

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Chronic Kidney Disease

Penyakit ginjal kronis (CKD) merupakan masalah kesehatan global dengan prevalensi yang terus meningkat. Beberapa perbedaan spesifik jenis kelamin telah dilaporkan untuk perkembangan penyakit dan kematian. Wanita lebih banyak terwakili dalam populasi penyakit ginjal kronis (CKD)[8]. Penyakit ginjal kronis (CKD) yang didefinisikan sebagai adanya kerusakan ginjal struktural atau fungsional yang tidak dapat dipulihkan, bisa meningkatkan risiko yang buruk karena ada beberapa komplikasi, termasuk perubahan metabolisme mineral, anemia, asidosis metabolik, dan peningkatan kejadian kardiovaskular [9].

Ginjal yang dapat menyaring limbah dan cairan berlebih dari darah untuk menjaga keseimbangan elektrolit dalam tubuh. Namun, pada penderita CKD, ginjal tidak dapat melakukan semua fungsi ini dengan baik, yang mengakibatkan penumpukan limbah dalam tubuh dan masalah kesehatan lainnya. CKD biasanya berkembang secara bertahap dan seringkali tidak menunjukkan gejala pada tahap awal. Pada tahap awal, fungsi ginjal mungkin masih baik, tetapi kerusakan ginjal akan memburuk seiring waktu dan dapat menyebabkan komplikasi serius seperti hipertensi (tekanan darah tinggi), anemia, gangguan keseimbangan cairan, dan bahkan gagal ginjal.

2.1.1.1 Ginjal Normal

Ginjal normal adalah ginjal yang sehat dengan bentuk, ukuran, dan struktur yang normal. Ginjal bertanggung jawab untuk menyaring darah, mengeluarkan limbah melalui urin, dan menjaga tingkat cairan dan elektrolit tubuh dalam keseimbangan. Pemeriksaan pencitraan seperti *USG* atau *CT scan* menunjukkan bahwa ginjal normal berbentuk simetris, memiliki permukaan yang halus, dan tidak menunjukkan massa, kista, atau batu. Sebagian besar pria dengan fungsi ginjal normal memiliki kadar kreatinin sekitar 60 hingga 110 mM, sedangkan wanita

dengan fungsi ginjal normal memiliki kadar kreatinin antara 45 dan 90 mM. Kreatinin serum memungkinkan kita untuk menentukan laju filtrasi glomerulus (GFR).²³ Klirens kreatinin (Ccr) mengukur seberapa baik ginjal menyaring limbah dan dapat ditentukan setelah mengevaluasi kreatinin serum dan menghitung GFR [10]. Ginjal yang normal tidak menunjukkan gejala dan tidak perlu diobati. Ginjal yang sehat dapat melakukan semua tugasnya dengan lancar.

2.1.1.2 Ginjal Batu

Batu ginjal adalah benda keras yang terbentuk di dalam ginjal akibat pengendapan mineral dan garam. Tubuh kekurangan cairan, yang menyebabkan zat-zat dalam urin menjadi pekat dan mudah mengkristal, yang dapat menyebabkan batu ini terbentuk. Penyakit batu ginjal (KSD) umum terjadi di hampir seluruh wilayah dunia, dengan prevalensi yang terus meningkat di beberapa wilayah. Analisis data terbaru menggunakan informasi dari *NHANES* menunjukkan prevalensi KSD yang lebih tinggi pada pria dibandingkan wanita di populasi dewasa Amerika Serikat. Namun, prevalensi pada pria tetap stabil selama dekade terakhir (11,6% selama 2007–2008 dan 11,9% selama 2017–2018) tetapi meningkat pada perempuan (dari 6,5% selama 2007–2008 menjadi 9,4% selama 2017–2018). Selain itu, KSD terjadi pada rentang usia yang luas, termasuk anak-anak, remaja, dan dewasa [11]. Penanganan batu ginjal tergantung pada letaknya dan ukurannya yang bisa diobati dengan obat, dipecahkan (litotripsi), atau dioperasikan. Untuk mencegah pembentukan batu ginjal diperlukan banyak minum air, mengatur pola makan, dan menghindari zat-zat yang dapat menyebabkan pembentukan batu.

2.1.1.3 Ginjal Tumor

Tumor ginjal adalah pertumbuhan jaringan abnormal yang muncul di ginjal dan bisa bersifat jinak maupun ganas. Tumor ganas seperti kanker ginjal dapat tumbuh cepat dan menyebar ke organ lain, sedangkan tumor jinak biasanya tumbuh lambat dan tidak menyebar. Sebagian besar tumor ginjal bersifat ganas, dan insidensinya hanya kalah dari kanker kandung kemih. Tumor ginjal yang umum secara klinis meliputi karsinoma ginjal yang berasal dari parenkim ginjal, tumor Wilms, dan papiloma sel transisional yang timbul di pelvis dan kaliks ginjal. Di antara tumor ganas pada dewasa, karsinoma sel ginjal (RCC) menyumbang sekitar

80-85% dari tumor ginjal primer. Sebagian besar orang memiliki tumor ginjal tanpa merasakan gejala apa pun; terkadang, tumor tersebut ditemukan pada tahap lanjut kanker. Dokter dapat menggunakan teknik pencitraan medis seperti CT, MRI, dan ultrasonografi untuk memvisualisasikan ginjal dan tumor, serta menganalisis ukuran, bentuk, dan penampilannya. Informasi ini dapat digunakan untuk menentukan opsi pengobatan terbaik bagi pasien [12]. Pada beberapa situasi, terapi tambahan seperti radiasi atau obat-obatan khusus perlu digunakan. Karena tumor ginjal ditemukan lebih awal memiliki peluang sembuh yang lebih tinggi, deteksi dini sangat penting.

2.1.1.4 Ginjal Kista

Kista ginjal adalah kantong berisi cairan atau kantong bulat berisi cairan di dalam ginjal. Kista ini dapat diklasifikasikan menjadi sederhana yang merupakan kista jinak (bukan kanker) atau kompleks yang mungkin merupakan kista ganas (kanker). Risiko keganasan dapat diukur menggunakan klasifikasi, di mana pemindaian CT digunakan untuk membedakan empat kategori kista ginjal dari I hingga IV, mulai dari kista sederhana hingga kista kompleks [13]. Di dalam ginjal, satu atau lebih kista dapat berkembang dengan kepadatan air dari 0 hingga 20 unit Hounsfield [6]. Kista bisa terbentuk secara tunggal atau banyak. Kista tunggal dan berukuran kecil biasanya tidak berbahaya dan tidak menimbulkan gejala. Jenis pada kista ini sering disebut simple renal kista yang biasanya ditemukan secara tidak sengaja saat pemeriksaan pencitraan.

2.1.2 Anydesk

AnyDesk adalah aplikasi desktop jarak jauh yang dikembangkan dan didistribusikan oleh *AnyDesk Software GmbH*. Aplikasi ini menyediakan layanan akses jarak jauh ke komputer pribadi yang menjalankan aplikasi host-nya. Fitur-fitur produk ini meliputi akses jarak jauh, transfer file, dan instalasi perangkat lunak jarak jauh. *AnyDesk* dapat beroperasi dalam skenario jaringan yang kompleks tanpa memerlukan aturan routing khusus atau perubahan firewall. *AnyDesk* menggunakan port TCP 80, 443, dan 6568 untuk membangun koneksi dan TLS 1.2 untuk mengamankan komunikasi. *AnyDesk* memiliki tiga mode operasi. Dua dari mode

ini memungkinkan pengguna menjalankan aplikasi tanpa instalasi. Mode pertama adalah versi portabel dan tidak memerlukan hak administratif untuk dijalankan. Mode kedua disebut “dengan elevasi” dan memungkinkan pengguna berinteraksi dengan Kontrol Akun Pengguna Windows (*UAC*) [14].

2.1.3 Visual Studio

Visual Studio atau VS adalah IDE hebat lainnya untuk *Python* yang dikembangkan oleh Microsoft, tetapi hanya tersedia untuk pengguna *Windows* dan *macOS*. VS memiliki versi Community gratis dan versi Professional dan Enterprise berbayar. IDE ini ringan dan dilengkapi dengan pasar ekstensi sendiri. VS mendukung pengembangan aplikasi web *Python* menggunakan Django dan Flask, serta aplikasi Data Science dengan dukungan Conda dan IPython bawaan. VS memungkinkan bekerja dengan berbagai alat lain, seperti *SQL*, *Unity*, *NET*, Node.js, dan banyak lagi. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika Visual Studio akan menjadi pilihan yang tepat bagi siapa pun yang ingin mengembangkan aplikasi untuk perangkat, cloud, atau apa pun di antaranya [15].

2.1.4 Anaconda Prompt

Anaconda Prompt adalah jenis antarmuka baris perintah yang secara eksplisit menangani modul ML (*Machine Learning*). Dan navigator tersedia di semua sistem operasi *Windows*, *Linux*, dan *MacOS*. Antarmuka pengguna juga dapat diimplementasikan dalam *Python* [16]. anaconda Prompt secara otomatis mengarahkan ke direktori lingkungan Anaconda yang dapat menjalankan Python, Jupyter Notebook, atau Spyder secara langsung. Salah satu keunggulannya adalah kemudahan membuat environment baru dengan `conda create` dan mengaktifkannya dengan `conda activate`. Hal ini memudahkan manajemen pustaka dengan kebutuhan yang berbeda berbeda.

2.1.5 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang sangat populer dan serbaguna, dikenal karena sintaksisnya yang sederhana dan mudah dipahami, membuatnya ideal untuk pemula sekalipun. *Python* dapat digunakan untuk berbagai jenis pengembangan perangkat lunak, mulai dari aplikasi web, data analisis, kecerdasan buatan, hingga otomasi sistem. *Python* memiliki koordinasi yang sempurna struktur bahasa dan aset yang berguna untuk mengatasi apa pun penugasan. *Python* itu sederhana dan juga matematika yang mudah. Beberapa kode komparatif dilakukan dalam Python, Java, dan C++ [17].

Python telah dibangun dengan pustaka Python yang luar biasa, yang digunakan oleh para programmer setiap hari untuk menyelesaikan masalah. Selain itu, Python adalah bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan di-debug, digunakan secara luas, berorientasi objek, berkinerja tinggi, dan opensource. *Python* mempermudah pengembangan dengan menyediakan banyak pustaka seperti *NumPy* yang merupakan paket dasar untuk komputasi numerik dalam *Python*, *Pandas* yang paling populer dan banyak digunakan untuk ilmu data, *Numpy* yang merupakan paket dasar untuk komputasi numerik dalam *Python*, dan *Scipy* yang merupakan pustaka *Python* gratis yang banyak digunakan dalam ilmu data untuk komputasi tingkat tinggi [15]. Hal ini mengurangi waktu dan usaha yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi dari nol.

Dengan terus berkembangnya berbagai pustaka dan tool baru, serta kemampuannya untuk digunakan di berbagai disiplin ilmu dan industri, Python tetap menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan dan dicari di dunia pengembangan perangkat lunak saat ini.

2.1.5.1 Tensorflow

TensorFlow adalah perpustakaan untuk perhitungan numerik berkecepatan tinggi dengan sekitar 35.000 komentar dan komunitas aktif yang terdiri dari sekitar 1.500 kontributor. Perpustakaan ini digunakan di berbagai bidang ilmiah. Fitur utama *TensorFlow* meliputi visualisasi grafik komputasi yang lebih baik, pengurangan kesalahan hingga 50-60% dalam neural *machine learning*, komputasi

paralel untuk menjalankan model kompleks, manajemen perpustakaan yang mulus didukung oleh *Google*, serta pembaruan yang lebih cepat dan rilis baru yang sering memberikan fitur terbaru. *TensorFlow* sangat berguna untuk pengenalan suara dan gambar, aplikasi berbasis teks, analisis deret waktu, dan deteksi video [15].

2.1.5.2 Numpy

NumPy (Numerical Python) adalah paket dasar untuk perhitungan numerik dalam Python, paket ini mengandung objek array multidimensi yang kuat. *NumPy* adalah paket pemrosesan array serbaguna yang menyediakan objek multidimensi berkecepatan tinggi. *NumPy* bisa mengatasi masalah kecepatan dengan menyediakan array multidimensi ini serta fungsi dan operator yang beroperasi secara efisien pada array tersebut. Fitur utama *NumPy* adalah Menyediakan fungsi yang cepat dan sudah dikompilasi untuk rutinitas numerik, Komputasi berorientasi array untuk efisiensi yang lebih baik, Mendukung pendekatan berorientasi objek, dan Komputasi yang lebih kompak dan cepat dengan vektorisasi. *NumPy* sangat berguna untuk analisis data yang luas, menciptakan array N-dimensi yang kuat, menjadi dasar perpustakaan lain seperti *SciPy* dan *scikit-learn*, serta pengganti *MATLAB* saat digunakan bersama *SciPy* dan *matplotlib* [15]

2.1.5.3 SciPy

SciPy (Scientific Python) adalah perpustakaan *Python* gratis dan sumber terbuka yang banyak digunakan dalam ilmu data untuk perhitungan tingkat tinggi. Perpustakaan ini banyak digunakan untuk perhitungan ilmiah dan teknis karena memperluas *NumPy* dan menyediakan banyak rutinitas yang ramah pengguna dan efisien untuk perhitungan ilmiah. Fitur utama *SciPy* meliputi, koleksi algoritma dan fungsi yang dibangun di atas ekstensi *NumPy Python*, Perintah tingkat tinggi untuk manipulasi dan visualisasi data, Pemrosesan gambar multidimensi dengan submodul *SciPy.ndimage*, dan fungsi bawaan untuk menyelesaikan persamaan diferensial. *SciPy* sangat berguna untuk operasi gambar multidimensi, menyelesaikan persamaan diferensial dan transformasi Fourier, algoritma optimasi, dan aljabar linier [15].

2.1.5.4 Pandas

Pandas (analisis data Python) merupakan komponen penting dalam siklus hidup ilmu data. Ini adalah perpustakaan *Python* paling populer dan paling banyak digunakan untuk ilmu data, bersama dengan *NumPy* dan *matplotlib*. *Pandas* sangat banyak digunakan untuk analisis dan pembersihan data. *Pandas* menyediakan struktur data yang cepat dan fleksibel, seperti data frame *CDs*, yang dirancang untuk bekerja dengan data terstruktur dengan cepat dan intuitif. Fitur utama *Pandas* meliputi sintaks yang elegan dan fungsionalitas yang kaya, yang memberikan kebebasan untuk menangani data yang hilang, memungkinkan Anda membuat fungsi sendiri dan menjalankannya pada serangkaian data, abstraksi tingkat tinggi, serta mengandung struktur data tingkat tinggi dan alat manipulasi data [15].

2.1.5.5 Matplotlib

Matplotlib memiliki visualisasi yang kuat dan indah. *Matplotlib* banyak digunakan untuk visualisasi data. Perpustakaan ini juga menyediakan antarmuka pemrograman berorientasi objek (API), yang dapat digunakan untuk menyematkan plot tersebut ke dalam aplikasi. Fitur utama *Matplotlib*, dapat digunakan sebagai pengganti *MATLAB*, dengan keunggulan gratis dan *open-source*, mendukung puluhan backend dan jenis output, yang berarti bisa menggunakannya terlepas dari sistem operasi yang digunakan atau format output yang diinginkan, *Pandas* sendiri dapat digunakan sebagai wrapper di sekitar API *MATLAB* untuk mengendalikan *MATLAB* dengan cara yang lebih bersih, serta konsumsi memori rendah dan perilaku runtime yang lebih baik. *Matplotlib* sangat berguna untuk analisis korelasi variabel, menampilkan interval kepercayaan 95% dari model, deteksi outlier menggunakan diagram pencar, dan menampilkan distribusi data untuk mendapatkan wawasan instan. [15].

2.1.6 Jupyter notebook

Jupyter Notebook adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk pemrograman interaktif yang terstruktur. Sistem ini dirancang untuk memudahkan dokumentasi, berbagi, dan mereproduksi analisis data. Sistem ini diluncurkan pada tahun 2013, dan saat ini terdapat lebih dari 9 juta notebook di *GitHub*. Jupyter berasal dari *IPython* dan, selain *Python*, sistem ini mendukung berbagai bahasa pemrograman, seperti Julia, R, JavaScript, dan C. Sistem ini juga memungkinkan penggabungan tidak hanya kode dan teks, tetapi juga berbagai jenis media kaya, termasuk gambar, video, dan bahkan widget interaktif yang menggabungkan HTML dan JavaScript [18].

Jupyter notebooks berisi kode langsung, persamaan, visualisasi, dan teks naratif yang telah menjadi sistem paling luas digunakan untuk pemrograman literate interaktif. Mereka digunakan untuk menghitung, menyajikan, mendiskusikan, dan menyebarkan temuan ilmiah dan telah menjadi standar *de facto* bagi ilmuwan data untuk dengan mudah mencatat dan memahami analisis data. Pada September 2018, lebih dari 2,5 juta repositori Jupyter disimpan di *GitHub*, 10 kali lipat dari tahun 2015 [19].

2.1.7 Deep Learning

Deep learning adalah salah satu cabang dari machine learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan (*neural networks*) untuk memodelkan hubungan yang kompleks dalam data. Deep learning adalah konsep pembelajaran mesin yang didasarkan pada jaringan saraf tiruan. Untuk banyak aplikasi, model deep learning mengungguli model machine learning yang dangkal dan pendekatan analisis data tradisional[20].

Deep learning menggunakan struktur jaringan saraf (deep neural networks) dengan banyak lapisan tersembunyi (hidden layers) untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mempelajari fitur yang lebih abstrak dan kompleks dari data. Performa sistem deep learning sering kali dapat ditingkatkan secara dramatis

dengan melakukan peningkatan. Dengan lebih banyak data dan lebih banyak komputasi, sistem ini umumnya bekerja jauh lebih baik [21].

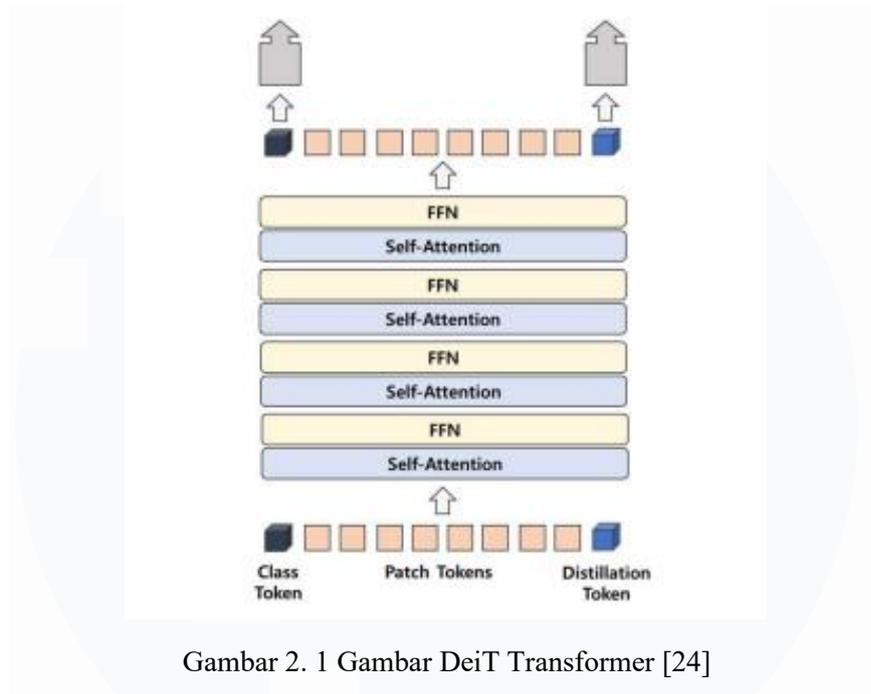
Deep learning dapat menangani volume data besar dan belajar dari data tersebut dengan sedikit intervensi manusia. Hal ini memungkinkan model deep learning untuk bekerja dengan lebih efisien dan akurat dalam tugas-tugas seperti pengenalan wajah, pengenalan suara, kendaraan otonom, dan bahkan penerjemahan bahasa otomatis.

2.1.8 Transformer

Transformer adalah jenis arsitektur saraf baru yang mengkodekan data input sebagai fitur-fitur canggih melalui mekanisme *attention*[22]. Arsitektur *Transformers* didasarkan pada mekanisme selfattention yang mempelajari hubungan antara elemen-elemen urutan [23], yang memungkinkan model untuk memperhatikan hubungan antara semua kata dalam kalimat sekaligus, tanpa tergantung pada urutan kata-kata, seperti yang dilakukan oleh model lainnya. Transformer mampu memproses data secara paralel. Transformer jauh lebih efisien dan lebih cepat dalam melatih model dengan dataset yang besar. Hal ini menjadikan *Transformer* sangat efektif untuk tugas-tugas NLP yang memerlukan pemahaman konteks yang lebih mendalam dan kompleks.



2.1.8.1 DeiT (Data-efficient Image Transformer)



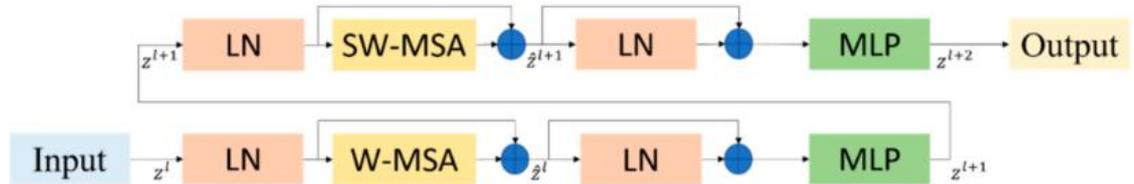
Gambar 2. 1 Gambar DeiT Transformer [24]

DeiT adalah model deep learning yang dikembangkan untuk tugas pengenalan gambar, dan merupakan varian dari arsitektur Transformer yang dioptimalkan untuk efisiensi data. DeiT mengembangkan efisien data untuk melatih model-model ini dengan menyaring melalui Jaringan Syaraf Tiruan [25]. DeiT dirancang untuk menggunakan lebih sedikit data pelatihan tanpa mengurangi kinerjanya.

Model DeiT dilatih dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan model ViT. model DeiT juga dilatih pada dataset ImageNet. Struktur model DeiT dibangun berdasarkan model ViT. Model ini ditambahkan dengan feed-forward network (FFN) di atas lapisan multi-head self-attention (MSA), yang terdiri dari dua lapisan linier yang dipisahkan oleh aktivasi GELU [26].

DeiT menunjukkan bahwa arsitektur Transformer memiliki kemampuan untuk bersaing dengan model pengenalan gambar lainnya karena hasilnya yang kuat. DeiT dapat mencapai kinerja tinggi dengan menggunakan lebih sedikit data pelatihan dengan menggunakan mekanisme self-attention.

2.1.8.2 Swin (Shifted Window Transformer)

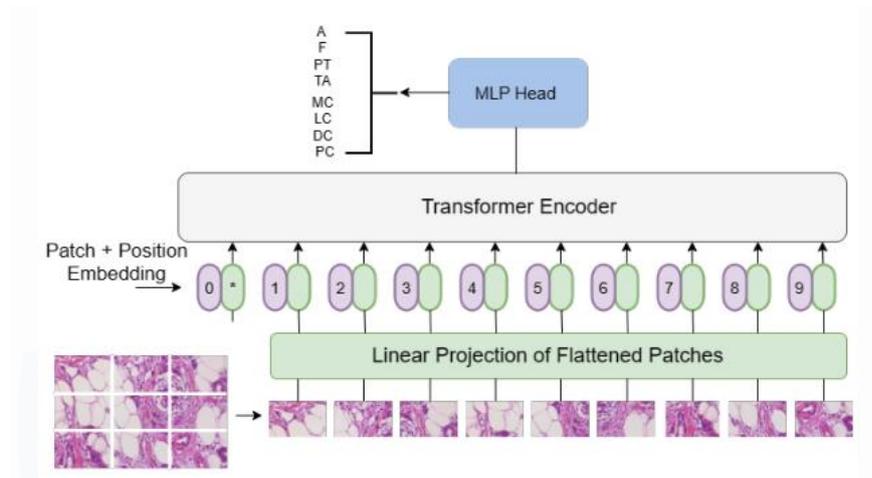


Gambar 2. 2 Swin Transformer [27]

Swin Transformer adalah arsitektur model deep learning yang dikembangkan untuk tugas pengolahan gambar, khususnya dalam bidang visi komputer. Swin Transformer membuat representasi hierarki dengan memulai dari patch berukuran kecil dan secara bertahap menggabungkan patch yang berdekatan di lapisan Transformer yang lebih dalam. Dengan *hierarchical feature maps* ini, model Swin Transformer dapat dengan mudah memanfaatkan teknik canggih untuk prediksi yang padat seperti jaringan piramida fitur (FPN) atau U-Net[28].

Swin Transformer membangun transformer hirarkis dan melakukan penghitungan selfattention di area jendela tanpa tumpang-tindih[29]. Swin Transformer memulai dari fragmen gambar kecil dan secara bertahap menggabungkan tambalan yang berdekatan di lapisan Transformer yang lebih dalam [27]. arsitektur *Swin Transformer* dapat menangani gambar dengan berbagai resolusi, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pemrosesan gambar medis, pengolahan video. Dengan kemampuannya untuk menangani gambar besar dengan efisien dan akurat, Swin Transformer menjadi pilihan yang sangat menjanjikan dalam bidang visi computer.

2.1.8.3 Vit (Vision Transformer)



Gambar 2. 3 ViT Transformer [26]

Vision Transformer (ViT) adalah model *deep learning* yang menerapkan arsitektur Transformer, yang sebelumnya populer dalam pemrosesan bahasa alami, untuk tugas pengolahan gambar dalam bidang visi komputer. Vision Transformer (ViT) dikembangkan berdasarkan konsep Transformer yang diterapkan pada NLP, yang kemudian diterapkan pada pengenalan gambar. ViT akan membagi gambar menjadi sekumpulan patch dengan ukuran yang sama dan dianggap sebagai sebuah urutan. Urutan patch akan digunakan sebagai input untuk model Transformer[30].

Vision Transformer (ViT) telah menunjukkan hasil yang menjanjikan pada tugas klasifikasi gambar karena kemampuannya yang kuat dalam pemodelan konteks jarak jauh. Tetapi peningkatan kuadratik dari kompleksitas komputasi dan memori menghalangi penerapannya pada banyak tugas penglihatan yang membutuhkan peta fitur resolusi tinggi yang dihitung pada gambar beresolusi tinggi [31]. Dengan kemampuannya untuk menangani gambar dengan cara yang lebih global dan efisien, ViT menjadi inovasi penting dalam pengolahan gambar, membuka jalan bagi penerapan Transformer di bidang visi komputer.

MULTIMEDIA
NUSANTARA

2.1.9 Pytorch

PyTorch adalah pustaka *deep learning open-source* yang digunakan untuk membangun dan melatih model machine learning, terutama dalam bidang pemrosesan bahasa alami dan visi computer. *PyTorch*, seperti kebanyakan library deep learning lainnya, mendukung diferensiasi otomatis mode-balik dari fungsi skalar (atau produk vektor-Jacobian dari fungsi dengan banyak output), yang paling penting dari diferensiasi otomatis untuk aplikasi deep learning biasanya membedakan kerugian skalar Tunggal [32].

PyTorch mengatur nilai ke dalam Tensor yang bersifat umum n-dimensi dengan sekumpulan manipulasi data. *PyTorch* menyediakan modul *DistributedDataParallel* untuk membantu memparalelkan pelatihan dengan mudah di berbagai proses dan mesin. *PyTorch* secara dinamis membangun grafik autograd di setiap lintasan maju, dan proses yang berbeda memungkinkan adanya ketidaksetujuan dengan urutan gradien [33].

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Ref	Judul	Penulis dan Tahun	Model	Hasil
1	[5]	Privacy-Preserving Transfer Learning Framework for Kidney Disease Detection	Yavuz Canbay, Seyda Adsiz, Pelin Canbay, 2024	Transfer Learning, Differentia l Privacy, CNN Architectur es (Xception, ResNet50, InceptionResNetV2, MobileNet , DenseNet201, InceptionV3, VGG19)	Model terbaik dari jurnal ini adalah MobileNet dengan akurasi 99.83% Temuan penting dari jurnal ini adalah memperkenalkan kerangka kerja transfer learning yang melindungi privasi untuk klasifikasi penyakit ginjal.

2	[34]	Prediction for chronic kidney disease by categorical and non_categorical attributes using diferent machine learning algorithms	Saurabh Pal (2023)	Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Artificial Neural Network (ANN)	Model terbaik dari jurnal ini adalah Random Forest dengan akurasi 92% Temuan penting dari jurnal ini adalah model yang di gunakan menggabungkan 3 pendekatan klasifikasi yaitu (kategori, non-kategori, dan gabungan)
3	[4]	Prediction of Chronic Kidney Disease with Machine Learning Models and Feature Analysis Using SHAP	Yalamanchi li Surekha, Koteswara Rao Kodepogu, Gaddala Lalitha Kumari, Nuthakki Ramesh Babu, Tejaswi Lanka, Manvitha Akshaya Volla, Manikanta Pillutla, Ajay Kari, (2023)	Logistic Regression , Random Forest, Voting Classifier, Support Vector Machine,	Model terbaik dari jurnal ini adalah Voting Classifier dengan akurasi 98.5% Temuan penting dari jurnal ini adalah nilai SHAP memberitahu bagaimana setiap fitur model berkontribusi pada prediksi
4	[35]	Detection and diagnosis of chronic kidney disease using deep learning-based heterogeneous modified artificial neural network	Fuzhe Ma, Tao Sun, Lingyun Liu, Hongyu Jing, (2020)	Heterogeneous Modified Artificial Neural Network (HMANN) , Support Vector Machine (SVM),	Model terbaik dari jurnal ini adalah Heterogeneous Modified Artificial Neural Network (HMANN) dengan akurasi 97.5% Temuan penting dari jurnal ini adalah, model HMANN diusulkan untuk diklasifikasikan sebagai

				Multilayer Perceptron (MLP), Deep Learning, SBD-PCN ANFIS PDA-ADMI PEFS ANN-SVM HMAN	Support Vector Machine dan Multilayer Perceptron (MLP) dengan algoritma Backpropagation (BP)
5	[36]	Deep learning model for automated kidney stone detection using coronal CT images	Kadir Yildirim, Pinar Gundogan Bozdog, Muhamed Talo, Ozal Yildirim, Murat Karabatak, U.Rajendra Acharya, (2021)	Deep Learning, XResNet-50	Model terbaik dari jurnal ini adalah deep learning (normal) dengan presisi 96% Temuan penting dari jurnal ini adalah deteksi otomatis batu ginjal (ada batu/tidak) menggunakan teknik deep learning (DL) yang baru-baru ini mengalami kemajuan signifikan di bidang kecerdasan buatan
6	[37]	Application of Kronecker convolutions in deep learning technique for automated detection of kidney stones with coronal CT images	Kiran Kumar Patro, Jaya Prakash Allam, Bala Chakravart hy Neelapu, Ryszard Tadeusiewicz, U Rajendra Acharya, Mohamed Hammad,	CNN ResNet-50 Proposed DKN	Model terbaik dari jurnal ini adalah proposed deep Kronecker neural network (DKN) dengan akurasi 98.56% Temuan penting dari jurnal ini adalah Kronecker product convolution membantu CNN dalam meningkatkan deteksi ginjal

			Ozal Yildirim, Paweł Pławiak, (2023)		
7	[38]	A Detection and Prediction Model Based on Deep Learning Assisted by Explainable Artificial Intelligence for Kidney Diseases	Supatcha Sassanarak kit, Sudarat Hadpech, Visith Thongboonkerd, (2023)	Deep learning, YOLOv7	Metode terbaik dari jurnal ini adalah YOLOv7 dengan presisi 88.2% Temuan penting dari jurnal ini adalah Desain arsitektur YOLO didukung oleh fitur explainable artificial intelligence (xAI)
8	[39]	Kidney Cancer Diagnosis and Surgery Selection by Machine Learning from CT Scans Combined with Clinical Metadata	Sakib Mahmud, Tariq O. Abbas, Adam Mushtak, Johayra Prithula, Muhammad E. H. Chowdhury (2023)	ResNet152, DenseNet201, InceptionV3, MobileNetV2, DenseAUXNet201	Metode terbaik dari jurnal ini adalah DenseAUXNet201 dengan akurasi 98.02% Temuan penting dalam penelitian ini adalah penggunaan machine learning untuk menganalisis data klinis bersamaan dengan gambar computed tomography (CT) yang berpotensi dalam membantu mengatasi beberapa ambiguitas bedah, dengan memungkinkan klasifikasi yang lebih akurat terhadap kanker ginjal dan pemilihan pendekatan bedah yang optimal.
9	[6]	Vision transformer and explainable transfer learning models for auto detection of kidney cyst,	Md Nazmul Islam, Mehedi Hasan, Md. Kabir Hossain, Md. Golam	EANet, Swin Transformers, CCT, Inception	Metode terbaik dari jurnal ini adalah Swin transformer dengan akurasi 99.30% Temuan penting dari jurnal ini adalah VGG16 dan CCT berkinerja

		stone and tumor from CT-radiography	Rabiul Alam, Md Zia Uddin, Ahmet Soylu, (2022)	v3, Resnet50	baik, Swin Transformer unggul dalam hal akurasi, selain itu jurnal ini mengungkap bahwa “blackbox” dari model VGG16, Resnet50, dan Inception, menunjukkan bahwa VGG16 lebih unggul daripada Resnet50 dan Inceptionv3 dalam memantau kelainan anatomi yang diperlukan.
10	[40]	MSS U-Net: 3D segmentation of kidneys and tumors from CT images with a multi-scale supervised U-Net	Wenshuai Zhao, Dihong Jiang, Jorge Peña Queralta, Tomi Westerlund , (2020)	2D PSPNET (RoI), 3D U-NET, 3D FCN_PPM , MSS U-NET (Raw Images	Metode terbaik dari jural ini adalah MSS U-NET (Raw Images) dengan akurasi 96.9% Temuan penting dari jurnal ini adalah MSS U-Net sebuah jaringan saraf tiruan 3D U-Net berskala multi yang diawasi, untuk melakukan segmentasi ginjal dan tumor ginjal dari gambar CT. Arsitektur ini menggabungkan pengawasan mendalam dengan fungsi kerugian eksponensial logaritmik untuk meningkatkan efisiensi pelatihan 3D U-Net.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Pada tabel 2.1 menunjukkan penelitian terdahulu dari berbagai sumber. Penelitian tersebut menggunakan berbagai pendekatan, mulai dari Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), dan Logistic Regression, hingga arsitektur modern berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *Transformer*. Model transfer learning berbasis CNN seperti ResNet, DenseNet, InceptionV3, dan VGG19 (*Visual Geometry Group*) banyak digunakan karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur dari citra medis secara efisien dan akurat. Jurnal [5] menggunakan VGG15, sehingga arsitektur VGG19 menghasilkan skor sempurna pada seluruh metrik evaluasi, precision, recall, f1-score, dan akurasi, menunjukkan bahwa transfer learning masih sangat relevan untuk tugas klasifikasi medis.

Selain model CNN, arsitektur berbasis transformer seperti Vision *Transformer* (ViT) dan Swin Transformer juga menjadi perhatian karena kemampuan model tersebut untuk memahami konteks global dari citra. Penelitian [6] melibatkan Swin Transformer yang menunjukkan performa yang baik dan skor f1 hampir sempurna di semua kelas penyakit (kista, batu, tumor, normal). Dalam jurnal [4] menggunakan voting classifire dalam penelitiannya, model tersebut menghasilkan akurasi pengujian yang baik Selain itu Jurnal [38] yang menggunakan DenseAUXNet201 menunjukkan kinerja terbaik dengan akurasi yang baik, sehingga jumlah kasus yang tidak terdeteksi mendapatkan hasil yang rendah.

beberapa jurnal mencoba menggabungkan data gambar CT scan dengan metadata klinis seperti riwayat pasien, hasil lab, atau demografi dalam penelitiannya. Metode ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi prediksi dan membantu dalam pemilihan tindakan medis seperti operasi. Segmentasi organ ginjal dan tumor juga menjadi fokus penelitian selain klasifikasi. Pada jurnal [39] penelitian tersebut menggunakan berbagai model seperti 3D U-Net, MSS U-NET, FCN_PPM, 2D PSPNET. Model MSS U-Net menggunakan pendekatan multi-skala menunjukkan performa segmentasi yang sangat baik.

Jurnal [37] pada penelitiannya menggunakan metode deteksi real-time seperti YOLOv7 yang digunakan untuk mendeteksi objek ginjal secara langsung dari citra radiologi. Hasilnya menunjukkan mAP dan f1-score yang tinggi pada kelas ginjal dan batu ginjal, namun masih cukup rendah untuk kista ginjal. Jurnal ini juga menggunakan versi ringan seperti YOLOv7 Tiny yang cocok digunakan pada perangkat edge dengan sumber daya terbatas. Selain itu jurnal [36] pada Penelitiannya menggunakan model baru seperti DKN (*Deep Kronecker Network*) yang secara signifikan mengungguli CNN dan ResNet-50 dalam klasifikasi batu ginjal.

Beberapa jurnal juga pentingnya jumlah dan keberagaman dataset. Pada jurnal [34] model HAMN (*Heterogeneous Modified Artificial Neural Network*) menjadi salah satu mode pada penelitian tersebut, model HMANN menunjukkan peningkatan akurasi yang sangat signifikan seiring bertambahnya jumlah data, Hal Ini menekankan bahwa pentingnya data dalam pelatihan model yang kompleks.

Metrik evaluasi seperti akurasi, precision, recall, f1-score, dan specificity digunakan hampir di seluruh penelitian sebagai tolak ukur performa. ROC-AUC juga digunakan dalam beberapa penelitian untuk memberikan gambaran yang lebih luas tentang keseimbangan klasifikasi antar kelas. Selain itu ada beberapa penelitian yang menggunakan confusion matrix untuk melihat distribusi kesalahan prediksi antar kelas, terutama dalam kasus penyakit yang mirip secara visual seperti batu dan tumor.

Secara keseluruhan, penelitian ini menggunakan tiga arsitektur model transformer ViT (Vision Transformer), DeiT (Data-efficient Image Transformer), dan Swin Transformer. Ketiga model ini dipilih karena mampu memahami pola pada gambar medis yang kompleks. Selain itu, mereka belum banyak digunakan secara bersamaan dalam penelitian tentang klasifikasi penyakit ginjal. Untuk kebaruan dari penelitian ini adalah Penerapan klasifikasi 4 kelas, yang mencakup kategori utama yaitu normal, cyst, batu, dan tumor. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada dua kelas (normal versus abnormal), atau tiga kelas.