

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS BENGKULU – FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)

Mata Kuliah: Analisis Deret Waktu dan Peramalan (*Time Series Analysis and Forecasting*)

1. Informasi Umum Mata Kuliah

Nama Mata Kuliah	Analisis Deret Waktu dan Peramalan (<i>Time Series Analysis and Forecasting</i>)		
Kode Mata Kuliah	TEE-412	Rumpun MK	Tenaga Listrik, Kendali, & AI
Bobot SKS	3 SKS (2 Teori, 1 Praktikum)	Semester / Sifat	VI / VII – Pilihan Keahlian
Mata Kuliah Prasyarat	1. Matematika Teknik (Aljabar Linier & Transformasi Z) 2. Probabilitas & Statistik 3. Pengolahan Sinyal Digital / Dasar Pemrograman (Python / MATLAB / Octave)		
Dosen Pengembang	Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D.	Koordinator KBK	Koordinator KBK Teknik Elektro
Ketua Jurusan / Prodi	Ir. Afriyastuti Herawati, S.T., M.T.	Tahun Ajaran	2025/2026

2. Deskripsi Singkat Mata Kuliah

Mata kuliah ini membahas prinsip matematis, metodologi stokastik, dan komputasi cerdas untuk memodelkan, mengestimasi, dan memprediksi data deret waktu (*time series*) yang diaplikasikan pada domain teknik elektro. Fokus aplikasi mencakup peramalan beban sistem tenaga listrik (*electric load forecasting*), variabilitas pembangkit energi baru terbarukan (PLTS dan PLTB), estimasi *state* sensor IoT telemetry kelistrikan, deteksi gangguan kualitas daya (*power quality*), serta prediksi sisa umur pakai aset (*Remaining Useful Life*). Materi mencakup metode klasik Box-Jenkins (ARIMA/SARIMA/SARIMAX), *Discrete Kalman Filter* dalam ruang keadaan (*State-Space*), analisis spektral/Wavelet, hingga pembelajaran mesin mutakhir (*Tree-Based Ensembles*, LSTM, GRU, dan arsitektur *Temporal Convolutional Network/Seq2Seq*).

3. Capaian Pembelajaran (CPL & CPMK)

3.1. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) yang Dibebankan

- CPL-1 (Sains & Rekayasa):** Mampu menerapkan pengetahuan matematika rekayasa, probabilitas, dan prinsip teknik elektro untuk memformulasi serta menyelesaikan masalah pemodelan sistem dinamis dan peramalan.
- CPL-2 (Perancangan & Eksperimen):** Mampu merancang eksperimen komputasi, mengolah data deret waktu multivariat, menguji signifikansi statistik, dan menarik inferensi rekayasa.
- CPL-3 (Penggunaan Perangkat Modern):** Mampu memanfaatkan kakas komputasi modern (Python/MATLAB/Octave/pustaka ML/DL) untuk implementasi pemrosesan sinyal dan algoritma prediktif.
- CPL-4 (Komunikasi & Kerja Sama):** Mampu menyajikan dan mengomunikasikan hasil analisis keteknikan secara efektif dalam bentuk laporan ilmiah format standar IEEE dan presentasi tim.

3.2. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

- CPMK-1:** Mampu menganalisis karakteristik data deret waktu elektro, komponen dekomposisi, uji stasioneritas, dan korelasi sinyal (ACF/PACF).
- CPMK-2:** Mampu memformulasikan dan mengestimasi model statistik klasik (*Smoothing*, ARIMA, SARIMAX) serta filter ruang keadaan (*Kalman Filter*) pada sinyal sensor bising.
- CPMK-3:** Mampu melakukan analisis domain frekuensi dan waktu-frekuensi (FFT, Wavelet) untuk ekstraksi fitur serta deteksi transien sinyal elektro.
- CPMK-4:** Mampu merancang, melatih, dan mengoptimalkan model *Machine Learning* (XGBoost) dan *Deep Learning* (LSTM, GRU, 1D-CNN) untuk peramalan *multi-step* dan deteksi anomali.
- CPMK-5:** Mampu menyelesaikan studi kasus keteknikan riil secara kolaboratif melalui proyek perancangan berbasis tim (*Team-Based Project*).

3.3. Matriks Korelasi CPL terhadap CPMK

CPMK	CPL-1 (Sains)	CPL-2 (Eksperimen)	CPL-3 (Tools Modern)	CPL-4 (Komunikasi)
CPMK-1	• (Tinggi)	◦ (Sedang)	–	–
CPMK-2	• (Tinggi)	• (Tinggi)	◦ (Sedang)	–
CPMK-3	• (Tinggi)	• (Tinggi)	◦ (Sedang)	–
CPMK-4	–	• (Tinggi)	• (Tinggi)	–
CPMK-5	–	• (Tinggi)	• (Tinggi)	• (Tinggi)

4. Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (16 Minggu)

Mg	Kemampuan Akhir (Sub-CPMK)	Bahan Kajian (Materi Pokok)	Bentuk & Metode Pembelajaran [Waktu]	Pengalaman Belajar / Praktikum	Bobot
1	Karakteristik deret waktu sistem elektro (Sub-CPMK 1)	• Karakteristik deret waktu elektro (Beban grid, radiasi PV, telemetry IoT). • Komponen: Tren, Musiman (harian/tahunan), Siklus, Residu. • Model Aditif vs. Multiplikatif.	• Kuliah & Diskusi [TM: 2x50"] • Praktikum 1: Visualisasi & Dekomposisi Klasik [P: 1x170"]	Mengunduh dataset beban PLN/IEEE, memvisualisasikan, dan mengurai komponen sinyal.	3%
2	Uji stasioneritas & autokorelasi sinyal (Sub-CPMK 2)	• Stasioneritas Kuat vs. Lemah (Kovarians). • Uji Stasioneritas: ADF Test, KPSS. • ACF, PACF, & Differencing (d).	• Kuliah & Latihan [TM: 2x50"] • Praktikum 2: Uji ADF & Correlogram [P: 1x170"]	Menguji stasioneritas daya aktif gardu induk dan menentukan ordo differencing.	4%
3	Pemulusan data untuk peramalan cepat (Sub-CPMK 3)	• SMA, WMA, Simple Exponential Smoothing. • Holt's Linear & Holt-Winters (Aditif/Multiplikatif). • Evaluasi: MAE, MSE, RMSE, MAPE.	• Kuliah Interaktif [TM: 2x50"] • Praktikum 3: Peramalan Beban Singkat [P: 1x170"]	Membandingkan akurasi peramalan beban hari kerja vs. hari libur dengan Holt-Winters.	4%
4	Pemodelan AR, MA, dan ARMA stokastik (Sub-CPMK 4)	• Formulasi $AR(p)$, $MA(q)$, dan $ARMA(p, q)$. • Operator lag B & kestabilan pada bidang Z. • Kriteria seleksi: AIC, AICc, BIC.	• Kuliah & Problem Solving [TM: 2x50"] • Praktikum 4: Estimasi Ordo ARMA [P: 1x170"]	Menentukan ordo optimal model sensor getaran berdasarkan kriteria AIC/BIC minimum.	5%
5	Perancangan model ARIMA/SARIMA Box-Jenkins (Sub-CPMK 5)	• $ARIMA(p, d, q)$ dan Musiman $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$. • Metodologi 3-Tahap Box-Jenkins. • Uji Residu White Noise (Ljung-Box).	• Kuliah & Studi Kasus [TM: 2x50"] • Praktikum 5: Pipeline SARIMA untuk Data Listrik [P: 1x170"]	Meramalkan profil beban per-jam untuk 168 jam (1 minggu) dan uji diagnostik residu.	5%
6	Model eksogen (AR-MAX/SARIMAX & VAR) (Sub-CPMK 6)	• Formulasi SARIMAX dengan variabel luar. • Analisis Cross-Correlation Function (CCF) untuk suhu, radiasi, dan kelembaban. • Konsep dasar VAR (Vector Autoregression).	• Kuliah & Diskusi [TM: 2x50"] • Praktikum 6: SARIMAX dengan Pengaruh Suhu [P: 1x170"]	Mengintegrasikan data temperatur cuaca untuk peramalan beban pendingin gedung.	5%

Mg	Kemampuan Akhir (Sub-CPMK)	Bahan Kajian (Materi Pokok)	Bentuk & Metode Pembelajaran [Waktu]	Pengalaman Belajar / Praktikum	Bobot
7	Kalman Filter ruang keadaan (Sub-CPMK 7)	- Representasi Ruang Keadaan (<i>State-Space</i>). - Discrete Kalman Filter: Tahap Time Update (Prediksi) & Measurement Update (Koreksi). - Matriks Kovariansi Derau (Q dan R).	- Kuliah & Simulasi [TM: 2x50"] - Praktikum 7: Filtrasi Sinyal Sensor Bising [P: 1x170"]	Mengembangkan algoritma Kalman Filter untuk estimasi SoC baterai & denoising sensor arus.	6%
8	UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS) – Evaluasi Komprehensif CPMK-1 & CPMK-2				20%
9	Analisis domain frekuensi & Wavelet (Sub-CPMK 8)	- FFT & Power Spectral Density (PSD). - Kelemahan Fourier pada sinyal transien. - DWT (Discrete Wavelet Transform) & Denoising.	- Kuliah [TM: 2x50"] - Praktikum 8: Ekstraksi Fitur Spektral [P: 1x170"]	Mendeteksi harmonisa beban non-linier dan dekomposisi transien gangguan arus motor.	4%
10	Feature Engineering & Machine Learning (Sub-CPMK 9)	- Sliding window, Lag features, rolling statistics. - Encoding kalender siklik (sin/cos). - Tree Ensembles: Random Forest, XGBoost. - Time Series Cross-Validation.	- Kuliah [TM: 2x50"] - Praktikum 9: STLTF dengan XGBoost [P: 1x170"]	Membangun pipeline regresi XGBoost lengkap dengan rekayasa fitur temporal tanpa <i>lookahead leakage</i> .	5%
11	Deep Learning RNN, LSTM, dan GRU (Sub-CPMK 10)	- Masalah Vanishing Gradient pada RNN biasa. - Arsitektur LSTM (Forget, Input, Output Gate). - Gated Recurrent Unit (GRU). - Penskalaan sekuensial (Min-Max 3D Tensor).	- Kuliah & Analisis [TM: 2x50"] - Praktikum 10: Peramalan EBT Surya dengan LSTM [P: 1x170"]	Melatih jaringan LSTM menggunakan PyTorch/TensorFlow untuk prediksi daya PLTS harian.	5%
12	Model sekuensial lanjut: 1D-CNN & Seq2Seq (Sub-CPMK 11)	1D Temporal CNN untuk fitur lokal. - Arsitektur Encoder-Decoder (Seq2Seq). - Pengenalan Attention Mechanism & Transformer.	- Kuliah Interaktif [TM: 2x50"] - Praktikum 11: Multi-Step Ahead Forecasting [P: 1x170"]	Merancang arsitektur peramalan simultan 24-step ahead profil tegangan multi-bus.	5%
13	Deteksi anomali sinyal kelistrikan (Sub-CPMK 12)	- Point, contextual, & collective anomalies. - Isolation Forest, LSTM Autoencoder. - Deteksi pencurian listrik / Non-Technical Loss.	- Kuliah Kasus [TM: 2x50"] - Praktikum 12: Anomaly Detection Smart Meter [P: 1x170"]	Membangun LSTM Autoencoder untuk deteksi manipulasi konsumsi energi smart meter.	4%
14	Integrasi peramalan ke operasi daya (Sub-CPMK 13)	- Integrasi pada Unit Commitment & MPC. - Probabilistic Forecasting: Quantile Regression. - Studi Kasus: Penjadwalan BESS Mikrogrid.	- Kuliah Terapan [TM: 2x50"] - Simulasi: Manajemen Daya BESS [P: 1x170"]	Menghitung interval kepercayaan 90% dan simulasi operasi pengisian baterai mikrogrid.	4%
15	Presentasi Proyek Akhir Berbasis Tim (Sub-CPMK 14)	Seminar & Demonstrasi Capstone Project Presentasi hasil pemodelan end-to-end pada dataset riil sistem kelistrikan / industri.	Presentasi & Demo Program [TM: 2x50" + P: 1x170"]	Setiap kelompok memaparkan metodologi, komparasi model (Klasik vs ML/DL), dan analisis error.	10%
16	UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS) – Laporan Ilmiah Format IEEE & Evaluasi Capstone				20%

5. Sistem Evaluasi dan Penilaian Hasil Belajar

5.1. Bobot Komponen Penilaian

No	Komponen Evaluasi	CPMK yang Dinilai	Bobot (%)
1	Aktivitas Partisipatif & Kuis LMS	CPMK-1, CPMK-2	10%
2	Tugas Praktikum & Laporan Mingguan	CPMK-1, CPMK-2, CPMK-3, CPMK-4	25%
3	Ujian Tengah Semester (UTS)	CPMK-1, CPMK-2	20%
4	Presentasi & Demonstrasi Proyek Tim	CPMK-4, CPMK-5	10%
5	Laporan Ilmiah Proyek Akhir (Format IEEE) & UAS	CPMK-3, CPMK-4, CPMK-5	35%
Total			100%

5.2. Standar Konversi Nilai

Rentang Nilai (N)	Nilai Huruf	Bobot Angka	Kategori Kelulusan
$N \geq 85$	A	4.00	Sangat Baik (Istimewa)
$80 \leq N < 85$	A-	3.70	Sangat Baik
$75 \leq N < 80$	B+	3.30	Baik
$70 \leq N < 75$	B	3.00	Baik
$65 \leq N < 70$	B-	2.70	Cukup Baik
$60 \leq N < 65$	C+	2.30	Cukup
$55 \leq N < 60$	C	2.00	Cukup
$45 \leq N < 55$	D	1.00	Kurang (Tidak Lulus)
$N < 45$	E	0.00	Gagal

6. Topik Pilihan Proyek Capstone Mahasiswa

Mahasiswa secara berkelompok (3–4 orang) wajib memilih salah satu studi kasus riil berikut:

- Short-Term Load Forecasting (STLF):** Peramalan beban sistem interkoneksi regional 24 jam ke depan dengan membandingkan model SARIMAX, XGBoost, dan LSTM.
- Solar/Wind Power Forecasting:** Peramalan daya keluaran pembangkit EBT fluktuatif berbasis data iradiasi matahari dan kecepatan angin.
- Power Quality Disturbance Detection:** Deteksi dan segmentasi anomali *voltage sag/swell* dan harmonisa menggunakan DWT dan 1D-CNN.
- Remaining Useful Life (RUL) Transformer:** Estimasi usia pakai isolasi transformator tenaga berbasis deret waktu konsentrasi gas DGA (*Dissolved Gas Analysis*).
- Electricity Theft Detection:** Deteksi kecurangan konsumsi energi pada jutaan titik *Smart Meter* menggunakan arsitektur *Autoencoder*.

7. Daftar Pustaka

- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.). OTexts: Melbourne, Australia. <https://otexts.com/fpp3/>
- Fei, S., & He, Y. (2020). *Load Forecasting in Electric Power Systems: Models and Methods*. Springer.
- Grewal, M. S., & Andrews, A. P. (2014). *Kalman Filtering: Theory and Practice with MATLAB* (4th ed.). Wiley-IEEE Press.
- Benidis, K., et al. (2022). Deep Learning for Time Series: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, 45(6), 8037–8055.
- Mallat, S. (2008). *A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way* (3rd ed.). Academic Press.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Bengkulu, 14 Februari 2026
Dosen Pengampu / Pengembang RPS

(**Ir. Afriyastuti Herawati, S.T., M.T.)**
NIP. 197404162000032001

(**Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D.)**
NIP. 197811102003121002