

# DOKUMENTASI SISTEM

## Analisis Curah Hujan

Web Application untuk Regresi dan Prediksi

Versi	1.0.0
Tanggal	02 January 2026
Platform	Next.js + ONNX Runtime Web
Author	Ferri Krisdiantoro

### Contact Information:

WhatsApp: +6285351168279 | Instagram: @solusi.ai.praktis

Website: ferrikrisdiantoro.com | Fastwork: Ferri Krisdiantoro

# DAFTAR ISI

1. Pendahuluan	3
2. Arsitektur Sistem	4
3. Modul Analisis Regresi	6
4. Modul Prediksi Curah Hujan	10
5. Machine Learning Models	14
6. API Documentation	18
7. Komponen UI	22
8. Panduan Penggunaan	24
9. Deployment Guide	27
10. Troubleshooting	29

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sistem Analisis Curah Hujan adalah aplikasi web modern yang dirancang untuk membantu dalam analisis data hidrologi, khususnya pengolahan data curah hujan menggunakan metode regresi statistik dan prediksi berbasis Machine Learning. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan teknologi Next.js dengan inferensi model ONNX untuk deployment yang optimal di environment serverless.

## 1.2 Tujuan Sistem

Sistem ini bertujuan untuk menyediakan:

- \* Analisis regresi dengan 6 metode berbeda (Linear, Polynomial, Exponential, Power, Logarithmic, Moving Average)
- \* Prediksi curah hujan menggunakan 3 model Machine Learning (Gradient Boosting, LSTM, BiLSTM)
- \* Visualisasi data interaktif dengan Chart.js
- \* Export hasil analisis dalam format PNG dan CSV
- \* Antarmuka yang responsif dan user-friendly

## 1.3 Teknologi yang Digunakan

Komponen	Teknologi	Versi
Frontend	Next.js (React)	16.1.1
Backend API	Next.js API Routes	16.1.1
ML Runtime	ONNX Runtime Web (Browser)	1.20+
Charting	Chart.js + react-chartjs-2	4.x / 5.x
Styling	CSS Custom Properties	-
Language	TypeScript	5.x
Package Manager	npm	10.x

## 2. ARSITEKTUR SISTEM

### 2.1 Struktur Direktori

Proyek ini mengikuti konvensi standar Next.js App Router dengan struktur sebagai berikut:

Folder/File	Deskripsi
public/models/	File model ONNX (GBR, LSTM, BiLSTM)
src/app/	Halaman aplikasi (page.tsx)
src/app/api/	API Routes (predict, regression)
src/app/prediction/	Halaman prediksi curah hujan
src/app/regression/	Halaman analisis regresi
src/components/	Komponen React (Chart, DataTable, dll)
src/lib/	Library utilities (regression.ts, onnxWebInference.ts)
src/types/	TypeScript type definitions
notebook/	Jupyter notebook untuk training

### 2.2 Alur Data (Data Flow)

Sistem menggunakan arsitektur client-side inference dengan ONNX Runtime Web:

1. User Input: Data diinput melalui form manual atau upload CSV
2. Client Processing: Data divalidasi dan diformat di browser
3. Model Loading: ONNX model diload ke browser (cached)
4. Feature Engineering: Fitur dikalkulasi (lag, rolling stats)
5. Inference: ONNX Runtime Web menjalankan prediksi di browser
6. Visualization: Chart.js merender grafik hasil analisis
7. Export: User dapat mengeksport hasil ke PNG atau CSV

### 2.3 Deployment Architecture

Aplikasi ini dirancang untuk deployment di Vercel dengan arsitektur serverless. Model ONNX disimpan di folder public dan diload di browser menggunakan onnxruntime-web. Ini memungkinkan inferensi ML tanpa server-side processing.

Aspek	Konfigurasi
Hosting	Vercel (Serverless)
ML Inference	Browser (ONNX Runtime Web)
Build	Next.js Static + Dynamic Routes
Static Assets	Vercel CDN
Model Loading	Lazy load + Session cache

## 3. MODUL ANALISIS REGRESI

### 3.1 Deskripsi Modul

Modul Analisis Regresi menyediakan kemampuan fitting data dengan berbagai model matematika. Modul ini cocok untuk analisis hubungan antara dua variabel, seperti hubungan antara debit air (flow) dan tinggi muka air (water level).

### 3.2 Metode Regresi yang Tersedia

#### Linear Regression

*Formula:*  $y = a + bx$

Regresi linier sederhana untuk hubungan proporsional antara X dan Y.

*Use Case:* Hubungan linear seperti kecepatan vs jarak

#### Polynomial Regression

*Formula:*  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$

Regresi polynomial untuk kurva non-linear dengan degree 2-6.

*Use Case:* Kurva parabola, kubik, atau pola kompleks

#### Exponential Regression

*Formula:*  $y = a * e^{(bx)}$

Regresi eksponensial untuk pertumbuhan/penurunan eksponensial.

*Use Case:* Pertumbuhan populasi, peluruhan radioaktif

#### Power Regression

*Formula:*  $y = a * x^b$

Regresi power untuk hubungan pangkat antara variabel.

*Use Case:* Kurva rating (Q-H), hukum fisika

#### Logarithmic Regression

*Formula:*  $y = a + b * \ln(x)$

Regresi logaritmik untuk kurva yang melambat.

*Use Case:* Kurva pembelajaran, diminishing returns

#### Moving Average

*Formula:*  $MA(n) = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$

Rata-rata bergerak untuk smoothing data time series.

*Use Case:* Trend detection, noise reduction

### 3.3 Metrik Evaluasi

Setiap hasil regresi dilengkapi dengan metrik evaluasi untuk menilai kualitas fitting:

Metrik	Rumus	Interpretasi
R-squared (R2)	$1 - (SS_{res} / SS_{tot})$	0-1, semakin tinggi semakin baik
MAE	$\text{sum}( y - y_{pred} ) / n$	Error rata-rata, satuan sama dengan Y
RMSE	$\text{sqrt}(\text{sum}((y - y_{pred})^2) / n)$	Error kuadrat, sensitif terhadap outlier

### 3.4 Implementasi Teknis

Kalkulasi regresi diimplementasikan dalam file `src/lib/regression.ts` dengan algoritma yang dioptimasi untuk browser. Polynomial regression menggunakan Gaussian elimination dengan partial pivoting untuk stabilitas numerik.

## 4. MODUL PREDIKSI CURAH HUJAN

### 4.1 Deskripsi Modul

Modul Prediksi Curah Hujan menggunakan Machine Learning untuk memprediksi curah hujan 1-30 hari ke depan berdasarkan data historis. Sistem ini menggunakan tiga model yang telah dilatih dan diekspor ke format ONNX untuk inferensi di browser.

### 4.2 Data Training

Model dilatih menggunakan data curah hujan harian dengan karakteristik berikut:

Statistik	Nilai
Jumlah data	7,320 hari
Range	0 - 11 mm
Mean	1.46 mm
Median	0.9 mm
Std Dev	2.22 mm

### 4.3 Model Machine Learning

#### Gradient Boosting Regressor (GBR)

Tipe	Tabular ML
Input Shape	9 features (lag, rolling stats, time)
MAE (Test)	6.42 mm
RMSE (Test)	11.28 mm

#### LSTM (Long Short-Term Memory)

Tipe	Deep Learning
Input Shape	Sequence [batch, 7, 1]
MAE (Test)	7.15 mm
RMSE (Test)	12.03 mm

#### BiLSTM (Bidirectional LSTM)

Tipe	Deep Learning
Input Shape	Sequence [batch, 7, 1]
MAE (Test)	6.89 mm
RMSE (Test)	11.67 mm

### 4.4 Feature Engineering (GBR)

Model GBR menggunakan 9 features yang dikalkulasi dari data historis:

Feature	Deskripsi	Formula
lag_1	Curah hujan 1 hari sebelumnya	$y[t-1]$
lag_3	Curah hujan 3 hari sebelumnya	$y[t-3]$
lag_7	Curah hujan 7 hari sebelumnya	$y[t-7]$
roll_mean_3	Rata-rata 3 hari terakhir	$\text{mean}(y[t-3:t])$
roll_mean_7	Rata-rata 7 hari terakhir	$\text{mean}(y[t-7:t])$
roll_max_7	Maksimum 7 hari terakhir	$\text{max}(y[t-7:t])$
roll_std_7	Std dev 7 hari terakhir	$\text{std}(y[t-7:t])$
bulan_idx	Indeks bulan (1-12)	$\text{month}(\text{date})$
day_of_week	Hari dalam minggu (0-6)	$\text{weekday}(\text{date})$

## 4.5 Recursive Forecasting

Untuk prediksi multi-step (lebih dari 1 hari), sistem menggunakan strategi recursive forecasting. Prediksi hari ke-n digunakan sebagai input untuk memprediksi hari ke-(n+1). Metode ini memungkinkan prediksi hingga 30 hari ke depan dari 7 hari data historis.



## 5. MACHINE LEARNING MODELS

### 5.1 Training Pipeline (Notebook)

Model dilatih menggunakan Jupyter Notebook (notebook/prediksi\_hujan.ipynb). Berikut adalah tahapan training yang dilakukan:

1. Data Loading: Membaca dataset curah hujan harian dari Excel
2. Feature Engineering: Membuat lag features, rolling statistics, time features
3. Data Splitting: Membagi data menjadi train (80%) dan test (20%)
4. Model Training: Melatih GBR, LSTM, dan BiLSTM
5. Model Evaluation: Mengevaluasi performa dengan MAE, RMSE
6. ONNX Export: Mengekspor model ke format ONNX untuk web deployment

### 5.2 ONNX Runtime Web

ONNX (Open Neural Network Exchange) digunakan sebagai format portable untuk deployment model. Model dijalankan di browser menggunakan onnxruntime-web dengan WASM backend.

- \* Cross-platform: Dapat dijalankan di browser tanpa server
- \* Optimized: Runtime yang dioptimasi untuk CPU inference
- \* Lightweight: Ukuran model kecil (37KB - 200KB)
- \* Vercel-friendly: Tidak memerlukan server-side processing

### 5.3 Model Files

File	Size	Input Shape	Description
model_gbr.onnx	200 KB	[1, 9]	Gradient Boosting with 9 features
model_lstm.onnx	37 KB	[1, 7, 1]	LSTM sequence model
model_bilstm.onnx	96 KB	[1, 7, 1]	Bidirectional LSTM

## 6. API DOCUMENTATION

### 6.1 Regression API

**Endpoint:** POST /api/regression

Melakukan analisis regresi pada data X-Y.

**Request Body:**

Field	Type	Description
data	Array	Array of {x, y} objects
type	String	linear   polynomial   exponential   power   logarithmic   moving-average
degree	Number	Optional, for polynomial (2-6) or MA window

**Response:**

Field	Type	Description
type	String	Regression type used
formula	String	Regression equation
coefficients	Array	Coefficient values
r2	Number	R-squared value (0-1)
mae	Number	Mean Absolute Error
rmse	Number	Root Mean Square Error
predictions	Array	Predicted Y values

### 6.2 Prediction (Client-Side)

Prediksi curah hujan dijalankan di browser menggunakan ONNX Runtime Web. Tidak ada API call ke server untuk inferensi ML.

**Function:** forecast(modelType, historicalData, horizonDays)

Parameter	Type	Description
modelType	String	gbr   lstm   bilstm
historicalData	Array	Array of {date, value} (min 7 points)
horizonDays	Number	Prediction horizon (1-30 days)

## 7. KOMPONEN UI

### 7.1 Komponen Utama

#### ChartComponent

*File:* src/components/ChartComponent.tsx

Komponen grafik menggunakan Chart.js. Mendukung scatter, line, dan time series.

#### DataTable

*File:* src/components/DataTable.tsx

Tabel data interaktif dengan kemampuan edit inline dan toggle enable/disable.

#### CsvUploader

*File:* src/components/CsvUploader.tsx

Komponen upload CSV dengan validasi dan parsing otomatis.

#### Navbar

*File:* src/components/Navbar.tsx

Navigation bar responsif dengan hamburger menu untuk mobile.

#### Icon

*File:* src/components/Icon.tsx

Koleksi SVG icons untuk UI (chart, upload, copy, download, dll).

### 7.2 Utility Libraries

#### regression.ts

Implementasi 6 algoritma regresi dan kalkulasi metrik (R2, MAE, RMSE).

#### onnxWebInference.ts

Loading dan inferensi model ONNX di browser dengan feature preparation.

#### exportUtils.ts

Fungsi export chart ke PNG dan data ke CSV.

## 8. PANDUAN PENGGUNAAN

### 8.1 Modul Regresi

#### Langkah 1: Input Data

Upload file CSV dengan kolom x,y atau input manual di tabel.

#### Langkah 2: Pilih Metode

Pilih metode regresi: Linear, Polynomial, Exponential, Power, Logarithmic, atau Moving Average.

#### Langkah 3: Lihat Hasil

Grafik akan menampilkan data points dan garis/kurva regresi.

#### Langkah 4: Salin Formula

Klik tombol copy untuk menyalin formula ke clipboard.

#### Langkah 5: Export

Export grafik sebagai PNG atau data sebagai CSV.

### 8.2 Modul Prediksi

#### Langkah 1: Input Data Historis

Upload CSV dengan kolom date,value atau input manual. Minimum 7 data point.

#### Langkah 2: Pilih Model

Pilih model ML: Gradient Boosting, LSTM, atau BiLSTM.

#### Langkah 3: Set Horizon

Tentukan berapa hari ke depan yang ingin diprediksi (1-30 hari).

#### Langkah 4: Jalankan Prediksi

Klik tombol 'Jalankan Prediksi' untuk memulai inferensi.

#### Langkah 5: Lihat Hasil

Grafik menampilkan data historis dan prediksi. Tabel menampilkan nilai prediksi.

#### Langkah 6: Export

Export grafik sebagai PNG atau data (historis + prediksi) sebagai CSV.

### 8.3 Format File CSV

#### Untuk Modul Regresi (XY Data):

x	y
33262.03	14.44
48285.70	18.16
68609.89	21.55

**Untuk Modul Prediksi (Time Series):**

date	value
2024-11-01	0.5
2024-11-02	1.2
2024-11-03	2.8

## 9. DEPLOYMENT GUIDE

### 9.1 Prerequisites

- \* Node.js 18 atau lebih baru
- \* npm 10 atau lebih baru
- \* Git
- \* Akun Vercel (untuk deployment)

### 9.2 Local Development

1. Clone repository: `git clone [repo-url]`
2. Install dependencies: `npm install`
3. Run development server: `npm run dev`
4. Open browser: `http://localhost:3000`

### 9.3 Build Production

1. Build: `npm run build`
2. Start production server: `npm start`
3. Atau deploy ke Vercel

### 9.4 Deploy to Vercel

1. Push code ke GitHub repository
2. Login ke Vercel (vercel.com)
3. Import project dari GitHub
4. Klik Deploy
5. Vercel akan otomatis build dan deploy

### 9.5 Environment Variables

Tidak ada environment variables yang diperlukan untuk deployment standar. Semua konfigurasi sudah di-hardcode untuk simplicity.

## 10. TROUBLESHOOTING

### 10.1 Common Issues

**Problem:** Model tidak load / ONNX error

**Solution:** Pastikan file model ada di folder public/models/. Refresh browser dengan Ctrl+Shift+R.

**Problem:** Prediksi selalu sama (~5-6mm)

**Solution:** Ini normal untuk model yang ditraining dengan data range 0-11mm. Gunakan data input sesuai range.

**Problem:** Chart tidak muncul

**Solution:** Pastikan minimal ada 2 data point (regresi) atau 7 data point (prediksi).

**Problem:** CSV upload gagal

**Solution:** Pastikan format CSV benar: header di baris pertama, kolom sesuai (x,y atau date,value).

**Problem:** Warning CPU vendor unknown

**Solution:** Ini hanya warning, tidak mempengaruhi fungsi. ONNX tetap berjalan dengan WASM backend.

### 10.2 Contact Support

Jika mengalami masalah yang tidak tercantum di atas, silakan hubungi:

Platform	Contact
WhatsApp	+6285351168279
Instagram	@solusi.ai.praktis
Website	ferrikrisdiantoro.com
Fastwork	Ferri Krisdiantoro