



BAB 3 MC CULLOCH PITTS DAN HEBS

Bab pada Jaringan Syaraf Tiruan

- BAB I Pendahuluan
- BAB 2 Komponen-komponen Jaringan Syaraf Tiruan.
- **BAB 3 Neuron McCulloch Pitts dan Hebb**
- BAB 4 Adaline, Madaline, Perceptron
- BAB 5 Delta Learning Rule
- BAB 6 Backpropagation
- BAB 7 Counter Propagation
- BAB 8 Kohonen Self Organizing
- BAB 9 Radial Basis Network
- BAB 10 Learing Vector Quantization
- BAB 11 Jaringan Elman dan Hopfield

Referensi

- Jong Jek Siang, Drs, MSc "Jaringan syaraf tiruan dan pemogramannya menggunakan MATLAB." 2005

McCulloch Pitts

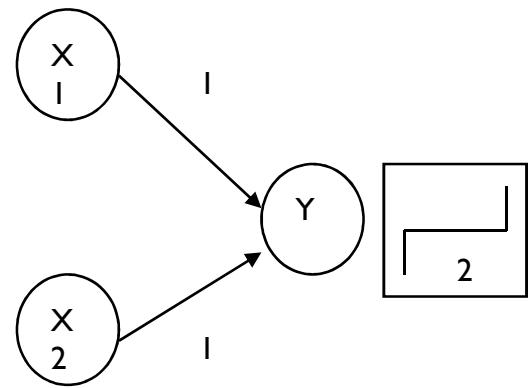
- Fungsi aktivasi biner
- Besar bobotnya sama
- Memiliki threshold yang sama

Contoh buat fungsi logika “and”, input X1 dan X2, dan Y = 1 jika dan hanya jika inputan 1

X1	X2	Y
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Jawab

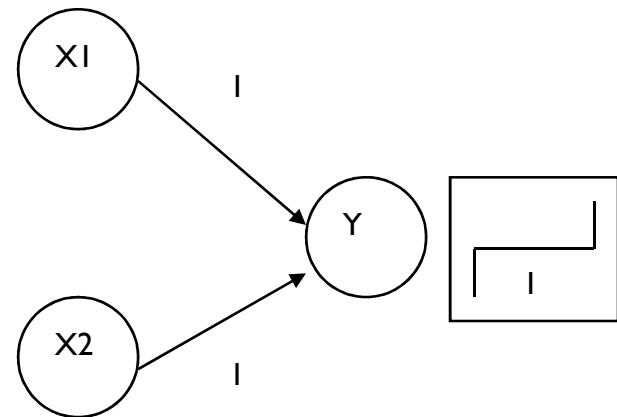
X1	X2	net	Y, 1 jika net >=2, 0 jika net < 2
1	1	1.1+1.1=2	1
1	0	1.1+0.1=1	0
0	1	0.1+1.1=1	0
0	0	0.1+0.1=0	0



Ternyata BERHASIL mengenali pola

Problem “OR”

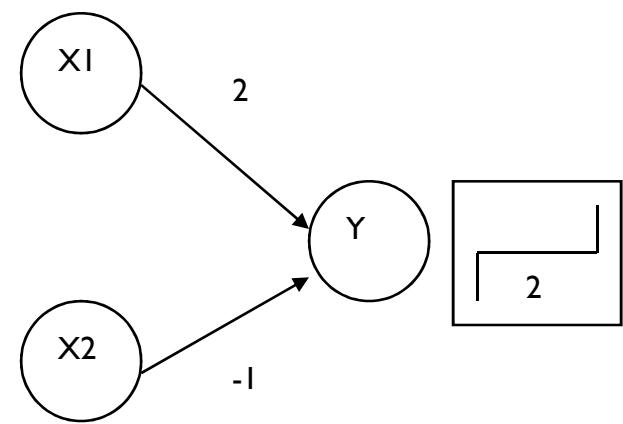
X1	X2	net	Y, 1 jika net >= 1, 0 jika net < 1
1	1	1.1 + 1.1 = 2	1
1	0	1.1 + 0.1 = 1	1
0	1	0.1 + 1.1 = 1	1
0	0	0.1 + 0.1 = 0	0



Ternyata BERHASIL mengenali pola

Problem “X1 and not(X2)”

X1	X2	net	Y, 1 jika net >=2, 0 jika net < 2
1	1	$1.2 + 1 \cdot -1 = 10$	
1	0	$1.2 + 0 \cdot -1 = 21$	
0	1	$0.2 + 1 \cdot -1 = -10$	
0	0	$0.2 + 0 \cdot -1 = 00$	

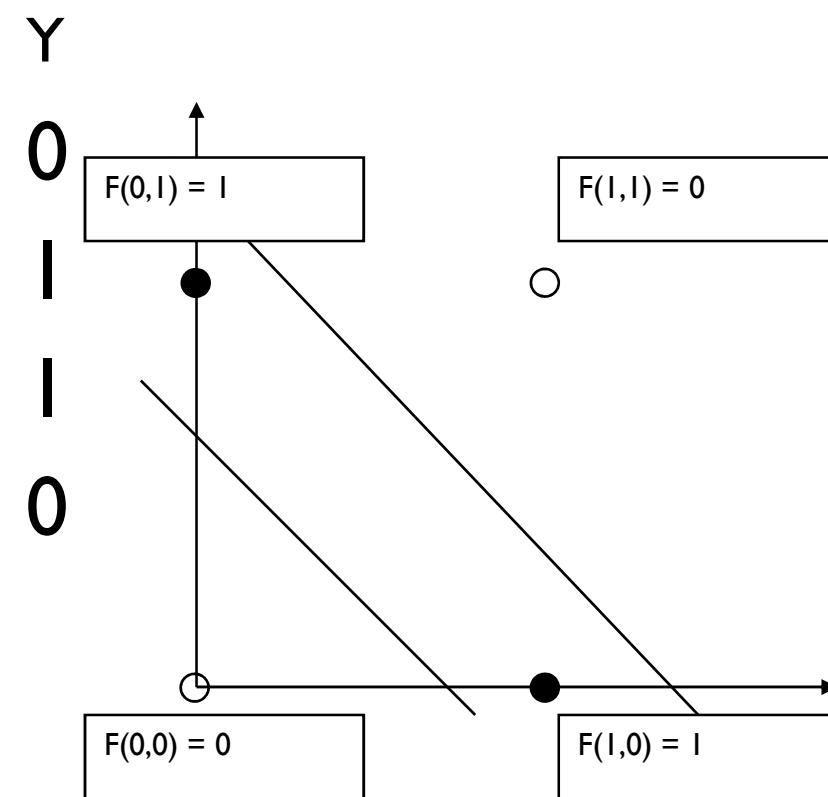


Ternyata BERHASIL mengenali pola

Problem “XOR”

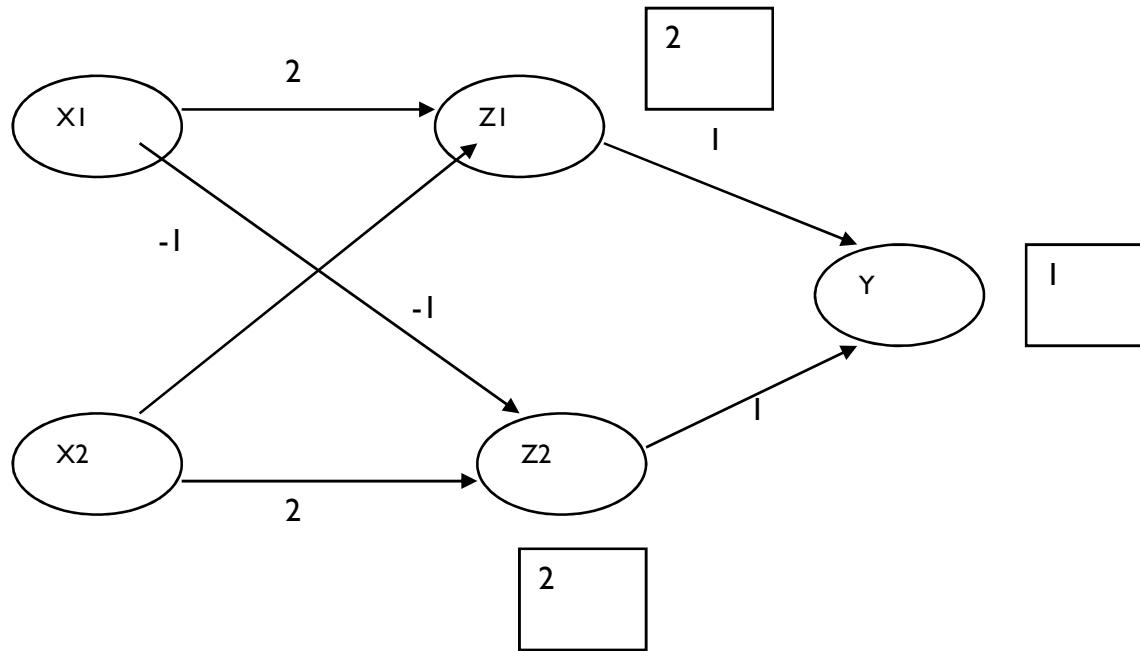
X1	X2
1	1
1	0
0	1
0	0

GAGAL!



Solusi

- $\text{XOR} = (x_1 \wedge \neg x_2) \vee (\neg x_1 \wedge x_2)$
- Ternyata dibutuhkan sebuah layer tersembunyi



Tabel

X1	X2	Net1	F(net1)	Net2	F(net2)
1	1	1.2+1.-1=1	0	1.-1+1.2=1	0
1	0	1.2+0.-1=2	1	1.-1+0.2=-1	0
0	1	0.2+1.-1=-1	0	0.-1+1.2=2	1
0	0	0.2+0.-1=0	0	0.-1+0.2=0	0

Kemudian Z1 dan Z2 diteruskan ke Y, dengan bobot Z1=1 dan Z2=1

Z1	Z2	Net	F(net) = Y
0	0	0.1+0.1=0	0
1	0	1.1+0.1=1	1
0	1	0.1+1.1=1	1
0	0	0.1+0.1=0	0

Model Hebb

- Diusulkan oleh Donald Olding Hebb pada th 1949
- Metode pengembangan dari metode McCulloch-Pitts
- Menentukan bobot dan bias secara analitik (manual)
- Pembelajaran dilakukan dengan memperbaiki nilai bobot secara continue

Perbaikan bobot diperoleh dengan cara

$$\begin{aligned}w_i(\text{baru}) &= w_i(\text{lama}) + x_i * y \\b(\text{baru}) &= b(\text{lama}) + y\end{aligned}$$

dengan:

w_i = bobot data input ke-i

x_i = input data ke-i

y = output data

b = nilai bias

Algoritma Hebb

Algoritma pelatihan Hebb dengan vektor input s dan target t :

- Inisialisasi semua bobot = 0 dan b = 0
- Set masukan $p_i = s_i$ ($i=1,2, \dots, j$; j = jumlah input)
- Set keluaran $a = t$
- Untuk semua p_i :
 - Perbaiki bobot : w_i (baru) = w_i (lama) + Δw dengan $\Delta w = p_i t$
 - Perbaiki bias : b (baru) = b (lama) + Δb dengan $\Delta b = t$
- Hitung :

$$net(n) = \sum_{i=1}^j x_i w_i + b \ ; j = \text{jumlah input}$$

Algortima Hebb

- Tentukan nilai $f(n)$:
 - Untuk target biner :
$$f(n)=1, \quad n \geq 0$$
$$=0, \quad n < 0$$
 - Untuk target bipolar :
$$f(n)=1, \quad n \geq 0$$
$$=-1, \quad n < 0$$
- Jika $f(n) = t$, maka jaringan Hebb mengerti pola yang dimaksud

Contoh :

Misalkan kita ingin membuat jaringan syaraf untuk melakukan pembelajaran terhadap fungsi **AND** dengan **input** dan **target biner** sebagai berikut:

x1	x2	Bias (b)	Target (y)
1	1	1	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	1	0

Bobot awal dan **bobot bias** kita set = **0**.

Contoh Soal 1.5

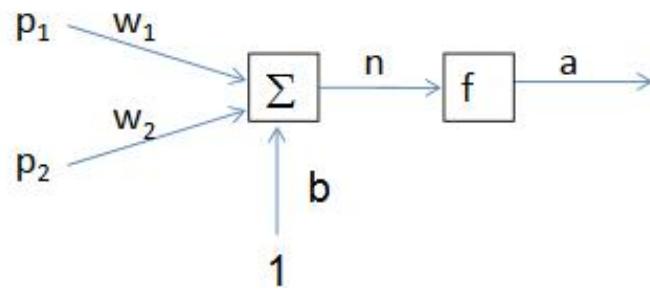
Buat jaringan Hebb untuk menyatakan fungsi logika AND jika representasi yang dipakai adalah :

- a). Masukan dan keluaran biner
- b). Masukan biner dan keluaran bipolar
- c). Masukan dan keluaran bipolar

Jawab :

a) Pola hubungan masukan-target :

Masukan			Target
p_1	p_2	1	t
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1



Hasil pelatihan :

Masukan		Target	Perubahan bobot $\Delta w = p_i t$ $\Delta b = t$			Bobot baru		
p_1	p_2	t	Δw_1	Δw_2	Δb	w_1	w_2	b
Inisialisasi						0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1

$$w_1 = 1, w_2 = 1, b = 1$$

Hasil akhir :

$$\text{net} = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$$

p_1	p_2	$n = p_1 w_1 + p_2 w_2 + b$	$a = f(n)$
0	0	$0.1+0.1+1 = 1$	1
0	1	$0.1+1.1+1 = 2$	1
1	0	$1.1+0.1+1 = 2$	1
1	1	$1.1+1.1+1 = 3$	1

$$f(n) = \begin{cases} 1, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$$

Keluaran \neq target \rightarrow Jaringan Hebb tidak dapat 'mengerti' pola yang dimaksud

b) Pola hubungan masukan-target :

Masukan		Target
p_1	p_2	t
0	0	-1
0	1	-1
1	0	-1
1	1	1

Hasil pelatihan :

Masukan		Target	Perubahan bobot $\Delta w = p_i t$ $\Delta b = t$			Bobot baru $w_{baru} = w_{lama} + \Delta w$ $b_{baru} = b_{lama} + \Delta b$		
p_1	p_2	t	Δw_1	Δw_2	Δb	w_1	w_2	b
Inisiasi						0	0	0
0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1
0	1	-1	0	-1	-1	0	-1	-2
1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-3
1	1	1	1	1	1	0	0	-2

$$w_1 = 0, w_2 = 0, b = -2$$

Hasil akhir :

p_1	p_2	$n = p_1 w_1 + p_2 w_2 + b$	$a = f(n)$	Target
0	0	$0.0+0.0 - 2 = -2$	-1	-1
0	1	$0.0+1.0 - 2 = -2$	-1	-1
1	0	$1.0+0.0 - 2 = -2$	-1	-1
1	1	$1.0+1.0 - 2 = -2$	-1	1

$$w_1 = 0, w_2 = 0, b = -2$$

$$\begin{aligned}f(n) &= 1, \quad n \geq 0 \\&= -1, \quad n < 0\end{aligned}$$

Keluaran \neq target \rightarrow Jaringan Hebb tidak dapat 'mengerti' pola yang dimaksud

c) Pola hubungan masukan-target :

Masukan		Target	
p_1	p_2	1	t
-1	-1	1	-1
-1	1	1	-1
1	-1	1	-1
1	1	1	1

Hasil pelatihan :

Masukan		Target	Perubahan bobot $\Delta w = p_i t \quad \Delta b = t$			Bobot baru		
p_1	p_2	t	Δw_1	Δw_2	Δb	w_1	w_2	b
Inisiasi						0	0	0
-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1
-1	1	-1	1	-1	-1	2	0	-2
1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-3
1	1	1	1	1	1	2	2	-2

$$w_1 = 2, w_2 = 2, b = -2$$

Hasil akhir :

p_1	p_2	$n = p_1 w_1 + p_2 w_2 + b$	$a = f(n)$
-1	-1	$-1.2 + -1.2 - 2 = -6$	-1
-1	1	$-1.2 + 1.2 - 2 = -2$	-1
1	-1	$1.2 + -1.2 - 2 = -2$	-1
1	1	$1.2 + 1.2 - 2 = 2$	1

$$f(n) = 1, \quad n \geq 0$$

$$= -1, \quad n < 0$$

Keluaran = target → Jaringan Hebb 'mengerti' pola yang dimaksud
Keberhasilan jaringan Hebb tergantung pada representasi masukan dan target

Catatan:

- Dari ketiga contoh di atas, tampak bahwa dalam jaringan Hebbian, bisa tidaknya suatu jaringan mengenali pola tidak hanya ditentukan oleh algoritma untuk merevisi bobot, tapi juga dari bagaimana representasi data yang di pakai !!!!.

Contoh 2:

Buatlah jaringan Hebbian dengan 3 masukan dan sebuah target keluaran untuk mengenali pola yang tampak pada tabel berikut

Masukan			Target
x_1	x_2	x_3	t
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0

Penyelesaian

- Jaringan Hebb terdiri dari 3 masukan dan sebuah neuron keluaran.
- Seperti pada contoh 1a. Sebelumnya, jaringan tidak akan mampu mengenali pola jika target keluaran = 0
- (INGAT: bahwa perubahan bobot didasarkan atau perkalian masukan dan target sehingga jika target = 0 , maka perubahan bobot = 0)
- Maka paling sedikit keluaran harus dijadikan bipolar (atau bahkan jika perlu baik masukan dan keluaran bipolar)
Tabel berikut merupakan tabel masukan biner dan keluaran bipolar

Masukan			Target
x_1	x_2	x_3	t
1	1	1	1
1	1	0	-1
1	0	1	-1
0	1	1	-1

Hasil iterasinya:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot baru
($x_1 \ x_2 \ x_3$)	t	($\Delta w_1 \ \Delta w_2 \ \Delta w_3 \ b$)	($w_1 \ w_2 \ w_3 \ b$)
Inisialisasi			(0 0 0 0)
(1 1 1)	1	(1 1 1 1)	(1 1 1 1)
(1 1 0)	-1	(-1 -1 0 -1)	(0 0 1 0)
(1 0 1)	-1	(-1 0 -1 -1)	(-1 0 0 -1)
(0 1 1)	-1	(0 -1 -1 -1)	(-1 -1 -1 -2)

- Bobot awal ($w_1 \ w_2 \ w_3 \ b$) = (0 0 0 0).
- Bobot baru = bobot lama + perubahan bobot, karena bobot awal semua = 0,

Alternatif :

- Bobot akhir yang dihasilkan merupakan penjumlahan semua perubahan bobot yang terjadi:
- ($w_1 \ w_2 \ w_3 \ b$) akhir = (1 1 1 1) + (-1 -1 0 -1) + (-1 0 -1 -1) + (0 -1 -1 -1) = (-1 -1 -1 -2)

$$\text{net} = \sum_{i=1}^3 x_i w_i + b = -1*x_1 + (-1)*x_2 + (-1)*x_3 + (-2) = -x_1 - x_2 - x_3 - 2$$

Jika diujikan pada data mula-2 diperoleh:

x_1	x_2	x_3	$\text{net} = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \text{net} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$
1	1	1	-5	-1
1	1	0	-4	-1
1	0	1	-4	-1
0	1	1	-4	-1

Tampak bahwa keluaran jaringan tidak tepat untuk pola yang pertama (seharusnya keluaran jaringan = 1).

Berikut jika lau baik masukan maupun target dijadikan bipolar

Masukan			Target
x_1	x_2	x_3	t
1	1	1	1
1	1	-1	-1
1	-1	1	-1
-1	1	1	-1

Hasil iterasinya:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot baru
($x_1 \ x_2 \ x_3$)	t	($\Delta w_1 \ \Delta w_2 \ \Delta w_3 \ b$)	($w_1 \ w_2 \ w_3 \ b$)
Inisialisasi			(0 0 0 0)
(1 1 1)	1	(1 1 1 1)	(1 1 1 1)
(1 1 -1)	-1	(-1 -1 1 -1)	(0 0 2 0)
(1 -1 1)	-1	(-1 1 -1 -1)	(-1 1 1 -1)
(-1 1 1)	-1	(1 -1 -1 -1)	(0 0 0 -2)

Bobot akhir yang dihasilkan merupakan penjumlahan semua perubahan bobot yang terjadi:

$$(w_1 \ w_2 \ w_3 \ b) \text{ akhir} = (1 \ 1 \ 1 \ 1) + (-1 \ -1 \ 1 \ -1) + (-1 \ 1 \ -1 \ -1) + (1 \ -1 \ -1 \ -1) = (0 \ 0 \ 0 \ -2)$$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^3 x_i w_i + b = 0*x_1 + 0*x_2 + 0*x_3 + (-2) = -2$$

Jika diuji cobakan pada data mula-2:

x_1	x_2	x_3	$\text{net} = \sum_{i=1}^3 x_i w_i + b$	$f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \text{net} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$
1	1	1	-2	-1
1	1	-1	-2	-1
1	-1	1	-2	-1
-1	1	1	-2	-1

Tampak bahwa keluaran jaringan masih belum tepat untuk pola pertama.

JADI: bagaimanapun representasi data, jaringan tetap tidak mampu mengenali semua pola dengan benar

Latihan Soal 1.3

Buat jaringan Hebb untuk mengenali pola pada tabel di bawah ini

p_1	p_2	p_3	1	t
-1	1	1	1	-1
1	-1	1	1	-1
1	1	-1	1	-1
1	1	1	1	1

Jawab :

Hasil pelatihan :

Hasil Akhir :

$$w_1 = , w_2 = , w_3 = , b =$$

p₁	p₂	p₃	T	n = p₁ w₁ + p₂ w₂ + p₃ w₃ + b	a = f(n)
-1	1	1	-1		
1	-1	1	-1		
1	1	-1	-1		
1	1	1	1		

Jaringan Hebb Untuk Pengenalan Pola

Jaringan Hebb dapat pula dipakai untuk mengenali pola. Caranya adalah dengan melatih jaringan untuk membedakan 2 macam pola

Contoh:

Diketahui dua buah pola seperti huruf X dan O, gunakan jaringan hebb untuk mengenali pola tersebut.

#...#

.#.#.

..#..

.#.#.

#...#

Pola 1

.###.

#...#

#...#

#...#

.###.

Pola 2

Jawab

- Dalam hal ini kita menganggap jaringan hanya mempunyai 1 output yaitu kelas X (untuk huruf "X") dan kelas bukan X (untuk huruf "O").
- Misal kelas X kita beri nilai target 1 sedangkan kelas bukan X kita beri target -1.
- Sedangkan setiap lambang "#" kita beri nilai 1 dan lambang "." kita beri nilai -1. Vektor input untuk pola 1 dan pola 2 menjadi :

Pola	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
"X"	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1
"O"	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1

Pola	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	X_{22}	x_{23}	x_{24}	X_{25}	Target
"X"	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1
"O"	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1

Bobot mula-mula :

$$w_i = 0 \text{ dimana } i = 1, 2, \dots, 25$$

Sedangkan perubahan bobot (Δw_i) dan bias setelah diberikan input pola 1 dan 2 :

Dan bobot akhir (w_i) dan bias b dapat ditentukan dari penjumlahan kedua perubahan bobot diatas sehingga :

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}
2	-2	-2	-2	2	-2	2	0	2	-2	-2	0	2	0	-2

w_{16}	w_{17}	w_{18}	w_{19}	w_{20}	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{24}	w_{25}	b
-2	2	0	2	-2	2	-2	-2	-2	2	0

Setelah mendapatkan bobot akhir (w_i) dan bias b, selanjutnya dapat dilakukan proses testing terhadap pola input. Pertama kita melakukan testing thd pola 1 (huruf "X") :

$$\sum x_i w_i + b = 42 + 0 = 42$$

Selanjutnya kita melakukan testing thd pola 2 (huruf "O") :

$$\sum x_i w_i + b = -42 + 0 = -42$$

Hasil testing selengkapnya dapat dilihat dalam tabel :

Input			Bobot			Bias	$net = b + \sum_i x_i w_i$	Output	Target
x_1	...	x_{25}	w_1	...	w_{25}	b		$y=f(net)$	
1		-1	2		2	0	42	1	1
-1		-1	2		2	0	-42	-1	-1

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil testing terhadap pola 1 ("X") dan pola 2("O") menghasilkan output(y) yang sesuai dengan target.

KUIS

Apakah Jaringan Hebb dapat membedakan 2 macam pola seperti berikut.

#	#
.	#	.	#	.	.
.	.	#	.	.	.
.	#	.	#	.	.
#	#

.	.	#	.	.	.
.	.	#	.	.	.
#	#	#	#	#	#
.	.	#	.	.	.
.	.	#	.	.	.