

UNIVERSITAS BENGKULU – FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROBLEM SET 4: ANALISIS DERET WAKTU DAN PERAMALAN

Topik: Proses Stokastik $AR(p)$, $MA(q)$, $ARMA(p, q)$, Kestabilan Bidang Z, dan AIC/BIC

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%)

- a. Tuliskan persamaan umum proses autoregresif orde-2 ($AR(2)$) dan proses moving average orde-1 ($MA(1)$) menggunakan notasi operator lag B !
- b. Bagaimana karakteristik plot ACF dan PACF teoritis untuk model $AR(p)$ murni vs $MA(q)$ murni?

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

- a. Jelaskan hubungan analogi antara model $ARMA(p, q)$ dalam analisis deret waktu dengan Filter Digital IIR (*Infinite Impulse Response*) dalam Pengolahan Sinyal Digital!
- b. Apa yang dimaksud dengan konsep *Invertibility* pada model MA dan mengapa syarat ini penting dalam rekayasa estimasi derau?

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

Diberikan sebuah model sistem getaran generator induksi yang didekati dengan proses $AR(2)$:

$$y_t = 0.7y_{t-1} - 0.1y_{t-2} + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim \mathcal{WN}(0, \sigma^2 = 1.0)$$

- a. Tuliskan polinomial karakteristik $\Phi(B) = 1 - 0.7B + 0.1B^2 = 0$.
- b. Hitunglah akar-akar polinomial B_1 dan B_2 , serta tentukan letak kutub-kutubnya pada bidang Z ($z = B^{-1}$).
- c. Berdasarkan posisi kutub tersebut, buktikan apakah proses $AR(2)$ di atas bersifat stasioner dan stabil!

Soal 4. [Level C4 – Menganalisis / *Analyzing*]

(Bobot: 20%)

Sebuah tim peneliti mengestimasi 4 kandidat model ARMA untuk data arus eksitasi generator sinkron. Hasil nilai log-likelihood ($\ln \hat{L}$), AIC, dan BIC dengan jumlah observasi $N = 1000$ dirangkum dalam tabel berikut:

Kandidat Model	Jumlah Parameter (k)	$\ln \hat{L}$	AIC	BIC	Uji Residu (Ljung-Box p)
Model 1: AR(1)	2	-1245.2	2494.4	2504.2	0.002 (Ada autokorelasi)
Model 2: AR(2)	3	-1120.5	2247.0	2261.7	0.210 (White Noise)
Model 3: ARMA(2,1)	4	-1119.8	2247.6	2267.2	0.230 (White Noise)
Model 4: ARMA(4,4)	9	-1112.1	2242.2	2286.4	0.450 (White Noise)

Tugas Analisis:

- Mengapa Model 1 harus langsung dieliminasi meskipun parameternya paling sedikit?
- Bandingkan Model 2 vs Model 4. Mengapa Model 4 memiliki nilai AIC lebih rendah tetapi BIC jauh lebih tinggi? Model mana yang paling parsimonius dan Anda pilih untuk implementasi mikrokontroler real-time?

Soal 5. [Level C5 – Mengevaluasi / *Evaluating*]

(Bobot: 15%)

Dua mahasiswa melakukan identifikasi parameter pada sistem transfer function beban listrik y_t :

- Mahasiswa X** mendapatkan model AR(1): $y_t = 1.05y_{t-1} + \epsilon_t$.
- Mahasiswa Y** mendapatkan model ARMA(1,1): $y_t = 0.95y_{t-1} + \epsilon_t - 0.4\epsilon_{t-1}$.

Evaluasilah respon impuls jangka panjang dari model Mahasiswa X vs Mahasiswa Y jika terjadi gangguan sesaat (*unit impulse shock* $\epsilon_0 = 1$). Tunjukkan mengapa model Mahasiswa X tidak stabil (*explosive*)!

Soal 6. [Level C6 – Merancang / *Creating*]

(Bobot: 20%)

Rancanglah sebuah fungsi program Python atau Octave yang menghitung persamaan **Yule-Walker** untuk mengestimasi koefisien $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ dari proses AR(p) berdasarkan matriks autokorelasi sampel Toeplitz:

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{p-1} \\ \rho_1 & 1 & \dots & \rho_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{p-1} & \rho_{p-2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_p \end{bmatrix}$$

Fungsi harus memvalidasi apakah sistem persamaan memiliki determinan tak nol dan memeriksa apakah akar-akar polinomial AR berada di dalam kestabilan.