G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan
Volume 7, No. 4, Oktober 2023, hal. 1673-1682
E-ISSN: 2623-064x | P-ISSN: 2580-8737

Sistem Deteksi Level *Diabetic Retinopathy* Melalui Citra Fundus Mata dengan Menggunakan Metode CNN (*Convolutional Neural Network*)

Mochamad Andy Ardyansyah[1]✉, Gunawansyah[2]

[1, 2] Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 04-10-2023
Direvisi : 12-10-2023
Diterima : 13-10-2023

ABSTRAK

Diabetes merupakan salah satu penyakit yang memiliki dampak serius pada kesehatan mata, terutama pada kondisi yang dikenal sebagai *Diabetic Retinopathy* (DR). DR dapat menyebabkan kerusakan retina dan berpotensi menyebabkan kehilangan penglihatan. Oleh karena itu, deteksi dini dan pemantauan berkala sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi level Diabetic Retinopathy pada citra fundus mata menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN adalah salah satu teknik dalam bidang Deep Learning yang telah terbukti efektif dalam analisis citra kompleks seperti citra medis. Dataset yang digunakan adalah citra fundus mata yang bersumber dari kaggle dan telah diberi label pada setiap kelasnya. Sistem yang dibuat menggunakan software matlab yang dapat mengklasifikasikan Diabteic Retinopathy kedalam lima kelas. Hasil pengujian diperoleh hasil terbaik dengan tingkat akurasi setinggi 85%.

Kata Kunci:

Diabetic Retinopathy, CNN, citra fundus mata, Deep learning, Matlab

Keywords **:**

Diabetic Retinopathy, CNN, fundus image of the eye, Deep learning, Matlab

ABSTRACT

Diabetes is one disease that has a serious impact on eye health, especially in a condition known as Diabetic Retinopathy (DR). DR can cause retinal damage and potentially lead to vision loss. Therefore, early detection and regular monitoring are essential. This study aims to develop a system for detecting Diabetic Retinopathy levels on fundus images of the eye using the Convolutional Neural Network (CNN) method. CNN is one technique in the field of Deep Learning that has proven effective in complex image analysis such as medical images. The dataset used is an image of the fundus of the eye sourced from kaggle and has been labeled in each class. The system is made using matlab software that can classify Diabteic Retinopathy into five classes. The test results obtained the best results with an accuracy rate as high as 85%

Corresponding Author **:**
Mochamad Andy Ardyansyah
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana, Indonesia
Jl. PH.H. Mustofa No.68, Cikutra, Kec. Cibeunying Kaler Kota Bandung Jawa Barat
Email: zowlandy@gmaill.com

PENDAHULUAN

Diabetes merupakan salah satu penyakit kronis yang dapat berlangsung lama. Diabetes ditandai dengan peningkatan jumlah gula *(glukosa)* dalam darah di atas nilai normal. Diabetes dapat terjadi ketika tubuh tidak dapat mengambil gula (*glukosa*) ke dalam sel untuk digunakan sebagai sumber energi. Salah satu jenis penyakit diabetes adalah *Diabetic Retinopathy*. Semua

This is an open access article under the CC BY license

penderita diabetes berisiko terserang *Diabetic Retinopathy*, yang mengakibatkan terjadinya pendarahan pada retina mata dan saraf mata diakibatkan terjadinya penumpukan cairan *(eksudat*) yang mengandung lemak.(Sudirman, 2020). *Retinopathy diabetic* merupakan salah satu jenis penyakit diabetes yang menyerang retina mata.

Diabetic Retinopathy adalah komplikasi umum dari diabetes dan tetap menjadi penyebab utama kebutaan karena terjadinya penyumbatan pada pembuluh dara kecil, termasuk vena, *kapiler*, dan *arteriol pikapiler retina.*(Rübsam et al., 2018) Faktor-faktor yang dapat menyebabkan retinopati diabetik meliputi Kolesterol tinggi, tekanan darah tinggi, kebiasaan merokok, kontrol gula darah yang buruk, gula darah tinggi dalam jangka panjang, kebiasaan makan yang tidak sehat dan mengkonsumsi terlalu banyak kalori, ini dapat menyebabkan kadar gula darah naik. Jika tidak diobati segera, retinopati diabetik dapat menyebabkan masalah penglihatan yang serius dan bahkan kebutaan. *Diabetic retinopathy* terjadi pada pembuluh darah di retina mata. Oleh karena itu, pemeriksaanya tidak dapat dilakukan secara langsung dengan mata karena terjadinya dibagian dalam retina mata . Pembagian klasifikasi *Diabetic Retinopathy* menurut Shradha Dubey dalam penelitian nya menyebutkan terdapat 4 kelas untuk klasifikasinya yaitu *retinopathy - diabetic* nonproliferatif ringan , *retinopahyi diabetic* nonproliferatif sedang, *retinopathy diabetic* nonproliferatif parah, *retinopathy diabetic* proliferatif akhir.(Dubey & Dixit, 2022)

Namun untuk pemeriksaannya ini dapat dilakukan dengan menggunakan kamera fundus yang dapat memotret bagian dalam mata untuk mendapatkan informasi pada bagian dalam mata seperti retina, bagian makula mata, pembuluh darah retina mata, serta saraf mata.Hasil dari foto fundus merupakan citra fundus mata yang akan dianalisis oleh dokter secara manual dengan hanya mengamati citra fundus mata, namun pengamatan tersebut dapat memiliki kelemahan dengan membutuhkan waktu untuk menganalisisnya dan mengetahui hasilnya , tidak jarang juga terjadinya *human error* atau kesalahan pada saat pengamatannya yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaannya. karena itu diperlukan adanya suatu sistem yang dapat mendeteksi *Diabetic Retinopathy* secara otomatis, sehingga dapat mengurangi beberapa permasalahan pemeriksaan tersebut.

Pada penelitian ini akan dibuat sistem untuk mendeteksi level *diabtetic retinopathy* melalui citra fundus mata dengan menggunakan metode CNN *(Convolutional Neural Network*), CNN banyak digunakan dalam suatu pengenalan objek dan pengklasifikasian gambar. Karena CNN dapat digunakan pada data dua dimensi dan suara. Dalam pembuatan sistem pada penelitian ini software Matlab digunakan untuk mengklasifikasikan citra fundus kedalam beberapa kelas atau level *Diabetic Retinopathy* diantaranya level tidak terdapat *Diabetic Retinopathy*,level ringan, sedang, parah, dan proliferative atau akhir. Menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*).serta menggunakan citra fundus mata yang terbagi kedalam lima kelas . Sistem ini diharapkan dapat mengetahui level *Diabetic Retinopathy* pada pengidapnya karena penanganan dan pengobatan pada tiap level berbeda.

Beberapa penelitian terdahulu yang telah membangun sebuah sistem untuk mendeteksi *Diabetic Retinopathy*, dengan menggunakan metode CNN. Pada penelitian dengan judul "Deep Learning untuk Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan Model EfficientNet" melakukan klasifikasi sebanyak lima kelas *Diabetic Retinopathy* dengan menggunakan model EfecientNet menghasilkan akurasi 79,8 %.(RIZAL et al., 2020). Penelitian lainnya dengan judul "*Diabetic Retinopathy* Stage Classification using Convolutional Neural Networks" penelitian ini melakukan klasifikasi sebanyak lima kelas *Diabetic Retinopathy* dengan akurasi tertinggi dari sistem adalah sebesar 63.23%.(Wang et al., 2018). pada penelitian ini dibuat untuk mengembangkan dan melengkapi dari kekurangan pada peneltian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data merupakan teknik yang dilakukan untuk mengumpulkan data.(Ilham Solehudin, n.d.) Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan antara metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Pendekatan kualitatif dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan dan melakukan Studi Pustaka Pada tahap ini melakukan pencarian, pengumpulan, dan pemahaman informasi dan literatur - literatur yang berkaitan dengan metode dan topik yang digunakan untuk menemukan solusinya. Sementara itu, metode kuantitatif berkaitan dengan pengumpulan dan analisis data. menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). Implementasi kedua metode ini melibatkan sejumlah tahap, termasuk pengumpulan data, pemrosesan awal data, perancangan arsitektur CNN, pelatihan model machine learning menggunakan data citra fundus, dan pengevaluasian hasil pelatihan model.

Dalam penelitian ini menggunakan sofware Matlab versi R2018a Matlab merupakan sebuah perangkat lunak yang dipergunakan untuk melakukan analisis serta perhitungan numerik menggunakan bahasa pemrograman matematika yang lebih canggih.(Nasution & Nasution, n.d.) serta perangkat komputer dengan spesifikasi Procesor AMD A9 9425, Storage HDD 1TB, RAM 4 GB, VGA VGA RADEON R5 – 1GB. Metode pengumpulan data adalah teknik yang dilakukan untuk mengumpulkan data Data yang digunakan pada penelitian berupa data citra fundus mata yang bersumber dari kaggle. Jumlah total data yang yang dipakai adalah 1500 data yang dibagi kedalam 5 kelas dengan masing – masing kelas berjumlah 300 data citra dan data sudah dilakukan *resize* dengan ukuran pixel 224 x 224 pixel berwarna.

Untuk mendapatkan data yang baik maka data mentah harus dilakukan proses pre-prosesing data terlebih dahulu.(Houw Liong, 2017) dalam penelitian ini pre-prosesing data dengan melakukan Resize dan Croping tujuannya adalah untuk memfokuskan daerah yang akan diteliti dan untuk dapat dengan mudah dikenali oleh mesin serta menghemat memori penyimpanan.Pengolahan data awal dilakukan dengan pembagian data dibagi kedalam data *training,* dan testing, Rasio pembagian data pada masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 1. Tabel Skenario Penelitian

Skenario	Training	Testing
1	90 %	10 %
2	80 %	20 %
3	70 %	30 %
4	60 %	40 %

Skenario 1 adalah dengan membagi data perkelas nya dengan rasio 90% training dan 10 % testing pada setiap kelas terdapat 300 data, maka pada skenario 1 data untuk training berjumla 270 dan 30 untuk testing. Pada skenario 2 data training berjumlah 240 dan testing berjumlah 40. Pada skenario 3 daata training berjumlah 210 dan testing 90 dan pada skenario 4 jumlah data training terdapat 180 serta testing berjumlah 120. Tujuan dari skenario penelitian di atas adalah untuk mencari model yang terbaik, dengan melakukan beberapa percobaan jumlah pembagian data.

Pembuatan model CNN pada penelitian ini adalah dengan menggunakan , arsitektur CNN dengan konfigurasi menggunakan lima convolution layer, tiga pooling layer, dan satu fully connected layer. Data yang digunakan sebanyak 1500 data gambar yang terbagi kedalam 5 klasifikasi dengan masing – masing kelas terdapat 300 data

gambar. dengan parameter *learning rate* 0,001 dan *epoch* sebanyak 100 Serta frekuensi testing 500 iterasi.

Setelah pembutan model lalu dilakukan evaluasi model tujuannya adalah untuk mengukur kinerja model yang telah dibuat. Untuk mengevaluasi model dilakukan dengan menggunakan Confusion matrix. memungkinkan perbandingan antara nilai aktual dan nilai prediksi dari model, yang digunakan untuk menghitung metrik seperti akurasi, presisi, dan recall. Dalam konteks confusion matrix, empat istilah umum dikenal: True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN). TP adalah jumlah data positif yang benar-benar diprediksi positif, FP adalah jumlah data negatif yang salah diprediksi positif, FN adalah jumlah data positif yang salah diprediksi negatif, dan TN adalah jumlah data negatif yang benar-benar diprediksi negatif .(Syarifuddinn, 2020)untuk menghitung digunakan rumus berikut

$$Akurasi = \frac{\text{TTP}}{\text{Total}} \quad (1)$$

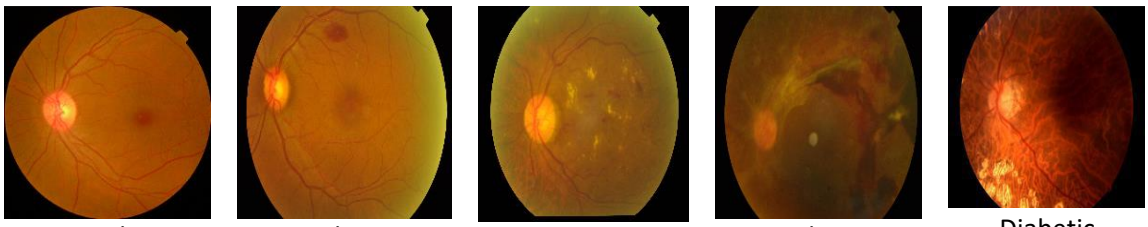
$$Presisi = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset

Data yang digunakan berjumlah 300 gambar fundus mata dari setiap kelas terdapat 5 kelas diantaranya Level Tidak Ada *Diabetic Retinopathy*, Level Ringan, Level Sedang, Level Parah Dan Level Prolife Atau Level Akhir yang nantinya akan dipecah menjadi informasi *training* serta data *testing.* Citra fundus adalah salah satu jenis citra yang sering digunakan untuk mendeteksi kelainan pada mata, yang terindikasi adanya kondisi penyakit seperti retinopati diabetik, glaukoma, katarak, hipertensi, miopia, dan lain – lain.(Indraswari et al., 2022) Data citra fundus mata yang digunakan merupakan citra RGB Red,Green dan Blue dengan ukuran 224 x 224 pixel seperti pada gambar berikut

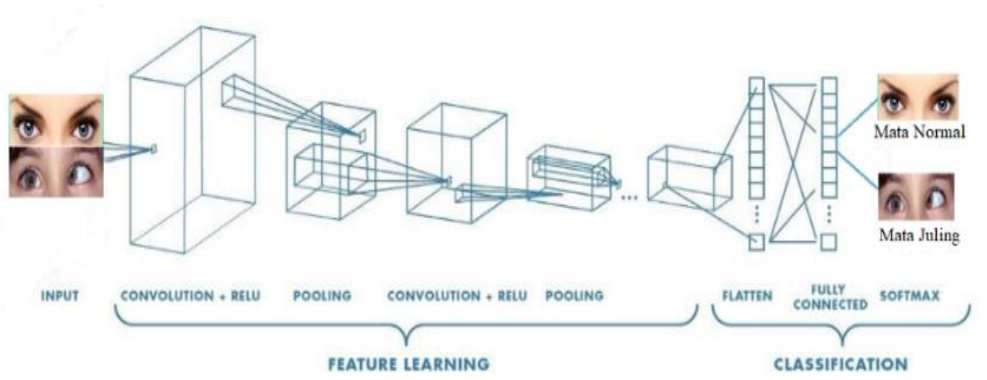


Gambar 1. Data Citra Fundus Mata

Arsitektur Convolution Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN), merupakan evolusi dari *Multilayer Perceptron* (MPL) yang dirancang untuk memproses data dalam bentuk dua dimensi seperti gambar atau suara.(Ilahiyah & Nilogiri, 2018) . Arsitektur CNN memiliki dua tahapan utama yaitu *future learning* dan *classification* dimana *future learning* adalah untuk mengekstraksi gambar yang didalamnya terdapat konvolusi layer, lapisan fungsi aktivasi, dan lapisan penggabungan (pooling layer). dan *classication* untuk pengelompokan atau klasifikasi

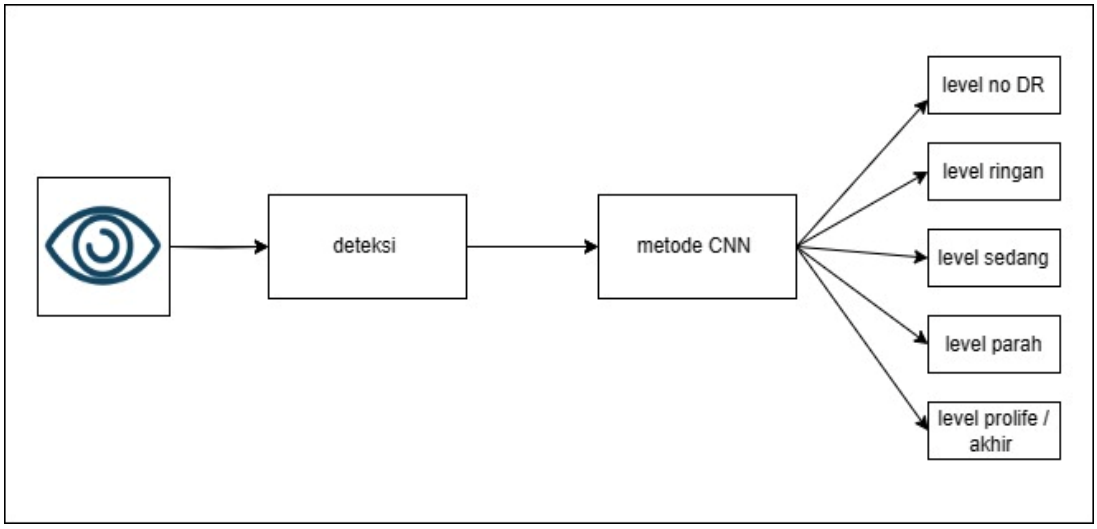
gambar terdapat fully connected dan flatten layer. (Resa et al., 2020)seperti pada gambar berikut



Gambar 2. Arsitektur Convolutional Neural Network

Dalam penelitian ini menggunakan arsitektur dengan jumlah konvolusi layer sebanyak 5 layer dengan layer ke 1 terdiri dari ukuran karnel 3x3 dengan stride 2 dan dilakukan fungsi aktivasi maxpooling, layer ke 2 terdiri dari ukuran karnel 3x3 dengan stride 1 dan dilakukan fungsi aktivasi maxpooling, layer ke 3 terdiri dari ukuran karnel 3x3 dengan stride 1 dan dilakukan fungsi aktivasi maxpooling, layer ke 4 terdiri dari ukuran karnel 3x3 dengan stride 2 dan dilakukan fungsi aktivasi maxpooling, layer ke 5 terdiri dari ukuran karnel 3x3 dengan stride 1 dan dilakukan fungsi aktivasi maxpooling, setelah itu dilakukan klasifikasi dengan menggunakan fully connected yang terdiri kedalam 5 kelas dengan fungsi aktivasi yang digunakan adalah softmax.

Perancangan Arsitektur adalah proses mendefinisikan subsistem yang membentuk sistem kontrol, berkomunikasi antar subsistem. Rancangan tersebut digabungkan menjadi sebuah sistem yang terdiri dari 3 komponen utama yaitu bagian input, bagian proses dan bagian output. Perancangan arsitektur dalam penelitian ini meliputi

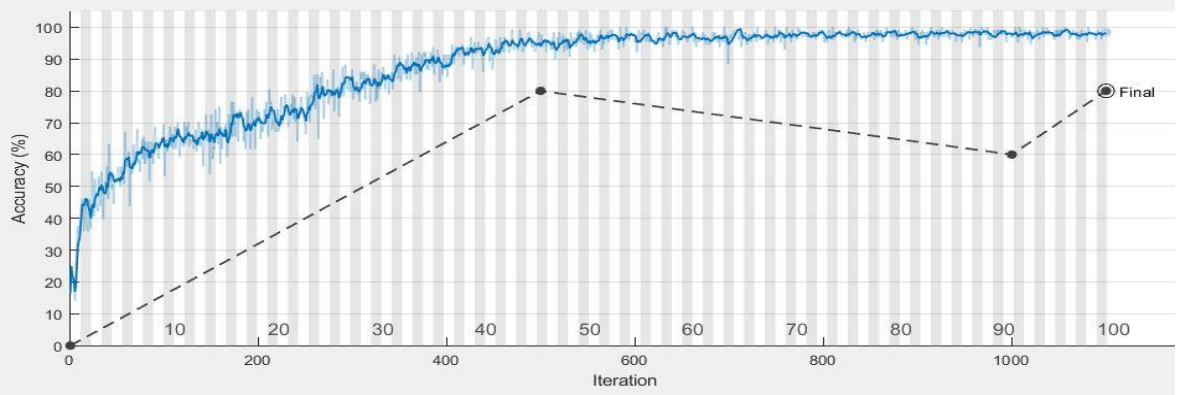


Gambar 3. Perancangan Arsitektur

Dari gambar diatas terdapat 3 tahapan secara garis besar pada sistem yaitu, langkah pertama menginputkan gambar, setelah gambar diinputkan selanjutnya gambar akan dideteksi dengan menggunakana metode CNN lalu hasil ouputnya terbagi kedalam lima kelas sistem akan mengklasifikasi gambar kedalam kelas nya

Hasil Pelatihan model

Proses pelatihan ini menggunakan parameter dengan epoch berjumlah 100 , learning rate 0,001, frekuensi testing 500 iterasi. Dengan 4 skenario data dan menghasilkan akurasi tertinggi dengan akurasi training 98 % dan akurasi testing 80 % dengan skenario yang digunakan adalah 90% data traning dan 10% data testing seperti pada gambar berikut



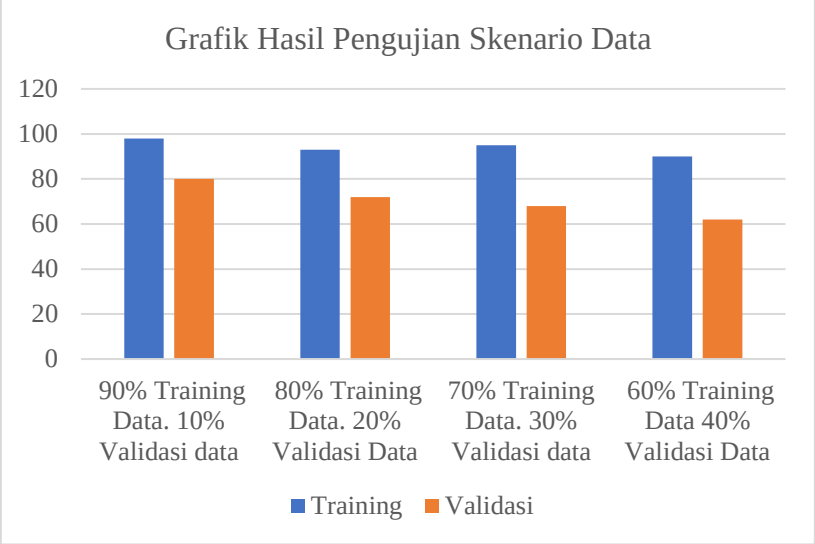
Gambar 4. Proses Traing Model Terbaik

Dari ke 4 skenario seperti pada tabel skenario peneltian menghasilkan hasil dengan akurasi terbaik adalah skenario 1 dengan pembagian data 90% untuk training dan 10% untuk testing seperti pada tabel berikut

Tabel 2. Hasil Percobaan Proses *Training*

No	Pembagian data		Akurasi	
	training	Testing	training	Testing
1	270 data (90%)	30 data (10%)	98%	80 %
2	240 data (80%)	60 data (20%)	93%	72 %
3	210 data (70%)	90 data (30%)	95%	68 %
4	180 data (60%)	120 data (40%)	90%	62 %

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak data yang digunakan untuk proses training maka akurasi model akan semakin baik seperti pada gambar grafik berikut



Gambar 5. Grafik hasil dari pengujian skenario

Pengujian Model Dengan Confusion Matrix

Pada pengujian ini melakukan testing dataset yang berisi 120 citra yang belum pernah dikenali sistem. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan perhitungan confusion matrix. Hasil dari proses *confusion matrix* dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3. Hasil Pengujian Dari Data Sample

	No DR	**Level ringan**	**Level sedang**	**Level parah**	**level akhir / prolife**
No DR	30	2	0	0	0
Level ringan	2	22	1	0	0
Level sedang	0	2	16	1	0
Level patrah	0	0	2	20	3
Level akhir /prolife	0	0	1	3	15

Dari tabel hasil pengujian sistem dapat dihitung untuk akurasi,presisi dan *recall*nya seperti berikut ini

1. Akurasi

Akurasi merupakan ukuran yang mengindikasikan persentase dari keseluruhan data yang berhasil diidentifikasi dan diklasifikasikan secara benar. Nilai akurasi dihitung dengan membagi jumlah data yang berhasil diprediksi dengan benar (positif) oleh total jumlah data dalam dataset tersebut

$$\text{Rumus akurasi : } accuracy = \frac{TTP}{Total} \quad (4)$$

$$Akurasi = \frac{30 + 22 + 16 + 20 + 15}{30 + 2 + 0 + \cdots . + 3 + 15} \; X \; 100\% = 85\%$$

2. Presisi

Presisi adalah parameter yang memperhitungkan data yang diambil berdasarkan informasi yang mungkin kurang tepat atau kurang lengkap. Rumus untuk menghitung presisi adalah dengan membagi True Positive (TP) oleh jumlah prediksi positif yang dilakukan (TP + False Positive, FP). Hasil presisi dihitung untuk setiap kelas kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan total jumlah kelas.

Rumus presisi setiap kelas: presisi $= \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}}$: (5)

$Presisi\ no\ DR = \frac{30}{30+2+0+0+0} = 0{,}9$ (6)

$Presisi\ level\ ringan = \frac{22}{22+2+2+0+0} = 0{,}8$ (7)

$Presisi\ level\ sedamg = \frac{16}{16+0+1+2+1} = 0{,}8$ (8)

$Presisi\ level\ parah = \frac{20}{20+0+0+1+3} = 0{,}8$ (9)

$Presisi\ level\ akhor/prolife = \frac{15}{15+0+0+0+3} = 0{,}8$ (10)

Rumus presisi total semua kelas

$$\text{Presisi} = \frac{\text{Total presisi setiap kelas}}{\text{jumlah kelas}} \; x \; 100\% : \quad (11)$$

$$\text{Presisi} = \frac{0{,}9 + 0{,}8 + 0{,}8 + 0{,}8 + 0{,}8}{5} \; x \; 100\% = 82\%$$

3. Recall

Recall atau yang sering juga disebut sebagai sensitivity atau true positive rate, menggambarkan proporsi data yang berhasil diprediksi dengan benar dari total data yang sebenarnya positif. Formula untuk menghitung recall adalah dengan membagi True Positive (TP) oleh jumlah kasus positif yang sebenarnya (TP + False Negative, FN). Hasil recall untuk setiap kelas kemudian dihitung dan dibagi dengan total jumlah kelas.

Rumus Recall setiap kelas : Recall $= \frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}}$ (12)

$Recall\ no\ DR = \frac{30}{30+2+0+0+0} = 0{,}9$ (13)

$Recall\ level\ ringan = \frac{22}{22+2+1+0+0} = 0{,}8$ (14)

$Recall\ level\ sedamg = \frac{16}{16+0+2+1+0} = 0{,}8$ (15)

$Recall\ level\ parah = \frac{20}{20+0+0+2+3} = 0{,}8$ (16)

$Recall\ level\ akhor/prolife = \frac{15}{15+0+0+1+3} = 0{,}7$ (17)

Rumus Recall total semua kelas

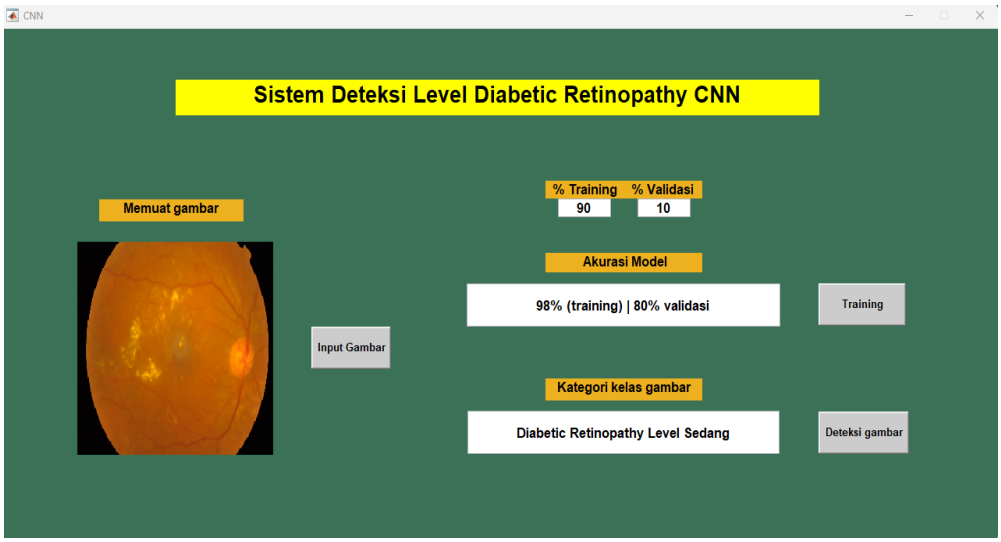
$$\text{Recall} = \frac{\text{Total Recall setiap kelas}}{\text{jumlah kelas}} \; x \; 100\% \qquad (18)$$

$$Recall = \frac{0{,}9 + 0{,}8 + 0{,}8 + 0{,}8 + 0{,}7}{5} \; x \; 100\% = 80\%$$

Menurut perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa akurasi sistem menggunakan *Convolutional neural network* dalam mendeteksi level diabetic retimopathy mencapai 85.% mendapatkan nilai presisi 82% dan recall 80%.

Hasil Tampilan Sistem

Sistem yang dirancang menggunakan software matlab dengan menggunakan fitur GUI matlab untuk pembuatan antar muka sistem seperti pada gambar berikut



Gambar 6. Tampilan Sistem

Pada gambar di atas merupakan proses sistem berjalan setelah menginputkan gambar lalu memilih menu deteksi gambar maka sustem akan otomatis mendeteksi dan memberikan hasil akhir dengan mengklasifikasikan gambar berdasarkan kelasnya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari sistem deteksi level *Diabetic Retinopathy* melalui citra fundus mata dengan menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) yang diklasifikasikan kedalam 5 kelas (Normal, Level Ringan, Level Sedang, Level Parah, dan Level Akhir/Prolife), didapatkan akurasi tertinggi sebesar 85%, presisi 82% dan recall 80% dengan pembagian data 90% training dan 10% testing. Dalam proses pendeteksian level *Diabetic Retinopathy* melalui citra fundus dengan menggunakan metode CNN (*convolutional neural network*) sudah mampu mendeteksi citra kedalam kelasnya masing – masing secara otomatis.

Saran

Perlu melakukan beberapa jenis ujicoba skenario yang lebih banyak agar mendapatkan model yang lebih optimal serta melakukan pembaharuan data dengan informasi yang lebih

muktahir, Disarankan menggunakan laptop/pc dengan spesifikasi hardware yang sesuai, karena dapat mempengaruhi saat proses training dan mempercepat komputasinya maka disarankan untuk menggunakan spesifikasi laptop/pc yang tinggi.

REFERENSI

Dubey, S., & Dixit, M. (2022). *Recent developments on computer aided systems for diagnosis of diabetic retinopathy : a review*.

Houw Liong, T. (2017). *Prediction and Anomaly Detection of Rainfall Using Evolving Neural Network to Support Planting Calender in Soreang (Bandung)*. http://www.

Ilahiyah, S., & Nilogiri, A. (2000). *Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network*. 49–56.

Ilham Solehudin, M. (n.d.). *SISTEM PAKAR DIAGNOSIS DINI PENYAKIT MULUT DAN GIGI PADA MANUSIA MENGGUNAKAN METODE DEMPSTER SHAFER BERBASIS ANDROID*.

Indraswari, R., Herulambang, W., Rokhana, R., Informasi, D. S., Studi, P., Informatika, T., Bhayangkara, U., & Elektro, D. T. (2022). *Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)*. *21*(2), 378–389.

Nasution, M. D., & Nasution, E. (n.d.). *P ENGEMBANGAN B AHAN A JAR M ETODE N UMERIK DENGAN*. *6*, 69–80.

Resa, M., Yudianto, A., & Fatta, H. Al. (2020). *WAYANG DENGAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*. *2*, 182–190.

RIZAL, S., IBRAHIM, N., PRATIWI, N. K. C., SAIDAH, S., & FU'ADAH, R. Y. N. (2020). Deep Learning untuk Klasifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan Model EfficientNet. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, *8*(3), 693. https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.693

Rübsam, A., Parikh, S., & Fort, P. E. (2018). *Role of Inflammation in Diabetic Retinopathy*. *Figure 1*, 1–31. https://doi.org/10.3390/ijms19040942

Sudirman, S. (2020). Pengaruh Diabetes Melitus Terhadap Tajam Penglihatan. *Jurnal Kesehatan Qamarul Huda*, *8*(1), 1–7. https://doi.org/10.37824/jkqh.v8i1.2020.178

Syarifuddinn, M. (2020). ANALISIS SENTIMEN OPINI PUBLIK TERHADAP EFEK PSBB PADA TWITTER DENGAN ALGORITMA DECISION TREE,KNN, DAN NAÏVE BAYES. *INTI Nusa Mandiri*, *15*(1), 87–94. https://doi.org/10.33480/inti.v15i1.1433

Wang, X., Lu, Y., Wang, Y., & Chen, W. B. (2018). Diabetic retinopathy stage classification using convolutional neural networks. *Proceedings - 2018 IEEE 19th International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science, IRI 2018*, 465–471. https://doi.org/10.1109/IRI.2018.00074