

# SIGNAL SPACE ANALYSIS

TTI3J3 Sistem  
KOMUNIKASI II

- Definisi signal space
- Representasi geometri sinyal
- Fungsi Basis
- Persamaan sinyal dan vektor sinyal
- Sintesis dan analisis sinyal
- Energi Sinyal
- Euclidean distance
- Gram Schmidt Orthogonality Procedure

Mengapa  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$  dibutuhkan  
representasi ruang sinyal?

# DEFINISI SIGNAL SPACE

- Signal space merupakan representasi vektor sinyal dalam ruang dimensi
- Signal space analisis dibutuhkan untuk:
  - Representasi sinyal dalam bentuk vektor dan sebaliknya
  - Menghitung energi Sinyal
  - Menghitung euclidean distance antar sinyal

# REPRESENTASI SIGNAL SPACE

- Representasi geometri dari suatu sinyal adalah untuk menyatakan/merepresentasikan suatu sinyal sebagai kombinasi dari  $N$  buah fungsi basis yang saling orthogonal.
- Bila suatu set sinyal energy terdiri dari sejumlah  $M$  sinyal, maka semua sinyal pada set sinyal tersebut bisa dinyatakan sebagai kombinasi dari  $N$  buah fungsi basis, dengan  $N \leq M$ .
- Sehingga untuk set sinyal  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$  dan  $s_3(t), \dots, s_M(t)$  untuk durasi sinyal sepanjang  $T$ , masing-masing sinyal dapat dinyatakan dalam kombinasi linier dari suatu fungsi basis, dengan persamaan sebagai berikut:

$$s_i(t) = \sum_{j=1}^N s_{ij} \varphi_j(t), \begin{cases} 0 \leq t \leq T \\ i = 1, 2, \dots, M \end{cases} \quad s_{ij} = \int_0^T s_i(t) \varphi_j(t) dt, \begin{cases} i = 1, 2, \dots, M \\ j = 1, 2, \dots, N \end{cases}$$

# PERSAMAAN SINYAL DAN VEKTOR SINYAL

Suatu sinyal dapat dinyatakan dalam bentuk vector sinyal, begitu juga sebaliknya suatu vector sinyal dapat dinyatakan dalam persamaan sinyal.

Sebagai contoh: suatu sinyal memiliki persamaan sinyal sebagai berikut:

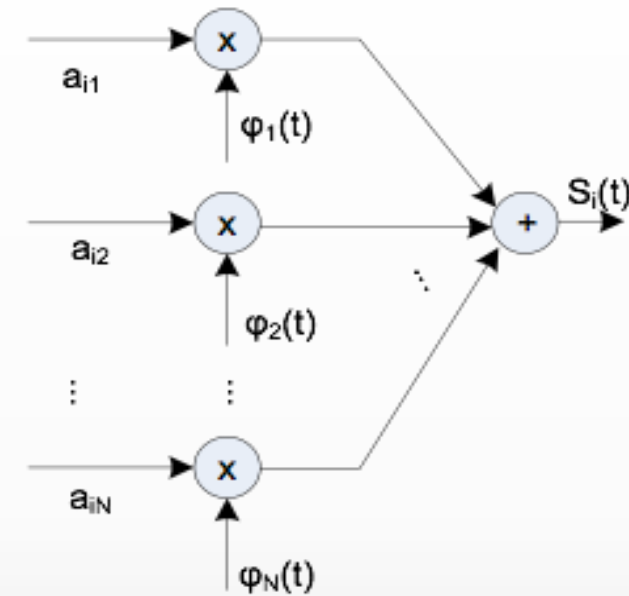
$$S_i(t) = a_{i1}\varphi_1(t) + a_{i2}\varphi_2(t) + \dots + a_{iN}\varphi_N(t)$$

Representasi sinyal  $S_i(t)$  dinyatakan dalam vector sinyal dapat dituliskan sebagai berikut:

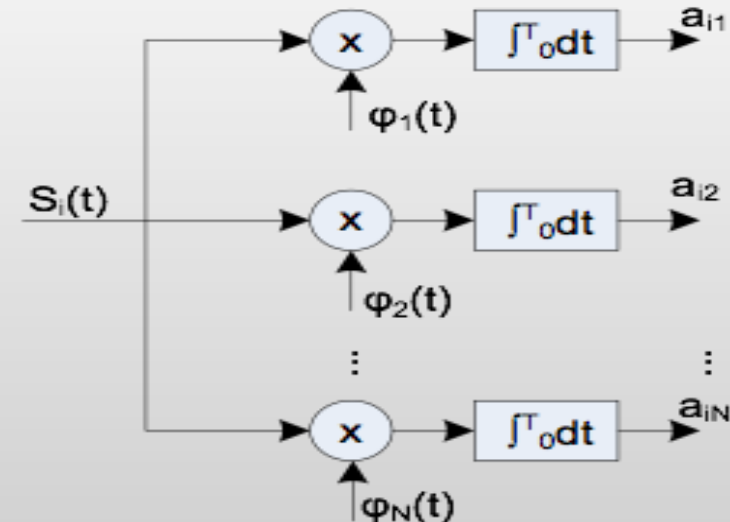
$$S_i = \begin{bmatrix} a_{i1} \\ a_{i2} \\ \vdots \\ a_{iN} \end{bmatrix}$$

# ANALISIS & SINTESIS SINYAL

A. Proses sintesis untuk men-generate sinyal  $S_i$  dari elemen vektor  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iN}$ ,



B. Proses analisis untuk mendapatkan elemen vector dari sinyal  $S_i$ .



Besar energi suatu sinyal  $S_i$  dengan periode atau durasi sepanjang  $T$  dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$E_{S_i} = \int_0^T S_i^2(t) dt$$

Maka besar energi sinyal  $S_i$ :

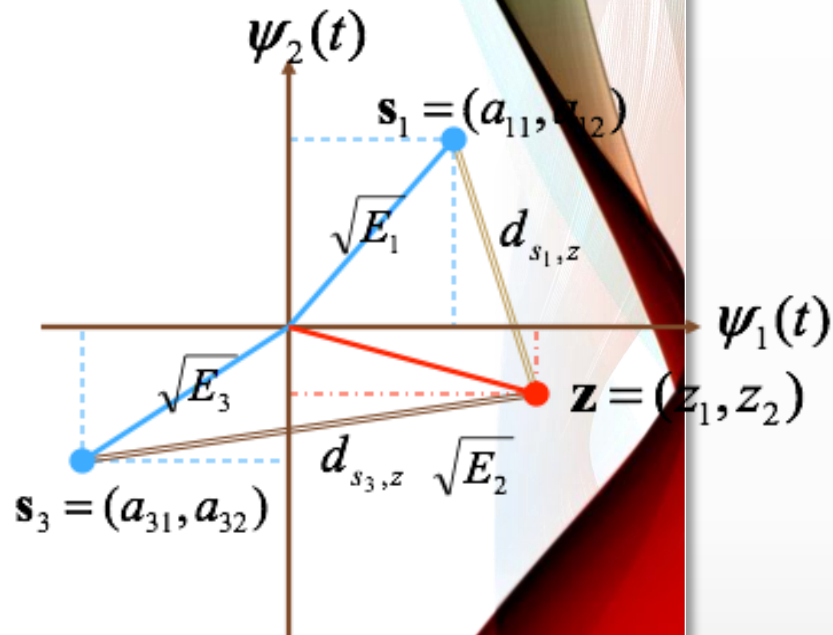
$$E_{S_i} = \int_0^T \left[ \sum_{j=1}^N a_{ij} \varphi_j(t) \right] \left[ \sum_{k=1}^N a_{ik} \varphi_k(t) \right] dt \qquad E_{S_i} = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N a_{ij} a_{ik} \int_0^T \varphi_j(t) \varphi_k(t) dt$$

Mengacu pada persamaan orthonormal dan orthogonal maka:

$$E_{S_i} = \sum_{j=1}^N a_{ij}^2 = \|s_i\|^2$$



# EUCLIDEAN DISTANCE



Euclidean Distance/jarak euclidean antara dua sinyal  $z(t)$  dengan  $s(t)$  dinyatakan dengan:

$$d_{s_i,z} = \|s_i(t) - z(t)\| = \sqrt{(a_{i1} - z_1)^2 + (a_{i2} - z_2)^2}$$

$$i = 1, 2, 3$$

Pada proses deteksi euclidean distance digunakan untuk menentukan simbol, yang ditransmisikan, dengan membandingkan simbol yang diterima dengan simbol referensi, maka dapat ditentukan simbol yang ditransmisikan

# GRAM SCHMIDT ORTHOGONALITY PROCEDURE (1)

1. Jika suatu set sinyal terdiri dari  $M$  sinyal :  $s_1(t)$ ,  $s_2(t), \dots, s_M(t)$ , maka proses penentuan fungsi basis dapat dimulai dari sinyal pertama, yaitu  $s_1(t)$

2. Cari energy sinyal  $S_1(t)$ : 
$$E_{S_1} = \int_0^T S_i^2 dt$$

3. Fungsi basis pertama didapat dengan: 
$$\varphi_1(t) = \frac{S_1}{\sqrt{E_{S_1}}}$$

4. Mencari korelasi antara sinyal  $S_2(t)$  dengan fungsi basis pertama

$$\langle S_2, \varphi_1 \rangle = \int_0^T S_2(t) \varphi_1(t) dt$$

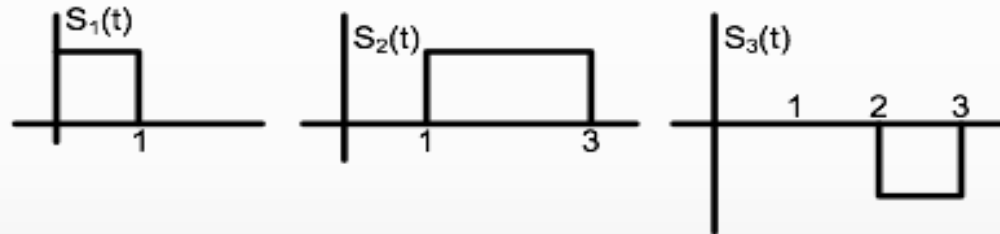
# GRAM SCHMIDT ORTHOGONALITY PROCEDURE (2)

5. Hitung  $d_2(t)$  dengan:  $d_2(t) = S_2(t) - \langle S_2, \varphi_1 \rangle \varphi_1(t)$   
Jika  $d_2(t) = 0$  maka tidak menambahkan fungsi basis baru,  
jika  $d_2(t) \neq 0$  maka
6. Cari energy  $d_2(t)$ :  $E_{d_2} = \int_0^T d_2^2 dt$
7. Fungsi basis kedua didapat dengan:  $\varphi_2(t) = \frac{d_2(t)}{\sqrt{E_{d_2}}}$
8. Untuk Sinyal ke-3 hingga ke-M, proses berulang seperti pada sinyal kedua.

*(Catatan jumlah fungsi basis  $\leq$  jumlah sinyal)*

# LATIHAN SOAL

Untuk satu set sinyal  $S$  yang terdiri dari 3 buah sinyal  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ , dan  $s_3(t)$ , berikut ini:



- Tentukan fungsi basis yang membentuk set sinyal di atas.
- Nyatakan persamaan sinyal  $s_1$ ,  $s_2$ , dan  $s_3$  terhadap fungsi basis yang terbentuk
- Gambarkan ketiga sinyal di atas dalam ruang sinyal.

SELAMAT BELAJAR  
&  
TERIMA KASIH