

Metode Bidirectional Associative Memory (BAM) Kontinu Pengenalan Pola Karakter Untuk Keamanan Data

Andri Yunaldi^{1,*}, Very Karnadi²

¹AMIK KOSGORO, Solok, Indonesia

²Akademi Teknik Adi Karya, Kerinci, Indonesia

Email: ^{1,*}andriyunaldi@gmail.com, ²verysharedder@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: andriyunaldi@gmail.com

Submitted: 12/12/2022; Accepted: 29/12/2022; Published: 31/12/2022

Abstrak-Jaringan Saraf Tiruan memiliki sebuah paradigma untuk memproses sebuah informasi dengan konsep kerja menggunakan ilmu biologi dalam mengolah sebuah informasi yang mirip dengan cara kerja otak manusia. Jaringan Saraf tiruan banyak menyelesaikan permasalahan menggunakan konsep ketidakpastian seperti pemahasan yang dibahan yaitu pengenalan Pola Karakter BAM Kontinu. Masalah dalam penelitian ini yaitu kurangnya pengamanan data dalam menjaga informasi sehingga banyak data bisa di akses oleh orang yang tidak mempunyai kewenangan, Tujuan utama penelitian ini yaitu menjaga keamanan data dengan menggunakan konsep BAM Kontinu. Metode BAM Kontine merupakan sebuah metode yang memiliki mempunyai kemampuan dalam associative memory atau content addressable memory dapat dipanggil dengan cara menggunakan bagian yang tersimpan dalam memori itu sendiri. Metode BAM Kontinu akan mengubah input ke output secara lebih halus dengan nilai yang terletak pada range [0,1]. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid. Hasil yang diperoleh dari $x_1 = [7, -11]$, $x_2 = [7, 13]$ dan $x_3 = [-1, 9]$, Semua Tanda bisa dikenali oleh algoritma BAM Kontinu. Semua Pola Tanda memiliki target yang sama namun memiliki nilai yang berbeda beda.

Kata Kunci: Jaringan Saraf Tiruan; Paradigma Pembelajaran, Keamanan Data; Metode Bam Kontinu; Fungsi Aktivasi

Abstract-Artificial Neural Networks have a paradigm for processing information with the concept of working using biology in processing information similar to how the human brain works. Artificial neural networks solve many problems using the concept of uncertainty such as the discussion in the material, namely the introduction of Continuous BAM Character Patterns. The problem in this research is the lack of data security in maintaining information so that a lot of data can be accessed by people who do not have authority. The main objective of this research is to maintain data security using the Continuous BAM concept. The BAM Kontine method is a method that has the ability to have associative memory or content addressable memory that can be called by using the part stored in the memory itself. The Continuous BAM method will change input to output more smoothly with values that lie in the range [0,1]. The activation function used is the sigmoid function. The results obtained from $x_1 = [7, -11]$, $x_2 = [7, 13]$ and $x_3 = [-1, 9]$, All Signs can be recognized by the Continuous BAM algorithm. All Sign Patterns have the same target but have different values.

Keywords: Artificial Neural Networks; Learning Paradigm, Data Security; Continuous New Method; Activation Function

1. PENDAHULUAN

Bidang ilmu Jaringan Saraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari kemampuan otak manusia yang selalu mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Buatan disini digunakan karena jaringan Saraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran [1]. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang [2]. Metode JST adalah sistem yang didasarkan pada cara kerja jaringan saraf manusia. Metode JST memiliki banyak varian, yaitu metode umpan-maju, RBF, recurrent, dan propagasi-balik (backpropagation) [3]. Dalam praktiknya, jaringan Saraf tiruan sangat berguna bagi klasifikasi dan permasalahan-permasalahan yang dapat menolerir ketidaktepatan, yang memiliki banyak data pelatihan, namun memiliki aturan-aturan yang tidak dapat diaplikasikan secara mudah[4]. Hasil Penelitian yang berkaitan dengan Pola Pengenalan tanda-tangan termasuk kedalam masalah pengenalan pola (pattern recognition), pada umumnya pengenalan tanda-tangan bertujuan untuk mengidentifikasi seseorang yang merupakan bagian dari security system [5]. Salah satu penelitian JST ini dilakukan oleh Mahyudin (2013) dengan mengeksplorasi potensi JST dalam memprediksi liku kalibrasi dengan menggunakan data dari Stasiun pengukuran pantai cermin Sungai Siak menggunakan pendekatan JST algoritma backpropagation [6]. Pengenalan Pola Karakter Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Algoritma Momentum Backpropagation Neural Network[7]. Jaringan Saraf Tiruan menyebutkan 3 hal yakni Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan), Metode untuk menentukan bobot pengaitan (disebut metode pelatihan/pembelajaran/algoritma) dan Fungsi aktivasi[8]. Jaringan Saraf Tiruan Bidirectional Associative Memory (BAM) Jaringan Saraf Tiruan adalah sebuah sistem pengelolaan informasi yang karakteristik kinerjanya menyerupai jaringan Saraf biologis.

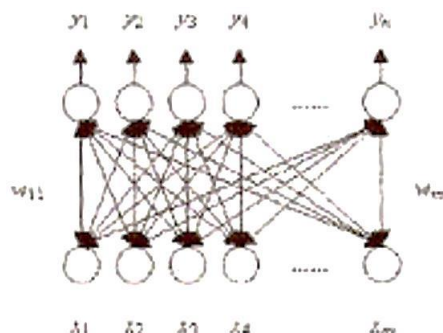
2. METODOLOGI PENELITIAN

Jaringan Saraf Tiruan telah berkembang sebagai model matematika dari pikiran manusia yaitu Saraf biologis, yang didasarkan pada asumsi sebagai berikut [9]:

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana yang disebut neuron.
- Sinyal dilewatkan melalui sambungan antar neuron.
- Setiap sambungan mempunyai bobot, yang menguatkan sinyal yang melaluinya.

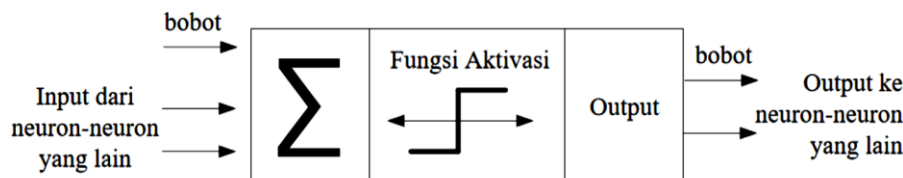
d. Setiap neuron menerapkan fungsi aktivasi ke lapisan input (jumlah sinyal input terboboti) untuk menentukan sinyal output.

Secara umum, arsitektur jaringan Saraf tiruan BAM ditunjukkan seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan BAM

Nilai-nilai parameter pada JST termasuk nilai hidden neuron, input neuron dan nilai bobot (weight) diproses pada saluran yang bersifat publik, karena setiap bobot vektor akan dipilih secara acak Jaringan Saraf terdiri dari neuron-neuron yang saling berhubungan [10]. Hubungan antara neuron ini berfungsi untuk mentransformasikan informasi yang diterima lewat unit input untuk dikirim ke unit keluaran dan menuju ke neuron yang lain [11] Pada jaringan Saraf, hubungan ini dikenal dengan bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Gambar 1 menunjukkan struktur neuron pada jaringan Saraf [12].



Gambar 2. Susunan Neuron Jaringan Saraf

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 :

- Lapisan Input (Input Layer), unit dalam lapisan input ini disebut unit input yang bertugas menerima pola inputan dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan
- Lapisan tersembunyi (hidden layer), unit dalam lapisan tersembunyi disebut unit tersembunyi, yang mana nilai output tidak dapat diamati secara langsung.
- Lapisan output (Output Layer), unit dalam lapisan output disebut unit output yang merupakan penyelesaian jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan [13].

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 Saraf (neural networks), pemilihan ciri-ciri dan pengambilan juga boleh dilaksanakan secara semi otomatis atau otomatis sepenuhnya[14]. Penelitian ini menggunakan JST dengan melalui tiga representasi pola input, yaitu representasi biner, bipolar dan kontinu [5]. [15]. Fungsi aktivasi kedua adalah sigmoid bipolar yang memiliki jangkauan nilai [-1,1] dan didefinisikan sebagai:

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

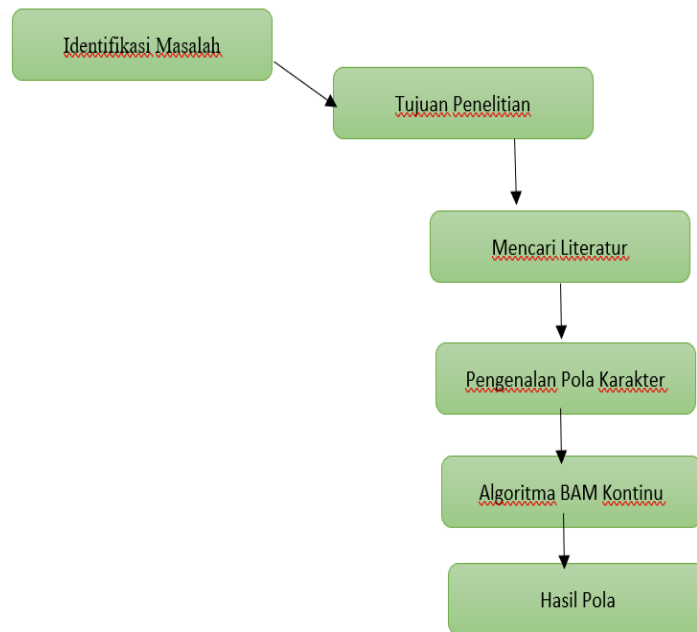
dengan

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

BAM merupakan salah bentuk dari jaringan Heteroassociative memory, yang dikembangkan oleh Kosko (1988). BAM menyimpan pola pelatihan dalam matriks n x 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)[16]. Ada 2 jenis Saraf tiruan Bidirectional Associative Memory (BAM), yaitu:

- Bidirectional Associative Memory Diskret Pada Bidirectional Associative Mmemory (BAM) diskret, ada 2 tipe inputan, yaitu biner dan bipolar.

b) Bidirectional Associative Memory Kontinu BAM kontinyu akan mentransformasikan input secara lebih halus dan kontinyu ke kawasan output dengan nilai yang terletak pada range [0,1] [17]. Langkah langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode BAM Kontinu proses Metode Penelitian dengan proses mengubah 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 :

$$w_{ij} = \sum_p (2 * s_i(p) - 1) (2 * t_i(p) - 1) \tag{3}$$

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

$$y_j = \begin{cases} 1; & \text{jikay_in}_j > 0 \\ y_j; & \text{jikay_in}_j = 0 \\ 0; & \text{jikay_in}_j < 0 \end{cases} \tag{4}$$

Xi Untuk lapisan input

$$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jikax_in}_i > 0 \\ x_i; & \text{jikax_in}_i = 0 \\ 0; & \text{jikax_in}_i < 0 \end{cases} \tag{5}$$

Sedangkan untuk vektor input bipolar, matriks bobot ditentukan sebagai :

$$w_{ij} = \sum_p (s_i(p) * t_i(p)) \tag{6}$$

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

$$y_j = \begin{cases} 1; & \text{jikay_in}_j > \theta \\ y_j; & \text{jikay_in}_j = \theta \\ -1; & \text{jikay_in}_j < \theta \end{cases} \tag{7}$$

Xi Untuk lapisan input

$$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jika } x_in_i > \theta \\ x_i; & \text{jikax_in}_i = \theta \\ -1; & \text{jikax_in}_i < \theta \end{cases} \tag{8}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

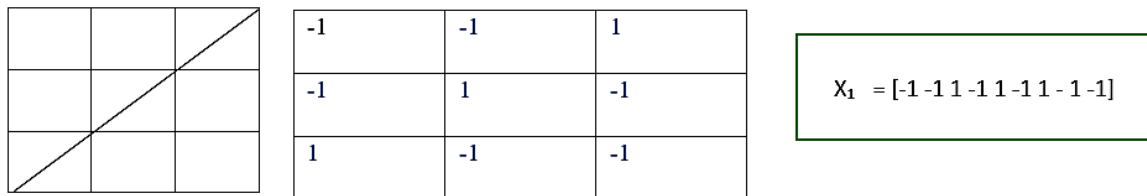
Analisa pada algoritma BAM dapat digunakan dalam mengenali hasil ekstraksi pola dari karakter / huruf. Algoritma ini mampu mengenali hasil atau proses pengenalan. Dalam kasus ini ada 4 Pola Karakter yang harus diselesaikan untuk memperoleh nilai Output sehingga sesuai dengan target yang diharapkan. Konsep algoritma ini menggunakan sistem Matrik 3 X3. Jaringan BAM untuk memetakan Pola (#,/, dan X) yang dipresentasikan dalam bentuk bipolar

1) Proses Pembentukan Pola

Proses Pembentukan pola harus mengikuti ketentuan untuk mengubah input ke output secara halus dengan nilai yg terletak antara [0,1], dengan konsep fungsi aktivasi dan fungsi sigmoid.

a) Pola Karakter Operasi Matematika Operator (#)

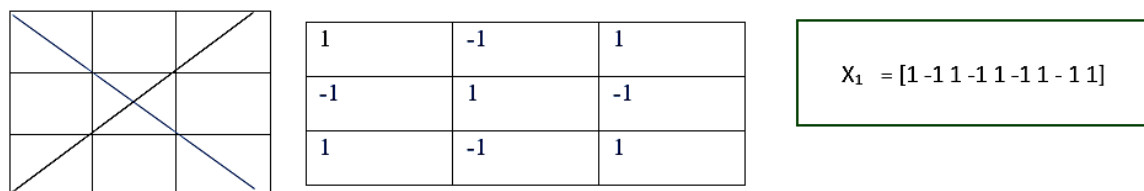
Pola Karakter “#” terdiri dari ordo 3x3. Semua nilai harus dikonversikan kedalam bilangan 1 dan -1. Nilai 1 dianggap sebagai nilai yang mengenai garis yang digunakan, nilai -1 nilai yang tidak mengenai garis atau nilai yang tidak memiliki hubungan dengan target yang akan dicari.



Gambar 4. Pola Karakter Operator “/”

b) Pola Karakter Operasi Matematika Operator (/)

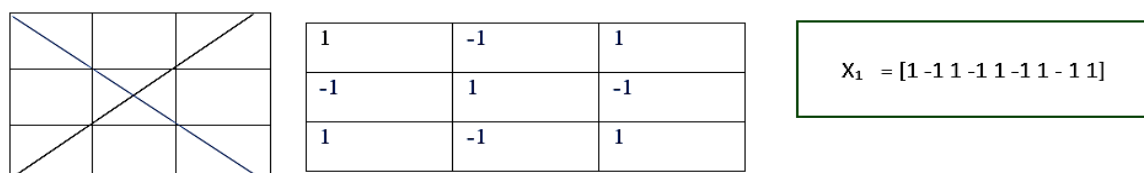
Pola Karakter “/” terdiri dari ordo 3x3. Semua nilai harus dikonversikan kedalam bilangan 1 dan -1. Nilai 1 dianggap sebagai nilai yang mengenai garis yang digunakan, nilai -1 nilai yang tidak mengenai garis atau nilai yang tidak memiliki hubungan dengan target yang akan dicari.



Gambar 5. Pola Karakter Operator “x”

c) Pola Karakter Operasi Matematika Operator (X)

Pola Karakter “X” terdiri dari ordo 3x3. Semua nilai harus dikonversikan kedalam bilangan 1 dan -1. Nilai 1 dianggap sebagai nilai yang mengenai garis yang digunakan, nilai -1 nilai yang tidak mengenai garis atau nilai yang tidak memiliki hubungan dengan target yang akan dicari.



Gambar 6. Pola Karakter Operator “x”

a. Pola Tanda yang digunakan “#” disimpan dalam = [1,-1]

b. Pola Tanda yang digunakan “/” disimpan dalam = [1,1]

c. Pola Tanda yang digunakan “X” disimpan dalam = [-1,1]

Matriks bobot yang digunakan dalam penyimpanan tanda “#,”/” dan “X” adalah :

$$w = w(\text{tanda}\#) + w(\text{tanda}/)w(\text{tanda} + w(\text{tanda} X))$$

2) Matriks bobot untuk penyimpanan pola

a) Pola Tanda “#” disimpan dalam = [1,-1]

Hasil konversi yang digunakan dikalikan dengan nilai pola tanda yang digunakan oleh masing masing nilai pola tanda yang disimpan

$$W_{(Tanda \#)} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} [1, -1] \quad \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

b) Pola Tanda “/” disimpan dalam = [1,1]

Hasil konversi yang digunakan dikalikan dengan nilai pola tanda yang digunakan oleh masing masing nilai pola tanda yang disimpan

$$W_{(Tanda /)} = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} [1, -1] \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$

c) Pola Tanda “X” disimpan dalam = [-1,1]

Hasil konversi yang digunakan dikalikan dengan nilai pola tanda yang digunakan oleh masing masing nilai pola tanda yang disimpan

$$W_{(Tanda X)} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} [1, -1] \quad \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

W= W(tanda #)+w(tanda /) dan w(tanda x)

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

3) Matriks Bobot lapisan Input Ke Output

Matriks bobot yang digunakan W adalah bentuk matriks yang yang menghubungkan antar neuron neuron lapisan input ke lapisan output. Sedangkan Matriks yang menghubungkan neuron neuron lapisan input ke lapisan Output W_T

a) $Y_{in_1} = X_1 * W = [-1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1] = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & -1 \\ -1 & -3 \\ -1 & -3 \end{bmatrix} = [7 \ -11]$

Maka : $y_{in_1} = [1, -1] = Sama Dengan Target yang diharapkan$

$$b) Y_{in_1=x_1*w} = [-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1] = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & -1 \\ -1 & -3 \\ -1 & -3 \end{bmatrix} = [7 \ 13]$$

Maka : $y_{in_1} = [1, 1) = \text{Sama Dengan Target yang diharapkan}$

$$c) Y_{in_1=x_1*w} = [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1] = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & -3 \\ 1 & -1 \\ -1 & -3 \\ -1 & -3 \end{bmatrix} = [-1 \ 19]$$

Maka : $y_{in_1} = [-1, 1) = \text{Sama Dengan Target yang diharapkan}$

Fungsi Aktifasi

$$y_j = \begin{cases} 1; & \text{jikay}_{in_j} > \theta \\ y_j; & \text{jikay}_{in_j} = \theta \\ -1; & \text{jikay}_{in_j} < \theta \end{cases} \quad (9)$$

Fungsi Aktifasi

$$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jika } x_{in_i} > \theta \\ x_i; & \text{jikax}_{in_i} = \theta \\ -1; & \text{jikax}_{in_i} < \theta \end{cases} \quad (10)$$

Maka : $y_{in^2} = [1, -1] = \text{Sama Dengan Target yang diharapkan}$

Hasil pencarian nilai Pola karakter #, / dan x sudah sesuai dengan target yang diharapkan, namu dari ketiga input yang dicari memiliki nilai yang berbeda beda. Untuk memperoleh nilai yang sama harus memiliki kode karakter yang memiliki kemiripan 80%. Semakin banyak mode Pola maka semakin kecil peluang untuk memperoleh nilai yang sama, Karena aturan dasarnya pola yang mengenai garis di hitung dengan nilai 1 dan pola yang tidak mengenai garis menggunakan nilai -1.

4. KESIMPULAN

Algoritma BAM Kontinu (Bidirectional Associative Memory) dapat menyelesaikan permasalahan dalam menjaga keamanan data sehingga data dapat dijaga kerahasiaannya. Algoritma (Bidirectional Associative Memory) mempunyai kemampuan dalam associative memory atau content addressable memory dapat dipanggil dengan cara menggunakan bagian yang tersimpan dalam memori itu sendiri. proses kerja 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 WT Nilai inputan terdiri dari 3 bagian yaitu Pola Tanda yang digunakan “#” disimpan dalam = [1,-1], Pola Tanda yang digunakan “/” disimpan dalam = [1,1], Pola Tanda yang digunakan “X” disimpan dalam = [-1,1]. Hasil yang diperoleh dari $x_1 = [7, -11]$, $x_2 = [7, 13]$ dan $x_3 = [-1, 9]$, Semua Tanda bisa dikenali oleh algoritma BAM Kontinu. Semua Pola Tanda memiliki target yang sama namun memiliki nilai yang berbeda beda.

REFERENCES

- [1] R. Muliono and J. Hakim Lubis, “Jaringan Saraf Tiruan Pengenalan Pola Huruf Dengan Jaringan Habb,” JTJK(Jurnal Teknik Informatika Kaputama), vol. 2, no. 1, pp. 46–50, 2018.
- [2] A. Jumarwanto, “Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Penyakit Tht Di Rumah Sakit Mardi Rahayu Kudus,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 1, no. 1, p. 11, 2009.
- [3] J. Tengah and C. Java, “Prediksi Beban Listrik Menggunakan Algoritma Jaringan Saraf Tiruan Tipe Propagasi Balik,” Semesta Teknika, vol. 23, no. 2, pp. 143–155, 2020.

- [4] E. D. Manurung, B. Nadeak, and E. Ndruru, “Implementasi Algoritma Hebb Rule Pada Diagnosa Penyakit Kolik Abdomen Pada Orang Dewasa,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 7, no. 2, p. 250, 2020, doi: 10.30865/jurikom.v7i2.2086.
- [5] G. A. Pauzi, “Sistem Identifikasi dan Pengenalan Pola Citra Tanda-Tangan Menggunakan Sistem Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Networks) Dengan Metode Backpropagation,” vol. 03, no. 02, pp. 93–101, 2015.
- [6] A. Syafutra, S. Siswanto, and Y. Handayani, “Analisa Prediksi Data Debit Runtun Waktu Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Algoritma Backpropagation (Studi Kasus DAS Indragiri),” *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2014.
- [7] D. Avianto, “Menggunakan Algoritma Momentum Backpropagation Neural Network,” *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 1199–1209, 2016.
- [8] F. Zola, “Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Prestasi Siswa,” *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, vol. 1, no. 1, pp. 58–72, 2018, doi: 10.36378/jtos.v1i1.12.
- [9] Z. Arifin, “Jaringan Saraf Tiruan Bidirectional Associative Memory (BAM) Sebagai Identifikasi Pola Sidik jari Manusia,” *Jurnal Informatika Mulawarman Program Studi Ilmu Komputer Universitas Mulawarman*, vol. 4, no. 1, pp. 21–26, 2009.
- [10] A. Fadlil, I. Riadi, and A. Nugrahantoro, “Kombinasi Sinkronisasi Jaringan Saraf Tiruan dan Vigenere Cipher untuk Optimasi Keamanan Informasi,” *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 11, no. 1, pp. 81–95, 2020, doi: 10.31849/digitalzone.v11i1.3945.
- [11] Ansori, “Pengenalan Pola Dua Dimensi Sederhana Dengan Jaringan Saraf Tiruan Hebb,” *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, vol. 3, no. April, pp. 49–58, 2015.
- [12] S. Purba, “Pengenalan Karakter Menggunakan Metode Bidirectional Associative Memory (Bam) Kontinu,” vol. 11, no. 01, pp. 89–101, 2019.
- [13] J. D. Susatyono, *Kecerdasan Buatan, Kajian Konsep dan Penerapan*. 2021.
- [14] J. Coding, S. K. Untan, H. Masrani, I. Ruslianto, J. S. Komputer, and J. S. Informasi, “Pada proses segmentasi ini dibagi menjadi dua bagian , yaitu segmentasi baris dan,” vol. 06, no. 02, pp. 69–78, 2018.
- [15] D. Muliona Rizki, “Jaringan Saraf Tiruan Pengenalan Pola Huruf,” vol. 2, no. 1, pp. 46–50, 2018.
- [16] K. L. Tjung et al., “Implementasi Kombinasi Jaringan Saraf Tiruan Metode Self-Organized Map (SOM) dan Bidirectional Associative Memory (BAM) Pada AI Game Action Adventure .,” pp. 1–7, 2013.
- [17] A. Giawa, “Implementasi Metode Bidirectional Associative Memory Pada Absensi Berbasis Identifikasi Wajah (Studi Kasus : Mts Zending Islam Indonesia Medan),” vol. 8, pp. 108–111, 2019.
- [18] M. I. Ukkas, A. H. Kridalaksana, and T. W. Cenggoro, “Pengenalan Pola Perilaku Seorang Manusia Dalam Permainan Suten Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik,” *Sebatik*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.46984/sebatik.v12i1.63.