

UNIVERSITAS BENGKULU – FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROBLEM SET 12: ANALISIS DERET WAKTU DAN PERAMALAN

Topik: Temporal Convolutional Networks (1D-CNN), Seq2Seq, dan Attention Mechanism

Informasi Tugas & Identitas Mahasiswa

Nama	:		NPM	:	
Prodi/Kelas	:	S1 Teknik Elektro	Hari/Tanggal	:	
Dosen	:	Ir. Novalio Daratha, Ph.D.	Batas Waktu	:	1 Minggu

Soal 1. [Level C1 – Mengingat / *Remembering*] (Bobot: 10%)

- Apa yang dimaksud dengan sifat *Causality* pada operasi konvolusi 1D temporal (*Causal Convolutions*)?
- Tuliskan persamaan matematis dasar *Scaled Dot-Product Attention* dengan variabel Query (Q), Key (K), dan Value (V)!

Soal 2. [Level C2 – Memahami / *Understanding*] (Bobot: 15%)

- Jelaskan bagaimana *Dilated Convolutions* mampu memperluas bidang pandang reseptif (*Receptive Field*) secara eksponensial tanpa meningkatkan jumlah parameter bobot jaringan!
- Apa kelemahan arsitektur Encoder-Decoder (Seq2Seq) tanpa mekanisme Attention ketika panjang deret waktu input mencapai lebih dari 168 langkah waktu (1 minggu)?

Soal 3. [Level C3 – Menerapkan / *Applying*] (Bobot: 20%)

Sebuah jaringan konvolusi 1D temporal (1D-CNN) 3-layer memiliki ukuran kernel $K = 3$ pada setiap layer dengan faktor dilatasi bertingkat: $d_1 = 1, d_2 = 2, d_3 = 4$.

- Hitunglah bidang pandang reseptif efektif (*Effective Receptive Field* - ERF) dari layer 1 (R_1), layer 2 (R_2), dan layer 3 (R_3) menggunakan formula:

$$R_l = R_{l-1} + (K - 1) \times d_l, \quad \text{dengan } R_0 = 1$$

- Berdasarkan nilai R_3 , berapa jam riwayat data masa lalu yang sanggup dicakup oleh satu neuron output di layer ke-3 jika interval sampling adalah 1 jam?

Soal 4. [Level C4 – Menganalisis / *Analyzing*] (Bobot: 20%)

Hasil visualisasi matriks bobot Attention (*Attention Weights Heatmap*) dari model Transformer yang meramalkan beban puncak jam 19.00 WIB pada hari Jumat menyajikan profil atensi berikut terhadap 72 jam input sebelumnya:

- Bobot Atensi tertinggi ($w > 0.35$) terfokus pada: $t - 24$ (Kamis jam 19.00), $t - 48$ (Rabu jam 19.00), dan $t - 72$ (Selasa jam 19.00).
- Bobot Atensi menengah ($w \approx 0.15$) terfokus pada: jam 12.00–14.00 di hari yang sama (pola beban siang hari).
- Bobot Atensi pada jam-jam dini hari (01.00 – 05.00) mendekati 0.

Tugas Analisis:

- Berikan interpretasi fisis kelistrikan mengapa mekanisme self-attention secara otomatis memberikan pembobotan tinggi pada jam yang sama di hari-hari sebelumnya!
- Mengapa representasi atensi ini jauh lebih mudah diinterpretasikan oleh operator sistem transmisi (*Explainable AI*) dibandingkan model black-box RNN standar?

Soal 5. [Level C5 – Mengevaluasi / *Evaluating*] (Bobot: 15%)

Untuk memprediksi profil tegangan pada 50 bus sistem transmisi secara simultan selama 24 jam ke depan:

- **Model A (Autoregressive LSTM):** Membutuhkan 24 kali langkah inferensi sekuensial rekursif.
- **Model B (PatchTST / Transformer Multi-Output):** Menghasilkan 24 langkah peramalan secara paralel langsung dalam satu lintasan *forward pass*.

Evaluasilah komparasi latensi komputasi *real-time dispatching* (eksekusi setiap 5 menit) antara Model A vs Model B!

Soal 6. [Level C6 – Merancang / *Creating*] (Bobot: 20%)

Rancanglah sebuah arsitektur hibrida **CNN-LSTM dengan Bahdanau Attention** menggunakan PyTorch untuk peramalan multi-step:

- Blok 1: 1D-CNN untuk mengekstraksi fitur gelombang lokal frekuensi tinggi.
- Blok 2: BiLSTM Encoder untuk menangkap ketergantungan temporal jangka panjang.
- Blok 3: Attention Layer yang menghitung skor kesesuaian antara decoder state dan encoder hidden states:

$$e_{t,i} = \mathbf{v}_a^T \tanh(\mathbf{W}_a s_{t-1} + \mathbf{U}_a h_i)$$

- Tuliskan kode kelas model PyTorch secara lengkap beserta forward pass-nya.