

DETEKSI KOLESTEROL MELALUI CITRA IRIS MATA MENGGUNAKAN METODE LOCAL BINARY PATTERN DAN KLASIFIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN

CHOLESTEROL DETECTION THROUGH IRIS IMAGING USING LOCAL BINARY PATTERN METHOD AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK CLASSIFICATION

Agata Elisabet¹, Ir. Rita Magdalena, M.T.², Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University
¹agataelisa.student@telkomuniversity.ac.id, ²ritamagdalena@telkomuniversity.ac.id,
³jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kolesterol merupakan lemak yang berada di dalam darah manusia yang diperlukan untuk pembentukan beberapa hormon dan dinding sel baru. Kelebihan kolesterol dalam darah dapat mengakibatkan jantung koroner dan stroke. Kadar kolesterol normal manusia berada di kisaran 200 mg/dL atau kurang. Pada saat ini pengujian kadar kolesterol masih menggunakan darah atau biasa disebut teknik invasif. Sebelumnya, pasien harus berpuasa selama 10-12 jam sehingga membuat teknik ini kurang efisien dari segi waktu. Maka dari itu, dirancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi kolesterol dengan waktu yang singkat menggunakan citra mata dengan teknik iridologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kolesterol seseorang termasuk kolesterol normal, berisiko kolesterol, dan kolesterol tinggi. Proses sistem diawali dengan akuisisi data citra kemudian dilakukan proses preprocessing yang terdiri dari proses resize, ROI crop dan konversi citra mata RGB ke grayscale. Dalam penelitian ini metode Local Binary Pattern (LBP) digunakan sebagai metode ekstraksi ciri dan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) digunakan sebagai klasifikasinya.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dibangun mampu mendeteksi kolesterol melalui citra iris mata dan mengklasifikasikan kedalam tiga kelas. Jumlah citra iris mata yang digunakan sebanyak 120 citra dengan 60 data latih dan 60 data uji. Hasil yang diperoleh yaitu tingkat akurasi tertinggi 91.66 % dan waktu komputasi rata-rata 0.3362 s dengan parameter uji orde satu, radius (r) = 1, *resize* piksel 768×768 , ROI = 64, epoch 1000 dan *hidden layer* 10.

Kata Kunci: Kolesterol, Citra Mata, *Local Binary Pattern*, Jaringan Syaraf Tiruan.

Abstract

Cholesterol is a fat that is in the human blood that is needed for the formation of some new hormones and cell walls. Excess total blood cholesterol can result in coronary heart and stroke. Normal human cholesterol levels are in the range of 200 mg/dL or less. Testing cholesterol levels in the blood at this time still uses invasive techniques that the blood of patients taken using syringes. Previously, the patient had to fast for 10-12 hours thus making this technique less efficient in terms of time. Therefore, there is a system that can be used for early detection of cholesterol levels with a short time through the eye image using iridology technique.

The study means to detect a person's cholesterol including normal cholesterol, cholesterol risk, and high cholesterol. The system process begins with acquisition of image data and then carried out a preprocessing process consisting of the resize, ROI crop and the conversion of RGB eye image to grayscale. In this study the Local Binary Pattern (LBP) method is used as a feature extraction method and the Artificial Neural Networks method (ANN) as its classification.

Based on the test results, the built-in system is capable of detecting cholesterol through iris image and classifying into three classes. Total iris image used by 120 images with 60 training data and 60 test data. The results obtained are the highest accuracy level of 91.66% and the average computing time is 0.3362 s with one-order test parameters, radius (r) = 1, *resize* pixels 768×768 , ROI = 64, Epoch 1000 and *hidden layer* 10.

Keywords: Cholesterol, Eye Image, Local Binary Pattern, Artificial Neural Network.

1. Pendahuluan

Kolesterol adalah suatu lemak yang terdapat didalam aliran darah yang diperlukan untuk pembentukan hormon dan sel baru. Jika kadar kolesterol yang berada di dalam darah berlebih, akan menyebabkan penyakit yang berbahaya seperti penyakit stroke dan jantung koroner [8]. Pada saat ini pemeriksaan kolesterol masih menggunakan teknik *invasive* yaitu mengambil sampel darah pasien yang dimana teknik ini dapat menimbulkan luka dan hasilnya lama untuk diketahui. Maka dari itu dalam bidang kesehatan dikembangkan salah satu cara alternative untuk mendeteksi kolesterol dengan mengamati pola iris mata atau yang disebut juga dengan iridologi[4].

Pada proses ekstraksi ciri menggunakan metode *Local Binary Pattern* untuk mendeskripsikan pola dan tekstur. Metode ini terbukti *invariant* terhadap pencahayaan dengan cara melakukan *thresholding* pada setiap piksel citra. Hasil dari ekstraksi fitur kemudian diklasifikasikan menggunakan metode JST dengan menerapkan sistem pembelajaran.

Pada penelitian Tugas Akhir ini peneliti membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi kolesterol seseorang melalui citra iris mata dengan menggunakan metode iridologi, ekstraksi ciri *Local Binary Pattern* (LBP) dan klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Sistem diharapkan dapat mendeteksi kadar kolesterol dengan tiga level klasifikasi, yaitu kolesterol normal, berisiko kolesterol tinggi, dan kolesterol tinggi. Dengan dilakukannya penelitian ini dapat menciptakan program atau sistem yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasi level kolesterol yang akurat dan efisien.

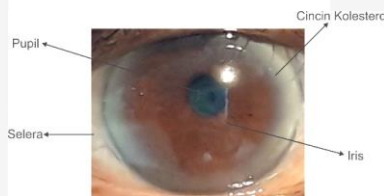
2. Dasar Teori

2.1. Citra Digital

Citra digital merupakan gambaran dari suatu objek pada bidang dua dimensi. Citra dibagi menjadi dua yaitu citra analog dan citra digital. Citra analog adalah citra yang tidak dapat diolah secara langsung sehingga membutuhkan proses konversi. Sedangkan pada citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer[20]. Citra digital dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu citra RGB, citra *grayscale* dan citra biner.

2.2. Iris Mata

Iris atau selaput pelangi merupakan bagian dari mata yang memberikan warna pada bola mata seseorang. Selain memberikan warna, iris juga berfungsi untuk membantu pupil dalam mengatur jumlah cahaya untuk masuk ke dalam mata[1]. Kolesterol pada aliran darah dapat diamati melalui iris mata. Iris mata memberi informasi tentang kandungan kolesterol yang ditandai dengan adanya cincin putih di sekitaran pupil[15]. Semakin tebal cincin kolesterol maka semakin besar kadar kolesterol yang dimiliki seseorang yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Indikator Iris Mata

2.3. Kolesterol

Kolesterol merupakan suatu senyawa lemak yang berguna bagi tubuh manusia untuk menyusun hormon dan vitamin D[2]. Kolesterol yang normal harus dibawah 200 mg/dl, apabila diatas 240 mg/dl maka berisiko terkena penyakit jantung koroner dan stroke. Jenis kolesterol dibagi menjadi dua yaitu LDL (*Low Density Lipoprotein*) atau yang biasa disebut kolesterol jahat dan HDL (*High Density Lipoprotein*) yaitu kolesterol baik[2].

2.4. Histogram

Histogram merupakan sebuah metode untuk mengetahui tingkat keabuan dari suatu citra[5]. Tingkat keabuan dari citra tersebut merupakan informasi yang sangat penting untuk memisahkan objek dari suatu citra. Misal diberikan matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 66 & 65 & 62 & 62 & 60 & 59 \\ 65 & 61 & 59 & 60 & 60 & 61 \\ 64 & 61 & 61 & 61 & 60 & 63 \\ 62 & 60 & 62 & 62 & 62 & 65 \\ 62 & 60 & 62 & 61 & 63 & 66 \\ 62 & 60 & 62 & 64 & 66 & 64 \end{bmatrix} \quad (1)$$

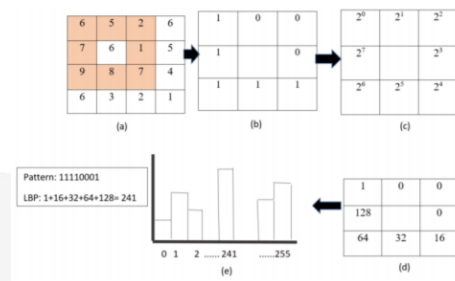
Maka frekuensi tingkat keabuan dari matriks diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Frekuensi Piksel

No.	Intensitas Piksel	Jumlah Piksel
1.	59	2
2.	60	7
3.	61	6
4.	62	10
5.	63	2
6.	64	3
7.	65	3
8.	66	3

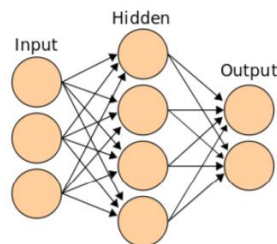
2.5. Local Binary Pattern

LBP merupakan metode ekstraksi ciri yang mentransformasikan sebuah citra menjadi sebuah elemen terkecil dari suatu citra untuk dianalisis lebih lanjut[9]. Cara kerja LBP yaitu membandingkan nilai piksel pada pusat citra dengan nilai piksel tetangganya. LBP menggunakan matriks 3x3 dengan *threshold* adalah nilai tengah dari piksel. Nilai piksel pada pusat akan dikurangi dengan nilai piksel tetangganya. Jika hasil yang didapat lebih atau sama dengan 0, maka diberi nilai 1. Jika hasilnya kurang dari 0, maka diberi nilai 0. Kemudian menyusun 8 nilai biner tersebut searah jarum jam, lalu diubah kedalam nilai desimal untuk menggantikan nilai piksel pada pusat citra[9].

**Gambar 2.** Operasi LBP[9]

2.6. Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

JST merupakan suatu metode pembelajaran yang memiliki karakteristik seperti jaringan syaraf manusia dengan menerapkan *supervised learning*[19]. *Backpropagation* merupakan salah satu pemodelan JST yang berfungsi untuk pengklasifikasian dengan menerapkan metode *gradient descent* untuk meminimalkan error pada keluaran *output layer*. Algoritma *backpropagation* meliputi tiga tahap, yaitu: fase propagasi maju (*feed forward*), fase propagasi mundur (*backward*) dan modifikasi bobot[7]. Lapisan JST terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer* seperti yang diilustrasikan pada gambar 3[6].

**Gambar 3.** Pemodelan JST[6]

3. Pembahasan

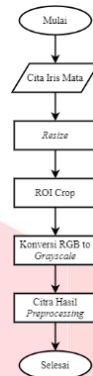
3.1 .Desain Sistem

Berdasarkan permasalahan yang telah dibahas sebelumnya, maka dirancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi level kolesterol melalui citra iris mata. Secara garis besar perancangan sistem dibagi menjadi 4 tahapan utama yaitu akuisisi citra, *preprocessing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi.

**Gambar 4.** Desain sistem

3.2 .Preprocessing

Preprocessing merupakan tahap awal dalam pengenalan suatu objek dengan menggabungkan konsep citra digital agar data menjadi siap diolah sesuai dengan kebutuhan. Proses *preprocessing* ditunjukkan pada gambar 5.

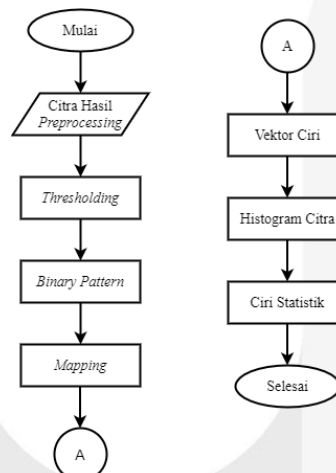


Gambar 5. Tahap *preprocessing*

Tahapan *preprocessing* merupakan tahapan penting, karena pada tahap ini merupakan langkah awal untuk mengolah data. Berikut adalah tahapan *preprocessing*:

1. Citra mata didapatkan secara manual dengan bantuan kamera digital yang beresolusi minimal 8 Mega Piksel, kemudian formatnya diganti menjadi .bmp. Citra mata didapat dari rumah sakit dan klinik[18].
2. Selanjutnya, melakukan *resize* citra yang bertujuan untuk menyamakan ukuran file citra.
3. Melakukan proses *ROI crop* dengan memotong sebagian daerah atau bagian yang diinginkan pada sebuah citra dengan cara membagi dua antara baris dan kolom lalu menentukan daerah yang berisi informasi. Setelah mendapatkan daerah tersebut, proses *ROI cropping* dimulai. Proses ini dilakukan hingga sudut 360° atau satu lingkaran dari citra iris.
4. Karena citra *input* merupakan sebuah citra RGB sedangkan metode LBP diperlukan menggunakan citra *grayscale* maka citra RGB dikonversikan atau diubah terlebih dahulu menjadi citra *grayscale*.

3.3 .Ekstraksi Ciri



Gambar 6. Ekstraksi Ciri

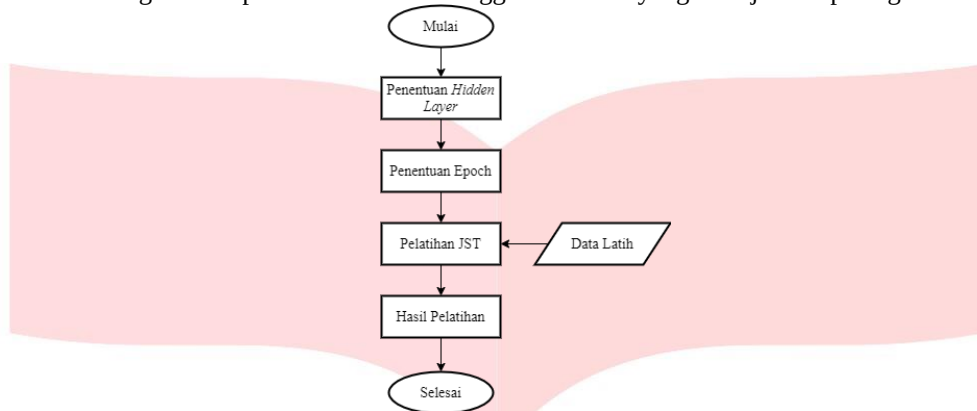
Hasil citra *preprocessing* di proses ke tahap ekstraksi ciri menggunakan metode LBP. Proses ekstraksi ciri ini dilakukan untuk mendapatkan informasi ciri yang penting dari citra tersebut. Berikut tahapan ekstraksi ciri menggunakan metode LBP berdasarkan gambar 6:

1. Citra yang akan diolah untuk didapatkan cirinya adalah citra akhir hasil *preprocessing* yang berupa citra *grayscale*, lalu dibagi menjadi matriks 3×3.
2. Masing-masing matriks tersebut dicari nilai *threshold* pada piksel tengahnya dengan cara membandingkan nilai piksel pusat citra dengan nilai piksel tetangganya. Jika hasil yang didapat lebih atau sama dengan 0, maka diberi nilai 1. Jika hasilnya kurang dari 0, maka diberi nilai 0.
3. Kemudian menyusun 8 nilai biner tersebut searah jarum jam atau sebaliknya, lalu diubah kedalam nilai desimal untuk menggantikan nilai piksel pada pusat citra sehingga didapatkan hasil ekstraksi ciri berupa vektor ciri dari citra.
4. Hasil nilai ciri citra dari masing-masing LBP diubah kedalam bentuk histogram.
5. Selanjutnya mencari nilai ekstraksi ciri orde pertama yaitu ciri statistik dengan menggunakan metode pengambilan ciri yang didasarkan pada karakteristik histogram citra. Dari nilai-nilai pada histogram yang

dihasilkan, dapat dihitung beberapa parameter ciri orde pertama, antara lain *mean*, *skewness*, *variance*, *kurtosis*, dan *entropy*.

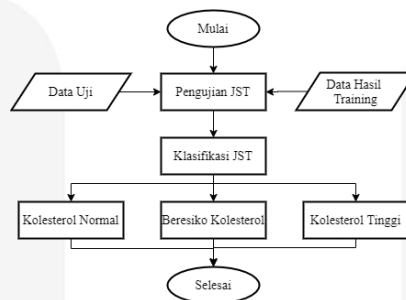
3.4 .Ekstraksi Ciri

Berikut adalah diagram alir proses klasifikasi menggunakan JST yang ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 7. Diagram Alir Latih

Dapat dilihat pada Gambar 3.5 bahwa setelah melakukan proses ekstraksi ciri dilanjutkan ke tahap klasifikasi dengan menentukan nilai *Hidden Layer* dan *Epoch* sebagai parameter dalam merancang jaringan *JST Backpropagation*. Selanjutnya dilakukan pelatihan dengan data latih merupakan hasil dari proses ekstraksi ciri, yang kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan *JST Backpropagation* untuk pelatihan. Dari proses tersebut, didapatkan hasil pelatihan atau database yang akan digunakan untuk tahap pengujian.



Gambar 8. Klasifikasi JST

Pada Gambar 3.5 dilakukan proses pengujian pada klasifikasi menggunakan *JST Backpropagation*. Data latih atau database hasil pelatihan dibandingkan dengan data uji, yang mana akan menentukan hasil pengujian. Hasil dari proses ini merupakan kelas kolesterol dengan rincian, kolesterol normal, beresiko kolesterol dan kolesterol tinggi.

3.5 . Akurasi Sistem

Akurasi adalah suatu ukuran ketepatan sistem dalam mengenali masukan yang akan diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Data Benar}}{\text{Jumlah Data Keseluruhan}} \times 100\% \quad (2)$$

3.6 .Waktu Komputasi

Waktu komputasi merupakan waktu yang diperlukan sistem untuk mengolah data sampai didapatkan keluaran yang dirumuskan pada persamaan (3).

$$\text{Waktu Komputasi} = \text{Waktu akhir} - \text{Waktu awal} \quad (3)$$

4. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian sistem ini digunakan 120 citra, dibagi menjadi 60 data citra latih, dan 60 data citra uji. Pengujian ini terbagi menjadi beberapa skenario yang telah ditentukan. Hasil pengujian masing-masing skenario akan mendapatkan nilai akurasi dan waktu komputasi yang berbeda.

4.1. Pengujian Pengaruh *Resize* Citra Terhadap Akurasi dan Waktu Komputasi

Pada skenario pengujian ini akan dilakukan pengujian terhadap perubahan ukuran *resize* citra yaitu dengan ukuran 512×512 , 687×687 , 768×768 terhadap performansi sistem. Dalam skenario ini menggunakan data latih sebanyak 60 citra dan data uji sebanyak 60 citra. Didapatkan hasil pengujian seperti yang terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Resize* Citra

No	Pixel	Akurasi	Waktu Komputasi
1.	512×512	75	0.3805
2.	687×687	83.67	0.4082
3.	768×768	88.333	0.4432

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan citra berukuran 512×512 dihasilkan akurasi terendah yaitu 75 % dan waktu komputasi sebesar 0.3805 s. Sedangkan memakai ukuran *resize* 768×768 mendapatkan hasil akurasi terbaik sistem sebesar 88.33%. Semakin besar *resize* citra maka semakin tinggi akurasi sistem karena besarnya *resize* membuat kualitas data semakin baik sehingga berpengaruh ketika proses ekstraksi ciri, tetapi semakin lama juga waktu komputasinya

4.2. Pengujian Pengaruh Nilai ROI Terhadap Akurasi dan Waktu Komputasi

Pengujian dilakukan dengan mengubah parameter nilai ukuran roi dengan menggunakan *resize* citra 768×768 . Nilai ukuran ROI yang dimasukkan yaitu 60×60 , 62×62 , 64×64 , 66×66 , 68×68 , 70×70 . Dari nilai tersebut didapatkan hasil pengujian seperti yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengaruh ROI

Nilai ROI	Akurasi	Waktu Komputasi
60×60	88.3333	0.4941
62×62	90	0.3822
64×64	91.33	0.4432
66×66	83.3333	0.4844
68×68	86.6667	0.3921
70×70	80	0.5313

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa dihasilkan akurasi sistem terbaik sebesar 91.33 % dan waktu komputasi sebesar 0.4432 s pada saat nilai roi 64. Nilai roi mempengaruhi dalam menentukan daerah citra yang akan di *crop*.

4.3. Pengujian Pengaruh Radius Terhadap Akurasi dan Waktu Komputasi

Pengujian ini dilakukan untuk mencari tahu pengaruh nilai radius terhadap akurasi sistem, berdasarkan pengujian sebelumnya dimana pengujian nilai roi menghasilkan akurasi paling tinggi yaitu 91.33 %. Pada skenario ini dilakukan perubahan parameter pada *Local Binary Pattern* yaitu parameter radius. Dilakukan pengujian dengan memakai radius (r) = 1,2,3,4,5,6,7,8 pada ekstraksi ciri LBP dan didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengaruh Radius

No	Radius	Akurasi	Waktu Komputasi
1.	1	91.66	0.3362
2.	2	85	0.2661
3.	3	75	0.3915
4.	4	66.33	0.3021
5.	5	58.33	0.4320
6.	6	41.67	0.3560
7.	7	41.67	0.4510
8.	8	66.67	0.4986

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa pada metode *Local Binary Pattern* akurasi terbaik didapatkan dengan memakai radius = 1, yang menghasilkan akurasi sistem sebesar 91.66 % dengan waktu komputasi 0.3362 s. Hal tersebut dikarenakan jika semakin besar radius yang digunakan maka semakin luas daerah citra yang terpotong sehingga jumlah fitur setiap citra akan berkurang.

4.4. Pengujian Parameter Ciri Statistik

Pengujian ciri statistik pada sistem bertujuan untuk membuat ciri citra menjadi lebih sederhana dengan mencari parameter terbaik dari 6 parameter yang dipilih yaitu (*mean*, *variance*, standar deviasi, *skewness*, kurtosis dan *entropy*) dengan menggunakan perhitungan kombinasi sehingga didapatkan 63 cara untuk menghitung berapa peluang parameter yang terjadi. Akurasi terbesar yang di dapatkan dengan 60 data citra latih dan 60 data citra uji adalah sebesar 91.66% dengan waktu komputasi 0.3362 s seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Parameter Ciri Statistik

Ciri Statistik	Akurasi	Waktu komputasi
Entropi	75	0.4811
Standar Deviasi, Entropi	60	0.3208
Standar Deviasi, Skewness, Entropi	78	0.3561
Variance, Skewness, Entropi, Mean	87	0.3211
Mean, Variance, Standar Deviasi, Kurtosis, Entropi	88.33	0.4300
Mean, Variance, Standar Deviasi, Kurtosis, Skewness, Entropi	91.66	0.3362

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan 6 kombinasi ciri statistik memiliki akurasi yang paling tinggi karena nilai ciri citra yang didapatkan lebih terperinci sehingga menghasilkan data yang akurat.

4.5. Pengaruh Hidden Layer dan Epoch Terhadap Akurasi dan Waktu Komputasi

Pada pengujian *Hidden layer* dan epoch akan dilihat pada pengaruh akurasi dan waktu komputasi. Banyaknya *hidden layer* yang diujikan yaitu satu *hidden layer* dengan nilai: 10,50,100 dengan epoch 100,500 dan 1000. Dari variasi *hidden layer* maka didapatkan hasil pengujian seperti yang terdapat pada table 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Hidden Layer dan Epoch

Hidden Layer\Epoch	100	500	1000
10	76.67	88.67	91.66
50	78.33	81.67	87
100	81.33	80	83.67

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat nilai akurasi dan waktu komputasi terbaik saat jumlah *hidden layer* 10 dan epoch 1000, yaitu sebesar 91.66 % dengan waktu komputasi 0.3362 s. Dalam hal ini besarnya *hidden layer* tidak berpengaruh pada akurasi karena adanya inisialisasi bobot yang acak pada saat proses pelatihan sedangkan besarnya epoch sangat berpengaruh karena semakin banyaknya epoch yang bertambah maka semakin sering bobot yang ada pada jaringan diupdate dan diperbaiki.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, telah dirancang suatu sistem untuk mendeteksi kolesterol melalui citra iris mata menggunakan metode Local Binary Pattern (LBP) dan klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan tingkat akurasi sebesar 91.66 % dan waktu komputasi 0.3362 s. berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode LBP dapat mendeteksi kadar kolesterol melalui citra iris mata secara optimal dengan menggunakan ciri statistik *mean*, *variance*, standar deviasi, *skewness*, kurtosis dan entropi, radius (1), resize citra (768×768), dan nilai ROI (64).
 - Semakin banyak parameter ciri statistik yang digunakan maka tingkat akurasi yang didapat semakin tinggi.
 - Semakin kecil radius yang digunakan maka tingkat akurasi semakin tinggi dan waktu komputasi lebih cepat.
 - Resize citra juga berpengaruh terhadap akurasi sistem, semakin tinggi nilai resize citra maka tingkat akurasi semakin tinggi dikarenakan ukuran citra yang sesuai dan dapat mengidentifikasi suatu ciri pada suatu citra dengan baik.
 - Nilai ROI berpengaruh terhadap akurasi sistem untuk menentukan daerah crop.
2. Metode JST dapat mendeteksi kolesterol dengan nilai *hidden layer* sebesar 10 dan *epoch* 1000. Semakin besar nilai *hidden layer* maka akan terjadi *overfitting*.
3. Resize pada *preprocessing* memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap akurasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan, bahwa sistem ini dapat dikembangkan dengan tingkat keakurasian yang lebih baik. Berikut saran untuk pengembangan selanjutnya :

1. Melakukan pengembangan penelitian dengan menggunakan metode ekstraksi ciri dan klasifikasi lain sehingga dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik.
2. Memperbanyak jumlah data latih dan data uji sehingga didapatkan tingkat akurasi yang lebih optimal.
3. Memperbaiki tahap *preprocessing* agar pola iris mata dapat terdeteksi lebih baik.
4. Memperhatikan tingkat kecerahan kamera, kestabilan objek dan pencahayaan pada saat pengambilan data.

Daftar Pustaka

- [1] A. D. Hartanto, R. R. Isnanto and A. Hidayatno, "Pengenalan Citra Iris Mata Menggunakan Alihgram Wavelet Daubechies Orde 4," TRANSMISI, pp. 145-149, 2010.
- [2] K. G. Adi, P. V. Rao, V. K. Adi, "Analysis and Detection of Cholesterol by Wavelets based and ANN Classification," 2nd International Conference on Nanomaterials and Technologies (CNT 2014), 2014.
- [3] A. Maria, "Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Sriwijaya," JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis), vol. 2, no. 2, pp. 089-097, Jun. 2012.
- [4] A. Saputra, W. Broto, L. B. Rachman, "Deteksi Kadar Kolesterol Melalui Iris Mata Menggunakan Image Processing Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Dan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GlcM)," *Semin. Nas. Fis.*, vol. VI, 2017, doi: 10.21009/03.snf2017.02.cip.09.
- [5] A. Kadir and A. Susanto, "Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra". Isbn: 978-979-29-3430-4, 2013.
- [6] A. Suroso, Y. Fitri, S. F. Retnowaty, and Nurkhamdi, "Aplikasi Pengenalan Ucapan Dengan Ekstraksi Ciri Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Propagasi Balik Untuk Buka dan Tutup Pintu," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 01, no. 02, pp. 121-132, Nov. 2015.
- [7] A. W. Sanjaya, "Deteksi Penyakit Kulit Menggunakan Analisis Fitur Warna dan Tekstur Dengan Metode Color Moment, Gray Level Cooccurrence Matrix dan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation". Tugas Akhir, 2011.
- [8] "Atherosclerosis," (Date last accessed 10-November-2019). [Online]. Available: www.nhs.uk/Conditions/Atherosclerosis
- [9] B. M. Waller, M. S. Nixon, J. N. Carter. "Image Reconstruction from Local Binary Patterns". 2013 International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems, doi:10.1109/sitis.2013.30.
- [10] S. V. Mahesh, R. Dr. Gunasundari, N. Ezhilvathani, (2016). "Non-Invasive Measurement of Cholesterol Levels Using Eye Image Analysis Regression analysis". International Conference on Advances in Computational Intelligence and Communication (CIC 2016), (pp. 33 - 42).
- [11] M. A. Rahim, M. N. Hossain dan T. Wahid, "Face Recognition using Local Binary Patterns (LBP)," Global Journal of Computer Science and Technology, vol. 13, no. 4, 2013.
- [12] M. A. Siddik, L. Novamizanti, I. N. Apraz Ramatryana. "Deteksi Level Kolesterol melalui Citra Iris Mata Berbasis HOG dan ANN". ISSN (p): 2338-8232 | ISSN(e): 2459-9638. Vol.7 No.2.
- [13] P. G. D. G. a. A. D. Krishna Devi, "An Effective Feature Extraction Approach for Iris Recognition System", Indian Journal of Science and Technology, vol. 9 (47), 2016.
- [14] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital*. Informatika Bandung, 2004.
- [15] G. Sarika. and S. Madhuri, "Automated Detection of Cholesterol Presence using Iris Recognition Algorithm," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 133, no. 6, pp. 41-45, 2016, doi: 10.5120/ijca2016907867.
- [16] S. N. Andana, L. Novamizanti, I N. Apraz Ramatryana. "Measurment of Cholesterol Condition of Eye Image Using Fuzzy Local Binary Pattern (FLBP) and Linear Regression". Proc. - 2019 IEEE Int. Conf. Signals Syst. ICSigSys 2019, pp. 79-84, 2019, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2019.8811071.
- [17] A. M. P. Putra. "Deteksi Dispesia Melalui Iris Mata Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Cascade Correlation". Bandung : *Tugas Akhir*, 2013.
- [18] D. P. Waluya, E. Suhartono, and S. Irma. "Deteksi Kolesterol menggunakan Citra Mata berbasis Local Binary Pattern dan Support Vector Machine". *Tugas Akhir*, 2019.
- [19] W. H. Organization, "Global health observatory (gho) data cholesterol," 2008. [Online]. Available: <http://www.who.int/gho/ncd/risk factors/cholesterol mean text/en/>.
- [20] W. Burger and M. J. Burge, "Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction using Java, Texts in Computer Science". ISBN 978-1-84628-379-6. Springer-Verlag London, 2008.