



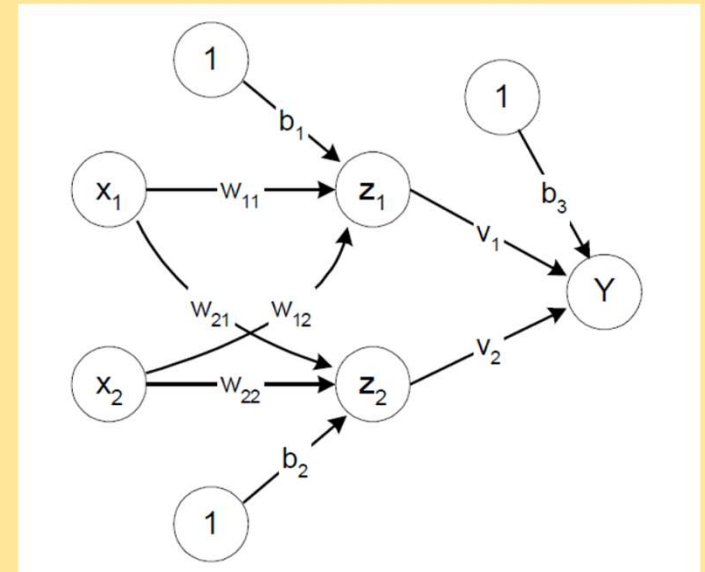
# **Jaringan Saraf Tiruan**

## **MADALINE**



# Pendahuluan

- Madaline adalah Jaringan baru yang dibentuk dari gabungan beberapa ADALINE (many ADALINE)
- Terdapat sebuah layar tersembunyi dalam MADALINE
- Arsitektur MADALINE untuk lebih dari 2 unit masukan (atau lebih dari 2 unit tersembunyi) dapat dibentuk secara analog.
- Contoh : arsitektur MADALINE untuk 2 buah masukan  $x_1$  dan  $x_2$ , sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari 2 unit neuron tersembunyi  $z_1$  dan  $z_2$ , dan sebuah keluaran  $Y$





## Lanjutan..

- Adanya unit tersembunyi dalam MADALINE akan meningkatkan kapabilitas komputasi dibandingkan ADALINE, meskipun pelatihannya juga lebih kompleks
- Pada awal ditemukannya MADALINE oleh Widrow dan Hoff (1960), bobot yang dimodifikasi hanyalah bobot dari unit input ke unit tersembunyi ( $w_{11}$ ,  $w_{12}$ ,  $w_{21}$ ,  $w_{22}$ ) saja yang dimodifikasi selama proses pelatihan.
- Sedangkan Bobot dari unit tersembunyi ke unit keluaran merupakan kuantitas yang tetap.
- Winter dan Baxter (1987) melakukan modifikasi MADALINE (Widrow) dengan melakukan modifikasi disemua bobotnya.



# Algoritma MADALINE

- Dalam algoritma MADALINE mula-mula, bobot  $v_1$ ,  $v_2$ , dan bias  $b_3$  yang diteruskan ke  $Y$  diatur sedemikian hingga keluaran  $Y$  akan = 1 jika salah satu keluaran dari  $z_1$  atau  $z_2$  (atau keduanya) = 1. Keluaran  $Y = -1$  jika keluaran  $z_1$  maupun  $z_2 = -1$ .
- Dengan kata lain, unit  $Y$  membentuk fungsi logika “atau” dengan masukan dari  $z_1$  dan  $z_2$ . Maka diambil  $v_1 = v_2 = \frac{1}{2}$  dan  $b_3 = \frac{1}{2}$ .



Algoritma pelatihan MADALINE mula-mula untuk pola masukan dan target bipolar adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi semua bobot dan bias dengan bilangan acak kecil. Inisialisasi laju pemahaman ( $= \alpha$ ) dengan bilangan kecil.
2. Selama perubahan bobot lebih besar dari toleransi (atau jumlah epoch belum melebihi batas yang ditentukan), lakukan langkah 2.1 - 2.5

2.1. Set aktivasi unit masukan :  $x_i = s_i$  untuk semua  $i$

2.2. Hitung net input untuk setiap unit tersembunyi ADALINE ( $z_1, z_2, \dots$ )

$$z_{in\_j} = b_j + \sum_i x_i w_{ji}$$

2.3. Hitung keluaran setiap unit tersembunyi dengan menggunakan fungsi aktivasi bipolar :

$$z_j = f(z_{in\_j}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } z_{in\_j} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } z_{in\_j} < 0 \end{cases}$$

2.4. Tentukan keluaran jaringan

$$y_{in} = b_k + \sum_j z_j v_j$$

$$y = f(y_{in}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } y_{in} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } y_{in} < 0 \end{cases}$$

2.5. Hitung error dan tentukan perubahan bobot

Jika  $y = \text{target}$ , maka tidak dilakukan perubahan bobot

Jika  $y \neq \text{target}$  :

Untuk  $t = 1$ , ubah bobot ke unit  $z_j$  yang  $z_{in}$  nya terdekat dengan 0 (misal ke unit  $z_p$ ) sebagai berikut :

$$b_p \text{ baru} = b_p \text{ lama} + \alpha (1 - z_{in\_p})$$

$$w_{pi} \text{ baru} = w_{pi} \text{ lama} + \alpha (1 - z_{in\_p}) x_i$$

Untuk  $t = -1$ , ubah semua bobot ke unit  $z_k$  yang  $z_{in}$  nya positif sebagai berikut :

$$b_k \text{ baru} = b_k \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_k})$$

$$w_{ki} \text{ baru} = w_{ki} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_k}) x_i$$



# Algoritma MADALINE

- Logika modifikasi bobot pada langkah 2.5 adalah sebagai berikut : Perhatikan MADALINE pada gambar. Jika  $y \neq t$  dan  $t = 1$  (karena  $y$  bipolar berarti  $y = -1$ ), maka  $f(net)$  di  $z_1 = z_2 = -1$ .
- Untuk mengenali pola, paling sedikit salah satu dari  $z$  tersebut harus dijadikan  $= 1$ . Bobot yang dimodifikasi adalah bobot ke unit  $z$  yang netnya paling dekat dengan 0.
- Misalkan unit  $z$  yang keluarannya terdekat dengan 0 adalah  $z_p$ . Maka bobot dan bias dimodifikasi menurut persamaan :

$$b_p \text{ baru} = b_p \text{ lama} + \alpha (1 - z_{in\_p})$$

$$w_{pi} \text{ baru} = w_{pi} \text{ lama} + \alpha (1 - z_{in\_p}) x_i$$



# Algoritma MADALINE

- Sebaliknya jika  $y \neq t$  dan  $t = -1$  (dengan kata lain  $y = 1$ ), berarti minimal salah satu  $z$  memiliki  $f(net) = 1$  (atau ada  $z$  yang netnya positif).
- Padahal semua  $z$  harus memiliki  $f(net) = -1$ . Maka bobot yang dimodifikasi adalah bobot yang netnya positif (misal unit  $z_k$ ) menurut persamaan :

$$b_k \text{ baru} = b_k \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_k})$$

$$w_{ki} \text{ baru} = w_{ki} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_k}) x_i$$



## Contoh:

Gunakan MADALINE mula-mula untuk mengenali pola fungsi logika “XOR” dengan 2 masukan  $x_1$  dan  $x_2$ . Gunakan  $\alpha = 0.5$  dan toleransi = 0.1

### Penyelesaian

Fungsi logika “XOR” memiliki pasangan masukan-target seperti yang tampak pada tabel

Masukan		Target
$x_1$	$x_2$	$t$
1	1	-1
1	-1	1
-1	1	1
-1	-1	-1





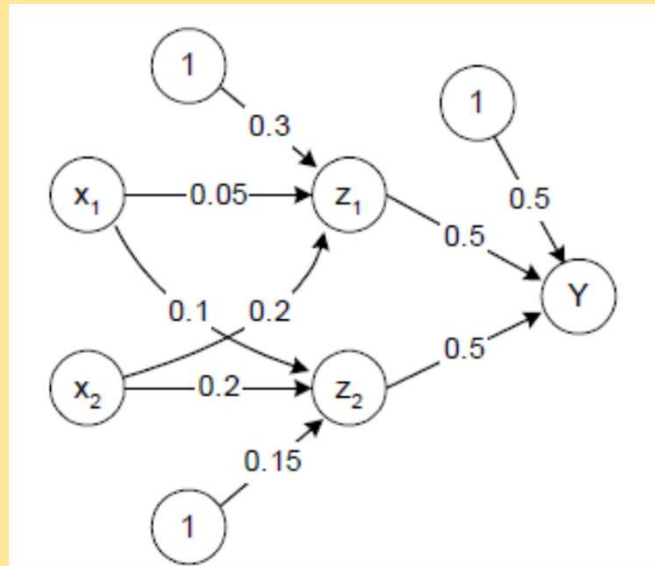
## Contoh

- Inisialisasi dilakukan pada semua bobot ke unit tersembunyi dengan suatu bilangan acak kecil. Misalkan didapat hasil seperti pada tabel

Ke unit tersembunyi		
Dari unit	$z_1$	$z_2$
$x_1$	$w_{11} = 0.05$	$w_{21} = 0.1$
$x_2$	$w_{12} = 0.2$	$w_{22} = 0.2$
bias	$b_1 = 0.3$	$b_2 = 0.15$



- Bobot ke unit keluaran  $Y$  adalah :  $v_1 = v_2 = b = 0.5$





## Iterasi untuk pola ke-1

Masukan :  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 1$ ,  $t = -1$

### 2.2 Hitung net untuk unit tersembunyi $z_1$ dan $z_2$ :

$$z_{in\_1} = b_1 + x_1 w_{11} + x_2 w_{12} = 0.3 + 1 (0.05) + 1 (0.2) = 0.55$$

$$z_{in\_2} = b_2 + x_1 w_{21} + x_2 w_{22} = 0.15 + 1 (0.1) + 1 (0.2) = 0.45$$

### 2.3 Hitung keluaran unit tersembunyi $z_1$ dan $z_2$ menggunakan fungsi aktivasi bipolar. Didapat

$$z_1 = f(z_{in\_1}) = 1 \text{ dan } z_2 = f(z_{in\_2}) = 1$$

### 2.4 Tentukan keluaran jaringan Y :

$$y_{in} = b_3 + z_1 v_1 + z_2 v_2 = 0.5 + 1 (0.5) + 1 (0.5) = 1.5$$

$$\text{Maka } y = f(y_{in}) = 1$$

2.5  $t - y = -1 - 1 = -2 \neq 0$  dan  $t = -1$ . Maka semua bobot yang menghasilkan  $z_{in}$  yang positif dimodifikasi. Karena  $z_{in\_1} > 0$  dan  $z_{in\_2} > 0$ , maka semua bobotnya dimodifikasi sebagai berikut :

Perubahan bobot ke unit tersembunyi  $z_1$  :

$$b_1 \text{ baru} = b_1 \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_1}) = 0.3 + 0.5 (-1 - 0.55) = -0.475$$

$$w_{11} \text{ baru} = w_{11} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_1}) x_1 = 0.05 + 0.5 (-1 - 0.55) = -0.725$$

$$w_{12} \text{ baru} = w_{12} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_1}) x_2 = 0.2 + 0.5 (-1 - 0.55) = -0.575$$

Perubahan bobot ke unit tersembunyi  $z_2$  :

$$b_2 \text{ baru} = b_2 \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_2}) = 0.15 + 0.5 (-1 - 0.45) = -0.575$$

$$w_{21} \text{ baru} = w_{21} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_2}) x_1 = 0.1 + 0.5 (-1 - 0.45) = -0.625$$

$$w_{22} \text{ baru} = w_{22} \text{ lama} + \alpha (-1 - z_{in\_2}) x_2 = 0.2 + 0.5 (-1 - 0.45) = -0.525$$



## Pengecekan perubahan nilai bobot :

	Bobot mula-mula	Bobot setelah iterasi	$ \Delta w $
$b_1$	0.3	-0.475	0.775
$w_{11}$	0.05	-0.725	0.73
$w_{12}$	0.2	-0.575	0.775
$b_2$	0.15	-0.575	0.725
$w_{21}$	0.1	-0.625	0.725
$w_{22}$	0.2	-0.525	0.725

- Maksimum  $\Delta w > 0.1$  maka iterasi akan dilanjutkan ke pola ke 2.
- Iterasi dilakukan untuk semua pola. Apabila ada perubahan bobot ( $\Delta w$ ) yang masih lebih besar dari batas toleransi, maka iterasi dilanjutkan untuk epoch-2 dan seterusnya.



## Tugas 2 :

- Lanjutkan iterasi pada JST model Madaline untuk semua pola, jika maksimum  $\Delta w > 0.1$  lanjutkan ke epoch ke-2 untuk semua pola