

**PERANCANGAN SISTEM BIOMETRIK TELINGA BERBASIS
TAPIS GABOR MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF
TIRUAN PERAMBATAN BALIK**

SKRIPSI

IVANO KUMARAN
20200120004



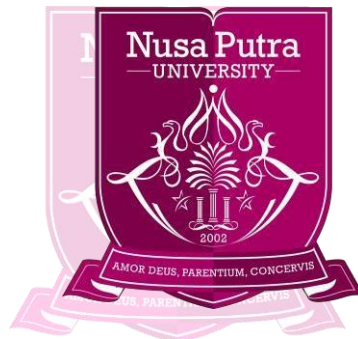
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

**PERANCANGAN SISTEM BIOMETRIK TELINGA BERBASIS
TAPIS GABOR MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF
TIRUAN PERAMBATAN BALIK**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

IVANO KUMARAN
20200120004



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

PERNYATAAN PENULIS

Judul : PERANCANGAN SISTEM BIOMETRIK TELINGA
BERBASIS TAPIS GABOR MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN BALIK
Nama : IVANO KUMARAN
NIM : 20200120004

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik Saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.”

Sukabumi, 22 Agustus 2024



IVANO KUMARAN
Penulis

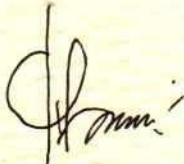
PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : PERANCANGAN SISTEM BIOMETRIK TELINGA
BERBASIS TAPIS GABOR MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN BALIK
Nama : IVANO KUMARAN
NIM : 20200120004

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 22 Agustus 2024 Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sukabumi, 22 Agustus 2024

Pembimbing I



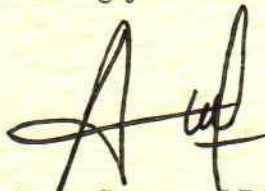
Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T.
NIDN. 0426019502

Pembimbing II



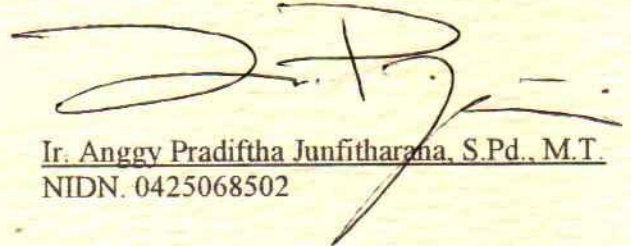
Alun Sujada, S.Kom., M.T.
NIDN. 0718108001

Ketua Penguji



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.
NIDN. 0407098009

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfitharana, S.Pd., M.T.
NIDN. 0425068502

PLH. Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain



Ir. Paikun, S.T., M.T. IPM., ASEAN. Eng.
NIDN. 0402037401

ABSTRAK

Inovasi dalam pengembangan sistem keamanan yang dapat diandalkan sangat penting untuk melindungi informasi pribadi, data privasi, dan kontrol akses. Biometrik telinga, yang memanfaatkan struktur unik telinga, menawarkan metode identifikasi manusia yang menjanjikan karena ketahanannya terhadap pemalsuan. Penelitian ini merancang dan menguji sistem identifikasi biometrik telinga menggunakan citra telinga kanan tanpa aksesori dari lima individu pria, dengan total 224 citra. Proses pra-pengolahan meliputi pengubahan ukuran citra, konversi citra ke skala keabuan, dan penerapan tapis Gaussian. Segmentasi dilakukan dengan deteksi tepi Canny, diikuti dengan operasi morfologi seperti dilasi dan pengisian lubang. Ciri citra telinga diekstraksi menggunakan tapis Gabor, dan klasifikasi dilakukan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Sistem ini mencapai tingkat keberhasilan rata-rata 88,8% dalam lima skenario pengujian, dengan akurasi tertinggi 94% pada skenario pertama dan kelima. Sensitivitas untuk kelas 1, 2, 3, 4, dan 5 masing-masing adalah 98%, 74%, 92%, 96%, dan 82%. Spesifisitas mencapai 100% untuk kelas 1 dan 3, serta 94%, 97,5%, dan 94,5% untuk kelas 2, 4, dan 5. Berdasarkan hasil pengujian akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas, dapat disimpulkan bahwa sistem biometrik telinga dengan ekstraksi ciri tapis Gabor dan klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik menunjukkan kinerja yang baik dan memiliki potensi untuk aplikasi keamanan. Namun, masih terdapat kesalahan klasifikasi yang dapat mengakibatkan kesalahan pengenalan individu yang tidak terdaftar.

Kata Kunci: Biometrik, Telinga, Pengolahan Citra, Tapis Gabor, Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik

ABSTRACT

Innovation in developing reliable security systems is crucial for protecting personal information, privacy data, and access control. Ear biometrics, which utilizes the unique structure of the ear, offers a promising method for human identification due to its resistance to counterfeiting. This study designed and tested an ear biometric identification system using images of the right ear without accessories from five male individuals, totaling 224 images. The pre-processing involved resizing the images, converting them to grayscale, and applying a Gaussian filter. Segmentation was performed using Canny edge detection, followed by morphological operations such as dilation and hole filling. Features of the ear images were extracted using a Gabor filter, and classification was carried out with the Back Propagation Neural Network method. The system achieved an average success rate of 88.8% across five testing scenarios, with the highest accuracy of 94% in the first and fifth scenarios. Sensitivity for classes 1, 2, 3, 4, and 5 was 98%, 74%, 92%, 96%, and 82%, respectively. Specificity reached 100% for classes 1 and 3, and 94%, 97.5%, and 94.5% for classes 2, 4, and 5. Based on the results of accuracy, sensitivity, and specificity testing, it can be concluded that the ear biometric system with Gabor filter feature extraction and Back Propagation Neural Network classification demonstrates good performance and has potential for security applications. However, there are still classification errors that could lead to misrecognition of unregistered individuals.

Keywords: *Biometrics, Ear, Image Processing, Gabor Filter, Back Propagation Neural Network*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Biometrik Telinga Berbasis Tekstur Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik”. Adapun skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi.

Berbagai pihak telah banyak membimbing, membantu, dan memberikan arahan selama penyusunan skripsi ini. Sehubungan dengan itu penulis secara tulus ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Dr. H. Kurniawan, S.T., M.Si., M.M.
2. Dekan Fakultas Teknik, Komputer, dan Desain Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Ir. Paikun, S.T., M.T. IPM., ASEAN. Eng.
3. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Ir. Anggy Pradiftha Junfitharana, S.Pd., M.T.
4. Dosen Pembimbing I Bapak Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T.
5. Dosen Pembimbing II Bapak Alun Sujjada, S.Kom., M.T.
6. Orang tua dan seluruh keluarga.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang penulis banggakan.
8. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dan memberikan semangat, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak sekali kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat dijadikan sebagai pembelajaran untuk perbaikan kedepannya baik bagi penulis maupun pembaca.

Sukabumi, 22 Agustus 2024

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ivano Kumaran

Nim : 20200120004

Program Studi : Teknik Elektro

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembanagn ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERANCANGAN SISTEM BIOMETRIK TELINGA BERBASIS TEKSTUR
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN BALIK

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Sukabumi

Pada tanggal : 22 Agustus 2024

Yang menyatakan,


C896FALX310016608
(Ivano Kumaran)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENULIS	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Peluang Keterbaruan.....	11
2.3 Biometrik	12
2.4 Biometrik Telinga.....	12
2.5 Pengolahan Citra Digital.....	13
2.5.1 Citra Berwarna	14
2.5.2 Citra Berskala Keabuan	15
2.5.3 Citra Biner.....	15
2.5.4 Tapis Gaussian	16
2.5.5 Deteksi Tepi	17
2.5.6 Operasi Morfologi.....	19
2.6 Ekstraksi Ciri Tapis Gabor	20
2.6.1 Ekstraksi Ciri Orde 1	21
2.7 Klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan	22
2.7.1 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan	23

2.7.2	Fungsi Aktivasi Jaringan Syaraf Tiruan	23
2.7.3	Algoritma Perambatan Balik	24
2.8	Perancangan Analisis Hasil dan Efektivitas Sistem	25
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Alur Penelitian	28
3.2	Perancangan Sistem	29
3.2.1	Akuisisi Data	29
3.2.2	Pra-Pengolahan	30
3.2.3	Segmentasi	30
3.2.4	Ekstraksi Ciri	31
3.2.5	Klasifikasi	33
3.2.6	Perancangan Analisis Hasil dan Efektivitas Sistem	37
3.3	Spesifikasi Perangkat	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Akuisisi Data	38
4.2	Hasil Pra-Pengolahan	39
4.3	Hasil Segmentasi	40
4.4	Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor	42
4.5	Hasil Identifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik	45
4.5.1	Hasil Pelatihan Jaringan (<i>Training</i>)	46
4.5.2	Hasil Pengujian Jaringan (<i>Testing</i>)	50
4.6	Analisis Hasil dan Efektivitas Sistem	52
4.6.1	Analisis Hasil dan Efektivitas Sistem Pada Seluruh Skenario	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		69
BIODATA MAHASISWA		90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berbagai Jenis Biometrik	12
Gambar 2.2 Karakteristik Telinga.....	13
Gambar 2.3 Warna RGB pada ruang 3D	14
Gambar 2.4 Jenis Citra	16
Gambar 2.5 Filtrasi.....	16
Gambar 2.6 Deteksi Tepi <i>Canny</i> Pada Citra Songket	17
Gambar 2.7 Operasi Morfologi Dilasi	20
Gambar 2.8 Contoh Hasil Ekstraksi Ciri.....	21
Gambar 2.9 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Identifikasi	29
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pra-Pengolahan.....	30
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Segmentasi.....	31
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Ekstraksi Ciri.....	32
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Klasifikasi pada Sistem Identifikasi	33
Gambar 3.7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik	35
Gambar 4.1 Basis Data Penelitian Identifikasi Telinga	38
Gambar 4.2 Citra Hasil Pra-Pengolahan.....	39
Gambar 4.3 Citra Hasil Segmentasi	41
Gambar 4.4 Hasil Citra Dengan Tapis Gabor	42
Gambar 4.5 Proses Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Skenario Pertama	47
Gambar 4.6 Grafik Pelatihan Jaringan	48
Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Pelatihan Antara Hasil Keluaran Dengan Target Pada Skenario Pertama	49
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian Antara Hasil Keluaran Dengan Target Pada Skenario Pertama.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terkait	6
Tabel 2.2 Nilai Penyusunan Warna	15
Tabel 2.3 <i>Confusion Matrix</i>	26
Tabel 3.1 Skenario Pengujian.....	33
Tabel 3.2 Perancangan Parameter Jaringan Syaraf Tiruan	36
Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor Pada Orientasi 0°	44
Tabel 4.2 Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor Pada Orientasi 45°	44
Tabel 4.3 Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor Pada Orientasi 90°	44
Tabel 4.4 Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor Pada Orientasi 135°	44
Tabel 4.5 Hasil Ekstraksi Ciri Tapis Gabor Pada Orientasi 180°	45
Tabel 4.6 Hasil Identifikasi Biometrik Telinga Pada Skenario Pertama	52
Tabel 4.7 Hasil Akurasi Identifikasi Biometrik Telinga Pada Setiap Kelas Berdasarkan Skenario ke-1 Sampai Skenario ke-5.....	55
Tabel 4.8 Hasil Sensitivitas Identifikasi Biometrik Telinga Pada Setiap Kelas Berdasarkan Skenario ke-1 Sampai Skenario ke-5.....	56
Tabel 4.9 Hasil Spesifisitas Identifikasi Biometrik Telinga Pada Setiap Kelas Berdasarkan Skenario ke-1 Sampai Skenario ke-5.....	56



BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas teori dasar pada penelitian yang meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang Masalah

Inovasi pada sistem keamanan sangat diperlukan untuk menciptakan sistem keamanan yang handal bagi manusia. Fungsi keamanan digital adalah untuk menjaga keamanan informasi pribadi, data privasi, serta kontrol akses yang dapat membahayakan jika diakses oleh pihak yang tidak berwenang. Dalam upaya melindungi data pengguna, pengembangan terus dilakukan pada teknologi biometrik yang terintegrasi pada tubuh manusia, sehingga dapat digunakan sebagai sistem keamanan yang dapat mencegah tindakan pencurian atau pemalsuan akses untuk masuk ke dalam sistem [1].

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian peneliti di bidang pengenalan visi komputer telah tertuju pada telinga sebagai salah satu ciri biometrik yang menarik. Hal ini dikarenakan variasi struktur dan bentuk telinga yang unik pada setiap individu, membuat biometrik telinga menjadi suatu metode identifikasi manusia yang dapat diandalkan [2], [3]. Sistem keamanan biometrik pada tubuh manusia dianggap sebagai yang paling mutakhir karena memiliki ciri yang unik dan sulit untuk ditiru [4]. Keistimewaan biometrik telinga terletak pada kontur, penampilan, dan perilaku yang bersifat paling individual jika dibandingkan dengan karakteristik biometrik lainnya [5].

Metode identifikasi biometrik melalui pengenalan telinga terbukti sangat efektif. Selain itu, pemanfaatan telinga juga memberikan manfaat signifikan dalam penelitian asimetri klinis, eksplorasi koneksi genetik, dan identifikasi jenis kelamin. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya untuk mengatasi sejumlah masalah yang sering terjadi pada metode biometrik lainnya [6]. Bentuk telinga relatif tetap dan mengalami perubahan yang minimal seiring penuaan. Keunikannya tidak terpengaruh oleh ekspresi wajah, dan posisi telinga yang tetap di tengah

kepala memungkinkan latar belakang dapat diprediksi dengan mudah [7]–[10]. Penelitian medis telah memvalidasi adanya perubahan yang nyata pada bentuk telinga mulai dari usia 4 bulan sampai usia 8 tahun, dan setelah mencapai usia 70 tahun. Namun, dalam rentang usia 8 hingga 70 tahun, bentuk telinga cenderung tetap konsisten tanpa mengalami perubahan yang signifikan [11], [12].

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh S. M. Jiddah dan K. Yurtkan pada tahun 2018 dengan judul “*Fusion of Geometric and Texture Features for Ear Recognition*” [13]. Pada penelitian tersebut menggunakan basis data telinga yang berasal dari *Mathematical Analysis of Images* (AMI) menggunakan format JPEG dengan ukuran 492 x 702 piksel. Pengujian dilakukan menggunakan 600 citra telinga kanan dari 100 subjek pada usia 19 sampai 65 tahun. Ekstraksi ciri dilakukan menggunakan *Local Binary Pattern* (LBP) dan tapis *Laplacian* dengan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan menghasilkan nilai akurasi 56,1%.

Berdasarkan pembahasan pada penelitian terkait, maka diperlukan sistem identifikasi biometrik telinga dengan tingkat akurasi yang lebih baik pada citra telinga. Penelitian ini mengimplementasikan sistem identifikasi biometrik telinga menggunakan citra telinga kanan laki-laki, citra ini dilakukan pra-pengolahan dengan melakukan pengubahan ukuran, skala keabuan, dan tapis Gaussian. Segmentasi dilakukan menggunakan deteksi tepi *Canny* dan morfologi dengan operasi dilasi dan pengisian lubang. Ekstraksi ciri dilakukan dengan tapis Gabor dan klasifikasi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Sehingga, dengan adanya kombinasi metode tersebut, sistem identifikasi ini mampu mendapatkan hasil akurasi yang terbaik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan masalah yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana ekstraksi ciri biometrik telinga berdasarkan tekstur menggunakan tapis Gabor?
2. Bagaimana membuat sistem identifikasi biometrik telinga menggunakan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik?

3. Bagaimana mengukur tingkat akurasi metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik pada identifikasi biometrik telinga?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang dicapai penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan ekstraksi ciri tekstur tapis Gabor pada citra biometrik telinga.
2. Membuat sistem identifikasi biometrik telinga menggunakan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik.
3. Mengukur tingkat akurasi metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik pada identifikasi citra biometrik telinga.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem identifikasi pada biometrik telinga dengan tingkat akurasi yang lebih baik dari penelitian sebelumnya. Sehingga, diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, disiapkan batasan masalah agar penelitian menjadi lebih terarah dan tidak terjadi penyimpang tujuan. Ruang lingkup penelitian tersebut diantaranya:

1. Data citra telinga diambil menggunakan kamera *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 Pro pada rentang jarak 15 cm sampai 25 cm.
2. Citra yang diambil terdapat bentuk daun telinga utuh yang terdapat bagian tragus, heliks, dan tuberkulum.
3. Menggunakan citra telinga kanan tanpa aksesoris pada 5 individu laki-laki dengan total citra sebanyak 224 citra, di mana individu pertama terdapat 47 citra, individu kedua terdapat 29 citra, individu ketiga terdapat 42 citra, individu keempat terdapat 53 citra, dan individu kelima terdapat 53 citra.
4. Sistem dibangun menggunakan ekstraksi ciri tapis Gabor dengan parameter *mean*, *variance*, dan *entropy*, panjang gelombang yang digunakan bernilai 6 dan sudut orientasi yang digunakan yaitu 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° .

5. Identifikasi biometrik telinga menggunakan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam Penelitian ini terbagi kedalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang kajian pustaka penelitian terdahulu, dasar teori biometrik, biometrik telinga, pengolahan citra digital, ekstraksi ciri tekstur tapis Gabor, dan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas alur penelitian dan perancangan sistem, serta pembahasan terkait metode klasifikasi yang digunakan pada sistem yang dibangun.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas hasil akhir sistem yang dirancang pada sistem identifikasi biometrik telinga berdasarkan tekstur tapis Gabor dan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil perancangan dan pengujian sistem identifikasi telinga yang telah dilakukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil perancangan dan pengujian sistem identifikasi telinga yang telah dilakukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil efektivitas sistem identifikasi biometrik telinga berbasis tekstur menggunakan tapis Gabor dan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Ekstraksi ciri menggunakan tapis Gabor orde pertama dengan parameter *mean*, *variance*, dan *entropy*, panjang gelombang yang digunakan bernilai 6. Skenario pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali dengan perubahan sudut orientasi filtrasi tapis Gabor yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Nilai citra pada setiap individu yang dihasilkan dengan skenario berbeda mendapatkan perubahan yang signifikan sehingga mempengaruhi hasil akurasi.
2. Sistem identifikasi biometrik telinga dengan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik mendapatkan bobot yang optimal dengan 3 masukan, lapisan tersembunyi 1 berjumlah 10 neuron, lapisan tersembunyi kedua berjumlah 20 neuron, dan 5 lapisan keluaran. Menggunakan algoritma pembelajaran *Levenberg-Marquardt* dengan fungsi aktivasi yang digunakan yaitu *tansig* pada lapisan tersembunyi pertama dan kedua, dan fungsi aktivasi *purelin* pada lapisan keluaran. Iterasi yang digunakan berjumlah 110 dengan menghasilkan akurasi pelatihan sebesar 96% dan akurasi pengujian sebesar 94%. Hasil tersebut masih lebih rendah 4,79% dibandingkan dengan akurasi tertinggi pada penelitian sebelumnya, yaitu 98,79%
3. Persentase rerata keberhasilan berdasarkan lima skenario pengujian menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik adalah 88,8%. Persentase keberhasilan per individu adalah sebagai berikut: orang 1 mencapai 98%, orang 2 mencapai 74%, orang 3 mencapai 92%, orang 4 mencapai 82%, dan orang 5 mencapai 82%. Dalam penelitian ini, hasil tertinggi diperoleh pada

skenario pengujian pertama dan kelima, dengan masing-masing mencapai 94%. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem biometrik telinga berbasis tekstur menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Nilai rata-rata sensitivitas yang diperoleh dari lima skenario pengujian menunjukkan hasil sebagai berikut: 98% untuk orang 1, 74% untuk orang 2, 92% untuk orang 3, 96% untuk orang 4, dan 82% untuk orang 5. Sementara itu, nilai rerata spesifisitas dari lima skenario pengujian adalah 100% untuk orang 1, 94% untuk orang 2, 100% untuk orang 3, 97,5% untuk orang 4, dan 94,5% untuk orang 5. Hasil persentase di atas mengindikasikan bahwa sistem ini memiliki performa yang baik dalam mengidentifikasi biometrik telinga pada orang 1 hingga orang 5. Namun, untuk meningkatkan akurasi dan *robustness* sistem, pengembangan lebih lanjut dengan penambahan data biometrik lainnya perlu dilakukan. Selain itu, orientasi sudut (θ) dan panjang gelombang tapis Gabor terbukti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil akurasi sistem. Orientasi sudut (θ) yang memberikan hasil terbaik adalah pada 0° dan 180° , sedangkan panjang gelombang optimal diperoleh dengan nilai 6 menggunakan parameter *mean*, *variance*, dan *entropy*.

5.2 Saran

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut yang mampu mengatasi kelemahan yang telah diidentifikasi dan memperluas pengembangan dari penelitian ini. Untuk itu, penulis mengajukan saran-saran berikut.

1. Diperlukan jumlah data citra yang seimbang di setiap individu, karena jaringan cenderung lebih mudah mengenali individu dengan data yang lebih banyak dan mengalami kesulitan dalam mengenali individu dengan data yang lebih sedikit.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada proses pra-pengolahan dan segmentasi agar citra telinga dapat terdeteksi dengan baik pada setiap individu.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan parameter ekstraksi ciri selain *mean*, *variance*, dan *entropy* untuk melihat pengaruh penggunaan parameter ekstraksi ciri.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada proses ekstraksi ciri selain tapis Gabor, seperti ekstraksi ciri *Grey Level Run Length Method* (GLRLM) atau ekstraksi ciri lainnya untuk dibandingkan dengan ekstraksi ciri tapis Gabor yang digunakan pada penelitian ini. Sehingga didapatkan hasil ekstraksi ciri yang paling sesuai untuk identifikasi citra biometrik telinga.
5. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada metode klasifikasi selain Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik, seperti metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) atau metode klasifikasi lainnya untuk dibandingkan dengan klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik yang digunakan pada penelitian ini. Sehingga didapatkan kombinasi yang paling sesuai untuk identifikasi citra biometrik telinga.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. I. Putra, M. Ali, S. Yudono, and A. Sujjada, "Perbandingan Ciri Parameter Tapis Gabor untuk Otentikasi Dorsal Hand Vein Menggunakan Artificial Neural Network," *J. Sist. Inf. dan Komput.*, vol. 12, no. 3, pp. 440–446, 2023, doi: 10.32736/sisfokom.v12i3.1819.
- [2] V. T. Hoang, "EarVN1.0: A new large-scale ear images dataset in the wild," *Data Br.*, vol. 27, p. 104630, 2019, doi: 10.1016/j.dib.2019.104630.
- [3] O. Aiadi, B. Khaldi, and C. Saadeddine, "MDFNet: an unsupervised lightweight network for ear print recognition," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, no. 0123456789, 2022, doi: 10.1007/s12652-022-04028-z.
- [4] I. Kumaran *et al.*, "Pengenalan Wajah Menggunakan Pendekatan Berbasis Pengukuran dan Metode Segmentasi dalam Berbagai Posisi dan Pencahayaan," *Fidel. J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 5–8, 2021, doi: 10.52005/fidelity.v3i1.85.
- [5] H. Mehraj and A. H. Mir, "Human Recognition using Ear based Deep Learning Features," in *2020 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, Pune: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020, pp. 357–360. doi: 10.1109/ESCI48226.2020.9167641.
- [6] M. Mursalin, M. Ahmed, and P. Haskell-Dowland, "Biometric Security: A Novel Ear Recognition Approach Using a 3D Morphable Ear Model," *Sensors*, vol. 22, no. 22, p. 8988, 2022, doi: 10.3390/s22228988.
- [7] R. N. Othman, F. Alizadeh, and A. Sutherland, "A Novel Approach for Occluded Ear Recognition Based on Shape Context," in *2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, Duhok: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2018, pp. 93–98. doi: 10.1109/ICOASE.2018.8548856.
- [8] R. Ahila Priyadharshini, S. Arivazhagan, and M. Arun, "A deep learning approach for person identification using ear biometrics," *Appl. Intell.*, vol. 51, no. 4, pp. 2161–2172, 2021, doi: 10.1007/s10489-020-01995-8.
- [9] S. Mahto, T. Arakawa, and T. Koshinaka, "Ear acoustic biometrics using

- inaudible signals and its application to continuous user authentication,” *Eur. Signal Process. Conf.*, vol. 2018-Sept, pp. 1407–1411, 2018, doi: 10.23919/EUSIPCO.2018.8553015.
- [10] S. Makaju, S. Chaudhary, and K. Iyer, “Evaluation of Morphological Variations of External Ear between the Nepalese and Indian Students of A Medical College,” *J. Nepal Med. Assoc.*, vol. 56, no. 214, pp. 936–939, 2018, doi: 10.31729/jnma.3912.
- [11] A. Pramanik, A. Gorai, S. Sarkar, and P. Gupta, “A Novel Feature Extraction-based Human Identification Approach using 2D Ear Biometric,” in *2018 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON)*, Kolkata: IEEE, 2018, pp. 168–172. doi: 10.1109/ASPCON.2018.8748842.
- [12] S. Ramos-Cooper, E. Gomez-Nieto, and G. Camara-Chavez, “VGGFace-Ear: An Extended Dataset for Unconstrained Ear Recognition†,” *Sensors*, vol. 22, no. 5, p. 1752, 2022, doi: 10.3390/s22051752.
- [13] S. M. Jiddah and K. Yurtkan, “Fusion of Geometric and Texture Features For Ear Recognition,” in *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, Ankara: IEEE, 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISMSIT.2018.8567044.
- [14] K. R. Resmi and G. Raju, “A Novel Approach to Automatic Ear Detection Using Banana Wavelets and Circular Hough Transform,” in *2019 International Conference on Data Science and Communication (IconDSC)*, Bangalore: IEEE, 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/IconDSC.2019.8816919.
- [15] K. Sivanarain and S. Viriri, “Ear Recognition based on Local Texture Descriptors,” in *2020 2nd International Multidisciplinary Information Technology and Engineering Conference (IMITEC)*, Kimberley: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020, pp. 1–11. doi: 10.1109/IMITEC50163.2020.9334147.
- [16] A. Meraoumia, S. Chitroub, and A. Bouridane, “An automated ear identification system using Gabor filter responses,” in *Conference Proceedings - 13th IEEE International NEW Circuits and Systems Conference, NEWCAS 2015*, 2015, pp. 2–5. doi: 10.1109/NEWCAS.2015.7182085.

- [17] D. Rubiagatra, A. D. Wibawa, M. Y. L. Lejap, B. G. Pratama, and R. Oktavian, "Gabor Filter and Canny Edge Detection for Ear Biometrics Identification," in *2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications: Leveraging Intelligent Systems to Achieve Sustainable Development Goals, ISITIA 2023 - Proceeding*, 2023, pp. 564–569. doi: 10.1109/ISITIA59021.2023.10220442.
- [18] I. Omara, G. Ma, and E. Song, "LDM-DAGSVM: Learning Distance Metric via DAG Support Vector Machine for Ear Recognition Problem," in *2020 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)*, Houston: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020, pp. 1–9. doi: 10.1109/IJCB48548.2020.9304871.
- [19] Z. Emersic, N. O. Playa, V. Struc, and P. Peer, "Towards Accessories-Aware Ear Recognition," in *2018 IEEE International Work Conference on Bioinspired Intelligence (IWOBI)*, San Carlos: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2018, pp. 1–8. doi: 10.1109/IWOBI.2018.8464138.
- [20] R. P. Putra, "Identifikasi Jenis Tanaman Anggrek Melalui Tekstur Bunga dengan Tapis Gabor dan M-SVM," *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 1, p. 29, 2021, doi: 10.31328/jointecs.v6i1.1746.
- [21] R. I. Borman, I. Ahmad, and Y. Rahmanto, "Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function," *Bull. Informatics Data Sci.*, vol. 1, no. 1, p. 6, 2022, doi: 10.61944/bids.v1i1.3.
- [22] R. P. Putra, R. Rahmadwati, and O. Setyawati, "Klasifikasi Penyakit Tanaman Kedelai Melalui Tekstur Daun dengan Metode Gabor Filter," *J. EECCIS*, vol. 12, no. 1, pp. 40–46, 2018, doi: <https://doi.org/10.21776/jeeccis.v12i1.492>.
- [23] M. Ali Setyo Yudono, E. Ahmad Zaki Hamidi, A. Haris Kuspranoto, and A. De Wibowo Muhammad Sidik, "Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik Untuk Klasifikasi Covid-19 Berbasis Tekstur Menggunakan Orde Pertama Berdasarkan Citra Chest X-ray," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 799–808, 2022, doi: 10.25126/jtiik.202295663.
- [24] M. Olivya, E. Tungadi, and N. B. Rante, "Klasifikasi Kualitas Biji Kopi

- Ekspor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation,” *J. Inf. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 299–308, 2018.
- [25] M. A. S. Yudono, R. R. Isnanto, and A. Triwiyatno, “Comparison of Cataract Classification System Based on Retinal Blood Vessels Objects and Retinal Optic Disc Using Backpropagation Neural Network,” *Int. J. Innov. Eng. Technol.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–8, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.16638.46408.
- [26] D. B. Purba and B. N. Sari, “Implementasi Jaringan Hierarki Attention Untuk Klasifikasi Basis Data Multimodal Biometrik,” *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 7, no. 3, pp. 632–638, 2022, doi: 10.29100/jupi.v7i3.2879.
- [27] R. Rouhi, “A Review on Feature Extraction Techniques in Face Recognition,” *Signal Image Process. An Int. J.*, vol. 3, no. 6, pp. 1–14, 2012, doi: 10.5121/sipij.2012.3601.
- [28] A. Boyd *et al.*, “Post-mortem iris recognition - A survey and assessment of the state of the art,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 136570–136593, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3011364.
- [29] X. Tao, X. Chen, X. Yang, and J. Tian, “Fingerprint recognition with identical twin fingerprints,” *PLoS One*, vol. 7, no. 4, pp. 2–8, 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0035704.
- [30] R. Sanchez-Reillo, J. Liu-Jimenez, and R. Blanco-Gonzalo, “Forensic validation of biometrics using dynamic handwritten signatures,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 34149–34157, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2849503.
- [31] M. Choras, “Ear Biometrics,” in *Encyclopedia of Biometrics*, S. Z. Li and A. K. Jain, Eds., Boston, MA: Springer US, 2015, pp. 363–368. doi: 10.1007/978-1-4899-7488-4_173.
- [32] Y. Akhyar and R. Rosalinda, “Penatalaksanaan Otitis Media Supuratif Kronis (OMSK) Tipe Kolesteatoma dengan Timpanomastoidektomi Dinding Runtuh dan Rekonstruksi Dinding Posterior Liang Telinga,” *J. Otorinolaringol. Kepala dan Leher Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 55–66, 2023, doi: 10.25077/jokli.v1i1.15.
- [33] K. Krishan, T. Kanchan, and S. Thakur, “A study of morphological

- variations of the human ear for its applications in personal identification,” *Egypt. J. Forensic Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 0–10, 2019, doi: 10.1186/s41935-019-0111-0.
- [34] P. Nurtantio Andono, T. Sutojo, and Muljono, *Pengolahan Citra Digital*, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2017.
- [35] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, “Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [36] D. Putra and Westriningsih, *Pengolahan citra digital*, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [37] A. Kadir and A. Susanto, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [38] C. G. Relf, *Image Acquisition and Processing with LabVIEW*, 1st ed. Boca Raton, 2003.
- [39] T. ul Haq and T. Shah, “12×12 S-box Design and its Application to RGB Image Encryption,” *Optik (Stuttg.)*, vol. 217, p. 164922, 2020, doi: 10.1016/j.ijleo.2020.164922.
- [40] O. Marques, *Practical Image and Video Processing Using MATLAB®*. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2011.
- [41] A. Fauzi, “Pengurangan Derau (Noise) pada Citra Paper Dokumen menggunakan Metode Gaussian Filter dan Median Filter,” *KAKIFIKOM (Kumpulan Artik. Karya Ilm. Fak. Ilmu Komputer)*, vol. 04, no. 01, pp. 7–15, 2022, doi: 10.54367/kakifikom.v4i1.1871.
- [42] F. Gaussian, L. B. Masalah, L. Teori, and P. Gaussian, “IMPLEMENTASIMETODE GAUSSIANFILTERINGDALAM MENGURANGI NOISEPADA PENGOLAHAN CITRA DIGITAL,” *I-Robot*, vol. 7, no. 2, pp. 1–6, 2023, doi: <https://doi.org/10.53514/ir.v7i2.237>.
- [43] M. Kocaoğlu, “Implementing Gaussian Filter by Using VHDL to Blur Images,” 2021. <https://medium.com/@kocamuha/implementing-gaussian-filter-by-using-vhdl-to-blur-images-8bc40d95fff3> (accessed Aug. 11, 2024).
- [44] H. Pangaribuan, “Optimalisasi Deteksi Tepi Dengan Metode Segmentasi

- Citra,” *Inf. Syst. Dev.*, vol. 4, no. 1, pp. 30–38, 2019.
- [45] W. Supriyatin, “Perbandingan Metode Sobel, Prewitt, Robert dan Canny pada Deteksi Tepi Objek Bergerak,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 112–120, 2020, doi: 10.33096/ilkom.v12i2.541.112-120.
- [46] M. A. Hasan and D. Y. Liliana, “Pengenalan Motif Songket Palembang Menggunakan Deteksi Tepi Canny, PCA dan KNN,” *Multinetics*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.32722/multinetics.v6i1.2700.
- [47] R. A. Saputra, M. A. Rayadin, and W. O. I. Febryanti, “Perbandingan Efisiensi Deteksi Tepi Roberts, Prewitt, dan Canny untuk Identifikasi Kartu Mahasiswa,” *J. Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 136–142, 2023, doi: 10.31294/inf.v10i2.16726.
- [48] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing, Global Edition*, 4th ed. Pearson Deutschland, 2017. [Online]. Available: <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9781292223070>
- [49] F. Marpaung, F. Aulia, and R. C. Nabila, “Computer Vision Dan Pengolahan Citra Digital.” PUSTAKA AKSARA, Surabaya, 2023. [Online]. Available: <https://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/53012/>
- [50] D. Christian, D. B. Santoso, and R. Rahmadewi, “Implementasi Digital Image Processing Sebagai Pendeteksi Posisi Matahari Pada Perancangan Dual Axis Solar Tracker,” *TEKNOKOM*, vol. 6, no. 2, pp. 116–122, 2023.
- [51] E. Herlinawati, “Aproksimasi Fungsi Kontinu Terbatas Dengan Konvolusi,” *J. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 21, no. 2, pp. 89–98, Sep. 2020, doi: 10.33830/jmst.v21i2.1313.2020.
- [52] A. N. Rohmah, D. Putra Pamungkas, and A. B. Setiawan, “Implementasi Ekstraksi Ciri Filter Gabor Dan Ann Dalam Klasifikasi Citra Wajah,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 249–254, 2021, doi: <https://doi.org/10.29407/inotek.v5i1.956>.
- [53] S. Melangi, “Klasifikasi Usia Berdasarkan Citra Wajah Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network dan Gabor Filter,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.6956.
- [54] A. Alhamad, “Ekstrasi Ciri Metode Filter Gabor Untuk Deteksi Kerusakan Terumbu Karang,” *J. Cosphi*, vol. 5, no. 2, pp. 46–51, 2021, [Online].

Available:

<https://cosphijournal.unisan.ac.id/index.php/cosphihome/article/view/118%0Ahttps://cosphijournal.unisan.ac.id/index.php/cosphihome/article/viewFile/118/67>

- [55] T. R. Pahlevi, R. Buaton, and Nurhayati, "IDENTIFIKASI JENIS BUNGA MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI ORDE SATU DAN ALGORITMA MULTI SUPPORT-VECTOR MACHINES (MULTISVM)," *J. Inform. Kaputama*, vol. 5, no. 1, pp. 116–127, 2021, doi: <https://doi.org/10.59697/jik.v5i1.310>.
- [56] A. A. Mahran, R. K. Hapsari, and H. Nugroho, "Penerapan Naive Bayes Gaussian Pada Klasifikasi Jenis Jamur Berdasarkan Ciri Statistik Orde Pertama," *Netw. Eng. Res. Oper.*, vol. 5, no. 2, p. 91, 2020, doi: [10.21107/nero.v5i2.165](https://doi.org/10.21107/nero.v5i2.165).
- [57] M. S. Kara, F. A. Wara, and M. F. Rumba, "Identifikasi Jenis Bunga Menggunakan Ekstraksi Ciri Orde Satu," *J. Creat. dan Kreasi dalam Teknol. Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 22–28, 2019.
- [58] R. N. Hidayat, R. R. Isnanto, and O. D. Nurhayati, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik untuk Memprediksi Harga Logam Mulia Emas Menggunakan Algoritma Lavenberg Marquardt," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 1, no. 2, p. 49, 2013, doi: [10.14710/jtsiskom.1.2.2013.49-55](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.1.2.2013.49-55).
- [59] S. Kusumadewi, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel link*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [60] G. Z. Muflih, S. Sunardi, and A. Yudhana, "Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Wonosobo," *MUST J. Math. Educ. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 45, 2019, doi: [10.30651/must.v4i1.2670](https://doi.org/10.30651/must.v4i1.2670).
- [61] R. Yefrenes Dillak and A. Harjoko, "Klasifikasi Fase Retinopati Diabetes Menggunakan Backpropagation Neural Network," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 7, no. 1, p. 23, 2013, doi: [10.22146/ijccs.3049](https://doi.org/10.22146/ijccs.3049).
- [62] A. Haris, H. Slamet, B. H. Purnomo, and D. W. Soedibyo, "Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Harga Komponen Bahan Baku Pakan Unggas di PT XYZ Model of Artificial Neural Network for Price Forecasting of

- Poultry Feed Components at PT XYZ,” *J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 9, no. 2, pp. 151–161, 2020, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2020.009.02.9>.
- [63] I. P. Wahyu, “Perancangan Pengenalan Biometrik Pembuluh Darah Punggung Tangan Menggunakan Tapis Gabor Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik,” Universitas Nusa Putra, Sukabumi, 2023.
- [64] A. Samsul, “Klasifikasi Penyakit Retinopati Diabetik Berdasarkan Objek Eksudat Berbasis Tekstur Tapis Gabor Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik,” Universitas Nusa Putra, Sukabumi, 2022.
- [65] A. S. Y. MUCHTAR, “Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik Untuk Klasifikasi Katarak Berbasis Tekstur Menggunakan Tapis Gabor Berdasarkan Objek Optic Disc Citra Fundus Retina,” Universitas Diponegoro, Semarang, 2021.



