



Penerapan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk Deteksi Penyakit Mata Katarak

Yonal Supit

*STMIK Catur Sakti Kendari, D.I Panjaitan, Kendariand 9316, Indonesia
yonalsupit@gmail.com

* corresponding author

ABSTRACT

ARTICLE INFO

Penyakit mata merupakan salah satu gangguan kesehatan yang dapat berdampak serius jika tidak terdiagnosis secara dini. Dalam upaya meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi penyakit mata, metode *Support Vector Machine* (SVM) digunakan untuk klasifikasi penyakit mata berdasarkan *dataset* citra atau data numerik terkait. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan SVM sebagai algoritma klasifikasi, memanfaatkan fitur yang diekstraksi dari citra mata atau data medis yang relevan. Proses penelitian mencakup pengumpulan data, pra-pemrosesan, ekstraksi fitur, pelatihan model SVM, serta evaluasi performa model menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Dengan menerapkan teknik *k-fold cross-validation*, model diuji untuk menghindari *overfitting* dan memastikan generalisasi yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SVM mampu memberikan hasil klasifikasi yang akurat, serta dapat digunakan sebagai alat bantu diagnosis penyakit mata yang efektif. Dalam penelitian sebelumnya, banyak yang mengandalkan metode ekstraksi fitur umum seperti *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) atau *Local Binary Patterns* (LBP). Penelitian ini menerapkan metode ekstraksi fitur berbasis domain medis, seperti analisis morfologi lensa mata dan pola distribusi kekeruhan lensa, yang dirancang khusus untuk mendeteksi karakteristik katarak. Berdasarkan hasil Prediksi dengan Metode SVN didapat nilai *Accuracy*: 95.0355%

Article history

Received: 8 November 2024

Revised: 8 November 2024

Accepted: 12 December 2024

Keywords

1. *Support Vector Machine*
2. *Kernel*
3. Prediksi
4. Ekstraksi Fitur
5. Akurasi

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

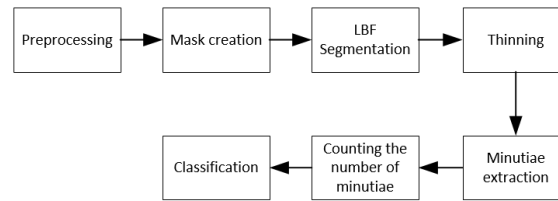
Seiring bertambahnya usia, penglihatan kita memburuk. Menurut 10 Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit populasi orang Amerika di atas 40 tahun, 16% menderita katarak dan 2% menderita glaucoma [1]. Deteksi dini penyakit mata sangat penting, terutama bagi individu yang memiliki riwayat penyakit mata dalam keluarga, orang yang berusia di atas 60 tahun, penderita diabetes, dan mereka yang memiliki riwayat cedera atau operasi mata, karena mereka memiliki risiko lebih tinggi terkena penyakit mata. Deteksi dini dan penanganan yang tepat waktu sangat penting dalam mengobati penyakit mata dan mencegah kehilangan penglihatan secara permanen. Mendeteksi penyakit mata sejak dini sangat penting untuk mencegah atau memperlambat perkembangan kehilangan penglihatan dan kebutaan. Sayangnya, banyak penyakit mata, termasuk retinopati diabetik, glaukoma, dan katarak, tidak memiliki tanda atau gejala peringatan dini. Oleh karena itu, pemeriksaan mata secara teratur dan deteksi dini penyakit-penyakit ini sangat penting untuk mencegah kehilangan penglihatan dan meningkatkan kualitas hidup mereka yang terkena dampaknya. [2]. Penyakit mata

merupakan salah satu masalah kesehatan global yang signifikan, dengan dampak serius pada kualitas hidup individu dan produktivitas masyarakat. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa setidaknya 2,2 miliar orang di seluruh dunia mengalami gangguan penglihatan atau kebutaan, di mana setidaknya 1 miliar kasus sebenarnya dapat dicegah atau belum ditangani. Pada tahun 2002, *World Health Organization* (WHO) menerbitkan skala penilaian katarak yang disederhanakan. Menurut WHO, ada tiga jenis utama katarak: 1) katarak *sklerotik nuklir* (NS), 2) katarak *spoking kortikal* (CS), dan 3) katarak *subkapsular posterior* (PSC) [3]. Di Indonesia, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) yang dirilis dalam Statistik Kesejahteraan Rakyat 2023, sekitar 0,99% penduduk Indonesia mengalami kesulitan melihat, bahkan ketika menggunakan alat bantu seperti kacamata. Angka ini menunjukkan bahwa lebih dari 2,7 juta penduduk Indonesia menghadapi masalah penglihatan yang signifikan. Lebih lanjut, data BPS menunjukkan bahwa prevalensi gangguan penglihatan meningkat seiring bertambahnya usia, dengan 6,65% penduduk berusia 60 tahun ke atas mengalami kesulitan melihat. Mendiagnosis penyakit mata dengan tepat dan cepat sangat penting untuk mencegah dan menanganinya. Pembelajaran transfer menunjukkan potensi untuk secara otomatis mengidentifikasi berbagai penyakit mata. Hal ini bermanfaat untuk menghindari dan mengatasi masalah mata. Penglihatan komputer yang disempurnakan telah secara signifikan menguntungkan para dokter mata dengan memungkinkan komputer membantu mereka secara ekstensif [4]. Penerapan teknologi kecerdasan buatan, khususnya metode *Support Vector Machine* (SVM), menawarkan potensi solusi yang menjanjikan. SVM telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi klasifikasi di bidang medis, termasuk analisis citra. Kemampuannya untuk menangani data kompleks dan non-linear membuatnya cocok untuk klasifikasi penyakit mata berdasarkan citra digital. Sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan fitur generik seperti *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) atau *Local Binary Patterns* (LBP), yang tidak sepenuhnya menangkap karakteristik unik katarak. Penelitian ini berfokus pada ekstraksi fitur medis spesifik seperti distribusi kekeruhan lensa dan perubahan morfologi lensa. SVM dilengkapi dengan *kernel trick* yang memungkinkan transformasi data ke ruang berdimensi lebih tinggi, sehingga pola non-linear dapat dipisahkan secara efisien yang dapat memberikan fleksibilitas tinggi dalam menangani data medis yang kompleks. *Local Binary Pattern* adalah metode ekstraksi fitur yang secara khusus dirancang untuk menangkap pola tekstur dalam sebuah gambar. Metode ini memiliki beberapa keunggulan utama yang membuatnya ideal untuk digunakan bersama *Support Vector Machine*, terutama dalam tugas-tugas klasifikasi citra seperti deteksi penyakit mata katarak. Dengan fitur yang lebih terstruktur dan informatif, SVM dapat memaksimalkan kekuatannya sebagai algoritma klasifikasi berbasis margin, menghasilkan model yang lebih akurat dan generalisasi yang lebih baik, terutama dalam tugas deteksi penyakit berbasis citra.

Konsep SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah *class* pada *input space* [5]. SVM adalah salah satu teknik klasifikasi data dengan proses pelatihan (*supervised learning*). SVM merupakan sebuah metode yang membandingkan suatu seleksi parameter standar nilai diskrit yang disebut kandidat set [6]. SVM menggunakan teknik yang disebut trik *kernel*, di mana *kernel* mengambil ruang masukan berdimensi rendah dan mengubahnya menjadi ruang berdimensi lebih tinggi [7]. *Eccentricity* dalam analisis citra atau pengolahan data geometris adalah suatu metrik yang menggambarkan tingkat "kelonjongan" atau "kekompakan" suatu objek dua dimensi. *Eccentricity* sering digunakan untuk menganalisis bentuk objek pada gambar digital, terutama dalam segmentasi dan klasifikasi citra. *Eccentricity* dapat digunakan untuk menganalisis pola distribusi kekeruhan pada lensa mata. Mata katarak sering memiliki pola yang lebih tidak teratur dibandingkan dengan mata sehat, yang dapat tercermin melalui nilai *eccentricity* yang lebih tinggi.

2. Metodologi

Merujuk pada Gambar 1. Diagram blok yang diusulkan, diagram alir yang ditampilkan menggambarkan proses analisis citra, dimulai dengan *preprocessing* untuk mempersiapkan citra mentah. Kemudian dilanjutkan dengan *mask creation* untuk memisahkan objek dari latar belakang, yang diikuti oleh LBF *segmentation* guna melakukan segmentasi lokal pada citra. Setelah segmentasi, dilakukan *thinning* atau penipisan untuk mendapatkan representasi garis yang lebih tipis. Dari hasil tersebut, dilakukan *minutiae extraction* untuk mengekstrak titik-titik detail penting (*minutiae*), di mana jumlah *minutiae* kemudian dihitung dalam tahap *counting the number of minutiae*. Langkah terakhir adalah *classification*, di mana data yang telah diolah diklasifikasikan berdasarkan hasil ekstraksi *minutiae* sebelumnya [9].



Gambar 1. Diagram blok yang diusulkan

2.1. Tahapan Alur Penelitian



Gambar 2. Alur Penelitian

Seperti pada Gambar 2. Alur Penelitian menunjukkan diagram alir proses klasifikasi citra mata menggunakan metode SVM. Proses dimulai dengan input citra mata, di mana gambar mata dimasukkan untuk dianalisis. Langkah selanjutnya adalah ekstraksi fitur, yaitu proses di mana karakteristik penting dari citra diambil untuk digunakan dalam klasifikasi. Setelah fitur berhasil diekstraksi, proses berlanjut di mana fitur-fitur yang telah diekstrak disiapkan untuk dianalisis lebih lanjut. Fitur ini kemudian dimasukkan ke dalam tahap klasifikasi SVM, sebuah algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra berdasarkan fitur-fitur yang telah proses. Hasil output klasifikasi diperoleh yang menunjukkan hasil dari klasifikasi tersebut, dan proses berakhir dengan tahapan selesai. Diagram ini memberikan gambaran menyeluruh tentang tahapan yang dilakukan dalam proses klasifikasi citra mata menggunakan SVM [10].

2.2. Metode Penelitian




Alat dan bahan yang digunakan sangat mendukung kebutuhan pemrosesan data serta penerapan algoritma. *Dataset* yang digunakan terdiri dari citra mata sehat dan mata katarak dalam format JPEG, dengan total 1,039 gambar untuk mata katarak dan 1,047 gambar untuk mata sehat, yang diambil dari *repository* terpercaya di *website* Kaggle.com. Dataset ini memberikan variasi yang cukup dalam hal tekstur dan kondisi mata, yang memungkinkan pemrosesan fitur yang sesuai untuk klasifikasi. Pemrosesan data dilakukan menggunakan perangkat keras berupa laptop dengan prosesor AMD Ryzen Core i3 dan RAM 8 GB, yang cukup untuk menangani *dataset* dengan ukuran tersebut, serta menjalankan algoritma *machine learning* secara efisien. Untuk analisis dan pemrosesan fitur citra, menggunakan perangkat lunak MATLAB R2018b, yang menyediakan *toolbox* untuk pemrosesan citra serta klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine*. MATLAB memungkinkan integrasi yang mudah antara pemrosesan fitur, pelatihan model, serta evaluasi hasil, sehingga sangat sesuai dengan tujuan penelitian yang membutuhkan analisis citra dan pengklasifikasian status katarak. pemrosesan fitur adalah proses penting dalam pembelajaran mesin dan pengolahan citra yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan merepresentasikan informasi yang paling relevan dari data mentah. Dalam konteks penelitian ini, pemrosesan fitur dilakukan untuk mendapatkan pola-pola tekstur yang dapat membedakan gambar mata sehat dari gambar mata dengan katarak. Proses ini bertujuan untuk mengubah data citra yang kompleks menjadi serangkaian fitur numerik yang dapat digunakan oleh algoritma klasifikasi seperti *Support Vector Machine*. *Accuracy* adalah salah satu metrik evaluasi

utama yang digunakan untuk mengukur performa model klasifikasi. Secara umum, *accuracy* menunjukkan proporsi prediksi yang benar (baik untuk kelas positif maupun kelas negatif) terhadap seluruh prediksi yang dilakukan oleh model

2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data melibatkan pengambilan gambar mata dari pasien dengan berbagai penyakit seperti glaukoma atau katarak. Data diperoleh dari *dataset public repository* seperti pada *Table 1*. Citra Mata Normal dan Berpenyakit. Setiap gambar dilabeli sesuai dengan jenis penyakitnya. Gambar yang dikumpulkan dibersihkan dari kesalahan, diperkaya untuk menyeimbangkan kategori, dan dinormalisasi agar siap digunakan dalam pelatihan SVM.

Table 1. Citra Mata Normal dan Berpenyakit

No.	Citra Mata	Sumber	Hak Cipta
1	 Normal	Gambar ini direproduksi dari Repository Kaggle, dengan izin dari Kaggle di www.kaggle.com	© 2024 kaggle.com/datasets/gunavenkatdoddi/eye-diseases-classification open lisensi untuk tujuan penelitian, tetapi penggunaan komersial membutuhkan izin dari pemilik dataset.
2	 <i>glaucoma</i>	Gambar ini direproduksi dari Repository Kaggle, dengan izin dari Kaggle di www.kaggle.com	© 2024 kaggle.com/datasets/gunavenkatdoddi/eye-diseases-classification open lisensi untuk tujuan penelitian, tetapi penggunaan komersial membutuhkan izin dari pemilik dataset.
3	 Katarak	Gambar ini direproduksi dari Repository Kaggle, dengan izin dari Kaggle di www.kaggle.com	© 2024 kaggle.com/datasets/gunavenkatdoddi/eye-diseases-classification open lisensi untuk tujuan penelitian, tetapi penggunaan komersial membutuhkan izin dari pemilik dataset.

2.4. Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan menyiapkan kumpulan data guna memenuhi persyaratan model pembelajaran mesin. Proses pertama adalah menyiapkan *dataset* penyakit mata katarak dalam format JPEG. *TensorFlow* tidak mendukung beberapa format gambar seperti (JPEG, PNG, GIF, BMP, dan TIFF) [11]. Tahapan ini dilakukan untuk mempersiapkan *dataset* agar dapat digunakan dalam model SVM:

1. Normalisasi Data: Dilakukan normalisasi atau standarisasi data dengan MATLAB agar nilai data berada dalam rentang tertentu. Hal ini penting karena SVM sensitif terhadap skala fitur.
2. Penghapusan *Noise*: noise pada citra dapat dihapus menggunakan median filter.
3. Ekstraksi Fitur: *Local Binary Pattern* (LBP).

2.5. Pembagian Dataset

Dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih (*training data*) dan data uji (*testing data*). 80% data digunakan untuk pelatihan dan 20% data untuk pengujian.

2.6. Pelatihan Model SVM

- Pemilihan *Kernel*: Dalam penerapan SVM di MATLAB, *kernel* yang digunakan LBP. Pemilihan *kernel* yang tepat dapat mempengaruhi hasil ekstraksi fitur. Beberapa penelitian telah

menggunakan SVM untuk berbagai penerapan, diantaranya adalah pada pengenalan citra, analisis medik, ataupun untuk melakukan prediksi [12].

- Optimasi Parameter: Parameter *cross-validation* untuk membantu optimasi pada *output* pemrosesan fitur.

2.7. Pengujian dan Evaluasi Model

Menurut Géron, (2017) SVM adalah pengembangan dari masalah klarifikasi *Support Vector Classification*, Prinsip SVM adalah mencoba menemukan garis *hyperplane* terdekat, dan meminimalkan kesalahan prediksi yaitu jarak antara data yang diprediksi dengan keluaran yang diinginkan. Model *regresi linier* untuk memprediksi data kontinu. Secara sederhana, fungsi ini bekerja dengan mencari garis atau *hyperplane* terbaik yang mendekati hubungan antara fitur masukan (x) dan target keluaran (y). dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut [8]:

$$y = f(x) \begin{bmatrix} w \\ x \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} x \\ 1 \end{bmatrix} = W^T X + b \quad x, w \in \mathbb{R}^{M+1} \quad 1$$

dimana:

- x : Vektor masukan berdimensi M , mewakili fitur-fitur dari data masukan.
- w : Vektor bobot berdimensi M , yang menunjukkan pengaruh atau kontribusi masing-masing fitur terhadap hasil keluaran.
- b : Bias skalar, digunakan untuk menggeser fungsi linear agar lebih sesuai dengan data.
- $\begin{bmatrix} x \\ 1 \end{bmatrix}$: Merupakan gabungan dari vektor masukan x dengan nilai bias 1, digunakan untuk menyatukan persamaan bobot dan bias ke dalam satu operasi matriks.
- $W^T X$: *Dot product* antara vektor bobot dan masukan, menghasilkan nilai linear sebelum penambahan bias.
- y : Keluaran dari fungsi, yang dalam konteks regresi adalah nilai kontinu yang diprediksi oleh model.

Dalam studi ini, kinerja model klasifikasi dan segmentasi dievaluasi dengan presisi, model kumpulan data, dan *F1-Score* sebagai metrik utama, yang diberikan di bawah ini [13]:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad 2$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad 3$$

$$Dice = \frac{2xTP}{2xTP + FP + FN} \quad 4$$

dimana TP, FP, TN, dan FN masing-masing menunjukkan tingkat positif benar, positif palsu, negatif benar, dan negatif palsu. Selain itu, kinerja model segmentasi juga dievaluasi dengan menggunakan *Intersection Over Union* (IoU) yang ditentukan sebagai berikut:

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN} \quad 5$$

Setelah model dilatih, data uji digunakan untuk mengevaluasi performa model:

- Prediksi: Model SVM yang telah dilatih diuji menggunakan data uji untuk memprediksi kelas penyakit.
- Evaluasi Kinerja: Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *confusion matrix*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat performa model klasifikasi yang telah dibuat dalam melakukan prediksi klasifikasi sentimen. Nilai yang dihasilkan dari proses pengujian yaitu *Accuracy*, *Recall*, *Precision*, dan *f1-Score* [14]. Akurasi menunjukkan performansi teknik klasifikasi secara keseluruhan, semakin tinggi akurasi klasifikasi berarti semakin baik performansi teknik klasifikasi [15]. Berdasarkan tabel x *confusion*

matrix yang menggambarkan hasil dari klasifikasi biner antara kelas prediksi dan kelas sebenarnya. Setiap label dalam

- Table 2. Confusion Matrix dapat dijelaskan sebagai berikut:

Table 2. Confusion Matrix

Kelas Sebenarnya	Kelas Prediksi	
	Positif	tp (True Positive)
Negatif	fp (False Positive)	tn (True Negative)

$$\text{Akurasi klasifikasi (\%)} = \frac{tp+tn}{tp+fp+tn+fn} \quad 6$$

$$\text{Sensitivity (\%)} = \frac{tp}{tp+fn} \quad 7$$

$$\text{Specificity (\%)} = \frac{tn}{fp+tn} \quad 8$$

SVM merupakan salah satu metode dalam *supervised learning* yang biasanya digunakan untuk klasifikasi seperti *Support Vector Classification* dan regresi *Support Vector Regression*. Dalam pemodelan klasifikasi, SVM memiliki konsep yang lebih matang dan lebih jelas secara matematis dibandingkan dengan teknik-teknik klasifikasi lainnya. SVM juga dapat mengatasi masalah klasifikasi dan regresi dengan linear maupun *nonlinear* [16].

2.8. Validasi Model

Untuk memastikan model tidak *overfitting*, *k-fold cross-validation* dapat digunakan. Teknik ini membagi *dataset* menjadi beberapa *subset*, melatih model beberapa kali, dan menggunakan rata-rata dari hasil tersebut untuk penilaian yang lebih akurat.

2.9. Implementasi Sistem

Setelah model berhasil diterapkan dan diuji, model SVM dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi *MATLAB* untuk klasifikasi penyakit mata secara otomatis. Aplikasi ini dapat dirancang dengan menggunakan *MATLAB App Designer* untuk memberikan antarmuka grafis.

3. Hasil dan Pembahasan

2.10. Pengolahan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data citra mata yang diambil dari sumber *dataset* medis yang terpercaya. Citra mata ini mencakup berbagai kondisi penyakit seperti *glaucoma*, katarak, dan retinopati diabetik. Total *dataset* yang digunakan terdiri dari 4222 gambar mata yang dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan penyakitnya. Setiap citra dianotasi dengan label sesuai jenis penyakit mata yang diidap. Kualitas data yang baik serta variasi fitur pada setiap jenis penyakit memungkinkan algoritma SVM untuk bekerja secara efektif dalam membedakan berbagai kategori. Berdasarkan tabel x tersebut menampilkan Rata-Rata Ekstraksi Citra dan Fitur. Tabel ini memuat dua bagian utama, yaitu fitur dari citra dan nilai komponen warna.

Table 3. Rata-Rata Pemrosesan Citra dan Fitur

Rata-Rata Ekstraksi Citra	Contrast	Correlation	Energy	Homogeneity
Nilai	0.070288	0.97293	0.32466	0.97452
Rata-Rata Ekstraksi Fitur		Merah	Hijau	Biru
Nilai		93.999	58.988	33.58

Rerata hasil pemrosesan citra dan fitur sebagaimana terlihat pada *Table 3*. Rata-Rata Pemrosesan Citra dan Fitur bahwa nilai *contrast* rata-rata adalah 0.070288, yang cukup rendah, menunjukkan bahwa gambar-gambar dalam *dataset* cenderung memiliki sedikit variasi dalam intensitas piksel. Ini bisa mengindikasikan bahwa sebagian besar gambar dalam *dataset* lebih seragam dalam hal tekstur, mungkin berkaitan dengan mata yang relatif sehat atau jenis penyakit yang tidak menyebabkan banyak perubahan pada tekstur. Korelasi rata-rata mendekati 1(0.97293), yang sangat tinggi yang menunjukkan bahwa intensitas piksel dalam gambar sangat teratur, yang menandakan bahwa mata

yang di foto masih dalam kondisi relatif sehat atau memiliki pola keteraturan tertentu. Nilai energi sebesar 0.32466 menunjukkan bahwa gambar memiliki tingkat keteraturan yang cukup baik. Yang menunjukkan bahwa pola dalam gambar relatif teratur, yang juga bisa menjadi indikator kesehatan mata atau jenis penyakit yang tidak terlalu merusak struktur mata secara drastis. Nilai homogenitas rata-rata sebesar 0.97452 menunjukkan bahwa gambar dalam dataset sangat homogen, dengan variasi yang kecil pada intensitas piksel bersebelahan yang menunjukkan bahwa tekstur mata dalam dataset sebagian besar serupa, yang mungkin disebabkan oleh konsistensi kondisi mata yang difoto (sehat atau penyakit yang tidak terlalu merusak tekstur). Nilai rata-rata intensitas warna merah, hijau, dan biru (93.999, 58.988, 33.58) menunjukkan bahwa gambar dalam dataset memiliki distribusi warna yang relatif seimbang, meskipun intensitas warna merah sedikit lebih dominan. Ini bisa mencerminkan kondisi pencahayaan selama pengambilan gambar atau karakteristik mata yang memiliki sedikit lebih banyak rona merah di area tertentu (misalnya, pembuluh darah pada retina).

2.11. Tahapan Pra-pemrosesan Data

Data yang sudah dikumpulkan dan dibagi menjadi data uji dan latih akan melalui tahap *preprocessing*. Proses ini bertujuan agar data dapat diklasifikasi dan untuk mempermudah proses analisis menggunakan algoritma SVM [17]. Pra-pemrosesan citra dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum pemrosesan fitur. Proses ini mencakup penghilangan noise menggunakan *median filter*, penyesuaian ukuran citra, serta normalisasi intensitas piksel. Setelah dilakukan pra-pemrosesan, fitur-fitur yang signifikan diproses dari citra mata menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG). Ekstraksi fitur ini menghasilkan vektor fitur yang merepresentasikan karakteristik citra secara mendetail. Hasil dari pra-pemrosesan menunjukkan bahwa teknik ini berhasil memperbaiki kualitas citra dan menghasilkan fitur yang relevan untuk klasifikasi.

2.12. Tahapan Pelatihan Model SVM

Setelah data siap, model SVM dilatih dengan data latih yang telah di pra-proses. Pemilihan kernel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Local Binary Pattern* (LBP) karena LBP dapat diintegrasikan ke dalam proses pengolahan citra sebelum digunakan dengan SVM, sebagai metode untuk mengekstrak fitur dari gambar. Model SVM yang dihasilkan mampu membedakan dengan baik antara citra mata yang sehat dan yang mengalami penyakit dengan berbagai tingkatan kompleksitas fitur.

2.13. Tahapan Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji yang terdiri dari 20% *dataset*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model SVM yang diterapkan memiliki akurasi sebesar 95%. Selain itu, metrik lain seperti *precision*, *recall*, dan *F1-score* juga dihitung untuk mendapatkan gambaran lengkap tentang performa model.

Table 4. Hasil Evaluasi Performa Model SVM pada Data Uji

Metrik	Nilai (%)	Penjelasan
Akurasi	95	Persentase prediksi benar dari total data uji.
Precision	100	Proporsi prediksi "mata katarak" yang benar-benar katarak (mengukur ketepatan).
Recall	100	Proporsi mata katarak yang benar-benar terdeteksi sebagai katarak (mengukur sensitivitas).
F1-Score	100	Rata-rata harmonis dari precision dan recall untuk menyeimbangkan kedua metrik.

2.14. Hasil Analisis

Model SVM terbukti mampu mengklasifikasikan penyakit mata dengan baik, terutama dalam mengidentifikasi penyakit yang memiliki fitur visual yang jelas. LBP bekerja dengan menggambarkan pola lokal dalam citra, mendeteksi tekstur dengan membandingkan setiap piksel dengan tetangganya. Optimasi parameter SVM dengan LBF juga menunjukkan peningkatan performa model yang signifikan. Namun, tantangan tetap ada pada klasifikasi penyakit yang memiliki ciri-ciri visual yang sangat mirip, dimana dibutuhkan pengembangan lebih lanjut pada ekstraksi fitur. Hasil Prediksi dengan Metode SVN didapat nilai *Accuracy*: 95.0355%.

Table 5. Hasil Pemrosesan Fitur Warna dan Bentuk

Nilai Rata-Rata		
Merah	Hijau	Biru
112.92	80.578	47.744
Standar Deviasi		
Merah	Hijau	Biru
73.861	53.993	33.792
Fitur Bentuk		
Area	Perimeter	Eccentricity
10546	377.6	0.37383

Pada *Table 5.* Hasil Pemrosesan Fitur Warna dan Bentuk di atas menggambarkan rata-rata warna dengan nilai rata-rata 112.92 untuk kanal merah, 80.578 untuk kanal hijau, dan 47.744 untuk kanal biru menunjukkan bahwa gambar tersebut memiliki komponen merah yang dominan, diikuti oleh biru dan hijau. Standar deviasi warna: Nilai standar deviasi yang relatif tinggi untuk kanal merah 73.861 menunjukkan variasi warna merah yang lebih besar dibandingkan dengan hijau dan biru. Fitur Bentuk: Area sebesar 10546 menunjukkan ukuran objek yang terdeteksi cukup besar, dan Perimeter sebesar 377.6 menunjukkan batas keliling objek. *Eccentricity* sebesar 0.37383 menunjukkan bahwa objek memiliki bentuk yang lebih lonjong atau *elips* dari pada bulat sempurna.

Table 6. *Confusion Matrix* dalam Tabel

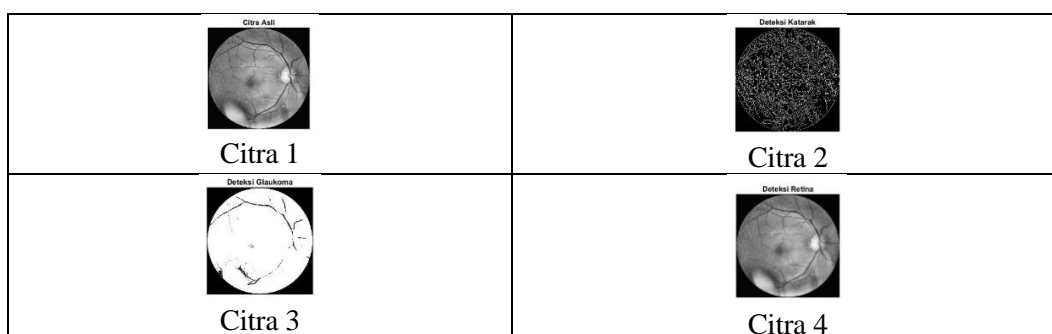
Kelas	Sehat	Katarak
Sehat	1	0
Katarak	0	0

Terlihat dalam *Table 6.* *Confusion Matrix* tersebut menunjukkan bahwa model mengalami bias dalam mengklasifikasikan sampel. Model cenderung memberikan prediksi positif palsu (*false positive*) yang tinggi, yaitu mengklasifikasikan sampel yang sebenarnya sehat sebagai katarak. Pola tekstur pada mata sehat yang menyerupai pola katarak, seperti artefak gambar, pencahayaan buruk, atau adanya kondisi mata lain yang bukan katarak serta *overfitting* pada data pelatihan, di mana model terlalu sensitif terhadap fitur tertentu yang mungkin tidak relevan.

Table 7. Model Evaluasi Klasifikasi Penyakit Mata

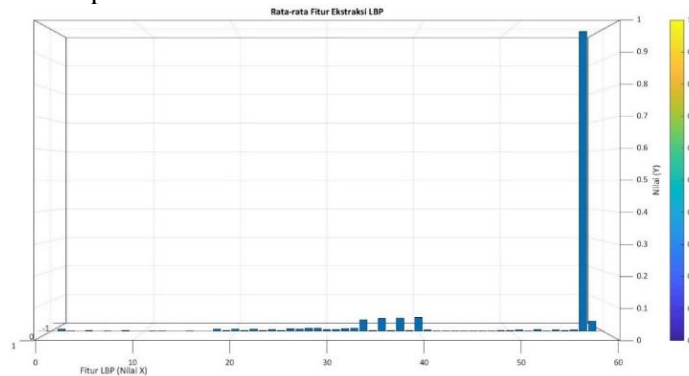
Kelas	<i>True Positive</i>	<i>True Negative</i>	<i>False Positive</i>	<i>False Negative</i>
Sehat	1	0	0	0
katarak	0	1	0	0

Berdasarkan *Table 7.* Model Evaluasi Klasifikasi Penyakit Mata berhasil mengklasifikasikan semua sampel dengan akurat. Terdapat 1 sampel yang benar-benar sehat dan berhasil diklasifikasikan sebagai sehat (*True Positive*), serta 1 sampel yang benar-benar menderita katarak dan juga diklasifikasikan sebagai katarak (*True Negative*). Tidak ada kasus di mana model salah mengklasifikasikan sampel (*False Positive* atau *False Negative*). Hasil ini menunjukkan kinerja model yang sangat baik dalam membedakan antara pasien sehat dan pasien yang menderita katarak.



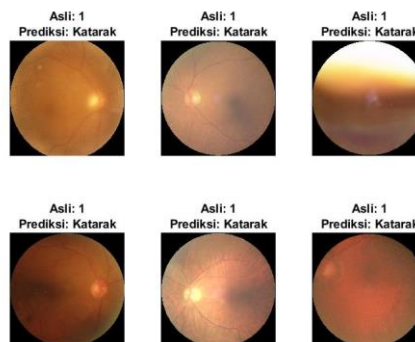
Gambar 3. Hasil Ekstraksi Citra Mata

Pada Gambar 3. Hasil Ekstraksi Citra Mata menunjukkan citra asli retina mata yang akan dianalisis. Hasil deteksi katarak, glaukoma, dan segmentasi pembuluh darah retina disajikan pada citra 2, 3, dan 4, masing-masing. Pada citra 2, area berwarna putih mengindikasikan adanya kemungkinan katarak. Sementara itu, pada citra 3, area putih menunjukkan kemungkinan adanya glaukoma. Citra 4 menampilkan hasil segmentasi pembuluh darah retina dengan cukup baik, di mana pembuluh darah terlihat jelas dengan warna putih.

**Gambar 4.** Hasil Pemrosesan *Kernel* LBF

Terlihat pada Gambar 4. Hasil Pemrosesan *Kernel* LBF di atas bahwa sebagian besar nilai fitur LBP sangat rendah, kecuali untuk satu atau dua fitur pada ujung kanan (sekitar fitur ke-59), yang memiliki nilai mendekati 1. Ini menunjukkan bahwa hanya sedikit fitur LBP yang mendominasi dalam gambar, sementara sebagian besar fitur lainnya memiliki kontribusi yang sangat kecil. Fitur dengan nilai tinggi lebih relevan dalam analisis dan klasifikasi penyakit katarak.

1. Sumbu X (Fitur LBP): Mewakili indeks fitur LBP dari 0 hingga 60. Ini berarti ada 59 fitur yang dihasilkan dari proses ekstraksi LBP. Setiap fitur ini merupakan representasi dari pola tekstur dalam gambar.
2. Sumbu Y (Nilai): Mewakili nilai rata-rata dari setiap fitur LBP yang diekstraksi. Nilai ini menunjukkan seberapa sering pola tertentu (yang diwakili oleh fitur LBP) muncul dalam gambar yang dianalisis.

**Gambar 5.** Hasil Klasifikasi Citra katarak dengan *Kernel* LBF

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil Klasifikasi Citra katarak dengan *Kernel* LBF menunjukkan beberapa contoh citra mata yang dianalisis dengan model klasifikasi berbasis SVM dan fitur LBP untuk mendeteksi katarak dengan hasil sebagai berikut:

Setiap Citra: Menampilkan gambar mata (retina) dari dataset yang digunakan untuk mendeteksi apakah seseorang mengalami katarak atau tidak. Label Asli (Asli: 1) di atas setiap citra, terdapat label "Asli: 1" yang berarti bahwa citra tersebut berasal dari seseorang yang benar-benar memiliki katarak (sesuai dengan label di *dataset*). Prediksi Model (Prediksi: katarak) Di bawah setiap citra, terdapat prediksi yang dibuat oleh model klasifikasi. Dalam hal ini, semua prediksi menunjukkan katarak, yang berarti model mendeteksi katarak dengan benar pada setiap gambar. Visualisasi Prediksi: Model bekerja dengan baik dalam mendeteksi katarak pada gambar-gambar yang ditampilkan, karena semua prediksi cocok dengan label asli ("1" yang menunjukkan katarak).

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, penerapan algoritma SVM untuk deteksi penyakit mata katarak memiliki nilai akurasi 95.0355% hal ini menunjukkan bahwa: Algoritma SVM dengan *kernel* LBF adalah pilihan yang baik untuk klasifikasi dua kelas, karena mampu memisahkan dua jenis citra (sehat dan katarak) dengan akurasi yang tinggi. Ekstraksi fitur seperti LBP memberikan informasi penting yang bisa digunakan SVM untuk melakukan klasifikasi dengan lebih baik. Evaluasi hasil melalui *confusion matrix* membantu dalam mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan model, memberikan insight untuk perbaikan lebih lanjut, seperti penggunaan *kernel* lain (misalnya, RBF) jika hasil kurang memuaskan pada *dataset* yang lebih kompleks.

References

- [1] F. Tabei, "(72) Inventors: Behnam Askarian, Lubbock, TX (US); Jo Woon Chong, Lubbock, TX (US);".
- [2] A. Saini, K. Guleria, and S. Sharma, "An Efficient Deep Learning Model for Eye Disease Classification," in *2023 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*, Jun. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/SCSE59836.2023.10215000.
- [3] B. Askarian, P. Ho, and J. W. Chong, "Detecting Cataract Using Smartphones," *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.*, vol. 9, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1109/JTEHM.2021.3074597.
- [4] "IEEE Xplore Citation BibTeX Download 2024.9.23.16.20.53."
- [5] M. A. M. Kaaffah, A. Hidayatno, and Y. A. A. Soetrisno, "Sistem Klasifikasi Ukuran Baju Dengan Metode Support Vector Machine (Svm)," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 17–25, Mar. 2020, doi: 10.14710/transient.v9i1.17-25.
- [6] R. Umar, I. Riadi, and D. A. Farook, "Komparasi Image Matching Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) dan Metode Support Vector Machine (SVM)," vol. 4, no. 2.
- [7] A. D. Pratama and H. Hendry, "Analisa Sentimen Masyarakat Terhadap Penggunaan Chatgpt Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm)," *JIPi J. Ilm. Penelit. Dan Pembelajaran Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 327–338, Feb. 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i1.4285.
- [8] A. Dwi Cahyo, S. Anardani, and Y. P. Yuda, "Prediksi Beban Daya Listrik (W) Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM) Pada Listrik Token Rumah Tangga," *J. Sains Dan Teknol. JSIT*, vol. 4, no. 1, pp. 70–77, Feb. 2024, doi: 10.47233/jsit.v4i1.1543.
- [9] N. Salman, "Image Segmentation Based on Watershed and Edge Detection Techniques".
- [10] O. A. and B. O., "An Iris Recognition and Detection System Implementation," *Int. J. Inven. Eng. Sci.*, vol. 5, pp. 8–10, Feb. 2020, doi: 10.35940/ijies.H0958.025820.
- [11] A. Albelaihi and D. M. Ibrahim, "DeepDiabetic: An Identification System of Diabetic Eye Diseases Using Deep Neural Networks," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 10769–10789, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3354854.
- [12] I. K. Karinasari, "Deteksi Dini Penyakit Iugr (Intra Uterine Growth Retriktion) Dengan Metode Svm (Support Vector Machine)," *KLIK - Kumpul. J. ILMU Komput.*, vol. 7, no. 2, p. 176, Jun. 2020, doi: 10.20527/klik.v7i2.321.
- [13] Z. Zeng *et al.*, "Evaluation of Methods for Detection and Semantic Segmentation of the Anterior Capsulotomy in Cataract Surgery Video," *Clin. Ophthalmol.*, vol. Volume 18, pp. 647–657, Mar. 2024, doi: 10.2147/OPHTH.S453073.
- [14] A. Nofandi, N. Y. Setiawan, and D. W. Brata, "Analisis Sentimen Ulasan Pelanggan dengan Metode Support Vector Machine (SVM) untuk Peningkatan Kualitas Layanan pada Restoran Warung Wareg".
- [15] R. Nooraeni, H. D. Sariyanti, A. F. F. Iskandar, S. F. Munawwaroh, S. Pertiwi, and Y. Ronaldias, "Analisis Sentimen Data Twitter Mengenai Isu RUU KPK Dengan Metode Support Vector Machine (SVM)," *Paradig. - J. Komput. Dan Inform.*, vol. 22, no. 1, pp. 55–60, Mar. 2020, doi: 10.31294/p.v22i1.6869.
- [16] K. Kelvin, J. Banjarnahor, E. I. -, and M. Nk Nababan, "Analisis perbandingan sentimen Corona Virus Disease-2019 (Covid19) pada Twitter Menggunakan Metode Logistic Regression Dan Support Vector Machine (SVM)," *J. Sist. Inf. Dan Ilmu Komput. PrimaJUSIKOM PRIMA*, vol. 5, no. 2, pp. 47–52, Feb. 2022, doi: 10.34012/jurnalsisteminformasidanilmukomputer.v5i2.2365.

-
- [17]F. Bei and S. Saepudin, "Analisis Sentimen Aplikasi Tiket Online Di Play Store Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm)," *Pros. Semin. Nas. Sist. ...*, 2021, [Online]. Available: <https://sismatik.nusaputra.ac.id/index.php/sismatik/article/view/13>