

UNIVERSITAS BENGKULU – FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROBLEM SET 9: ANALISIS DERET WAKTU DAN PERAMALAN

Topik: Transformasi Fourier (FFT), Spektrum Daya (PSD), dan Wavelet Diskrit (DWT)

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%)

- Tuliskan persamaan Transformasi Fourier Diskrit (*Discrete Fourier Transform* - DFT) N -titik!
- Apa perbedaan mendasar antara koefisien aproksimasi (cA) dan koefisien detail (cD) pada dekomposisi Wavelet bertingkat?

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

- Mengapa Transformasi Fourier standar (FFT) gagal memberikan informasi temporal yang akurat ketika menganalisis gangguan transien hubung singkat (*voltage sag* 3-siklus)?
- Jelaskan bagaimana *Heisenberg-Gabor Uncertainty Principle* mendasari kompromi resolusi waktu vs resolusi frekuensi pada STFT dan Wavelet!

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

Sebuah sinyal arus beban non-linier $i(t)$ disampling dengan frekuensi $f_s = 1000$ Hz sebanyak $N = 1000$ sampel (durasi 1 detik). Spektrum amplitudo FFT $|X[k]|$ menunjukkan puncak dominan pada indeks bin $k = 50$ (amplitudo 10.0 A), $k = 150$ (amplitudo 3.0 A), dan $k = 250$ (amplitudo 1.5 A).

- Hitunglah frekuensi analog (f_k dalam Hz) yang bersesuaian dengan ketiga bin spektral tersebut!
- Tentukan frekuensi fundamental dan orde harmonisa yang muncul.
- Hitung nilai *Total Harmonic Distortion* (THD_i) dari sinyal arus tersebut:

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + \dots}}{I_1} \times 100\%$$

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

Sinyal getaran bantalan (*bearing*) motor induksi 3-fasa diuraikan menggunakan DWT 3-Level (Wavelet Daubechies db4). Hasil energi pada masing-masing sub-band dihitung sebagai berikut:

Sub-Band	Rentang Frekuensi (Hz)	Kondisi Normal (Energi)	Kondisi Rusak (Energi)
Aproksimasi cA_3	0 – 125 Hz	85.4 J	84.2 J
Detail cD_3	125 – 250 Hz	8.2 J	9.1 J
Detail cD_2	250 – 500 Hz	4.1 J	12.6 J
Detail cD_1	500 – 1000 Hz	2.3 J	48.5 J (Lonjakan 21x)

Tugas Analisis:

- Pada sub-band manakah anomali kerusakan mekanis bantalan motor paling awal dan paling jelas terdeteksi?
- Mengapa koefisien detail frekuensi tinggi (cD_1) lebih sensitif terhadap cacat mikro permukaan bantalan (*spalling/pitting*) dibandingkan koefisien aproksimasi (cA_3)?

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

Dalam pra-pemrosesan sinyal transien kualitas daya yang terkontaminasi derau putih Gaussian:

- Metode A:** Filter Digital Lolos-Rendah Butterworth (IIR) Ordo-4 dengan frekuensi cut-off 200 Hz.
- Metode B:** *Wavelet Denoising* dengan *Soft-Thresholding* Donoho pada koefisien detail DWT.

Evaluasilah performa kedua metode dalam mempertahankan ketajaman tepi transien (*edge preserving*) saat terjadi sambaran petir surja hubung!

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

Rancanglah program Python atau Octave mandiri untuk sistem deteksi gangguan kualitas daya berbasis **Wavelet Multi-Resolution Analysis**:

- Membaca sinyal gelombang tegangan 50 Hz berdurasi 10 siklus yang disisipi gangguan *voltage sag* pada siklus ke 4 s.d. 6.
- Melakukan dekomposisi DWT hingga level 4 menggunakan basis wavelet db4.
- Menghitung nilai ambang deteksi $\tau = \mu_{cD_1} + 3\sigma_{cD_1}$ untuk mengisolasi titik waktu mula (*start-time*) dan titik waktu akhir (*end-time*) gangguan secara otomatis.
- Menampilkan plot 5-panel (Sinyal Asli, cA_4 , cD_3 , cD_2 , cD_1) dengan penanda waktu gangguan.