

RANCANG BANGUN SISTEM PREDIKSI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION*

Abdullah^{1*}, Zikrullah², Usman³

^{1,2,3}; Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Indragiri, Indonesia

Riwayat artikel:

Received: 13 Juni 2023

Accepted: 10 Juli 2023

Published: 1 Agustus 2023

Keywords:

Sidik Jari;

Backpropagation;

Jaringan Syaraf Tiruan.

Correspondent Email:

abdullah@unisi.ac.id

© 2023 JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstrak. Jaringan syaraf tiruan adalah salah satu metode yang mengadopsi cara kerja otak manusia dalam memecahkan suatu persoalan. Jaringan syaraf tiruan mengenali pola berdasarkan data training sehingga dapat melakukan prediksi terhadap kasus yang belum pernah dipelajari. Pengenalan sidik jari merupakan salah satu masalah yang sulit dalam pengenalan pola, hal tersebut dikarenakan setiap sidik jari seseorang memiliki ciri-ciri yang mirip namun tidak sama dan unik. Oleh karena itu dibutuhkan dibutuhkan sistem untuk menganalisis dan mengidentifikasi sidik jari seseorang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem identifikasi sidik jari dengan menerapkan metode backpropagation. Pengembangan sistem terdiri dari perencanaan, analisa, perancangan, implementasi dan pengujian. Data yang digunakan berupa citra sidik jari berukuran 30x20 piksel yang dirubah menjadi data numerik dengan proses pengolahan citra. Data numerik tersebut digunakan sebagai data input pada sistem jaringan syaraf tiruan. Citra yang digunakan sebanyak 180 citra sidik jari, yang terdiri atas 10 kelas, setiap kelas memiliki 10 sampel sidik jari. Pelatihan jaringan menggunakan data sebanyak 120 citra sidik jari dan pengujiannya menggunakan 60 citra sidik jari. Berdasarkan metode holdout diperoleh hasil pengujian dimana 53 citra dapat dikenali dan 7 citra tidak dikenali, dengan demikian diperoleh tingkat akurasi 89,74%.

Abstract. One of method that is adopted the human brain in solving a problem is an artificial neural network. Artificial neural networks are able to recognize patterns based on data training such that able to predict cases that have never been studied before. One of difficult problem in pattern recognition is fingerprint recognition, this is because each person's fingerprint has similar characteristics but not same and unique. Therefore, we need a system to analyze and identify someone's fingerprints. This study aims to design and develop a finger identification system which implement backpropagation method. System development consists of planning, analysis, design, implementation, and testing. The learning method used is a backpropagation. The data used is in the form of a fingerprint image measuring 30x20 pixels is changed to numeric with the image processing process. This process will be the input of the neural pattern identification of fingerprint patterns. The used images are 180 fingerprint images, consisting of 10 classes, each class has 10 fingerprint samples. A network training uses as many as 120 fingerprint images and the test uses 60 fingerprint images. Based on the holdout method of 60 testing images 53 images can be identified and 7 images that are not recognized thus the accuracy of 89.74%.

1. PENDAHULUAN

Sidik jari adalah suatu hal yang unik yang diberikan oleh tuhan untuk setiap manusia. Sidik jari setiap orang akan berbeda dan tidak pernah sama. Sidik jari merupakan sesuatu ciri unik yang dimiliki oleh setiap individu, dimana tidak mungkin terdapat dua individu dengan sidik jari yang sama bahkan untuk sepasang anak kembar sekalipun sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi personal dalam bidang forensik. Sidik jari terbentuk sejak awal perkembangan embrio yaitu pada umur embrio 13 minggu sampai embrio 24 minggu. Pola sidik jari ditentukan oleh banyak gen (poligen) sehingga secara genetik tidak pernah berubah seumur hidup, kecuali dipengaruhi lingkungan seperti kerusakan oleh lingkungan. Pada Gambar 1, digambarkan ciri global sidik jari dibagi ke dalam lima kategori yaitu: *Right Loop (R)*, *Left Loop*, *Whorl*, *Plain Arch*, dan *Tented Arch* [1]



Gambar 1. Ciri Global Pola Sidik Jari

Beberapa kelebihan yang dimiliki sidik jari antara lain: (1) *Perennial nature*, yaitu guratan-guratan pada sidik jari yang melekat pada kulit bersifat tetap. (2) *Immutability*, yaitu sidik jari seseorang tidak berubah, kecuali mendapatkan kecelakaan yang serius. (3) *Individuality*, pola sidik jari adalah unik dan berbeda untuk setiap orang [2]

Dalam kehidupan sehari-hari sering dilakukan proses identifikasi sidik jari, mulai dari pelayanan imigrasi, keamanan handphone, pencatatan kehadiran, kependudukan dan banyak lagi lainnya. Ada banyak cara yang digunakan untuk proses identifikasi atau pengenalan pola sidik jari. Secara manual pengenalan pola sidik jari dilakukan dengan membandingkan atau mencocokkan sidik jari yang didapat dari sidik jari sebelumnya atau mencocokkan dengan sidik jari yang asli. Untuk dapat membantu mempermudah prediksi pola sidik jari dapat memanfaatkan teknologi komputer. Identifikasi sidik jari termasuk kedalam masalah pengenalan pola (*pattern recognition*). Pada umumnya pengenalan sidik

jari bertujuan untuk mengidentifikasi objek yang merupakan bagian dari *security sistem*. Identifikasi sidik jari termasuk masalah yang sulit dalam pengenalan pola, hal tersebut dikarenakan setiap sidik jari seseorang memiliki ciri-ciri yang mirip namun tidak sama.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the Art*

Artificial Intelligence biasanya diartikan dengan kecerdasan buatan, walaupun sebagian ahli mengatakan tidak tepat diartikan demikian. *Intelligence* yang dapat diartikan cerdas, sementara *artificial* artinya buatan. Istilah kecerdasan buatan dimaksudkan penerapan kecerdasan kepada mesin yang mampu berfikir, membimbing keputusan – keputusan yang diambil, dan dapat menentukan keputusan terbaik sebagaimana halnya tindakan manusia [3]. Kecerdasan buatan mempelajari teori dan konsep tentang kecerdasan. Konsep dan teori tersebut kemudian diterapkan pada mesin dengan menggunakan tools bahasa pemrograman, sehingga dapat dirasakan manfaatnya yang nyata setelah diterapkan pada sistem komputer [4]

Jaringan saraf tiruan adalah salah satu kecerdasan buatan, dimana ia meniru sistem kerja yang ada pada otak manusia dalam mencari solusi suatu masalah dengan cara melakukan proses belajar terlebih dahulu. Jaringan syaraf tiruan mampu mengenali pola dengan berpedoman pada pembelajaran masa lalu [5]. Pemrosesan data dilakukan pada sekumpulan elemen yang disebut neuron. Informasi dikirimkan dari satu neuron kepada neuron lainnya melalui jalur yang saling terhubung. Pada setiap jalur penghubung terdapat bobot yang menentuka besaran nilai sinyal informasi yang masuk. Pada setiap neuron diaplikasikan fungsi aktivasi yang menjadi penentu sinyal output. Karakteristik jaringan saraf tiruan dipengaruhi oleh arsitektur jaringan, bobot dan fungsi aktivasi [6].

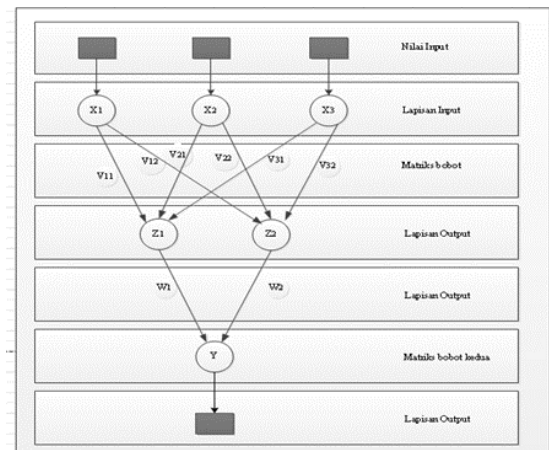
Jaringan saraf tiruan mampu menyelesaikan masalah setelah melalui proses belajar dari sampel-sampel pembelajaran [7]. Selama proses belajar pola masukan diberikan berpasangan dengan pola keluaran yang ditargetkan. Berdasarkan pola masukan dan target atau sasaran yang ditentukan tersebut, jaringan akan belajar dan selanjutnya menyesuaikan bobot – bobot jaringan

sedemikian rupa sehingga memberikan output yang sesuai dengan target yang diinginkan [8]. Semakin lama proses iterasi pelatihan dilakukan maka algoritma ini akan memberikan kinerja yang membaik. Jaringan saraf tiruan memiliki toleransi terhadap perubahan yang relatif kecil (*fault tolerance*) sehingga tidak mudah dipengaruhi akan perubahan data (*robust*) dan dapat bekerja dengan konsisten dan baik [9].

Kelebihan – kelebihan lain yang dimiliki jaringan saraf tiruan antara lain yaitu: (1) *belajar adaptive*, yaitu kemampuan penyesuaian diri dalam melakukan pembelajaran berdasarkan data yang diinputkan untuk pelatihan sebagai pengalaman, (2) *self-organisation* yaitu jaringan saraf tiruan dapat mengorganisasikan sendiri informasi yang diterimanya pada saat pembelajaran, (3) *real time operation*, yaitu algoritma jaringan syaraf tiruan dapat berjalan paralel sehingga dapat dirancang suatu perangkat keras khusus untuk mendapatkan keuntungan dari kelebihan ini [10]. Namun demikian terdapat pula beberapa kelemahan jaringan saraf tiruan yaitu: (1) kurang efektif untuk digunakan dalam melakukan operasi-operasi numerik yang mempunyai presisi yang tinggi, (2) kurang efisien untuk digunakan dalam melakukan operasi logaritma aritmatika, operasi logika dan simbolis, (3) jaringan saraf tiruan memerlukan waktu pelatihan yang relatif cukup lama apalagi jika jumlah data pelatihan cukup besar [10]. Sifat-sifat jaringan saraf tiruan ditentukan oleh beberapa faktor yaitu: (1) pola hubungan antar neuron yang disebut dengan arsitektur jaringan, (2) Metode penentuan bobot-bobot jaringan yang disebut dengan pelatihan atau proses pembelajaran, (3) Fungsi aktivasi, yang berupa fungsi yang mengatur *threshold* atau ambang batas penentuan output pada jaringan [11].

Salah satu metode yang biasanya digunakan pada pengenalan pola sidik jari adalah dengan menerapkan jaringan saraf tiruan (JST) [12]. Dalam penelitian ini digunakan metode pembelajaran *backpropagation* untuk memprediksi sidik jari. Metode *backpropagation* digunakan karena model jaringan ini sudah terbukti berhasil diaplikasikan pada penyelesaian suatu masalah berkaitan dengan identifikasi, prediksi, pengenalan pola dan sebagainya [13]. *Backpropagation* adalah metode penurunan

gradien yang dimaksudkan untuk meminimalkan kuadrat error keluaran. Ada tiga tahap yang harus dilakukan dalam pelatihan jaringan, yaitu tahapan perambatan maju (*forward propagation*), tahapan perambatan-balik, dan tahap perubahan bobot bias [14].



Gambar 2. Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Gambar 2 menunjukkan arsitektur jaringan yang terdiri dari atas input layer, hidden layer, dan output layer. Disini lapisan input memiliki 3 unit neuron, yaitu x_1 , x_2 , dan x_3 yang terhubung langsung dengan lapisan tersembunyi yang memiliki 2 unit neuron tersembunyi, yaitu z_1 dan z_2 . Hubungan neuron-neuron pada lapisan input dan lapisan output tersebut ditentukan oleh bobot v_{11} , v_{12} , v_{21} , v_{22} , v_{31} , dan v_{32} . Selanjutnya, 2 unit neuron tersembunyi z_1 dan z_2 terhubung langsung dengan lapisan output yang memiliki 1 unit neuron Y yang besarnya ditentukan oleh w_1 dan w_2 .

3. METODE PENELITIAN

Data diambil dari sampel secara acak sebanyak 100 citra sidik jari pegawai dinas ketahanan pangan Kabupaten Indragiri Hilir Riau. Ada 10 kelas yang digunakan, dimana masing-masing kelas terdiri atas 10 sampel citra sidik jari berukuran 30x20 piksel. Metodologi pengembangan sistem *waterfall* digunakan dalam rancang bangun sistem identifikasi sidik jari ini [15]. Perancangan sistem menggunakan *Unified Modelling Language* (UML) yang meliputi *Class diagram*, *Use Case diagram*, *Activity diagram* dan *Sequence diagram*. Pada tahapan implementasi sistem ini dibangun dengan bahasa pemrograman MATLAB.

Proses identifikasi dilakukan dengan menerapkan jaringan saraf tiruan menggunakan metode pembelajaran *backpropagation*. Sedangkan untuk tahapan evaluasi digunakan *blackbox* testing untuk menguji sistem dan metode holdout untuk estimasi akurasi *backpropagation* dalam mengidentifikasi sidik jari [16].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

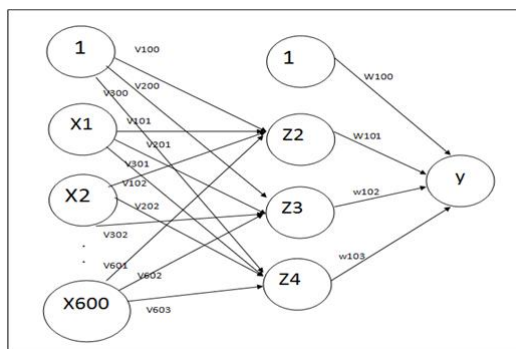
Selanjutnya hasil dan pembahasan dari tiga tahapan perancangan, implementasi dan pengujian sistem dijelaskan sebagai berikut:

4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem meliputi beberapa hal utama yaitu perancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan, perancangan proses dan perancangan interface. Hanya perancangan arsitektur, perancangan proses yang akan dijelaskan. Perancangan interface dipaparkan pada bagian implementasi karena pada bagian ini ditampilkan hasil perancangan user interface.

Perancangan Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Backpropagation)

Arsitektur *backpropagation* yang dirancang pada pengenalan pola sidik jari ini sebagaimana Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Arsitektur *Backpropagation* yang Dirancang

$V_{100} - V_{603}$ = Bobot pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*)

$W_{100} - W_{103}$ = Bobot pada lapisan keluaran (*output layer*)

X = Lapisan masukan (*input layer*)

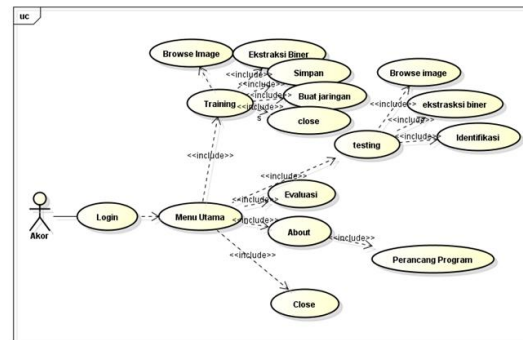
Y = Lapisan keluaran (*output layer*)

Z = Lapisan tersembunyi (*hidden layer*)

4.2 Perancangan Proses

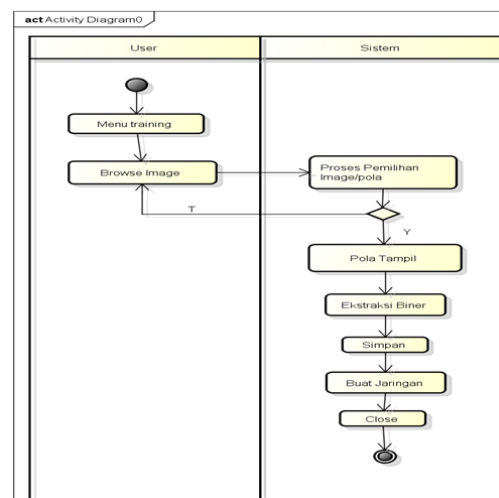
Perancangan proses bertujuan untuk memberikan gambaran secara umum kepada

pengguna, dari sistem yang akan dibuat. *Usecase* pada Gambar 4 bertujuan untuk menggambarkan proses antara aktor dan sistem yang dibangun.



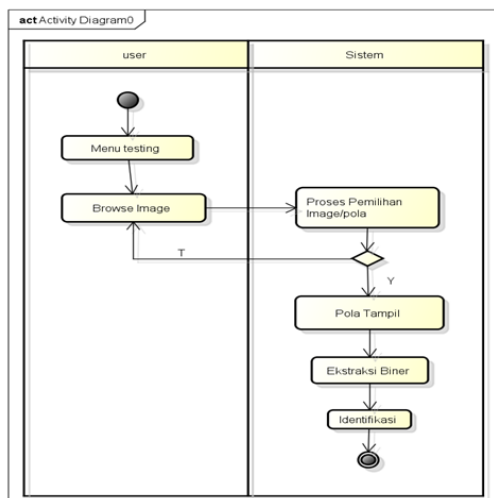
Gambar 4. *Usecase Diagram* Sistem

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan *usecase diagram* keseluruhan dari sistem, jika dipilih tombol start maka akan muncul *form login*, kemudian akan tampil *form menu utama*, dimana di *form utama* ada tombol *training*, *testing about* dan *close*.



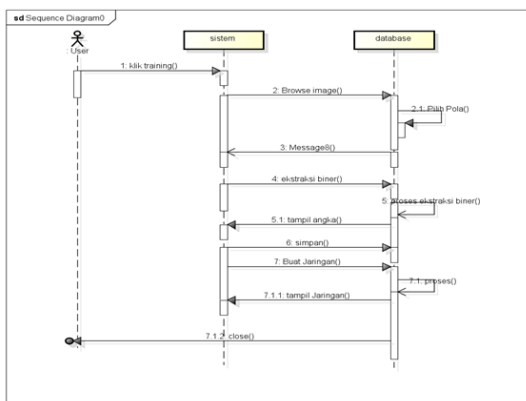
Gambar 5. *Activity Diagram Training*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan mengenai *activity diagram training* yaitu *user* bisa membaca data pola yang tersimpan di *database*, dan selanjutnya sistem bekerja untuk proses *training*. Jika *training* berhasil maka sistem akan menampilkan grafik dan berhenti, sebaliknya jika gagal, maka *user* akan membuka data pola untuk melakukan *training* ulang.



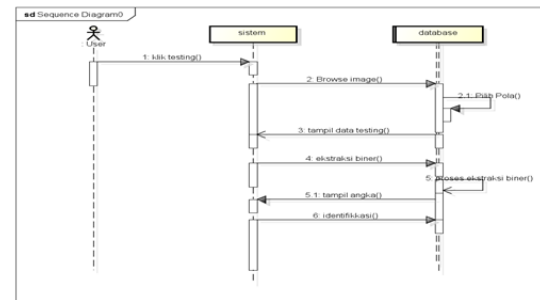
Gambar 6. Activity Diagram Testing

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan mengenai *activity diagram testing* pola sebagai berikut, yaitu user melakukan pencarian pola, selanjutnya sistem akan menampilkan pola sidik jari, jika tampilan pola data sidik jari benar maka sistem akan melanjutkan ke proses pengenalan pola dan sistem akan menampilkan hasil pola sidik jari dan jika tampilan data pola gagal maka *user* akan melakukan pencarian ulang untuk melanjutkan ke proses selanjutnya atau pengenalan pola.



Gambar 7. Sequence Diagram Training

Berdasarkan Gambar 7 dapat dijelaskan keterangan mengenai *sequence diagram training* sebagai berikut, pertama masuk ke master data pola *form*, setelah data pola terbuka maka dilanjutkan memilih membaca data pola, kemudian selanjutnya maka ditampilkan data pola dan grafik serta keluar.



Gambar 8. Sequence Diagram Testing

Berdasarkan Gambar 8 dapat dijelaskan keterangan mengenai *sequence diagram testing* sebagai berikut, pertama masuk kemaster data pola *form* data pola terbuka lalu pilih salah satu data pola, lalu data pola akan tampil, selanjutnya lakukan *testing* data pola dan keluar.

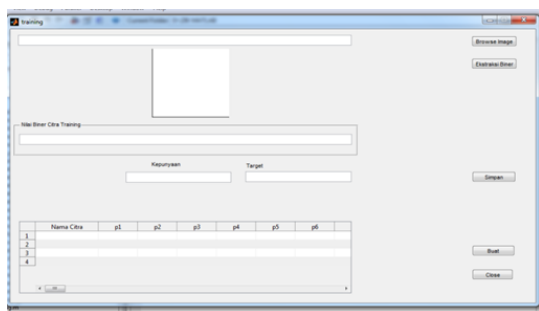
4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem pengenalan pola sidik jari yakni membangun antar muka ke dalam beberapa tampilan antar muka program, halaman utama, halaman *training*, halaman *testing*, halaman tentang program dan halaman evaluasi program. Halaman utama akan ditampilkan pertama kali dalam interaksi pengguna dengan sistem.



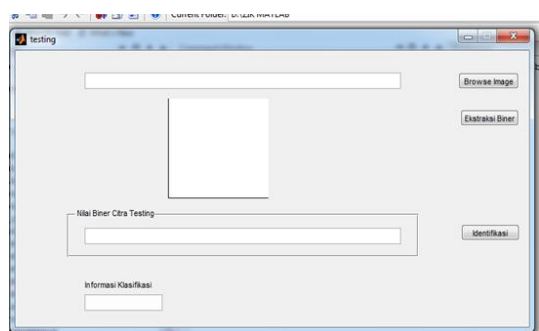
Gambar 9. Menu Utama

Gambar 9 merupakan tampilan halaman utama yang terdiri dari 5 menu yaitu *Training*, *Testing* dan *Evaluasi*, *About* dan *Close*. Menu *Training* digunakan untuk masuk ke *form* pelatihan (*training*) dan menu *Testing* digunakan untuk masuk ke *form* pengujian (*testing*) sedangkan *Close* digunakan untuk keluar dari program.



Gambar 10. Form Training

Gambar 10 merupakan tampilan desain *form training* yang terdiri dari beberapa proses yaitu proses baca data pola *training*, jika proses baca data pola *training* selesai dimana akan muncul grafik, jika grafiknya sudah muncul maka langkah selanjutnya untuk melakukan proses *training* dan *close*. Pada rancangan antar muka pemakai tahapan pelatihan (*training*) ini digunakan oleh *user* untuk pelatihan menggunakan data sampel yang ada untuk membentuk jaringan.



Gambar 11. Form Testing

Gambar 11 merupakan rancangan antarmuka *form Testing* untuk tahapan pengujian (*testing*) dimaksudkan agar pemakai mengetahui sidik jari siapa yaitu dengan memilih (*browser*) dari beberapa huruf yang telah disediakan setelah itu maka lakukan *testing* dan *close*.

4.4 Pengujian Sistem

Pengujian hasil implementasi sistem telah dilakukan. Proses yang dilakukan dalam pengujian *black box* adalah dengan cara menguji aplikasi, dengan memasukkan data ke dalam *form – form* yang telah disediakan. Pada tahap ini dilakukan pengujian *Form Log In* yaitu dengan pengujian input *User* dan *Password*. Jika data benar akan diakses, kesimpulan bahwa input *User* dan *Password* benar sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian *Form Login* Benar

Input Data	Penulisan	Hasil	Kesimpulan
User = zikru	Huruf	User sesuai	User Benar
Password = zik	Huruf	Password sesuai	Password Benar

Pengujian *black box login* dengan pengujian *input User* dan *Password* dengan data yang salah dengan penulisan berupa huruf serta kesimpulan bahwa *User*, *Password* dan akses salah sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian *Form Login* Salah

Input Data	Penulisan	Hasil	Kesimpulan
User = zik	Huruf	Use rsalah	User salah
Password = zikru	Huruf	Password salah	Password Salah

Pengujian *black box data training* yaitu dengan pengujian: *browse image*, ekstraksi biner, kepunyaan dan target. Data dibaca benar serta kesimpulan semua data benar kemudian disimpan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *Form Pengetahuan* Benar

Input Data	Penulisan	Hasil	Kesimpulan
<i>Browse image</i>	Gambar sidik jari	sesuai	Benar
Ekstraksi biner	Angka	sesuai	Benar
Kepunyaan	Huruf	sesuai	Benar
Target	8 angka	sesuai	Benar

Pengujian *black box data pengetahuan* dengan pengujian *browse image*, kepunyaan, ekstraksi biner, target. dengan data yang salah dan penulisan huruf serta kesimpulan semua data salah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian *Form Pengetahuan Salah*

<i>Input Data</i>	<i>Penulisan</i>	<i>Hasil</i>	<i>Kesimpulan</i>
<i>Browse image</i>	Selain gambar sidik jari	Tidak sesuai	Salah
Ekstraksi biner	Huruf	Tidak sesuai	Salah
Kepunyaan	Angka	Tidak sesuai	Salah
Target	9 angka	Tidak sesuai	Salah

Pengujian *black box data testing* dengan pengujian *browse image*, ekstraksi dan identifikasi. Dengan data yang benar serta kesimpulan semua data benar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian *Form Testing Benar*

<i>Input Data</i>	<i>Penulisan</i>	<i>Hasil</i>	<i>Kesimpulan</i>
<i>Browse image</i>	Gambar sidik jari	sesuai	Benar
Ekstraksi biner	Angka	sesuai	Benar
Identifikasi	Huruf	sesuai	Benar

Pengujian *black box data testing* dengan pengujian *browse image*, ekstraksi dan identifikasi. dengan data yang salah serta kesimpulan semua data salah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian *Form Testing Salah*

<i>Input Data</i>	<i>Penulisan</i>	<i>Hasil</i>	<i>Kesimpulan</i>
<i>Browse image</i>	Selain gambar sidik jari	Tidak sesuai	Salah
Ekstraksi biner	Huruf	Tidak sesuai	Salah
Identifikasi	Angka	Tidak sesuai	Salah

Pengujian tingkat akurasi sistem telah dilakukan pula. Adapun spesifikasi dari

pengujian sistem sidik jari ini adalah: (1) citra latih yang digunakan (sebagai memori/ pengetahuan bagi sistem) sebanyak 120 citra, (2) *database* dari citra yang tersimpan akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan klasifikasi citra uji sebanyak 60 citra, (3) metode validasi yang digunakan adalah *holdout*, dimana 2/3 data digunakan untuk pelatihan dan 1/3 data digunakan untuk pengujian. Hasil Pengujian yang dilakukan dengan metode *holdout*, diperoleh citra uji yang diklasifikasi secara benar sebanyak 53 citra, sedangkan 7 citra uji diklasifikasikan salah oleh sistem. Dengan demikian dapat diketahui bahwa akurasi yang diperoleh sebesar 89,74%.

5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan sistem pengenalan pola sidik jari dengan menerapkan metode *backpropagation* dalam pengidentifikasiannya. Pengujian dilakukan dengan metode *holdout* dengan perbandingan 2/3 citra (120 citra) digunakan sebagai data pelatihan dan 1/3 citra (60 citra) digunakan untuk pengujian. Hasil yang diperoleh bahwa citra uji yang diklasifikasi secara benar sebanyak 53 citra, sedangkan 7 citra uji diklasifikasikan salah, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa akurasi yang diperoleh sebesar 89,74%.

Sistem ini masih terdapat kelemahan dalam akurasi, untuk itu perlu dilakukan pengembangan sistem sistem cerdas pengenalan pola sidik jari agar lebih akurat dan diharapkan kepada peneliti selanjutnya agar dapat menggunakan metode lain, agar dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. D. Miranda, L. Novamizanti, and S. Rizal, "Convolutional Neural Network Pada Klasifikasi Sidik Jari menggunakan Resnet-50," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 1, no. 2, pp. 61–68, Dec. 2020, doi: 10.20884/1.jutif.2020.1.2.18.
- [2] D. Y. Meisya, H. Sania, P. A. Ningsih, and S. A. Fitri, "Variasi Pola Sidik Jari Fakultas Teknik Dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Berdasarkan Jenis Kelamin," *Prosiding SEMNAS BIO*, pp. 696–702, 2022.
- [3] B. Schneier, "Artificial Intelligence and the Attack/Defense Balance," *IEEE Secur Priv*,

- vol. 16, no. 2, pp. 96–96, Mar. 2018, doi: 10.1109/MSP.2018.1870857.
- [4] Yahfizham, *Dasar - Dasar Komputer*, 1st ed. Medan: Perdana Publishing, 2019.
- [5] A. Vyan Martha, M. Hanafi, and A. Burhanuddin, “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk Mengenali Pola Tanda Tangan dengan Metode Backpropagation,” *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 3, no. 2, pp. 51–57, Apr. 2020, doi: 10.31603/komtika.v3i2.3472.
- [6] Widodo and P. Prabowo, *Menggunakan UML*. Bandung: Informatika, 2011.
- [7] F. Zola, G. W. Nurcahyo, and J. Santony, “Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Prestasi Siswa,” *Jurnal Teknologi dan Open Source*, vol. 1, no. 1, pp. 58–72, Jun. 2018.
- [8] R. A. Mahessya, “Memprediksi Kecerdasan Siswa menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan berbasis Algoritma Backpropagation (Studi Kasus di LP3I Course Centre Padang),” *Jurnal KomTekInfo*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2014.
- [9] L. D. Rahakbauw, “Analisis Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Terhadap Peramalan Nilai Tukar Mata Uang Rupiah dan Dolar,” *Jurnal Barekeng*, vol. 8, no. 2, pp. 27–32, 2014.
- [10] N. E. Mohamed and A. S. M. El-bhrawy, “Artificial Neural Networks in Data Mining,” *IOSR J Comput Eng*, vol. 18, no. 6, pp. 55–59, 2016, doi: <https://doi.org/10.9790/0661-1806035559>.
- [11] Z. Cömert and A. Kocamaz, “A Study of Artificial Neural Network Training Algorithms for Classification of Cardiotocography Signals,” *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 93–103, Dec. 2017, doi: 10.17678/beuscitech.338085.
- [12] Y. Pangaribuan and M. Sagala, “Menerapkan Jaringan Saraf Tiruan untuk Mengenali Pola Huruf Menggunakan Metode Perceptron,” *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, vol. 2, no. 2, pp. 53–59, Dec. 2017.
- [13] T.-C. Chen, C.-L. Liu, and H.-D. Lin, “Advanced Artificial Neural Networks,” *Algorithms*, vol. 11, no. 7, p. 102, Jul. 2018, doi: 10.3390/a11070102.
- [14] N. Nurmila, A. Sugiharto, and E. A. Sarwoko, “Algoritma Back Propagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa,” *JURNAL MASYARAKAT INFORMATIKA*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, Dec. 2010, doi: 10.14710/jmasif.1.1.74.
- [15] A. Saxena and U. Upadhyay, “Waterfall vs. Prototype: Comparative Study of SDLC,” *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, vol. 2, no. 6, 2016.
- [16] A. Husin, O. Mahmod, and L. Afrinanda, “Poisonous Shrimp Detection System for Litopenaeus Vannamei using k-Nearest Neighbor Method,” *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, p. 20, May 2018, doi: 10.24843/LKJITI.2018.v09.i01.p03.