4.9 Hasil Kombinasi Tuning Hyperparameter Algoritma ELM .....	34
Tabel 4.10 Data $X_{testing}$ Setelah Dinormalisasi .....	39
Tabel 4.11 Data $Y_{testing}$ .....	40
Tabel 4.12 Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksi .....	42
Tabel 4.13 <i>Confusion Matrix</i> .....	43
Tabel 4.14 Perbandingan Kinerja Model Klasifikasi Dengan dan Tanpa SMOTE	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian .....	54
Lampiran 2. Data <i>Training</i> .....	55
Lampiran 3. Data <i>Testing</i> .....	56
Lampiran 4. Hasil Normalisasi Data.....	57
Lampiran 5. Metrik Evaluasi dari Kombinasi <i>Tuning Hyperparameter</i> .....	58
Lampiran 6. Bobot Input ( $W$ ).....	59
Lampiran 7. Nilai Bias ( $b$ ) .....	60
Lampiran 8. <i>Syntax</i> Analisis Pemodelan <i>Extreme Learning Machine</i> .....	61
Lampiran 9. <i>Syntax</i> Statistika Deskriptif.....	64

PRODI STATISTIKA