

## Implementasi Algoritma Hopfield Discrete dalam Rekognisi Aksara Batak Toba

Yuni Franciska Br Tarigan<sup>1</sup>, Karyawaty Gultom<sup>2</sup>, Sartika Mandasari<sup>3</sup>, Meisarah Riandini<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Komputerasi Akuntansi, Akademi Manajemen Informatika dan Komputer Polibisnis

<sup>3,4</sup> Manajemen Informatika, Akademi Manajemen Informatika dan Komputer ITMI

Email: <sup>1</sup>yuni.franciska@gmail.com, <sup>2</sup>gkaryawaty@gmail.com, <sup>3</sup>sartikamandasari12@gmail.com, <sup>4</sup>meisarahriandini50@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: yuni.franciska@gmail.com

### Abstrak

Aksara Batak Toba merupakan salah satu aksara tulisan di Indonesia dari salah satu budaya yang ada. Aksara batak toba ini menjadi salah satu di antara aksara batak yang ada yang memiliki ciri khas tertentu. Disamping itu karena ini merupakan salah satu peninggalan budaya, sebagai warga negara yang baik tentunya harus menjaga agar aksara batak toba ini tetap eksis. Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu cabang ilmu kecerdasan buatan yang berkembang. Di dalam jaringan syaraf tiruan terdapat berbagai metode yang dapat di adopsi atau dikembangkan diantaranya metode *Hopfield*. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik di dalam pengenalan pola-pola atau data yang terstruktur. Pada penelitian ini akan dilakukan sebuah rekognisi aksara batak toba berdimensi 30x30 piksel dengan citra gambar .png. Berdasarkan hasil ujicoba terhadap pola aksara toba diketahui bahwa metode hopfield dapat mengenali pola lebih baik dan lebih cepat dengan rata-rata waktu pengenalan 0,9792 detik. Sedangkan untuk ketepatan metode *Hopfield* 90% dapat mengenali pola Aksara Batak Toba.

**Kata Kunci:** Aksara Batak Toba, Jaringan Syaraf Tiruan, Metode Hopfield Discrete

### Abstract

Batak Toba script is one of the written scripts in Indonesia from one of the existing cultures. This batak toba script is one of the existing batak scripts that has certain characteristics. Besides that, because this is one of the cultural relics, as a good citizen, of course, you must keep this batak toba script in existence. Artificial neural networks are one of the evolving branches of artificial intelligence science. In artificial neural networks there are various methods that can be adopted or developed including the Backpropagation method and the Hopfield method. Both of these methods have a fairly good level of accuracy in the recognition of patterns or structured data. In this study, a recognition of the batak toba script with dimensions of 30x30 pixels with .png image imagery will be carried out. Based on the test results on toba script patterns, it is known that the hopfield method can recognize patterns better with an average recognition time of 0.9792. As for the accuracy of the Hopfield method, 90% can recognize the pattern of the Toba Batak script.

**Keywords:** Batak Toba Script artificial neural network, Hopfield Discrete Methode

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang kaya akan suku dan budaya. Setiap suku yang berada dipulau Indonesia, pasti memiliki warisan budaya tersendiri yang sampai saat ini masih berdiri kokoh. Salah satu warisan budaya yang masih dipegang erat oleh bangsa Indonesia adalah bahasa daerah. Saat ini aksara Batak Toba banyak ditemukan pada peninggalan sejarah seperti prasasti, naskah kuno dan dalam bentuk lainnya. Permasalahan yang terjadi adalah Aksara Batak dewasa ini sudah sangat jarang diajarkan karena kurangnya minat generasi muda, bahkan pada masyarakat suku batak itu sendiri, untuk mempelajarinya sehingga dikhawatirkan bahwa salah satu bagian dari budaya Batak ini akan terlupakan [1].

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologi (JSB). Cara kerja dari JST ini seperti dengan sistem kerja jaringan makhluk hidup yang memiliki neuron-neuron jaringan syaraf. JST adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang meniru, mengadopsi, mencontoh kinerja otak manusia [2].

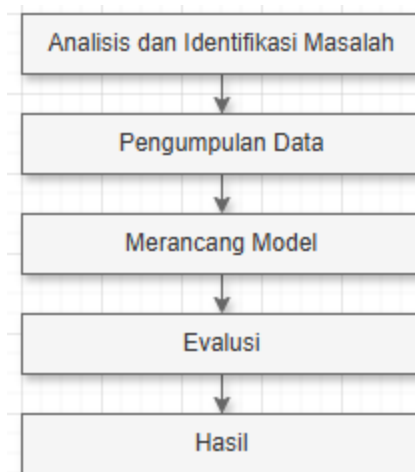
Algoritma hopfield neural network merupakan salah satu bagian dari JST yang memiliki sifat dinamis, dimana dapat mengembalikan sinyal ke dirinya sendiri [3]. Algoritma ini telah banyak diterapkan dalam penelitian pengenalan pola, seperti pengenalan pola angka [4], pengenalan pola *reward* pada 1D Toy [5], pengenalan pola citra medis [6], pengenalan pola tulisan tangan [7]. Algoritma ini memiliki kelebihan pada kemampuannya dalam memformulasikan pengalaman dan pengetahuan prediksi serta sangat fleksibel dalam perubahan aturan perkiraan [8].

Dalam penelitian ini digunakan referensi penelitian yang sudah menerapkan *neural network* menggunakan algoritma *convolutional neural network* (CNN) dalam mengenali pola aksara Batak. Penelitian ini telah berhasil mengenali berbagai jenis citra pola aksara Batak berdasarkan pengertiannya. Namun, penelitian ini belum menunjukkan bagaimana performa dari model yang dihasilkan [9]. Dalam penelitian ini, pengenalan pola menggunakan metode Hopfield discreateditujukan untuk memberikan nilai akurasi dan ketepatan yang efisien dan efektif berdasarkan pola Aksara Batak Toba.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan analisis dan identifikasi masalah yang dilakukan untuk melakukan kajian komprehensif dan mendalam terkait dengan referensi yang akan diadopsi. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data Aksara Batak Toba dimana dilakukan secara komunikasi dan observasi langsung dengan komunitas Batak Toba. Setelah pengumpulan data maka dilakukan analisis masalah yang mana dalam penelitian ini mengangkat masalah pengenalan pola Aksara Batak Toba dengan metode *Hopfield Discreate*. Selanjutnya dilakukan merancang model pengenalan pola Aksara Batak Toba yang akan digunakan untuk mengenali citra pola aksara Batak Toba. Setelah merancang model maka dilakukan evaluasi model yang diukur berdasarkan implementasi sistem pengenalan pola aksara Batak Toba. Selanjutnya tahapan terakhir yaitu hasil dan kesimpulan yang menjelaskan hasil dari evaluasi model *Hopfield Discreate* serta menarik kesimpulan nilai akurasi dari pengenalan pola menggunakan algoritma *hopfield discreate*.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 2.2 Metode Hopfield Discreate

Langkah penyelesaian metode hopfield discreate[6][10] adalah sebagai berikut[11][12]:

0. Inisialisasi matriks bobot W

1. Masukkan vector input (*invec*), lalu inisialisasi vector output (*outvec*) sebagai berikut:  $Outvec = Invec$
2. Mulai dengan counter  $i = 1$
3. Ketika  $invec \neq Outvec$  lakukan Langkah 4 – 7. (jika I sudah mencapai nilai maksimum, I akan mereset ke 1 untuk melanjutkan siklus).
4. Hitung Nilai  $i = \text{DotProduct}(Invec_i, \text{Kolomi}_i \text{ dari } W)$
5. Hitung  $Outvec_i = f(\text{nilai } i)$  dimana  $f$  adalah fungsi ambang (threshold function). Untuk pola input biner:

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \text{jika } t \geq \theta \\ 0 & \text{jika } t < \theta \end{cases} \quad (1)$$

Dimana  $\theta$  biasanya sama dengan 0

Untuk pola input bipolar :

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \text{jika } t > \theta \\ -1 & \text{jika } t \leq \theta \end{cases} \quad (2)$$

Dimana threshold  $\theta$  biasanya sama dengan 0

6. Update input jaringan dengan komponen Outvec
7.  $i = i + 1$  (3)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selanjutnya penerapan algoritma Hopfield, diambil dua buah sample pola yang ingin dikenali yaitu pola A [101010] dan B [010101].

### 3.1 Penyelesaian Algoritma Hopfield Discreate

- a. Langkah pertama yaitu menentukan fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi aktivasi bipolar *threshold* yaitu:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ -1, & \text{jika } x \leq 0 \end{cases}$$

b. Pemilihan fungsi bobot

Pada penelitian digunakan enam buah neuron yang terhubung satu sama lain, sehingga bobot yang digunakan adalah bobot simetris dengan ukuran 6x6 dan nilai diagonal nol (0). Berikut bobot - bobot tersebut digambarkan dalam vector W,

$$W = \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & W_{13} & W_{14} & W_{15} & W_{16} \\ W_{21} & 0 & W_{23} & W_{24} & W_{25} & W_{26} \\ W_{31} & W_{32} & 0 & W_{34} & W_{35} & W_{36} \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & 0 & W_{45} & W_{46} \\ W_{51} & W_{52} & W_{53} & W_{54} & 0 & W_{56} \\ W_{61} & W_{62} & W_{63} & W_{64} & W_{65} & 0 \end{bmatrix}$$

Bobot – bobot yang terletak pada diagonal utamanya adalah nol (0), yang menunjukkan bahwa neuron – neuron pada jaringan Hopfield tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri,  $W_{ij} = 0$  untuk  $i=j$  dan  $W_{ij} = W_{ji}$  untuk  $i \neq j$ , sehingga  $W_{12} = W_{21}, W_{13} = W_{31}, W_{14} = W_{41}, W_{15} = W_{51}, W_{16} = W_{61}$

1. Inisialisasi bobot

Inisialisasi bobot untuk menyimpan pola bipolar digunakan notasi  $s(p), p=1, \dots, P$ , dimana,  $S(p) = (S_1(p), \dots, S_i(p), \dots, S_n(p))$ . Untuk menyimpan bobot matriks  $W = \{W_{ij}\}$ , dengan notasi :

$$W_{ij} = \sum_p [s_i(p) s_j(p)] \text{ untuk } i \neq j \text{ dan } W_{ij} \neq 0$$

Dengan pola yang akan dikenali adalah 101010 untuk pola A dan 010101 untuk pola B, maka:

$$S(1) = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1]$$

$$S(2) = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$$

$$\begin{aligned} W_{12} &= \sum_{p=1}^2 S_1(p) \cdot S_2(p) \\ &= S_1(1) \cdot S_2(1) + S_1(2) \cdot S_2(2) \\ &= 0 \times 1 + 1 \times 0 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{13} &= \sum_{p=1}^2 S_1(p) \cdot S_3(p) \\ &= S_1(1) \cdot S_3(1) + S_1(2) \cdot S_3(2) \\ &= 0 \times 0 + 1 \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{14} &= \sum_{p=1}^2 S_1(p) \cdot S_4(p) \\ &= S_1(1) \cdot S_4(1) + S_1(2) \cdot S_4(2) \\ &= 0 \times 1 + 1 \times 0 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{15} &= \sum_{p=1}^2 S_1(p) \cdot S_5(p) \\ &= S_1(1) \cdot S_5(1) + S_1(2) \cdot S_5(2) \\ &= 0 \times 0 + 1 \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{16} &= \sum_{p=1}^2 S_1(p) \cdot S_6(p) \\ &= S_1(1) \cdot S_6(1) + S_1(2) \cdot S_6(2) \\ &= 0 \times 1 + 1 \times 0 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{21} &= \sum_{p=1}^2 S_2(p) \cdot S_1(p) \\ &= S_2(1) \cdot S_1(1) + S_2(2) \cdot S_1(2) \\ &= 1 \times 0 + 0 \times 1 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{23} &= \sum_{p=1}^2 S_2(p) \cdot S_3(p) \\ &= S_2(1) \cdot S_3(1) + S_2(2) \cdot S_3(2) \end{aligned}$$

$$= 1 \times 0 + 0 \times 1 = 0$$

$$\begin{aligned} W_{31} &= \sum_{p=1}^2 S_3(p) \cdot S_1(p) \\ &= S_3(1) \cdot S_1(1) + S_3(2) \cdot S_1(2) \\ &= 0 \times 0 + 1 \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{41} &= \sum_{p=1}^2 S_4(p) \cdot S_1(p) \\ &= S_4(1) \cdot S_1(1) + S_4(2) \cdot S_1(2) \\ &= 1 \times 0 + 0 \times 1 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{51} &= \sum_{p=1}^2 S_5(p) \cdot S_1(p) \\ &= S_5(1) \cdot S_1(1) + S_5(2) \cdot S_1(2) \\ &= 0 \times 0 + 1 \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{61} &= \sum_{p=1}^2 S_6(p) \cdot S_1(p) \\ &= S_6(1) \cdot S_1(1) + S_6(2) \cdot S_1(2) \\ &= 1 \times 0 + 0 \times 1 = 0 \end{aligned}$$

Bobot-bobot tersebut simetris ( $W_{ij} = W_{ji}$ ; dimana  $i$ = baris dan  $j$ =kolom) dan diagonal utamanya adalah nol. Sehingga menghasilkan bobot – bobot jaringan syaraf tiruan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Aktivasi

Pola A dan pola B dilakukan sebagai vector. Dot product antara A dengan B diperoleh dengan cara mengalikan komponen kedua vector tersebut dengan vector bobot.

Step 1: aktivasi node pertama untuk pola A :

$$\begin{aligned} y_{in1} &= \sum_{i=1}^6 W_{ji} U_i \\ y_{in1} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1] = 0+0+1+0+1+0 = 2 \\ y_{in2} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [-1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1] = (-1)+0+(-1)+(-1)+0 = -3 \\ y_{in3} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1] = 2 \\ y_{in4} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [-1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1] = -3 \\ y_{in5} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1] = 2 \\ y_{in6} &= (1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0) * [-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0] = -3 \end{aligned}$$

step 2 : aktivasi node untuk pola B

$$\begin{aligned} y_{in1} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1] = -3 \\ y_{in2} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [-1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1] = 2 \\ y_{in3} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1] = -3 \\ y_{in4} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [-1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1] = 2 \\ y_{in5} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1] = -3 \\ y_{in6} &= (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1) * [-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0] = 2 \end{aligned}$$

didapatkan nilai vector output yaitu pola A = [2 -3 2 -3 2 -3] dan pola B = [-3 2 -3 2 -3 2].

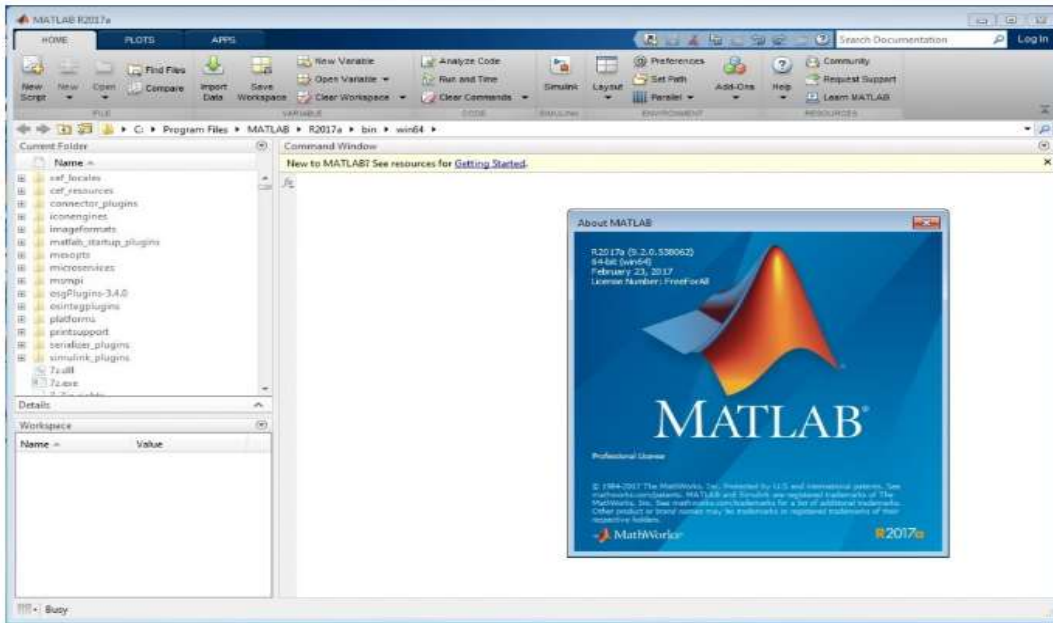
3. Set aktivasi vector output dengan fungsi ambang batas

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \text{jika } y_{in} \geq 0 \\ 0 & \text{jika } y_{in} \leq 0 \end{cases}$$

Maka diperoleh pola A output yang dihasilkan ( 1 0 1 0 1 0 ) dan pola B output yang dihasilkan ( 0 1 0 1 0 1 ). Dapat dikatakan bahwa jaringan syaraf sukses dalam mengenali pola A dan pola karena masing-masing output sama dengan inputannya.

**3.1.1 Pengujian Sistem**

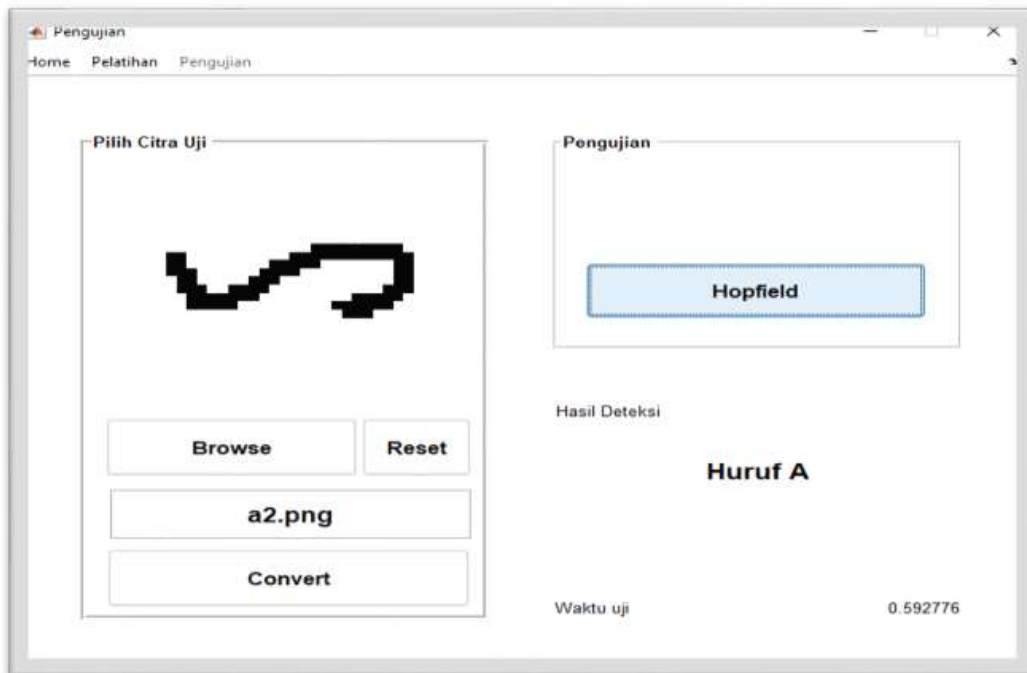
a. Tampilan awal matlab 2017



Gambar 2. Tampilan awal Matlab

b. Proses Pengujian *Hopfield*

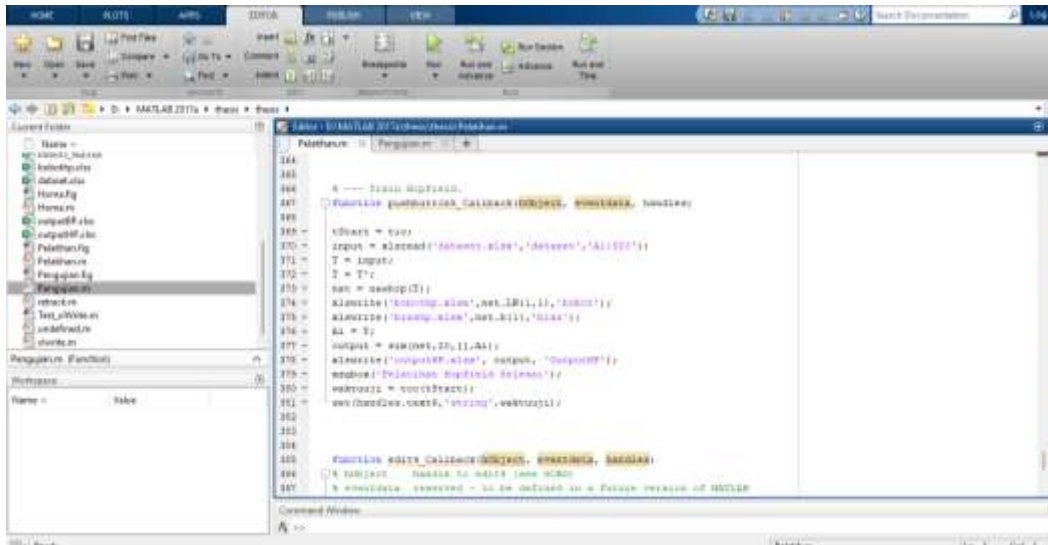
Pada tahap ini input kembali image yang telah dilatih dengan mengambil satu contoh pola aksara batak toba menggunakan aplikasi matlab 2017. Berikut tampilan interface dari pengujian



Gambar 3. Pengujian *Hopfield* pada matlab

c. Tampilan *Syntax Hopfield*

Berikut adalah tampilan interface dari syntax hopfiel menggunakan matlab 2017:



Gambar 4. Tampilan *sintax hopfield*

**3.2 Implementasi**

Hasil pelatihan dan pengujian pengenalan pola aksara batak toba menggunakan algoritma Hopfield pada matlab sebagai berikut:











Tabel 1. Tabel Hasil Pelatihan Hopfield

Nama	Target	Threshold	Waktu
S A1	10000000000000000000	124	0.744799
D BA1	01000000000000000000	124	0,718866
Y DA1	00100000000000000000	124	0.728986
ʝ GA1	00010000000000000000	124	1,03488
ʞ HA1	00001000000000000000	124	0.684588
ʟ II	00000100000000000000	124	0.703405
ʠ JA1	00000010000000000000	124	0.722474
ʡ KA1	00000001000000000000	124	0.778766
ʢ LA1	00000000100000000000	124	0.603559
ʣ MA1	00000000010000000000	124	0.770577
ʤ NA1	00000000001000000000	124	0.776089

√ NGA1	0000000000100000000	124	0.885535
√ NYA1	0000000000010000000	124	0.889518
 PA1	0000000000001000000	124	0.944692
∩ RA1	0000000000000100000	124	0.76323
∩ SA1	0000000000000010000	124	0.744166
∩ TA1	0000000000000001000	124	0.770955
∩ UI	0000000000000000100	124	0.80505
∩ WA1	0000000000000000010	124	0.8225
∩ YA1	0000000000000000001	124	0.835982

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Hopfield

Nama	Target	Threshold	Hasil	Waktu
S A3	1000000000000000000	124	A	0.607287
D BA2	0100000000000000000	124	BA	0.544179
∩ DA2	0010000000000000000	124	DA	0.551409
∩ GA2	0001000000000000000	124	GA	1.92108
∩ HA1	0000100000000000000	124	Tidak dikenali	0.66297
∩ II	0000010000000000000	124	I	0.475712
∩ JA1	0000001000000000000	124	JA	0.512332
∩ KA1	0000000100000000000	124	KA	0.570485
∩ LA1	0000000010000000000	124	LA	0.603559
∩ YA1	0000000001000000000	124	Tidak dikenali	0.56577

MA3				
 NA1	00000000001000000000	124	NA	0.776089
 NGA1	00000000000100000000	124	NGA	0.885535
 NYA1	00000000000010000000	124	NYA	0.889518
 PA1	00000000000001000000	124	PA	0.944692
 RA1	00000000000000100000	124	RA	0.5699
 SA1	00000000000000010000	124	SA	0.440261
 TA1	00000000000000001000	124	TA	0.451523
 U1	00000000000000000100	124	U	0.446438
 WA1	00000000000000000010	124	WA	0.441692
 YA1	00000000000000000001	124	YA	0.453456

#### 4 KESIMPULAN

Implementasi pengenalan pola aksara Batak Toba dengan menggunakan algoritma hopfield discrete dapat memberikan nilai akurasi yang baik dan ketepatan yang maksimal. Proses pengenalan pola dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan dengan metode hopfield terlebih dulu. Setelah dilakukan pelatihan maka selanjutnya dilakukan pengujian. Dari data 20 image yang dilatih dan di uji menghasilkan keakuratan data sebanyak 18 data image yang dapat dikenali, 2 data image tidak dikenali. Hal ini dapat disimpulkan 90 % hasil keakuratan data image menggunakan Hopfield.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada keluarga tercinta dan pihak-pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Peneliti berharap agar mini riset ini dapat membantu para pembaca agar menambah wawasan tentang pengenalan pola aksara Batak Toba. Mungkin ini saja yang bisa peneliti sampaikan dan ini saja yang bisa di buat dalam mini riset. Terima kasih sekali lagi atas dukungannya dalam pembuatan mini riset ini saya harap mini riset ini bagus dan tidak merugikan pihak manapun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. E. R. Purba, "Perancangan Aplikasi Berbasis Android Game Edukasi Pengenalan Aksara Batak-Indonesia-Inggris," *J. Dunia Ilmu*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [2] L. Sinaga, E. Irawan, and W. Saputra, "Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Metode Backpropagation Dalam Memprediksi Distribusi Air Pada PDAM Tirtauli Kota Pematangsiantar," vol. 2, pp. 161–168, 2020.
- [3] H. Abubakar and S. Sathasivam, "Developing random satisfiability logic programming in Hopfield neural network," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2266, no. October, 2020, doi: 10.1063/5.0018058.
- [4] Q. A. Al-Hajja and N. A. Jebri, "A Systemic Study of Pattern Recognition System Using Feedback Neural Networks," *Wseas Trans. Comput.*, vol. 19, pp. 115–121, 2020, doi: 10.37394/23205.2020.19.16.
- [5] M. Widrich, M. Hofmarcher, V. Patil, A. Bitto-Nemling, and S. Hochreiter, "Modern Hopfield Networks for Return Decomposition for Delayed Rewards," *Deep Reinf. Learn. Work. Neural Inf. Process. Syst.*, pp. 1–9, 2021.
- [6] F. Alenezi and K. C. Santosh, "Geometric Regularized Hopfield Neural Network for Medical Image Enhancement," *Int. J. Biomed. Imaging*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/6664569.
- [7] M. A. Belyaev and A. A. Velichko, "Classification of handwritten digits using the Hopfield network," *IOP Conf. Ser. Mater.*



- Sci. Eng.*, vol. 862, no. 5, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/862/5/052048.
- [8] S. H. Hasanah and S. M. Permatasari, "UNIVERSITAS TERBUKA Backpropagation Artificial Neural Network Classification Method In Statistics Students of Open University," vol. 14, no. 2, pp. 243–252, 2020.
- [9] T. B. Butar, B. Nadeak, and I. Saputra, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Pola Aksara Batak," vol. 1, no. 2, pp. 49–53, 2022.
- [10] M. C. Azmi and S. Sinurat, "Mendiagnosa Penyakit Mata Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dengan Menggunakan Metode Backpropagation dan Hopfield," vol. 7, no. 6, pp. 558–563, 2020, doi: 10.30865/jurikom.v7i6.2592.
- [11] M. Dahiya and S. Gill, "Detection of rogue access point in WLAN using Hopfield Neural Network," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 1060–1070, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i2.pp1060-1070.
- [12] D. Nofriansyah and H. Freizello, "Python application: Visual approach of hopfield discrete method for hiragana images recognition," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 7, no. 4, pp. 609–614, 2018, doi: 10.11591/eei.v7i4.691.