

Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Pengenalan Pola Huruf Menggunakan Metode Bidirectional Associative Memory (BAM)

Rayendra

Akademi Keperawatan Nabila; Jl. Dr. H. Amarullah No. 1 Bukit Surungan Padang Panjang [\(0752\) 485510](tel:0752485510)

Email: rayzha1206@gmail.com

Abstrak

Jaringan syaraf tiruan merupakan bagian dari ilmu kecerdasan buatan, Jaringan syaraf tiruan memiliki proses kerja sama dengan cara kerja otak manusia. Proses pengenalan pola dengan cara melihat nilai input apakah sama hasilnya dengan nilai output sehingga pola tersebut bisa dikenali oleh sistem itu sendiri. Penelitian ini menggunakan metode *Bidirectional Associative Memory* (BAM) memiliki kemampuan sebagai *associative memory* atau *content addressable memory* yaitu memori yang dapat dipanggil menggunakan bagian dari informasi yang tersimpan di dalamnya. Metode *Bidirectional Associative Memory* (BAM) memiliki 2 lapisan dan terhubung penuh dari satu lapisan ke lapisan yang lainnya, sehingga dimungkinkan adanya hubungan timbal balik antara lapisan input dan lapisan output. Konsep algoritma bersifat bidirectional dimana bobot sinyal akan dikirim dari lapisan Input X ke lapisan output Y. Bobot akan dirobah menjadi nilai yang lebih halus dengan ketentuan hasil antara rang [1,0]. Fungsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu fungsi aktivasi sigmoid. Hasil pengenalan pola huruf dari penelitian ini menggunakan system Matrik ordo 5x5 dengan inputan 3 Karakter yaitu karakter huruf S, O dan huruf X. Target Huruf S [1,-1] menghasilkan pola [27 4] sesuai dengan target, Pola huruf O [1.1] menghasilkan pola [27 -3] tidak sesuai dengan target dan huruf X [-1,1] menghasilkan pola [-37 21] sesuai dengan target. Dengan demikian tidak semua pola bisa memperoleh target yang sudah ditentukan.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, JST, Pengenalan Pola, Fungsi Aktivasi, Sigmoid

Abstract

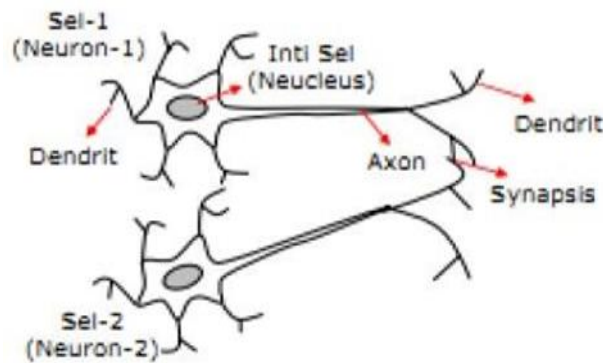
Artificial neural networks are part of the science of artificial intelligence, artificial neural networks have a process of cooperation with the workings of the human brain. The process of pattern recognition is by seeing whether the input value is the same as the output value so that the pattern can be recognized by the system itself. This study uses the Bidirectional Associative Memory (BAM) method which has the ability to act as associative memory or content addressable memory, namely memory that can be recalled using part of the information stored in it. The Bidirectional Associative Memory (BAM) method has 2 layers and is fully connected from one layer to another, so that there is a reciprocal relationship between the input layer and the output layer. The concept of the algorithm is bidirectional where the signal weight will be sent from the Input layer X to the output layer Y. The weight will be changed to a finer value provided that the results are between ranges [1,0]. The function used in this study is the sigmoid activation function. The results of letter pattern recognition from this study used a 5x5 order matrix system with 3 input characters, namely the letters S, O and the letter X. Target letters S [1,-1] produce patterns [27 4] according to the target, pattern letters O [1.1] produces pattern [27 -3] does not match the target and the letter X [-1,1] produces pattern [-37 21] matches the target. Thus not all patterns can get the target that has been determined.

Keywords: Artificial Intelligence, JST, Pattern recognition, Activation Function, Sigmoid

1. PENDAHULUAN

Jaringan saraf tiruan disingkat JST merupakan teknik pemrosesan informasi yang bekerja seperti sistem sel saraf biologis sehingga menghasilkan model matematis untuk menyelesaikan masalah. Menurut pendapat lain JST adalah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis didalam otak (Heryati, 2018). Jaringan syaraf tiruan mampu menangkap hubungan input dan ouput yang komplit sehingga mampu untuk memecahkan masalah dengan mudah serta menyelesaikan sistem yang rumit (Rozi Meri, 2022).

Cara Kerja Otak manusia



Gambar 1. Syaraf Secara Biologis

Optical Character Recognition dapat digunakan dengan berbagai metode yang ada, salah satunya adalah *neural network* (Susilo et al., 2017). Teknik pengenalan pola bertujuan untuk mengklasifikasikan dan mendeskripsikan pola atau objek kompleks melalui pengukuran sifat atau ciri dari objek yang bersangkutan. Tahapan dalam pengenalan pola terdiri dari prapengolahan, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Tahapan tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan salah satu metode pendekatan yang juga dapat digunakan untuk sistem pengenalan pola karakter dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *neural network* (Pangaribuan & Sagala, 2017). (John Adler, 2012) Kita mengenal objek disekitar kita, bergerak dan beraksi sehubungan dengan objek-objek tersebut. Tahapan dan tujuan proses pengenalan pola dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Memasukkan pola kedalam suatu pola yang belum dikenal. Prosesnya disebut *clustering* atau klasifikasi tidak terawasi.
2. Mengidentifikasi pola sebagai anggota dari kelas yang sudah dikenal sebelumnya. Prosesnya disebut klasifikasi terawasi.

Pengenalan pola merupakan langkah perantara bagi proses menghilangkan dan menormalkan gambar dalam satu cara (pemrosesan gambar (*image processing*), teks dll.), pengiraan ciri-ciri, pengkelasan dan akhirnya post-pemrosesan berdasarkan kelas pengenalan dan aras keyakinan. Pengenalan pola berkaitan dengan langkah pengklasifikasian. Dalam kasus tertentu, sebagaimana dalam jaringan syaraf (*neural networks*), pemilihan ciri-ciri dan pengambilan juga boleh dilaksanakan secara semi otomatis atau otomatis sepenuhnya (Coding et al., 2018). Penelitian ini menggunakan JST dengan melalui tiga representasi pola input, yaitu representasi biner, bipolar dan kontinu (Zaitun et al., 2015). (Muliona Rizki, 2018) Fungsi aktivasi kedua adalah sigmoid bipolar yang memiliki jangkauan nilai $[-1,1]$ dan didefinisikan sebagai:

$$f(x) = \frac{2}{1 + \exp(-\sigma x)} - 1 \quad (1)$$

dengan

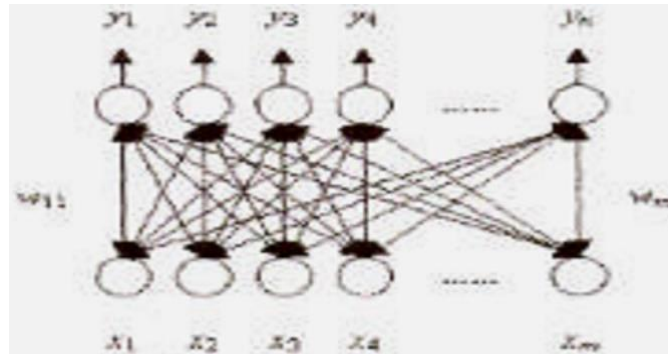
$$f(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2)$$

Bidirectional Associative Memory (BAM) adalah model jaringan syaraf yang memiliki 2 lapisan, yaitu lapisan *input* dan lapisan *output* yang mempunyai hubungan timbal balik antara keduanya. Hubungan ini bersifat *bidirectional*, artinya jika bobot matriks dari sinyal yang dikirim dari lapisan *input* X ke lapisan *output* Y adalah W, maka bobot matriks dari sinyal yang dikirim dari lapisan *output* Y ke lapisan *input* X adalah W^T . (Purba, 2019) Berdasarkan pada asumsi sebagai berikut, (Arifin, 2009):

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana yang disebut neuron.
- b. Sinyal dilewatkan melalui sambungan antar neuron.

- c. Setiap sambungan mempunyai bobot, yang menguatkan sinyal yang melaluinya.
- d. Setiap *neuron* menerapkan fungsi aktivasi ke lapisan input (jumlah sinyal input terboboti) untuk menentukan sinyal output.

Secara umum, arsitektur jaringan syaraf tiruan BAM ditunjukkan seperti pada Gambar 1. (Kusumadewi, 2003)



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan BAM

BAM merupakan salah bentuk dari jaringan Heteroassociative memory, yang dikembangkan oleh Kosko (1988). BAM menyimpan pola pelatihan dalam matriks $n \times m$ yang merupakan perkalian dari vektor input dan target pelatihan (outer product). Arsitektur BAM terdiri dari 2 lapisan yang dihubungkan oleh lintasan koneksi weight. Jaringan akan beriterasi, mengirimkan sinyal pulang pergi antara kedua lapisan sampai semua neuron menjadi stabil (semua aktivasi neuron konstan). BAM dapat memberikan respon terhadap input dari kedua lapisan. Weight bersifat 2 arah (bidirectional) (Tjung et al., 2013).

Ada 2 jenis syaraf tiruan Bidirectional Associative Memory (BAM), yaitu:

1. Bidirectional Associative Memory Diskret Pada Bidirectional Associative Mmemory (BAM) diskret, ada 2 tipe inputan, yaitu biner dan bipolar.
2. Bidirectional Associative Memory Kontinu BAM kontinu akan mentransformasikan input secara lebih halus dan kontinu ke kawasan output dengan nilai yang terletak pada range $[0,1]$ (Giawa, 2019).

Baik tidaknya suatu model jaringan saraf tiruan ditentukan oleh hubungan antar neuron atau arsitektur jaringan saraf tiruan itu sendiri. Neuron terkumpul dalam laporan yang disebut neuron layer yang terbagi menjadi tiga lapisan :

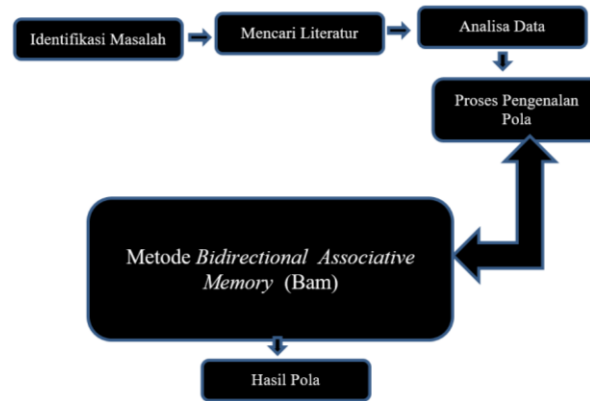
- a. Lapisan Input (Input Layer), unit dalam lapisan input ini disebut unit input yang bertugas menerima pola inputan dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan
- b. Lapisan tersembunyi (hidden layer), unit dalam lapisan tersembunyi disebut unit tersembunyi, yang mana nilai output tidak dapat diamati secara langsung.
- c. Lapisan output (Output Layer), unit dalam lapisan output disebut unit output yang merupakan penyelesaian jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan (Yunaldi & Karnadi, 2022).

Beberapa penelitian menggunakan Jaringan syaraf tiruan diantaranya: Pengenalan Pola pada Citra Tanda Tangan *Online* dan *Offline* menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode *Backpropagation* (Octariadi & Siregar, 2021). Transliterasi Citra Aksara Hiragana Menggunakan Jaringan *Backpropagation* (Euclides et al., 2016). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pengenalan Pola Notasi Balok Menggunakan Metode *Backpropagation* (Haumahu, 2019). Analisis Jaringan Saraf Tiruan Pengenalan Pola Huruf Hiragana dengan Model Jaringan Perceptron (Ramadhani et al., 2017).

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian bertujuan untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik karena

dilakukan berdasarkan system secara sistematis. Untuk mengolahan pengenalan Pola Huruf langkah langkah yang dilakukan peneliti yaitu :



Gambar 3. Metodologi Penelitian

2.2 Proses Pengenalan Pola

Metode penelitian ini menggunakan metode BAM Kontinu proses Metode Penelitian dengan proses mengubun input ke output secara lebih halus dengan nilai yang terletak pada range [0,1] dengan menggunakan Fungsi Aktivasi Sigmoid, Proses kerja Metode ini diantaranya :

Untuk vektor input biner, matriks bobot ditentukan sebagai :

$$w_{ij} = \sum_p (2 * s_i(p) - 1)(2 * t_i(p) - 1) \quad (1)$$

Sedangkan fungsi aktivasi yang digunakan adalah : Y_j Untuk lapisan output :

$$y_j = \begin{cases} 1; & \text{jikay_in}_j > 0 \\ y_j; & \text{jikay_in}_j = 0 \\ 0; & \text{jikay_in}_j < 0 \end{cases} \quad (2)$$

X_i Untuk lapisan input

$$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jikax_in}_i > 0 \\ x_i; & \text{jikax_in}_i = 0 \\ 0; & \text{jikax_in}_i < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Sedangkan untuk vektor input bipolar, matriks bobot ditentukan sebagai :

$$w_{ij} = \sum_p (s_i(p) * t_i(p)) \quad (4)$$

Sedangkan fungsi aktivasi yang digunakan adalah : Y_j Untuk lapisan output :

$$y_j = \begin{cases} 1; & \text{jikay_in}_j > \theta \\ y_j; & \text{jikay_in}_j = \theta \\ -1; & \text{jikay_in}_j < \theta \end{cases} \quad (5)$$

X_i Untuk lapisan input

$$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jika } x_in_i > \theta \\ x_i; & \text{jikax_in}_i = \theta \\ -1; & \text{jikax_in}_i < \theta \end{cases} \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

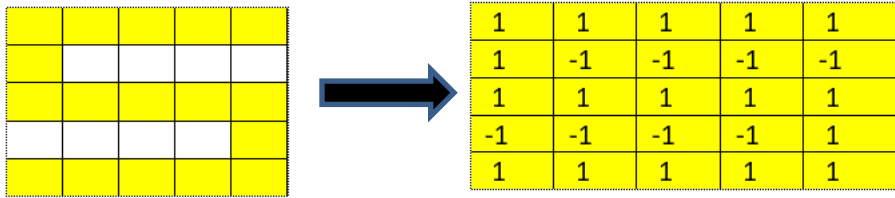
3.1 Analisa Pola

Analisa Pola yang digunakan terdapat 3 pola huruf yaitu Huruf S, O, X dengan prses kerja menggunakan system matriks Ordo 5x5. Dalam penyelesaian kasus ini menggunakan konsep mengubah nilai input ke nilai output secara lebih halus dengan menggunakan nilai yang terletak pada rang [0,1] dengan fungsi aktifasi fungsi sigmoid.

3.1.1 Pengenalan Pola Huruf

Jaringan Bidirectional Associative Memory untuk pemetaan Huruf ‘‘S’’, Huruf ‘‘O’’ dan huruf ‘‘ X’’ dapat dipresentasikan dengan kode bipolah sebagai berikut

a. Pola huruf ‘‘S’’

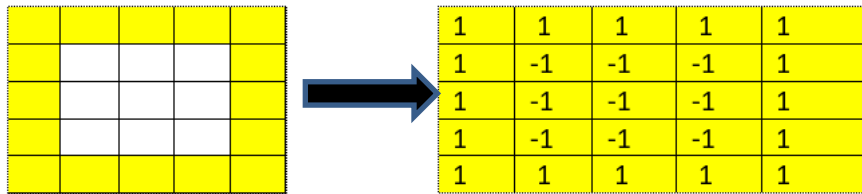


Pola Tanda "S" disimpan dalam $[[1, -1]]$

$$W_{(\text{Tanda S})} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Matriks Bobot yang digunakan dalam menyimpan tanda "S"

b. Pola huruf "O"

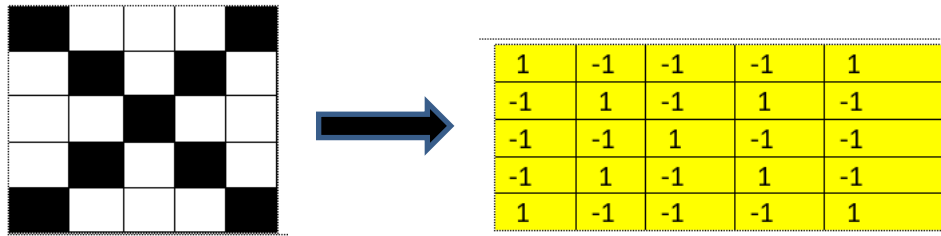


Pola Tanda "O" disimpan dalam $[[1, 1]]$

Matriks Bobot yang digunakan dalam menyimpan tanda "O"

$$W_{(\text{Tanda o})} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

c. Pola Huruf "X"



Pola Tanda "X" disimpan dalam $[-1, 1]$
 Matriks Bobot yang digunakan dalam menyimpan tanda "X"

$$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} [-1, 1] = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

3.1.2 Penjumlahan Pola

Setelah melakukan proses penentuan bobot masing masing pola, maka langkah selanjutnya yaitu menjumlahkan semua hasil pola yang telah diperoleh.

$$W = W_{(Tanda\ s)} + W_{(Tanda\ o)} + W_{(tanda\ x)}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ -1 & 1 \\ -3 & 1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & -3 \\ -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ -3 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3.1.3 Menghubungkan Neuron

Bentuk matriks bobot W merupakan bentuk matriks yang menghubungkan antara neuron lapisan input ke lapisan output, sedangkan matriks yang menghubungkan neuron neuron lapisan output kelapisan Input adalah WT

$$\text{WT} = \begin{vmatrix} -3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 & 1 & -1 & -3 & 1 & 3 & 1 & -1 & 1 & 3 & 1 & -3 & -1 & -1 & 3 & 1 & 3 & 3 & 3 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -3 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

Pengujian jaringan jika diberikan input Vektor tanda "s"

$$Y_{in1} = X_{18} W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ -3 & 1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & -3 \\ -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ -3 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = [27 \ -4]$$

$$y_j = \begin{cases} 1; jikay_in_j > \theta \\ y_j; jikay_in_j = \theta \\ -1; jikay_in_j < \theta \end{cases}$$

Maka : $y_{in}[1,-1]$ Tidak sama dengan Target yang diharapkan

$$Y_{in_2=x_20w}=[1-1-1-11-11-11-1-1-11-1-1-11-11-11-1-1-11]=\begin{vmatrix}-3 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ -3 & 1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & -3 \\ -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ -3 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 3 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}_{[27-3]}$$

- Prestasi Mahasiswa.* 8–9.
- [2] Rozi Meri, D. (2022). *Jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma hebb rule untuk diagnosa penyakit kulit manusia.* 6(2), 78–87.
 - [3] Susilo, M. M., Wonohadidjojo, D. M., & Sugianto, N. (2017). *Pengenalan Pola Karakter Bahasa Jepang Hiragana Menggunakan 2D Convolutional Neural Network.* 03(02), 28–36.
 - [4] Pangaribuan, Y., & Sagala, M. (2017). Menerapkan Jaringan Saraf Tiruan untuk Mengenali Pola Huruf Menggunakan Metode Perceptron. *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, 2(479), 53–59. <http://103.76.21.184/index.php/JTIUST/article/view/191>
 - [5] John Adler, D. (2012). *Jurnal Sistem Komputer Unikom – Komputika – Volume 1, No. 2 - 2012.* 1(2).
 - [6] Coding, J., Untan, S. K., Masrani, H., Ruslianto, I., Komputer, J. S., & Informasi, J. S. (2018). *Pada proses segmentasi ini dibagi menjadi dua bagian , yaitu segmentasi baris dan.* 06(02), 69–78.
 - [7] Zaitun, Warsito, & Pauzi, G. A. (2015). Sistem Identifikasi dan Pengenalan Pola Citra Tanda-Tangan Menggunakan Sistem Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Networks) Dengan Metode Backpropagation. *JURNAL Teori Dan Aplikasi Fisika FMIPA Universitas Lampung*, 03(02), 93–101.
 - [8] Muliona Rizki, D. (2018). *JARINGAN SYARAF TIRUAN PENGENALAN POLA HURUF.* 2(1), 46–50.
 - [9] Purba, S. (2019). *Pengenalan Karakter Menggunakan Metode Bidirectional Associative Memory (Bam) Kontinu.* 11(01), 89–101.
 - [10] Arifin, Z. (2009). Jaringan Syaraf Tiruan Bidirectional Associative Memory (BAM) Sebagai Identifikasi Pola Sidik jari Manusia. In *Jurnal Informatika Mulawarman Program Studi Ilmu Komputer Universitas Mulawarman* (Vol. 4, Issue 1).
 - [11] Tjung, K. L., Budhi, G. S., Purba, K. R., Studi, P., Informatika, T., Industri, F. T., Petra, U. K., & Siwalankerto, J. (2013). *Implementasi Kombinasi Jaringan Syaraf Tiruan Metode Self-Organized Map (SOM) dan Bidirectional Associative Memory (BAM) Pada AI Game Action Adventure .* 1–7.
 - [12] Giawa, A. (2019). *Implementasi Metode Bidirectional Associative Memory Pada Absensi Berbasis Identifikasi Wajah (Studi Kasus : Mts Zending Islam Indonesia Medan).* 8, 108–111.
 - [13] Yunaldi, A., & Karnadi, V. (2022). *Metode Bidirectional Associative Memory (BAM) Kontinu Pengenalan Pola Karakter Untuk Keamanan Data.* 4, 380–386. <https://doi.org/10.30865/json.v4i2.5339>
 - [14] Octariadi, B. C., & Siregar, A. C. (2021). *Pengenalan Pola pada Citra Tanda Tangan Online dan Offline menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation.* 5(01), 49–56.
 - [15] Euclides, N., Nugroho, W., Widiarti, A. R., Informa, T., Maguwoharjo, P., & Sleman, D. (2016). *Transliterasi citra aksara hiragana mempergunakan jaringan backpropagation.* 13(November), 182–192.
 - [16] Haumahu, J. P. (2019). *Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pengenalan Pola Notasi Balok Menggunakan Metode Backpropagation.* 6(3), 255–259.
 - [17] Ramadhani, I., Pratiwi, S. H., & Handayani, A. N. (2017). *Analisis Jaringan Saraf Tiruan Pengenalan Pola Huruf Hiragana dengan Model Jaringan Perceptron.* 11(1), 45–56.