

Diagnosa Penyakit Mata Berdasarkan Citra Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) Dengan Gabor Filter Klasifikasi Levenberg-Marquardt

Anita Sindar¹, Feby Ginting², Sethu Ramen³

^{1,2,3}Teknologi Informasi , STMIK Pelita Nusantara, Medan, Indonesia
Email: ^{1,*}haito_ita@yahoo.com, ²febyginting@gmail.com, ³sethu@gmail.com
Email Penulis Korespondensi: haito_ita@yahoo.com

Article History:

Received Jun 12th, 2023

Revised Jul 20th, 2023

Accepted Aug 26th, 2023

Abstrak

Cahaya ditangkap kedua bola mata diteruskan pada pupil, fokus melalui bagian sensitif bola mata. Organ retina mata mengubah tangkapan sinar menjadi impuls saraf, dan menghantarkan ke otak melalui serabut saraf yang terdapat pada impuls. Terdapat beberapa komplikasi penyakit pada indera penglihatan yang dapat didiagnosa dari susunan retina mata. Tahapan segmentasi citra diperlukan agar serat yang terdapat pada optik retina dapat diubah. Tahap awal dengan inisialisasi susunan untuk tahapan pergerakan kontur. Menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt mampu memperbaiki hasil berikut yang diperoleh sebagai dasar data-data yang sudah ada terkumpul sebelumnya. Dalam penelitian ini penyakit mata hanya mendiagnosa penyakit mata pada keluhan retina mata. Tujuan Penelitian mendiagnosa awal penyakit penglihatan yang muncul berdasarkan gejala-gejala yang ditunjukkan susunan bagian retina bola mata manusia dan mengelompokkan tingkat bahaya hasil diagnosa penyakit mata

Kata Kunci : Citra ODIR, Filter Gabor, Klasifikasi, Levenberg-Marquardt, Segmentasi

Abstract

Light captured by both eyeballs is passed on to the pupil, focused through the sensitive part of the eyeball. The retinal organ of the eye converts the light capture into nerve impulses, and delivers them to the brain through the nerve fibers contained in the impulses. There are several complications of disease in the sense of sight that can be diagnosed from the arrangement of the retina of the eye. Image segmentation stages are needed so that the fiber contained in the retinal optics can be changed. The initial stage is with the initialization of the arrangement for the contour movement stages. Using the Levenberg-Marquardt algorithm is able to improve the following results obtained as a basis for previously collected data. In this study eye disease only diagnosed eye disease in complaints of the retina of the eye. The purpose of this research is to diagnose early sight diseases that appear based on the symptoms shown by the composition of the retinal parts of the human eyeball and classify the level of danger of the results of eye disease diagnoses.

Keyword : Classification, Gabor Filter, Levenberg-Marquardt, ODIR Image, Segmentation

1. PENDAHULUAN

Bagian penglihatan manusia yang peka terhadap gerakan berbentuk tangkapan sinar ada pada retina dengan posisi pada sekita bagian arah belakang penglihatan manusia. Ini berarti bahwa tugas retina sangat penting dalam bidang bagian daya penglihatan manusia. Sebelumnya tim peneliti mengintegrasikan teknik yang ada pada AI dengan data dari bidang bagian komputer untuk mendiagnosa permasalahan yang muncul pada penglihatan manusia, terutama

kehilangan cara untuk melihat melalui fokus retina [1]. Citra Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) merupakan kupulan sejumlah data oftalmik secara terstruktur dari 5.000 penderita pasien penyakit mata dengan informasi diambil berdasarkan umur, gambar dari fundus khususnya warna dari mata sebelah kiri dan sebelah kanan mata. Keseluruhan data yang terkumpul itu ditujukan menjadi perwakilan dari serangkaian informasi pasien penderita penyakit mata didata oleh Shanggong Medical Technology Co., Ltd. Dari berbagai gedung rumah sakit/pusat medis yang terletak di daerah Tiongkok. Foto ataupun gambar fundus yang diperoleh dari bermacam-macam jenis ketajaman kamera yang beredar diperjualbelikan, seperti Canon, Zeiss dan Kowa, bertujuan untuk memperoleh hasil ketajaman resolusi warna gambar yang bermacam-macam variasi. Ada beberapa komplikasi ketajaman penglihatan dari mata yang dapat didiagnosa dari pengecekan bentuk, posisi, warna dari bagian susunan bagian retina mata [2]. Retina bagian mata manusia terdapat jaringan berbentuk saraf mata yang sangat peka pada sinar terang tangkapan sinar cahaya. Sel yang terdapat retina dapat perubahan tangkapan dari sinar cahaya masuk menjadi impuls listrik. Retina bentuknya lonjong bulat memanjang dan tidak terdapat warna atau transparan [3].

Tahapan segmentasi citra bertujuan untuk mendistribusikan antara sasaran paling atas (gambar teratas) berwarna putih atau teran, dengan latar belakang berwarna gelap atau hitam. Salah satu tapis penyaring yang mampu menirukan ciri khusus dari bidang bagian penglihatan bola mata untuk mengurangi getaran dan tujuan capaian luaran image. Filter Gabor dipergunakan dalam mengatasi permasalahan identifikasi dari ciri, bentuk, outline sebab tapis ini mampu menirukan sifat penglihatan dari mata manusia dalam menutupi kemunculan getaran dan tujuan kegunaan objek gambar [4]. Filter Gabor diterapkan dengan rumus perhitungan matematika untuk memunculkan efek bentuk yang autofocus bertujuan memperkecil detail dan menghasilkan layer berkabut. Sinyal Gabor dapat memperkecil konsep ukuran ruang getaran sehingga dapat juga ditentukan melalui getaran dan tujuan respon, hal ini sangat tepat untuk melokalisasi secara spasial penapis Gabor untuk perubahan fitur dengan berbagai bentuk outline, pencahayaan, dan ekspresi. Ciri khusus ini menjadikan Filter Gabor sesuai untuk aplikasi mengidentifikasi susunan dalam bidang pengolahan objek gambar. Penelitian ini bertujuan mendiagnosa penyakit pada retina dari penglihatan manusia ditinjau dari susunan penglihatan dengan data latih dari database ODIR [5].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian disusun untuk menguraikan proses penerapan metode sampai pengujian model yang dihasilkan, Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Processing Data Set

Citra sampel yang digunakan dalam test diambil dari Citra *Ocular Disease Intelligent Recognition* (ODIR) Dataset. Metode penelitian diagnosa penyakit mata berdasarkan citra retina mata [6]. Preprocessing dengan cara resize citra selanjutnya mengelompokkan objek gambar sebagai testing image dan training image. Retina terletak di bagian bagian posisi belakang penglihatan. Sebagai bagian dari susunan posisi saraf pusat, retina menghubungkan dengan otak dan menerima tangkapan sinar cahaya dari luar yang nantinya akan mengartikan sebagai otak [7].

2.2 Segmentasi Tekstur

Segmentasi dilakukan dengan mendistribusikan objek gambar menjadi beberapa daerah wilayah dengan masing-masing target tujuan atau bidang area memiliki atribut kriteria yang sama [8]. Untuk membedakan struktur satu target dari yang

lain dapat menggunakan fitur statistik orde pertama atau ciri khusus statistik orde kedua. Fitur urutan pertama didasarkan pada ciri khusus histogram dari objek gambar [9]. Fitur orde pertama umumnya digunakan untuk memisahkan susunan struktur makro (pola lokal berulang berkala). Fitur urutan pertama meliputi mean, varians, skewness, kurtosis, dan Pengukuran untuk energi. Ciri khusus dari urutan kedua meliputi Momen Sudut Kedua, Kontras, Korelasi, Varians, Momen Berbeda Invers, dan Pengukuran untuk energi [10].

2.3 Segmentasi Gabor Filter

Segmentasi Filter Gabor mencontoh dari ciri tipe bidang bagian penglihatan sehingga dapat menutupi getaran dan tujuan gambar khusus [11]. Pengambilan ukuran dilakukan untuk mencari ciri khusus dari garis luar dari objek gambar untuk tahapan metode segmentasi. Bentuk luar penapis adalah modulasi penjumlahan dari operasi perkalian penapis nyata dan rata-rata yang tidak nyata dari gambar [12]. Setelah mendapatkan tapis Gabor, dapat dilakukan tahapan perubahan bentuk khusus. Seleksi bentuk memilih informasi dari tipe bentuk yang ada, yang dapat dibagi-bagi kelas objek dengan baik [13]. Tahapan perubahan tipe, yaitu salah satu tipe yang dapat ditentukan adalah tipe energi, yaitu menentukan total jumlah keseluruhan data dari susunan jumlah respon [14]. Kemudian setelah dapatkan nilai besaran, hasil penilaian ini dimanfaatkan sebagai bentuk masukan untuk mengelompokkan, sebagai bentuk yang membandingkan satu penyakit dengan penyakit yang lain. Analisis susunan dengan *Gabor Filter* [15] [16]:

- a. Masukkan citra.
- b. Warna RGB citra diubah menjadi objek gambar grayscale.
- c. Menentukan perkiraan nilai dari borderline getaran dan orientasi.
- d. Menentukan perkiraan nilai dari getaran tengah, tentukan nilai lebar pita getaran.
- e. Perkiraan nilai real dan imajinasi.
- f. Penyaringan perhitungan nilai magnitude.

2.4 Algoritma Levenberg-Marquardt

Bentuk pengelompokan dari Algoritma Levenberg-Marquath, memakai metode iterasi seperti iterasi Gauss Newton yaitu memakai urutan *First Order Condition* (FOC) dari sum of least square kesalahan Levenberg-Marquardt adalah algoritma yang digunakan untuk memperkirakan hasil tujuan berikutnya dengan menempatkan bahan testing yang sudah terkumpul [17], [18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

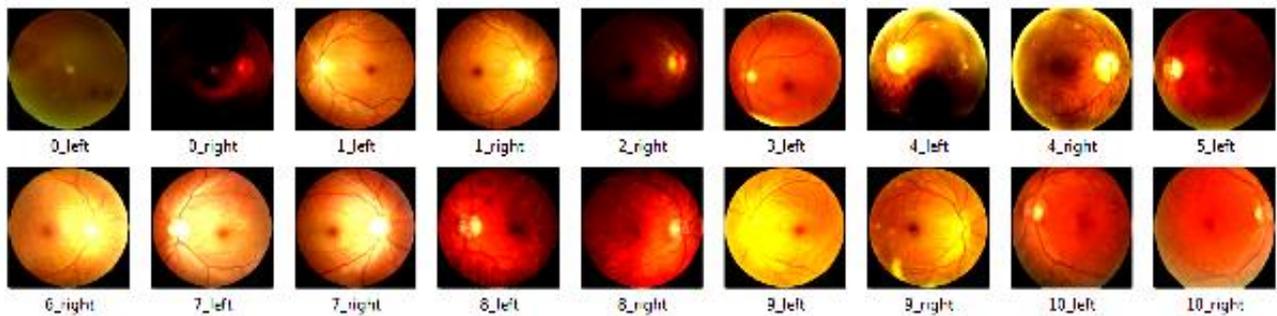
3.1 Data Set

Otot bagian mata fokus pada cahaya terletak pada segmen anterior dari biji mata berbentuk bulat terletak pada zonula di belakang berbentuk selaput. Di depan lensa terdapat aqueous humor dan pada belakang terdapat vitreous. Permukaan lensa dibagi menjadi permukaan depan belakang dari selaput otot mata. Permukaan depan berbentuk setengah lingkaran seperti bulat melengkung dengan puncak ketinggian pada pusat, disebut tiang anterior, dengan garis tengah lingkaran diukur dengan meninjau bentuk lingkaran bola mata pada permukaan kedekatan pada arah belakang lebih menonjol daripada permukaan anterior. Penghubung kutub anterior dan posterior disebut sumbu lensa. Kumpulan data set diambil dari <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k/>.



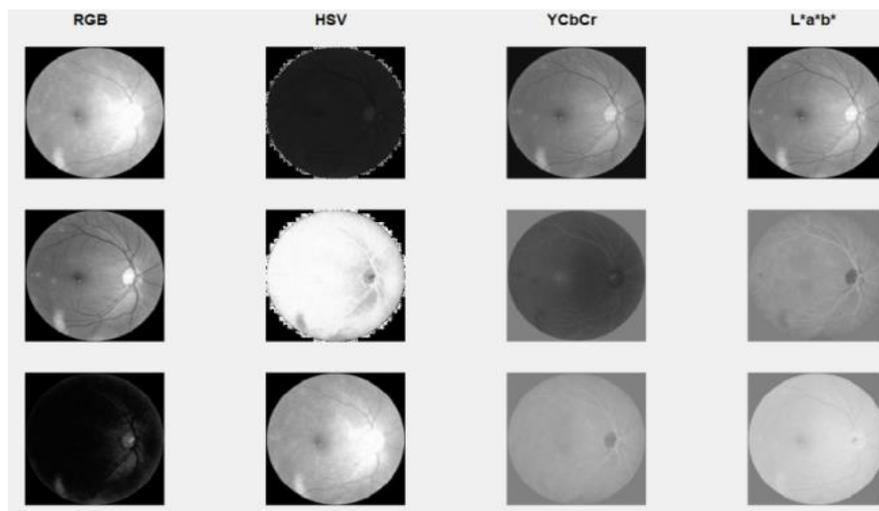
Gambar 2. Lapis Sel Penglihatan Manusia

Lapis sel tipis retina terletak pada belakang bagian bola mata. Sebagai bagian dari bidang bagian saraf pusat, sel tipis bola mata tersambung dengan bagian otak dan bertugas menangkap sinar cahaya dari sekitar luaran mata lalu dipindahkan dan diolah otak. Tahap preprocessing, Citra berukuran 512x512 sebanyak 20 citra sebagai testing image diekstrak menjadi citra grayscale, merubah citra RGB menjadi objek gambar grayscale.



Gambar 3. Data *Ocular Disease Recognition*

Entropy bekerja dengan terlebih dahulu memproses tahapan perubahan warna menjadi keabuan pada citra fundus yang sudah diolah terdahulu. Bagian citra yang didapat dari proses ini membentuk citra jenis biner terdiri dari hitam dan putih sesuai kumpulan piksel dalam bentuk angka nol dan satu. Nilai nol dan satu yang dikonversi menjadi biner pada suatu citra menghasilkan nilai ambang yaitu mempersentasikan warna thresholding. Batas nilai ambang dipergunakan untuk meninjau hasil piksel objek gambar yang tersedia, sehingga diperoleh objek gambar dalam bentuk warna hitam dan putih.



Gambar 4. Citra Thresholding

Entropy atau range dari piksel-piksel nilai probabilitas rendah dan tinggi dengan memaksimalkan nilai Entropy dari piksel dengan probabilitas nilai histogram berwarna putih dan hitam. Entropyfilt berfungsi mengembalikan array setiap piksel keluaran berisi nilai entropi dari lingkungan 9-kali-9 disekitar piksel. Entropi adalah ukuran statistik keacakan, stdfilt dan rangefilt untuk mendapatkan hasil segmentasi yang serupa. Untuk perbandingan dengan gambar susunan susunan entropi lokal, susunan S dan R menguraikan deviasi standar lokal dan rentang lokal. Nilai entropi menjelaskan keteracakan distribusi derajat keabuan suatu citra, semakin acak distribusi derajat keabuannya, semakin tinggi nilai entropi yang dihasilkan. Nilai Entropy dari pembagian susunan menguraikan menguraikan hubungan kerumitan dari citra, semakin tinggi nilai Pengukuran untuk energi, semakin rumit citra maka nilai dari Pengukuran untuk energi dan energi trend yang saling berlawanan.

$$Entropy = - \sum_{i=0}^{L-1} p(i) \log_2(P(i)) \tag{1}$$

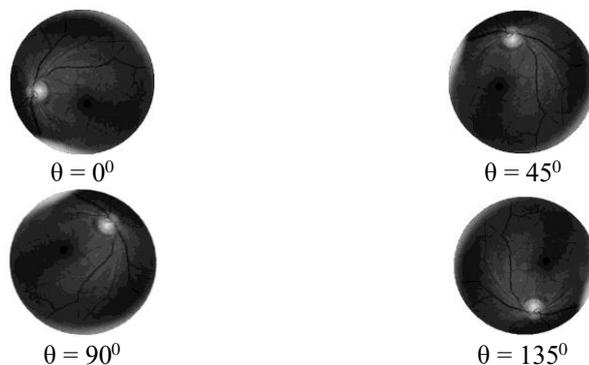
Nilai Entropy dari segmentasi susunan menguraikan kompleksitas objek gambar, perubahan nilai dari tinggi nilai entropi, maka kompleks objek gambar maka nilai. entropi dan energi menguraikan berbentuk terbalik.

Tabel 1. Nilai Entropy Citra

Objek Gambar	Deviasi Standar	Entropy
0_left	3.498	5.5942
0_right	3.457	5.5942

1_left	3.637	6.5185
1_right	3.853	6.6762
2_left	3.639	5.7830
2_right	3.395	5.5367
3_left	3.305	6.3582
3_right	3.594	6.5582
4_left	3.059	6.9954
4_right	3.480	7.0233
5_left	3.964	6.6524
5_right	3.374	6.7650
6_left	3.484	6.6993
6_right	3.274	6.6238
7_left	3.695	6.5946
7_right	3.589	6.6238
8_left	3.955	6.7311
8_right	3.482	6.7973
9_left	3.894	6.6160
9_right	3.222	6.5252

Metode struktural fitur tepi suatu objek adalah batas antara objek dan latar belakangnya, ditandai dengan perubahan tiba-tiba dalam kecerahan atau tingkat keabuan antara piksel yang berdekatan di lokasi gambar khusus Deteksi tepi bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik perubahan intensitas yang tajam pada suatu gambar. Tepi dapat bergantung pada sudut pandang, berubah dengan geometri dan objek dalam pemandangan, atau tidak bergantung pada sudut pandang, yang mewakili fitur seperti tanda dan bentuk permukaan. Analisa terhadap susunan yang tampak menerapkan metode penapis Gabor melalui perolehan nilai skala frekuensi serta derajat orientasi yang paling dominan untuk mendeteksi penyakit yang diderita mata.



Gambar 5. Analisa Citra

Pengenalan bagian luar susunan mempartisi gambar menjadi wilayah yang berbeda berdasarkan perbedaan susunan. Ukuran susunan apa pun yang menjelaskan susunan di lingkungan lokal setiap piksel dapat digunakan untuk mendistribusikan bagian gambar ke dalam wilayah dengan susunan serupa dengan memberikan nilai atau vektor nilai pada setiap piksel, melibatkan proses :

- 1) Tahap ekstraksi ciri, sifat susunan diekstraksi untuk menjadikan model untuk setiap susunan dalam dataset pelatihan.
- 2) Tahap klasifikasi, susunan objek gambar sampel uji dianalisis melalui penerapan metode teknik yang hampir mirip seperti pada proses terdahulu. Algoritma klasifikasi digunakan untuk membandingkan fitur yang diekstrak dari objek gambar uji dengan objek gambar pelatihan, untuk menentukan kelasnya.

Uji coba menerapkan nilai lamda $\lambda=3,5$; Sudut θ sebesar 0° , 45° , 90° dan 135° . Gabor Filter dapat diilustrasikan sebagai produk dari sinusoid kompleks dan fungsi gaussian. Proses gabor merupakan proses penapis yang dapat diubah nilai skala, orientasi serta frekuensi untuk meningkatkan hasil segmentasi. Membangkitkan kernel Gabor digunakan persamaan berikut:

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{x^2}{2\sigma^2} - \frac{y^2}{2\sigma^2}\right\} \exp(2\pi\mu_0(x \cos \theta + y \sin \theta)) \quad (2)$$

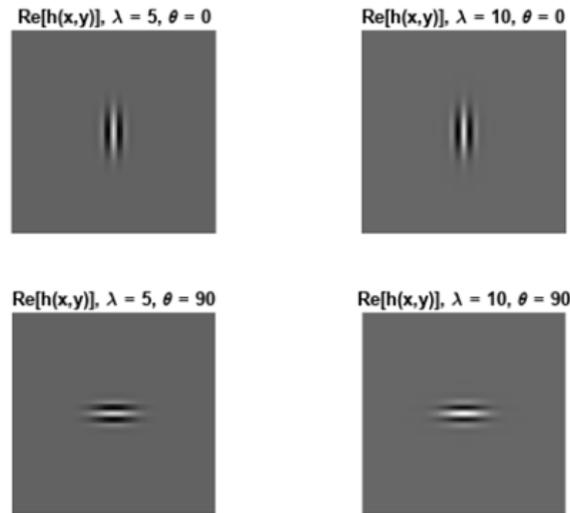
Keterangan :

x, y = koordinat dari gabor penapis

σ = standard deviasi Gaussian envelope

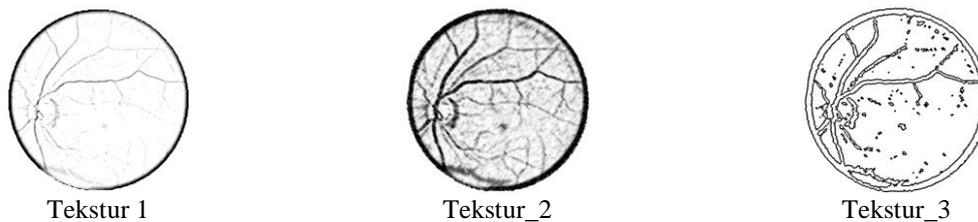
θ = orientasi

μ = frekuensi



Gambar 6. Gabor Orientation

Gabor Filter dapat citra yang dicontohkan sebagai produk dari sinusoid kompleks dan fungsi gaussian. Proses gabor adalah proses dari sebuah tapis yang dapat diubah jarak antar gambar, orientasi dan nilai frekuensinya untuk meningkatkan hasil segmentasi. Deteksi tepi bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik perubahan intensitas yang tajam pada suatu gambar. Tepi dapat bergantung pada sudut pandang, berubah dengan geometri dan objek dalam pemandangan, atau tidak bergantung pada sudut pandang, yang mewakili fitur seperti tanda dan bentuk permukaan.



Gambar 7. Model Tekstur Citra

3.2 Diskusi

Metode struktural fitur tepi suatu objek adalah batas antara objek dan latar belakangnya, ditandai dengan perubahan tiba-tiba dalam kecerahan atau tingkat keabuan antara piksel yang berdekatan di lokasi gambar. Kebaikan sistem jaringan syaraf tiruan antara lain pada proses cepat, akurat dan minimalisasi kesalahan. Testing dilakukan dengan melakukan ekstraksi fitur data latih. Keseluruhan fitur data latih digunakan sebagai data input pada jaringan syaraf tiruan backpropagation dengan perubahan matriks bobot menerapkan algoritma Levenberg-Marquadt. Data tersebut digunakan oleh Training Set oleh algoritma pengelompokan untuk membentuk model pengelompokan serta proses pembelajaran untuk jaringan saraf untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Data yang digunakan oleh Validation Set adalah untuk mencari parameter terbaik untuk suatu algoritma pengelompokan dan untuk menguji jaringan syaraf tiruan yang telah dilakukan dalam proses pembelajaran. Data digunakan oleh Testing Set untuk mencari sejauh mana model berhasil melakukan pengelompokan dengan benar. Jumlah lapisan tersembunyi dan jumlah neuron disetiap lapisan dalam arsitektur pembelajaran mendalam pada Hidden layer. Informasi input memasuki lapisan tersembunyi pertama dan output dari lapisan ini ditransfer sebagai input ke lapisan tersembunyi kedua dan seterusnya. Setiap lapisan menerima output dari lapisan sebelumnya sebagai input, sehingga sinyal input merambat maju pada basis lapis demi lapis sampai lapisan output. Epochs mewakili jumlah iterasi yang harus dilakukan pada set data.

Epochs menandakan satu siklus algoritma deep learning belajar dari keseluruhan training dataset. Beberapa parameter Levenberg-Marquardt yang perlu diperhatikan dalam menyusun/merancang arsitektur jaringan syaraf tiruan antara lain:

1. Jenis jaringan syaraf tiruan yang akan digunakan.
2. Jumlah neuron pada layer masukan, layer tersembunyi, dan layer keluaran.
3. Jumlah layer tersembunyi (hidden layer).
4. Fungsi aktivasi pada layer tersembunyi.
5. Inisialisasi bobot awal.
6. Inisialisasi nilai target kesalahan (error goal).
7. Inisialisasi nilai epoch.
8. Inisialisasi nilai momentum.

Satu epochs berarti menandakan sebuah algoritma Deep Learning telah belajar dari training dataset secara keseluruhan Jaringan syaraf tiruan backpropagation dirancang untuk 6 input, 6 unit layer tersembunyi (hidden layer), 1 unit output dan fungsi aktivasi sigmoid. Maksimum iterasi (epoch) yang dilakukan adalah 1000 kali dengan learning rate antara 0 dan 1. Pembagian data latih dan data uji menerapkan K-Fold Cross Validation dengan mendistribusikan dataset secara acak menjadi k himpunan bagian (subset).

Tabel 2. Validasi Klasifikasi Levenberg-Marquardt

Citra	Learning Rate	Training %	Mean Squared Error (MSE)
0_left	0.563	100	9.688×10^{-3}
0_right	0.684	100	9.635×10^{-3}
1_left	0.564	100	9.463×10^{-3}
1_right	0.627	100	9.368×10^{-3}
2_left	0.372	100	9.574×10^{-3}
2_right	0.736	100	9.843×10^{-3}
3_left	0.275	100	9.740×10^{-3}
3_right	0.753	100	9.743×10^{-3}
4_left	0.327	100	9.732×10^{-3}
4_right	0.624	100	9.482×10^{-3}
5_left	0.141	100	9.836×10^{-3}
5_right	0.521	100	9.294×10^{-3}
6_left	0.141	100	9.379×10^{-3}
6_right	0.521	100	9.643×10^{-3}
7_left	0.141	100	9.478×10^{-3}
7_right	0.521	100	9.649×10^{-3}
8_left	0.141	100	9.836×10^{-3}
8_right	0.521	100	9.649×10^{-3}

Hasil penelitian memperlihatkan arsitektur terbaik untuk melakukan pengelompokan yang diperoleh pada kombinasi tersebut parameter hidden neuron 12, parameter Levenberg-Marquardt (μ) = 0.01, maksimum epoch = 1000 dan target error 0.001 yang menghasilkan MSE 0.000064. Learning rate menghasilkan nilai koreksi bobot pada saat proses pelatihan, semakin kecil learning rate maka akurasi jaringan akan semakin besar atau meningkat dengan konsekuensi proses pelatihan akan semakin lama. MSE menentukan berapa rata-rata kesalahan pangkat dua dari dalam prediksi. Semakin kecil nilai MSE, semakin baik kualitas model.

4. KESIMPULAN

Batas nilai Learning rate antara 0 dan 1, dalam penelitian ini berada pada 0,48 sedangkan kesalahan dalam testing menerapkan *Mean Squared Error* (MSE), Nilai learning rate ini berada pada 0,48. Semakin besar nilai learning rate, maka proses training akan berjalan semakin cepat. MSE memecahkan berapa rata-rata kesalahan nilai pangkat dua dalam prediksi 9.688×10^{-3} - 9.836×10^{-3} .

Algoritma Levenberg–Marquardt digunakan untuk pengelompokan penyakit pada penderita penyakit mata berdasarkan pengolahan data-data sebelumnya, dengan menerapkan prinsipis pencarian nilai minimum berdasarkan jumlah nilai pangkat dua terendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada LPPM STMIK Pelita Nusantara yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lussiana ETP, S. Widodo, and D. A. Pambayun, “Penerapan Filter Gabor untuk Analisis Tekstur Citra Mammogram,” *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, vol. 2011, no. Snati, pp. 17–18, 2011.
- [2] R. Indraswari, W. Herulambang, and R. Rokhana, “Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Ocular Disease Detection on Fundus Images Using Convolutional Neural Network (CNN),” *Techno. Com*, vol. 21, no. 2, pp. 378–389, 2022, [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/jr2ngb/cataractdataset>.
- [3] F. F. Maulana and N. Rochmawati, “Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 1, no. 02, pp. 104–108, 2020, doi: 10.26740/jinacs.v1n02.p104-108.
- [4] H. Muhammad Sipan, “MENGENALI JENIS AYAM KAMPUNG MENGGUNAKAN FILTER GABOR Abstraks,” vol. 14, no. 1, pp. 6–13, 2023.
- [5] S. Swasono, A. Damayanti, and A. B. Pratiwi, “Retinal Diseases Classification Using Levenberg-Marquath (LM) Learning Algorithm for Pi Sigma Network (PSN) and Principal Component Analysis (PCA) Methods,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1306, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1306/1/012048.
- [6] G. A. Wiguna, “Sistem Deteksi Katarak Menggunakan Metode Ekstraksi Indeks Warna Dengan Klasifikasi Jarak Euklidean,” *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–46, 2018, doi: 10.37792/jukanti.v1i2.10.
- [7] A. S. R. Sinaga and E. Marpaung, “Segmentasi Warna HSV Telapak Tangan Untuk Deteksi Bakteri Pada Pandemi Covid 19,” *Fountain Informatics J.*, vol. 5, no. 3, p. 1, 2020, doi: 10.21111/fij.v5i3.4925.
- [8] A. S. R. Sinaga, “Real Time Database Seleksi Wajah Digital Menggunakan Algoritma CAMshift,” *Fountain Informatics J.*, vol. 5, no. 1, p. 9, 2020, doi: 10.21111/fij.v5i1.3642.
- [9] M. S. Khan *et al.*, “Deep Learning for Ocular Disease Recognition: An Inner-Class Balance,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/5007111.
- [10] A. Habsari, T. Harsono, H. Yuniarti, and R. Tjandra, “Deteksi Microaneurysm Pada Mata Sebagai Langkah Awal Untuk Penentuan Diabetic Retinopathy Menggunakan Pengolahan Citra Digital,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 139–145, 2021, doi: 10.30871/jaic.v5i2.3302.
- [11] J. Adler and T. B. Pratama, “Identifikasi Pola Warna Citra Google Maps Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Levenberg –Marquardt dengan MatLab Versi 7.8,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 95–101, 2018, doi: 10.34010/komputika.v7i2.1396.
- [12] S. I. Syafi’i, R. T. Wahyuningrum, and A. Muntasa, “Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding,” *J. Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2016, doi: 10.9744/informatika.13.1.1-8.
- [13] G. R. Dantes *et al.*, “Segmentasi mata katarak pada citra medis menggunakan metode operasi morfologi 1),” no. 1, 2018.
- [15] A. Fadlil, W. S. Aji, and A. S. Nugroho, “Sistem Monitoring Kolesterol Melalui Iris Mata dengan Metode Pengolahan Citra,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 16, no. 1, pp. 36–43, 2020, doi: 10.17529/jre.v16i1.15657.
- [16] D. Juniati and A. E. Suwanda, “Klasifikasi Penyakit Mata Berdasarkan Citra Fundus Retina Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting Dan Fuzzy K-Means,” *Prox. J. Penelit. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 10–18, 2022, doi: 10.30605/proximal.v5i1.1623.
- [17] A. N. Rohman and D. P. Pamungkas, “Identifikasi Kelainan Mata Katarak Pada Citra Digital Menggunakan Metode Deep Learning,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*. 2020.
- [18] V. Vincentia, N. Nurhasanah, and I. Sanubary, “Deteksi Awal Retinopati Hipertensi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Citra Fundus Mata,” *J. Fis.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–20, 2019, doi: 10.15294/jf.v9i1.18508.