

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diabetes Melitus (DM) merupakan kelainan metabolisme yang terjadi ketika terdapat peningkatan kadar glukosa dalam darah akibat adanya ketidakmampuan di dalam tubuh untuk menghasilkan hormon insulin secara cukup [1]. *International Diabetes Federation* (IDF) Atlas edisi ke-10 mengungkapkan, saat ini 1 dari 10 orang atau 537 juta orang di dunia hidup dengan diabetes. Apabila tidak ada intervensi, angka ini akan terus mengalami lonjakan mencapai 643 juta pada tahun 2030 dan 784 juta pada tahun 2045. Kondisi kadar gula yang tidak terkontrol dalam jangka panjang, dapat menyebabkan berbagai komplikasi serius [2]. Komplikasi diabetes dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu komplikasi makrovaskular yang mempengaruhi pembuluh darah besar seperti penyakit jantung dan stroke, serta komplikasi mikrovaskular yang dapat mempengaruhi pembuluh darah kecil seperti nefropati, neuropati, dan retinopati diabetik [3]. Meskipun komplikasi yang disebabkan oleh diabetes umumnya menjangkit organ pada tubuh yang paling lemah, tidak menutup kemungkinan penyakit diabetes yang tidak terkontrol dengan baik dapat memengaruhi fungsi mata dan memicu terjadinya gangguan penglihatan atau penyakit mata.

Ahli Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran (FK) UGM, Prof. Dr. Suhardjo, S.U., Sp.M(K)., mengungkapkan diabetes sering disebut sebagai *silent killer* karena sering tidak disadari oleh penderitanya, sementara saat diketahui biasanya penderita sudah mengalami berbagai komplikasi, termasuk gangguan penglihatan [4]. Diabetes pada akhirnya menjadi penyebab utama gangguan penglihatan sehingga harus dikendalikan faktor risikonya dan rutin melakukan pemeriksaan mata [5]. Salah satu komplikasi mikrovaskular yang ditimbulkan yaitu retinopati diabetik [6]. Retinopati diabetik menempati urutan ke-4 sebagai penyebab kebutaan global setelah katarak, glaukoma, dan degenerasi makula [7].

Secara global, diperkirakan 95 juta orang (35,4%) pasien DM mengalami retinopati diabetik. Prevalensi kebutaan global adalah sebesar 1,5 miliar dan 0,4 juta di antaranya disebabkan oleh retinopati diabetik [8]. Pada penelitian yang

dilakukan di puskesmas di Bandung Raya periode Januari 2019-Desember 2020 dari sejumlah 1.835 pasien, proporsi pasien yang terdiagnosis retinopati diabetik adalah 19,46% atau 357 penderita [9]. Sebuah studi yang berbasis di Yogyakarta menunjukkan prevalensi retinopati diabetik sebesar 43,1% pada populasi berusia 30 tahun, dengan ancaman kebutaan sebesar 26,3% [10].

Diagnosis retinopati diabetik umumnya dilakukan oleh ophthalmologis dengan menggunakan funduskopi, ophthalmologis dapat menghasilkan citra fundus yang berperan dalam deteksi retinopati diabetik, serta berguna untuk dokumentasi perkembangan penyakit [11]. Klasifikasi retinopati diabetik secara umum dibagi menjadi retinopati diabetik non proliferative (NDPR) dan proliferative (PDR). Kemudian pada tipe non proliferatif dibagi menjadi *mild*, *moderate*, dan *severe*. Sedangkan tipe proliferatif adalah tahap paling akhir pada retinopati diabetik [12]. Kategorisasi citra retinopati diabetik pada penderita yang memakan waktu, rentan terjadi adanya kesalahan, sehingga memerlukan model klasifikasi lain dalam arti untuk menguatkan hasil teknik klasifikasi yang sudah ada. Dalam mengatasi permasalahan ini dibutuhkan sistem pengolahan citra digital berbasis *Deep Learning*.

Dalam metode *Deep Learning*, penerapan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) sangat relevan untuk diterapkan dalam tugas klasifikasi berbasis citra medis, dengan cara mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra melalui beberapa lapisan pada arsitekturnya. *Output* yang dihasilkan dari CNN berupa nilai akurasi model dalam mengkategorikan citra masukan pada suatu predikat kelas. Performa CNN sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas data *training* yang digunakan [13]. Model CNN memerlukan dataset yang baik dan representatif untuk dapat melakukan generalisasi pada data baru.

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan sistem klasifikasi Retinopati Diabetik (RD) menggunakan CNN adalah masalah ketidakseimbangan dataset (*class imbalance*) [13]. Dalam praktik klinis, distribusi kasus RD tidak merata di semua tingkat keparahan. Kasus ringan atau tanpa RD umumnya lebih banyak ditemukan dibanding dengan kasus RD berat atau proliferatif. Hal ini berakibat model cenderung lebih baik dalam memprediksi kelas mayoritas dan

kurang akurat dalam memprediksi kelas minoritas. Model yang dilatih pada dataset tidak seimbang dapat menghasilkan tingkat *false negative* yang tinggi pada kelas minoritas, sedangkan dalam konteks medis kasus-kasus dengan tingkat keparahan tinggi justru memerlukan perhatian dan diagnosis yang lebih akurat. Masalah ini dapat diatasi dengan melakukan teknik augmentasi seperti *flipping*, *rotation*, *cropping*, dan lain-lain. Namun, pada penelitian ini akan menekankan teknik augmentasi data dengan menggunakan algoritma *Generative Adversarial Network* (GAN).

Generative Adversarial Network (GAN) dapat digunakan untuk peningkatan kualitas citra, meliputi *denoising*, ataupun augmentasi citra. GAN terdiri dari dua jaringan *neural* yang bersaing, generator bertugas membuat data sintetis dan *discriminator* bertugas membedakan antara data asli dan data sintetis [14]. Melalui proses *adversarial training*, generator akan semakin mahir dalam menghasilkan data sintetis yang sulit dibedakan dari data asli. GAN dapat mempelajari distribusi data yang kompleks dan menghasilkan sampel baru yang mempertahankan karakteristik penting dari data asli untuk memperkaya dataset [15].

Penggabungan GAN dengan CNN dalam klasifikasi retinopati diabetik memberikan solusi komprehensif untuk mengatasi tantangan dalam pengembangan sistem diagnosis otomatis. Dengan mengintegrasikan GAN dan CNN, diharapkan dapat menghasilkan model yang kokoh dan kemampuan generalisasi yang lebih baik. Melalui sistem yang dikembangkan ini diharapkan mampu membantu tenaga medis dalam mendeteksi tingkat keparahan pada retinopati diabetik dengan cepat dan akurat. Sehingga mendukung proses diagnosis secara lebih efisien, serta berkontribusi pada peningkatan kualitas layanan kesehatan untuk pasien diabetes dan pengembangan teknologi khususnya pengolahan citra medis.

1.2. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Kajian penelitian merupakan bagian yang memuat gambaran mengenai apa yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang menunjukkan celah penelitian atau *research gap*, sehingga menegaskan bagaimana penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru. Seperti pada Tabel 1.1 merupakan cantuman referensi utama dengan penelitian terkait.

Tabel 1.1. Referensi utama.

No.	Judul	Peneliti	Tahun
1.	Deteksi Penyakit Retinopati Diabetes Menggunakan Citra Mata Dengan Implementasi <i>Deep Learning CNN</i> .	Muhammad Zahir dan Rizal Adi Saputra.	2024
2.	<i>Deep Learning</i> Untuk Klasifikasi Penyakit Retinopati Diabetik Menggunakan Arsitektur AlexNet dan <i>Generative Adversarial Network</i> .	Julius Ivander Massie dan Agung Mulyo Widodo	2023
3.	Penerapan <i>Convolutional Neural Network</i> Untuk Klasifikasi Tingkat Keparahan Retinopati Diabetik Pada Penderita Diabetes Melitus.	Fitrha Hayati Syahrul dan Priyo Sidik Sasongko	2022
4.	<i>Classification and Segmentation of Diabetic Retinopathy: A Sistemic Review</i> .	Natasha Shaukat, Javeria Amin, dkk.	2023
5	<i>Diabetic Retinopathy Severity Level Detection Using Convolutional Neural Network</i> .	Achmad Dinofaldi Firmansyah dkk.	2024

Jurnal ke-1 [16] mengkaji tentang penerapan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi retinopati diabetik (RD). Retinopati diabetik merupakan salah satu komplikasi serius dari diabetes melitus sehingga dapat menyebabkan kebutaan. Terdiri dari dua kategori utama, yaitu citra fundus penderita retinopati diabetik dan mata normal. Untuk pengujian dengan parameter seperti 150 *epoch* dan *batch size* 4, menghasilkan akurasi prediksi sebesar 96%. Penelitian ini fokus pada efektivitas CNN sebagai metode klasifikasi, sehingga dapat memprediksi kemungkinan pasien menderita retinopati diabetes berdasarkan

citra fundus mata. Akan tetapi pada penelitian ini tidak ada perbandingan dengan metode lain, seperti GAN untuk augmentasi data. Penggunaan GAN berfungsi untuk menyeimbangkan dataset sebelum klasifikasi, sehingga model CNN lebih optimal.

Jurnal ke-2 [17] membahas penggunaan AlexNet dan *Generative Adversarial Network* untuk klasifikasi retinopati diabetik (RD) berdasarkan dataset dari EyePACS. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan akurasi menjadi 25,3% dengan data GAN, dibandingkan 16,3% tanpa GAN, serta peningkatan pada sensitivitas, presisi, dan *F1-Score*. Salah satu keterbatasan pada penelitian ini adalah tidak adanya eksplorasi arsitektur GAN yang lebih kompleks. DCGAN memiliki kemampuan yang unggul dalam menghasilkan citra sintesis. Tugas akhir ini membuka peluang pengembangan dengan memanfaatkan arsitektur GAN untuk mengatasi ketidakseimbangan dataset, sehingga dapat memperoleh hasil klasifikasi yang lebih optimal.

Jurnal ke-3 [18] mengenai penerapan *convolutional neural network* untuk klasifikasi tingkat keparahan retinopati diabetik pada penderita diabetes melitus. Studi tersebut mengoptimalkan parameter CNN, sehingga berhasil mencapai akurasi tertinggi sebesar 91,10%. Meskipun penelitian ini memberikan wawasan penting tentang optimasi arsitektur CNN untuk klasifikasi retinopati diabetik, terdapat beberapa kekurangan yang perlu dikaji kembali. Penelitian ini belum membahas langkah awal berupa pemanfaatan arsitektur GAN, yang berpotensi memengaruhi akurasi model secara komprehensif. Karenanya, penelitian lanjutan yang memadukan arsitektur GAN dalam mengatasi ketidakseimbangan dataset sebelum proses klasifikasi dengan CNN dapat meningkatkan performa model klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes.

Jurnal ke-4 [19] memberikan ulasan menyeluruh terkait berbagai metode klasifikasi dan segmentasi untuk mendeteksi lesi *diabetic retinopathy* (RD) menggunakan pendekatan berbasis *machine learning*. Beragam metode untuk klasifikasi dan segmentasi citra retinopati diabetik bertujuan untuk meningkatkan akurasi diagnosis, khususnya melalui teknik *preprocessing*, segmentasi lesi, dan klasifikasi berbasis CNN. Selain itu, dataset pada penelitian ini menggunakan

benchmark seperti Messidor, Kaggle, dan DIARETDB untuk mengevaluasi performa model. Fokus penelitian ini hanya pada segmentasi dan deteksi lesi untuk membantu diagnosis, tanpa menawarkan pendekatan yang berorientasi pada klasifikasi tingkat keparahan retinopati diabetik. Teknik augmentasi pada penelitian ini masih menggunakan metode tradisional seperti rotasi dan *flipping*, sementara GAN memiliki kemampuan untuk menghasilkan citra sintetis untuk pelatihan model yang lebih optimal.

Jurnal ke-5 [20] berfokus pada pengembangan sistem berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat keparahan *Retinopathy Diabetic* (RD) melalui citra retina. Model tersebut mengklasifikasikan RD menjadi lima tingkat keparahan. Penelitian ini menggunakan dataset seperti EyePACS, dan *Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset* (IDRID), dengan tingkat akurasi yang bervariasi antara 80%-97% bergantung pada dataset yang digunakan. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya pengolahan data yang optimal dan pemanfaatan arsitektur CNN untuk menunjang diagnosis RD secara cepat dan akurat. Namun, performa model mengalami penurunan saat diuji pada dataset dengan karakteristik yang berbeda, menunjukkan adanya keterbatasan dalam kemampuan generalisasinya. Pendekatan GAN-CNN menawarkan keunggulan dalam hal augmentasi data sintetis untuk mengatasi ketidakseimbangan data, yang tidak dijelaskan dalam jurnal ini.

Berdasarkan tinjauan dari kajian penelitian terdahulu, dapat disimpulkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) berperan penting dalam klasifikasi citra retinopati diabetik (RD) sebagai bagian dari diagnosis komplikasi diabetes. Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan efektifnya CNN dalam melakukan klasifikasi dengan akurasi yang cukup baik. Akan tetapi terdapat beberapa keterbatasan yang diidentifikasi, mencakup ketidakseimbangan dataset yang dapat mengurangi performa model, serta terbatasnya integrasi algoritma GAN. Sementara itu, integrasi arsitektur GAN yang lebih kompleks, seperti *Deep Convolutional GAN* (DCGAN) belum banyak dieksplorasi. Dengan demikian, penelitian yang menginterasikan arsitektur GAN-CNN diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif, sehingga dapat menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih optimal.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah.

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma GAN dan CNN untuk klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes?
2. Bagaimana kinerja algoritma GAN dan CNN pada klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes?

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dalam pelaksanaan penelitian ini berfokus pada.

1. Mengimplementasikan algoritma GAN dan CNN untuk mengatasi ketidakseimbangan dataset serta melakukan klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja algoritma GAN dan CNN pada klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes.

1.5. Manfaat

Pada penelitian ini diharapkan dapat memperoleh beberapa manfaat berupa.

1. Manfaat Akademis
Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode berbasis algoritma GAN-CNN untuk pengolahan citra medis, khususnya dalam augmentasi, analisis, dan klasifikasi citra retinopati diabetik. Selain itu, turut memperkaya literatur ilmiah di bidang *deep learning*.
2. Manfaat Praktis
Kombinasi kinerja GAN-CNN terbukti efektif dalam mengoptimalkan pengolahan citra retinopati diabetik. Penelitian ini juga membantu mengatasi tantangan apabila terdapat keterbatasan data citra dalam diagnosis tingkat keparahan retinopati diabetik, sehingga dapat berperan dalam pengembangan solusi berbasis *deep learning* untuk meningkatkan mutu layanan kesehatan.

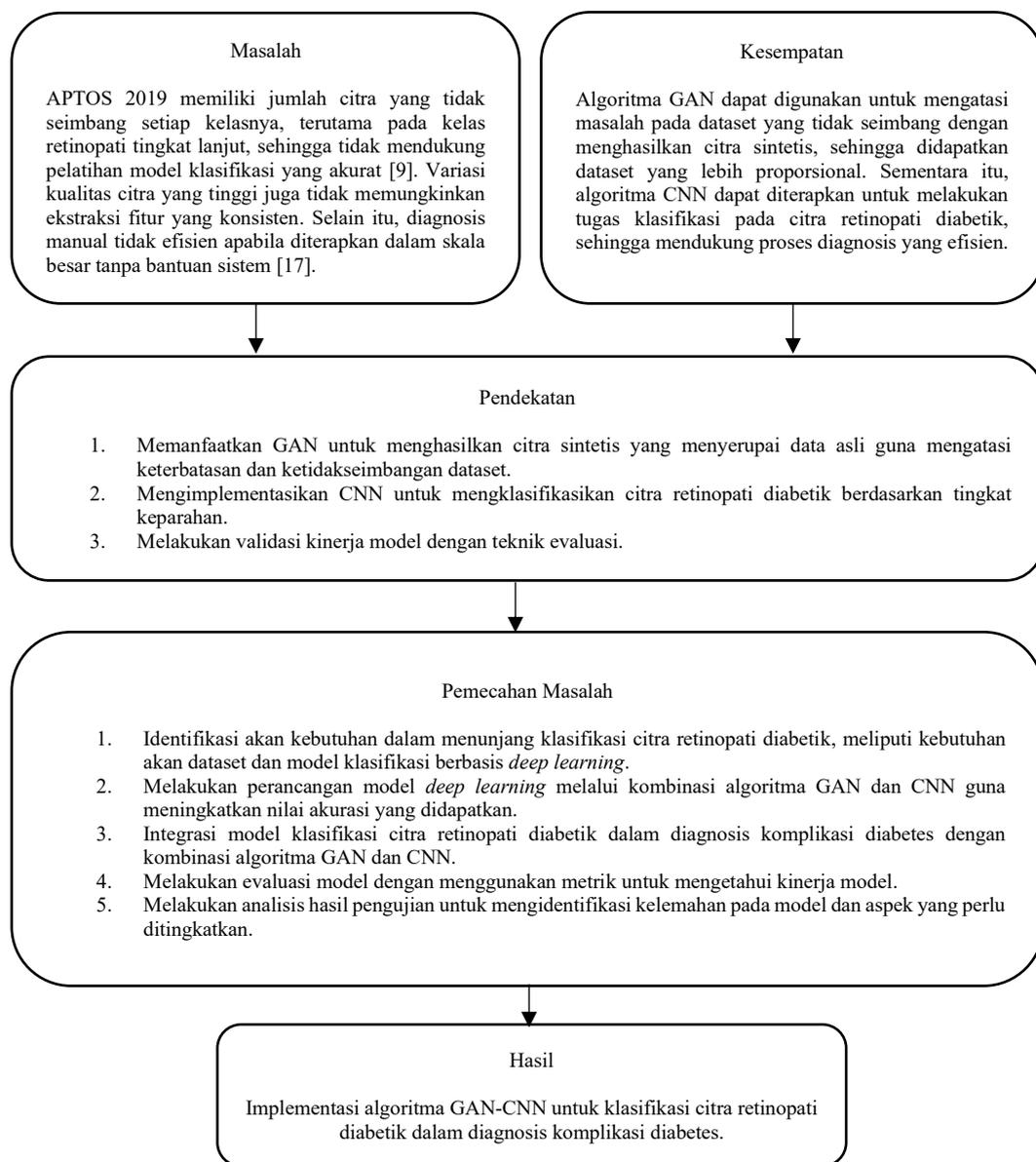
1.6. Batasan Masalah

Masalah yang berhubungan dengan fokus penelitian ini sangatlah luas, oleh karena itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar hasil yang akan didapatkan lebih mengerucut dan terarah.

1. Penelitian ini mengklasifikasikan citra retinopati diabetik yang merupakan salah satu komplikasi penyakit diabetes yang menyerang mata, khususnya retina.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu APTOS 2019 *Blindless Detection* yang bersumber dari *platform* Kaggle, sehingga tidak mencakup data yang berasal dari institusi medis lokal.
3. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi citra retinopati diabetik berdasarkan tingkat keparahan ke dalam lima kelas, yaitu normal (No DR) , *mild* NDPR, *moderate* NDPR, *severe* NDPR, dan *Proliferative* DR.
4. Penelitian ini memanfaatkan algoritma *Generative Adversarial Network* (GAN) untuk menciptakan data medis sintetis guna melatih model *machine learning* tanpa melanggar privasi pasien.
5. Jenis GAN yang digunakan yaitu DCGAN, dipilih untuk membangun model generatif, dan tidak ada penggunaan jenis model GAN yang lain.
6. Penelitian ini memanfaatkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi.
7. Pengembangan model dilakukan di Google Colaboratory.
8. Evaluasi performa model klasifikasi menggunakan metrik, seperti akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-Score*.
9. Penelitian ini terbatas pada pengembangan model klasifikasi citra, tanpa menyertakan analisis klinis lebih lanjut dan pengembangan sistem berbasis aplikasi.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan suatu alur logis yang merepresentasikan hubungan antara konsep-konsep atau variabel yang akan diteliti. Kerangka berpikir ini membantu peneliti dalam merumuskan hipotesis atau asumsi dasar penelitian, serta berisikan runtutan pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian melalui pendekatan yang dibutuhkan. Kerangka berpikir ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Kerangka berpikir.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan penulisan dalam tugas akhir yang terdiri dari enam bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik dan benar, diantaranya adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini dimulai dengan pendahuluan mengenai permasalahan berupa latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan

masalah, dan kerangka berpikir untuk panduan dalam penyusunan metodologi.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisikan tentang berbagai dasar-dasar teori relevan yang berkaitan dengan penelitian. Bab ini bertujuan untuk memberikan landasan ilmiah serta mendukung argumentasi dan metodologi yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, diuraikan mengenai metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian seperti tahapan tersebut, mencakup studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan analisis hasil.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini, diuraikan tentang proses perancangan penelitian mencakup tahapan perancangan model hingga implementasinya kemudian. Bagian ini juga memberikan gambaran sistem yang sudah diintegrasikan secara keseluruhan.

BAB V HASIL DAN ANALISIS MODEL

Pada bagian ini membahas tentang hasil dan analisis yang dirangkum untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang serangkaian dari implementasi model, pada penerapan algoritma GAN-CNN dalam pengembangan model klasifikasi citra retinopati diabetik dalam diagnosis komplikasi diabetes berdasarkan tingkat keparahan.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dari penelitian dan juga berisikan saran yang digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian lanjutan.