

Kecerdasan Buatan dalam Teknologi Kedokteran: *Survey Paper*

W Halim^{*1}, P Mudjihartono²

^{1,2}Universitas Atma Jaya Yogyakarta

E-mail: wendyhalim42@gmail.com¹, paulus.mudjihartono@uajy.ac.id²

Abstrak. Dalam makalah ini, akan diberikan gambaran mengenai penerapan kecerdasan buatan dalam bidang medis, khususnya untuk pembuatan keputusan serta pengklasifikasian dalam ilmu diagnostik berdasarkan gambar biomedis. Beberapa teknologi kecerdasan buatan (AI) terbukti mampu melakukan optimasi klasifikasi gambar biomedis. Studi ini mengumpulkan studi representatif yang menunjukkan bagaimana AI digunakan untuk memecahkan masalah pada ilmu diagnostik. Ini juga mengakui metode kecerdasan buatan yang sering digunakan dalam memecahkan masalah pada ilmu diagnostik, seperti metode jaringan syaraf tiruan, *support vector machine*, pohon keputusan, serta metode *particle swarm optimization*. Masalah-masalah dalam ilmu diagnostik yang dapat terpecahkan menggunakan metode tersebut di antaranya analisis tumor otak MRI dan kanker payudara. Berdasarkan hasil survei yang penulis lakukan, metode yang paling efektif dan efisien dalam melakukan diagnosis pada bidang medis adalah metode CNN hanya saja metode CNN membutuhkan data yang cukup besar untuk melakukan klasifikasi.

Kata kunci: *Artificial Intelligence (AI), Pencitraan Medis, Ilmu Diagnostik, Klasifikasi.*

Abstract. In this paper, we will provide an overview of the application of artificial intelligence in the medical field, especially for decision making and classification in diagnostic science based on biomedical images. Several artificial intelligence (AI) technologies have been proven capable of optimizing biomedical image classification. This study collects representative studies that show how AI is used to solve problems in diagnostic science. It also recognizes artificial intelligence methods that are often used in solving problems in diagnostic science, such as artificial neural network methods, support vector machines, decision trees, and particle swarm optimization methods. Problems in diagnostic science that can be solved using this method include the analysis of MRI brain tumors and breast cancer. Based on the results of the survey that the authors conducted, the most efficient and efficient method of making medical diagnoses is the CNN method, but the CNN method requires large enough data to classify.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Medical Image, Diagnostic Science, Classification.*

1. Pendahuluan

Pada zaman sekarang teknologi merupakan bagian yang penting dalam berbagai jenis sistem, tidak terkecuali pada bidang medis. Secara umum, teknologi akan mengubah *input* menjadi *output* menggunakan sebuah proses yang, yaitu transformasi [1]. Teknologi medis pada umumnya juga mengikuti karakteristik dari teknologi. Berfokus pada level semi-otomatis, operator terkadang menggunakan teknologi sebagai alat

pencarian, memindai, atau dalam beberapa hal akan menghasilkan data sehingga hasil ini dapat membantu ahli dalam mendiagnosis ataupun mengambil keputusan [2].

Penelitian mengenai *artificial intelligence* khususnya pada bidang medis merupakan sebuah bidang dinamis yang akhir-akhir ini sedang berkembang pesat [3]. Bidang dinamis tersebut salah satunya adalah *Computer Aided Diagnosis* atau yang sering disebut dengan CAD. CAD dalam dunia medis merupakan sebuah upaya besar dalam menghubungkan antara perkembangan ilmu komputer dengan teknologi medis [4]. Analisis cerdas berbasis model dan alat pendukung keputusan merupakan salah satu hal yang penting dalam dunia medis karena dapat digunakan untuk alat diagnosis dan evaluasi [5]. Salah satu bidang medis yang menggunakan CAD adalah ahli radiologi.

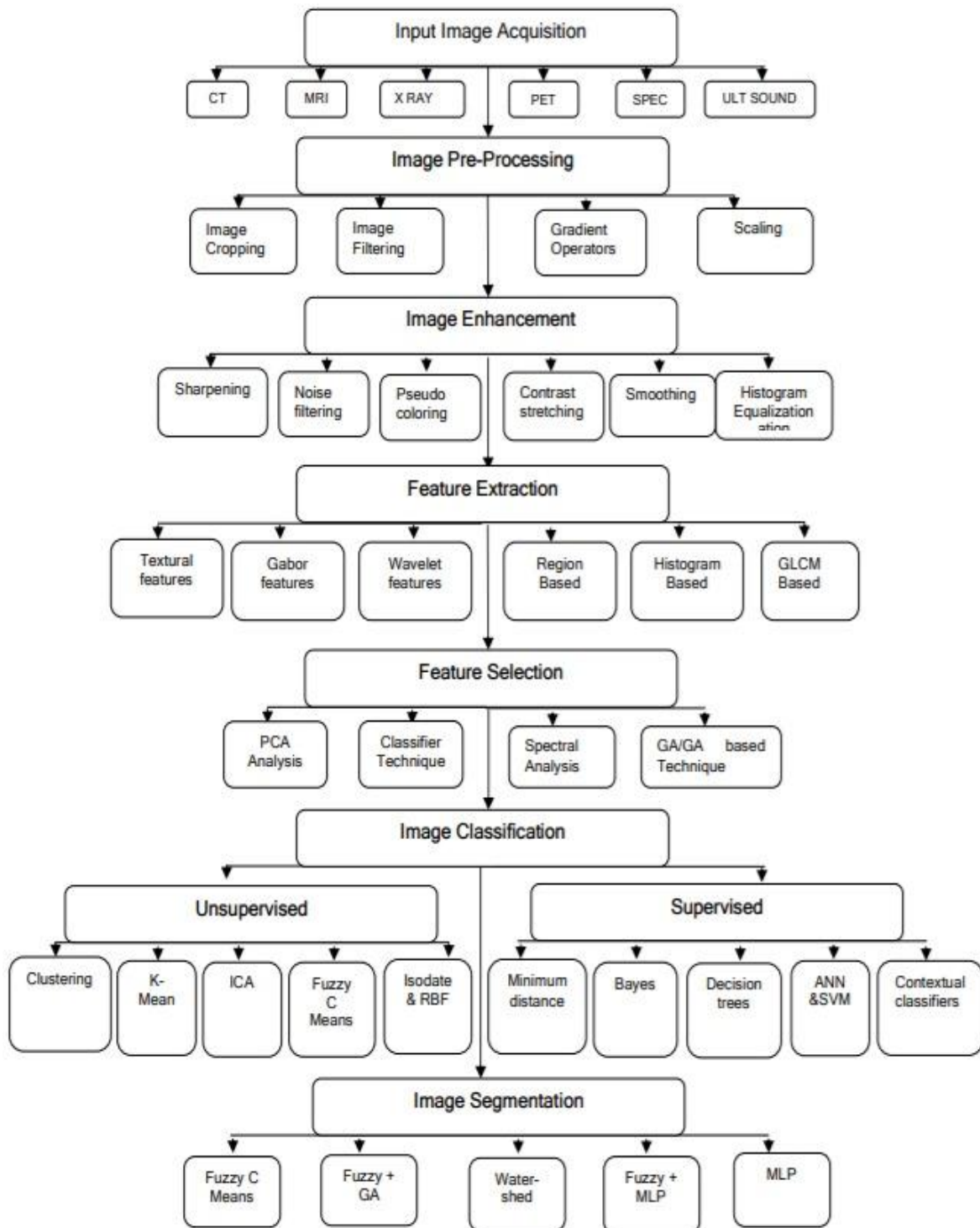
Artificial Intelligence (AI) merupakan istilah yang digunakan untuk memodelkan perilaku cerdas dan pemikiran kritis yang sebanding dengan manusia yang menggunakan komputer dan teknologi [13]. Kecerdasan buatan mungkin merupakan bidang ilmu komputer tertua dan terluas, yang meniru fungsi kognitif manusia yang digunakan untuk memecahkan sebuah masalah, dengan cara belajar dan berfikir seperti manusia [14]. *AI* sekarang meningkatkan minat yang sangat besar karena keberhasilannya dalam *machine learning* [13].

Kecerdasan buatan juga merupakan sebuah bidang studi dan desain agen cerdas, yang di mana agen cerdas adalah sistem yang memahami lingkungan dan mengambil langkah-langkah untuk memaksimalkan peluang keberhasilan [15]. Gambar 1 menunjukkan pendekatan dan teknik dasar untuk analisis citra medis di berbagai fase.

Ahli radiologi menggunakan *output* dari hasil CAD untuk membantu melakukan analisis dari citra medis, misalnya saja seperti mendeteksi *lesions* [8], mendeteksi penyebaran penyakit [7], serta dapat meningkatkan tingkat akurasi dan konsistensi radiodiagnosis untuk mengurangi tingkat negatif palsu [8]. Arsitektur yang digunakan untuk sistem CAD biasanya terdiri dari pemilihan sampel pelatihan, *image pre-processing*, *resizing*, menentukan objek utama dari gambar, ekstraksi ciri, seleksi, klasifikasi, dan segmentasi [9].

Pendekatan umum untuk CAD adalah untuk menemukan letak *lesions* dan mendiagnosis kemungkinan penyakit [10]. Proses paling penting yang terlibat dalam skema CAD otomatis ada 2, yaitu klasifikasi gambar dan segmentasi gambar. Klasifikasi merupakan fase di mana fitur diekstraksi dan objek dan dikategorikan kedalam kelas, antara normal atau tidak normal, sedangkan, segmentasi merupakan fase di mana *pixel* akan dikelompokkan kedalam wilayah berdasarkan fitur gambar [11]. Hasil dari segmentasi adalah sekumpulan objek yang dapat dianalisis dan diukur secara individual, yang mewakili karakteristik *ROC (Receiver Operating Characteristics)* dari citra asli yang telah ditentukan [12].

Tingkat efisiensi sistem didasarkan pada dua hal, yaitu tingkat sensitivitas dan tingkat spesifisitas [11]. Tingkat sensitivitas atau yang sering disebut juga dengan tingkat ingatan digunakan untuk mengukur proporsi positif aktual yang diidentifikasi dengan benar, sedangkan spesifisitas digunakan untuk mengukur proporsi negatif yang diidentifikasi benar.



Gambar 1 Berbagai Pendekatan dalam Pemrosesan Gambar Biomedis

2. Metode

2.1. Pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) pada Ilmu Diagnostik

Jaringan syaraf tiruan (ANN) merupakan perangkat pemrosesan *nonlinear*, yang terdiri dari perangkat pemrosesan dasar yang saling berhubungan, yang terinspirasi dari sistem syaraf biologis [16]. Dalam pemodelan ANN, jaringan ini menerima *input* dan *output* sistem untuk menentukan pola data. JST sendiri memiliki tujuan, yaitu untuk memodelkan proses-proses yang ada pada otak manusia. Proses ini melibatkan proses klasifikasi, pengambilan keputusan, dan pengenalan wajah, yang di mana proses ini masih belum bisa dilakukan dan diproses oleh komputer. Keunggulan dari metode ANN adalah metode ANN merupakan pembelajaran adaptif, paralelisme, penyimpanan terdistribusi, pembelajaran mandiri, serta dapat digunakan untuk memecahkan masalah analisis dan pemrosesan sinyal biomedis [17]. Sedangkan, kekurangan dari metode JST ini adalah saat proses *training*, metode JST ini membutuhkan waktu yang lama jika data yang diproses besar atau kompleks. Pengaplikasian ANN dalam bidang medis di antaranya untuk pengenalan pola, prediksi kanker, pengenalan suara, analisis citra, dan interpretasi, prediksi lama rawat, dan masih banyak lagi [18].

2.2. Pendekatan Support Vector Machine (SVM) pada Ilmu Diagnostik

Support Vector Machine (SVM) merupakan metode klasifikasi pola yang paling banyak digunakan, karena tingkat akurasi klasifikasi dari metode SVM sangat ditentukan oleh parameter kernel dan fitur pilihan [19]. Hal ini menyebabkan metode SVM merupakan metode klasifikasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode ANN, di sisi lain waktu yang dibutuhkan dalam pemrosesan metode SVM lebih singkat dibandingkan dengan metode ANN [20], sedangkan kekurangan dari metode SVM adalah sulit digunakan jika memiliki jumlah *sample* yang berskala besar [21]. Pengaplikasian SVM dalam bidang medis di antaranya, yaitu untuk memprediksi tekanan *intracranial (ICP)* [22], pengklasifikasian genom kanker (contoh: kanker payudara, kanker darah, etc) dan masih banyak lagi.

2.3. Pendekatan Decision Tree (DT) pada Ilmu Diagnostik

Decision tree merupakan salah satu metode klasifikasi berbasis *supervised learning* [23]. Algoritma ini menggunakan model seperti pohon untuk memprediksi dan membuat keputusan [23], dengan cara mempartisi data ke dalam kelompok-kelompok menggunakan diagram alur seperti pohon [24]. Ada berbagai macam klasifikasi pada metode pohon keputusan di antaranya *CART (Classification and Regression Tree)*, *ID3 (Iterative Dichotomiser 3)*, *C4.5*, dll [25]. Keunggulan dari metode ini adalah memberikan hasil yang sangat intuitif dan mudah diinterpretasikan [26]. Sedangkan, kekurangan dari metode *decision tree* adalah dapat memungkinkan terjadi duplikat data, jika terdapat banyak kelas dan kriteria yang digunakan. Hal ini dapat meningkatkan waktu pengambilan keputusan serta memori yang dibutuhkan. Pengaplikasian DT dalam bidang medis di antaranya untuk prediksi dan klasifikasi aterosklerosis [27], diagnosis covid-19 menggunakan citra rontgen dada [28], dan masih banyak lagi.

2.4. Pendekatan Particle Swarm Optimization (PSO) pada Ilmu Diagnostik

Particle Swarm Optimization merupakan sebuah metode optimasi stokastik berbasis populasi yang dikembangkan pada tahun 1995 oleh Eberhart dan Kennedy, yang terinspirasi dari perilaku kawanan burung ataupun kawanan ikan [29]. Keunggulan dari metode PSO ini adalah mudah untuk diimplementasikan dan secara komputasi tidak memerlukan biaya yang mahal karena memori dan CPU yang digunakan cukup rendah [30]. Pendekatan PSO ini telah berhasil digunakan di banyak bidang, termasuk jaringan syaraf tiruan, *genetic algorithm*, dan logika *fuzzy* [31]. Pengaplikasian metode PSO pada ilmu diagnostik di antaranya, yaitu untuk mendiagnosis penyakit hepatitis, diagnosis penyakit jantung, diagnosis ligament, dan masih banyak lagi.

2.5. Pendekatan Convolutional Neural Network (CNN) pada Ilmu Diagnostik

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu metode *deep learning* yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam pengenalan citra [32]. Keunggulan dari metode *CNN* ini di antaranya, yaitu *CNN* dapat melakukan *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC)* mencapai 1000 kategori gambar, serta dapat melakukan komputasi untuk sistem yang rumit [33]. Kekurangan dari metode *CNN* sendiri adalah membutuhkan waktu komputasi yang lama dikarenakan banyaknya data latih dalam meningkatkan akurasi [34]. Akan tetapi, dengan perkembangan teknologi *hardware* saat ini kelemahan tersebut dapat diatasi dengan teknologi *GPU (Graphical Processing Unit)* dan *PC*. Pengaplikasian metode *CNN* ini telah banyak dilakukan pada ilmu diagnostik di antaranya untuk dukungan melakukan pra-diagnosis secara *online*, kanker payudara, mendeteksi jumlah sel darah putih dalam tubuh, untuk melakukan diagnosis dari hasil *CT scan*, dan masih banyak lagi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Dataset

Dataset merupakan sebuah kumpulan data yang berasal dari informasi masa lalu dan dikelola menjadi informasi yang digunakan untuk *data mining*. *Dataset* tersebut dapat diambil dari sumber-sumber yang ada di internet [35]. Seperti yang ada pada penelitian yang dilakukan oleh Desai, M., & Shah, M. (2021), *dataset* yang digunakan adalah *dataset* yang diambil dari *BreakHis database* dengan total citra sebesar 7009 gambar, menggunakan citra yang besar merupakan suatu hal yang wajib dilakukan ketika menggunakan metode *CNN* [36]. Hal ini dikarenakan metode *CNN* membutuhkan data latih yang besar untuk meningkatkan akurasi dari penelitian tersebut [37].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yang, Q., Zhang, H., Xia, J., & Zhang, X. (2021), *dataset* yang digunakan berasal dari *INbreast database* dan sistem *Siemens Mammo Novation*. *INbreast database* itu didirikan oleh para peneliti dari pusat payudara di *CHJKS, Porto*, di bawah izin dari Komite Etik Rumah Sakit dan Komite Nasional Perlindungan Data [38]. *INbreast database* diambil dari 115 kasus kanker payudara yang di mana 90 kasus berasal dari wanita dengan kanker di kedua payudara, 25 kasus berasal dari pasien mastektomi, dengan total gambar sebanyak 410 gambar. Dalam *INbreast database* juga menyertakan beberapa jenis lesi (massa, klasifikasi, asimetri, dan distorsi). Selain menyertakan beberapa jenis lesi, *INbreast database* juga menyertakan kontur yang akurat yang dibuat oleh spesialis dan disediakan dalam format *XML*.

3.2. Pengaplikasian Artificial Intelligence pada Ilmu Diagnostik

3.2.1. Analisis Tumor Otak MRI

Tumor otak merupakan penyakit sistem syaraf yang paling serius, karena dapat menyebabkan penurunan imunitas yang cukup signifikan dan dapat berakibat kepada kematian [39]. *Malignant Glioma (MGs)* merupakan salah satu tumor otak primer yang memiliki angka kematian tertinggi di dunia [40]. Salah satu metode pencitraan medis yang paling banyak digunakan untuk tumor otak, yaitu *MRI* atau *Magnetic Resonance Imaging* [41], yang sudah menjadi alat untuk diagnosis utama untuk analisis dan pengobatan glioma. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yang, Q., Zhang, H., Xia, J., & Zhang, X. (2021) menunjukkan bahwa metode *SVM* dengan menggunakan teknik penyaringan yang tepat maka dapat memperoleh hasil segmentasi citra *MRI* otak yang handal dan cepat, serta memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan sample data yang sedikit [42].

Seiring dengan perkembangan zaman, metode cerdas lainnya telah diusulkan untuk membedakan antara bagian normal dan abnormal, seperti penelitian yang dilakukan oleh Lahmiri, S. (2017), bahwa metode *Least Squares Support Vector Machine (LS-SVM)* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *SVM*, *PSO*, maupun metode pengklasifikasian lainnya. Jumlah hasil negatif

palsu pada *LS-SVM* sangat kecil dibandingkan dengan metode *SVM*, serta pengklasifikasian pada *LS-SVM* sangatlah *sensitive* terhadap gambar anomali [43].

3.2.2. Kanker Payudara

Kanker payudara merupakan salah satu kanker yang paling umum terjadi pada wanita, serta merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia pada wanita [44]. Oleh sebab itu, akhir-akhir ini para peneliti banyak yang melakukan penelitian mengenai alat untuk mendeteksi serta mendiagnosis kanker payudara yang berbasis komputasi pada mamografi. Mamografi merupakan salah satu alat utama yang digunakan untuk mendeteksi lesi payudara, jika dari hasil tersebut ditemukan sesuatu yang mencurigakan maka tahap selanjutnya adalah dilakukannya biopsi [45].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Desai, M., & Shah, M. (2021), untuk mendeteksi tingkat keganasan kanker payudara metode *CNN* memberikan tingkat akurasi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan metode *MLP (Multi-layer Perceptron)* [36]. Seiring dengan perkembangan zaman, untuk meningkatkan tingkat akurasi dari deteksi kanker payudara maka banyak peneliti yang menggabungkan ataupun memodifikasi metode-metode yang ada. Seperti yang dilakukan oleh Gao, F., Wu, T., Li, J., Zheng, B., Ruan, L., Shang, D., & Patel, B. (2018), metode *SD-CNN (Shallow-Deep Convolutional Neural Network)* digunakan untuk mendapatkan gambar rekomendasi “virtual” dari gambar atau citra *mammography*, serta menggunakan metode *CNN* untuk mengekstrak fitur baru dari citra tersebut. Penggabungan metode *SD-CNN* dan *CNN* menghasilkan hasil yang cukup baik karena memiliki tingkat akurasi sebesar 90% sedangkan jika hanya menggunakan metode *CNN* tingkat akurasinya adalah sebesar 85% [38]. Untuk mengetahui perbedaan performa klasifikasi dari metode-metode yang telah dilakukan pada peneliti terdahulu, khususnya pada diagnosis kanker payudara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Metode-Metode Klasifikasi

Metode	Accuracy	AUC
Random Forest Fitur menggunakan CNN	0.95 ± 0.05	0.91 ± 0.12
CNN + Fitur <i>Hand Crafted</i>	0.91 ± 0.06	0.87 ± 0.06
CNN tanpa Fitur <i>Hand Crafted</i>	0.72 ± 0.16	0.82 ± 0.07
<i>Multi Layer Perceptron</i>	0.88	0.89
<i>Support Vector Machine</i>	0.89	0.90
<i>Multi-Kernel Classifier</i>	NA	0.87
<i>Decision Tree</i>	0.89	NA
FFDM	0.84 ± 0.09	0.87 ± 0.12
FFDM + “ <i>Virtual</i> ” <i>Recombined Image</i>	0.90 ± 0.06	0.92 ± 0.14

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dengan menggunakan metode *CNN* merupakan metode yang paling baik digunakan dalam dunia medis khususnya pada diagnosis kanker payudara. Walaupun metode *CNN* merupakan metode yang terbaik berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, namun metode ini masih perlu adanya pengembangan ataupun modifikasi metode supaya mendapatkan tingkat akurasi yang lebih baik serta waktu komputasi yang lebih singkat.

4. Kesimpulan

Teknologi pada zaman sekarang merupakan bagian yang penting dalam berbagai jenis sistem, tidak terkecuali pada bidang medis. Teknologi medis pada umumnya juga mengikuti karakteristik dari teknologi. Berfokus pada level semi-otomatis, operator terkadang menggunakan teknologi sebagai alat pencarian, memindai, atau dalam beberapa hal akan menghasilkan data sehingga hasil ini dapat membantu ahli dalam mendiagnosis ataupun mengambil keputusan, salah satunya, yaitu *CAD (Computer Aided Diagnosis)*.

CAD dalam dunia medis merupakan sebuah upaya besar dalam menghubungkan antara perkembangan ilmu komputer dengan teknologi medis. Pengaplikasian teknik komputasi cerdas untuk ilmu diagnostik dalam klasifikasi citra biomedis. Berbagai metode komputasi cerdas dijelaskan pada survei ini, seperti metode jaringan syaraf tiruan, *particle swarm optimization*, *decision tree*, *CNN*, dan masih banyak lagi. Berdasarkan survei di atas metode *CNN* merupakan metode yang paling efektif dan efisien dalam melakukan diagnosis pada dunia medis khususnya pada pengenalan pola citra, karena tingkat akurasi dari metode *CNN* ini dapat mencapai 95% berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu. Namun, metode ini masih perlu dikembangkan ataupun modifikasi metode-metode yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, supaya mendapatkan tingkat akurasi yang lebih baik serta waktu komputasi yang lebih singkat dari sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan penggunaan teknologi pada bidang medis.

Referensi

- [1] E. Brynjolfsson, T. Mitchell, and D. Rock, "What Can Machines Learn and What Does It Mean for Occupations and the Economy?," *AEA Papers and Proceedings*, vol. 108, pp. 43–47, 2018, doi: 10.1257/pandp.20181019.
- [2] F. Jiang, L. Ma, T. Broyd, and K. Chen, "Digital twin and its implementations in the civil engineering sector," *Automation in Construction*, vol. 130, pp. 21–23, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103838.
- [3] Y. J. Jo *et al.*, "Quantitative Phase Imaging and Artificial Intelligence: A Review," *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 25, no. 1, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1109/JSTQE.2018.2859234.
- [4] J. Yanase and E. Triantaphyllou, "A Systematic Survey of Computer-Aided Diagnosis in Medicine: Past and Present Developments," *Expert Systems with Applications*, vol. 138, pp. 1–46, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.112821.
- [5] M. Field *et al.*, "Implementation of the Australian Computer-Assisted Theragnostics (AusCAT) network for radiation oncology data extraction, reporting and distributed learning," *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, vol. 65, no. 5, pp. 627–636, 2021, doi: 10.1111/1754-9485.13287.
- [6] Z. Cao, L. Duan, G. Yang, T. Yue, and Q. Chen, "An experimental study on breast lesion detection and classification from ultrasound images using deep learning architectures," *BMC Medical Imaging*, vol. 19, no. 1, pp. 1–26, 2019, doi: 10.1186/s12880-019-0349-x.
- [7] M. A. Al-antari, M. A. Al-masni, M. T. Choi, S. M. Han, and T. S. Kim, "A fully integrated computer-aided diagnosis system for digital X-ray mammograms via deep learning detection, segmentation, and classification," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 117, no. May, pp. 44–54, 2018, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2018.06.003.
- [8] M. Koenigkam-Santos, J. R. FerreiraJunior, D. T. Wada, A. P. M. Tenoria, M. H. Nogueira-Barbosa, and P. M. Azevedo-Marques, "Artificial intelligence, machine learning, computer-aided diagnosis, and radiomics: advances in imaging towards to precision medicine," *Radiologia Brasileira*, vol. 52, no. 6, pp. 387–396, 2019.
- [9] R. F. Mansour, "Deep-learning-based automatic computer-aided diagnosis system for diabetic retinopathy," *Biomedical Engineering Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 41–57, 2018, doi: 10.1007/s13534-017-0047-y.
- [10] N. Asiri, M. Hussain, F. al Adel, and N. Alzaidi, "Deep learning based computer-aided diagnosis systems for diabetic retinopathy: A survey," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 99, no. D1, 2019, doi: 10.1016/j.artmed.2019.07.009.
- [11] K. Jian Xia, H. Sheng Yin, and Y. Dong Zhang, "Deep Semantic Segmentation of Kidney and Space-Occupying Lesion Area Based on SCNN and ResNet Models Combined with SIFT-Flow

- Algorithm,” *Journal of Medical Systems*, vol. 43, no. 1, pp. 1–16, 2019, doi: 10.1007/s10916-018-1116-1.
- [12] Z. Zhai *et al.*, “Automatic quantitative analysis of pulmonary vascular morphology in CT images,” *Medical Physics*, vol. 46, no. 9, pp. 3985–3997, 2019, doi: 10.1002/mp.13659.
- [13] S. Chowdhury and P. pratim Chakraborty, “Overview of artificial intelligence in medicine,” *Journal of Family Medicine and Primary Care*, vol. 8, no. 7, pp. 2328–2331, 2019, doi: 10.4103/jfmpe.jfmpe.
- [14] B. M. Lake, T. D. Ullman, J. B. Tenenbaum, and S. J. Gershman, “Building machines that learn and think like people,” *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 40, no. 2012, pp. 1–58, 2017, doi: 10.1017/S0140525X16001837.
- [15] T. Pedersen, C. Johansen, and A. Jøsang, “Behavioural Computer Science: an agenda for combining modelling of human and system behaviours,” *Human-centric Computing and Information Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 1–39, 2018, doi: 10.1186/s13673-018-0130-0.
- [16] M. B. Patel, J. N. Patel, and U. M. Bhilota, “Comprehensive Modeling of ANN. In: Research Anthology on Artificial Neural Network Applications,” *IGI Global*, pp. 31–40, 2022, doi: 10.4018/978-1-6684-2408-7.ch002.
- [17] Y. chen Wu and J. wen Feng, “Development and Application of Artificial Neural Network,” *Wireless Personal Communications*, vol. 102, no. 2, pp. 1645–1656, 2018, doi: 10.1007/s11277-017-5224-x.
- [18] N. Shahid, T. Rappon, and W. Berta, “Applications of artificial neural networks in health care organizational decision-making: A scoping review,” *PLoS ONE*, vol. 14, no. 2, pp. 1–15, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0212356.
- [19] M. Wang and H. Chen, “Chaotic multi-swarm whale optimizer boosted support vector machine for medical diagnosis,” *Applied Soft Computing Journal*, vol. 88, pp. 11–13, 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2019.105946.
- [20] Y. Q. Wang, Z. F. Wang, and W. C. Cheng, “A review on land subsidence caused by groundwater withdrawal in Xi’an, China,” *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 78, no. 4, pp. 2851–2863, 2019, doi: 10.1007/s10064-018-1278-6.
- [21] W. Li, R. Dong, H. Fu, J. Wang, L. Yu, and P. Gong, “Integrating Google Earth imagery with Landsat data to improve 30-m resolution land cover mapping,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 237, no. 111563, 2020, doi: 10.1016/j.rse.2019.111563.
- [22] H. O. Alanazi, A. H. Abdullah, and K. N. Qureshi, “A Critical Review for Developing Accurate and Dynamic Predictive Models Using Machine Learning Methods in Medicine and Health Care,” *Journal of Medical Systems*, vol. 41, no. 4, 2017, doi: 10.1007/s10916-017-0715-6.
- [23] M. Rout, J. K. Rout, and H. Das, “Performance evaluation of different machine learning methods and deep-learning based convolutional neural network for health decision making. In: Nature inspired computing for data science,” *Springer, Cham*, pp. 2001–2012, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-33820-6_12.
- [24] S. Sakr *et al.*, “Comparison of machine learning techniques to predict all-cause mortality using fitness data: The Henry Ford exercise testing (FIT) project,” *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 17, no. 1, pp. 1–28, 2017, doi: 10.1186/s12911-017-0566-6.
- [25] Y. Wei *et al.*, “A review of data-driven approaches for prediction and classification of building energy consumption,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 1027–1047, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.108.
- [26] C. M. A. Gomes and L. S. Almeida, “Advocating the broad use of the decision tree method in education,” *Practical Assessment, Research and Evaluation*, vol. 22, no. 10, pp. 1–10, 2017.

- [27] Y. K. Qawqzeh, M. M. Otoom, and F. Al-Fayez, "A Proposed Decision Tree Classifier for Atherosclerosis Prediction and Classification," *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, vol. 19, no. 12, pp. 197–202, 2019.
- [28] T. Article, I. S. Part, O. F. The, and T. O. F. Contents, "Deep Learning-Based Decision-Tree Classifier for COVID-19 Diagnosis from Chest X-ray Imaging," *Frontiers in medicine*, vol. 7, p. 427, 2020, doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00427>.
- [29] B. Jana, S. Mitra, and S. Acharyya, "Repository and Mutation based Particle Swarm Optimization (RMPSO): A new PSO variant applied to reconstruction of Gene Regulatory Network," *Applied Soft Computing Journal*, vol. 74, pp. 330–355, 2019, doi: 10.1016/j.asoc.2018.09.027.
- [30] B. Qolomany, M. Maabreh, A. Al-Fuqaha, A. Gupta, and D. Benhaddou, "Parameters optimization of deep learning models using Particle swarm optimization," *2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2017*, no. Iwcmc, pp. 1285–1290, 2017, doi: 10.1109/IWCMC.2017.7986470.
- [31] A. Jaafari, E. K. Zenner, M. Panahi, and H. Shahabi, "Hybrid artificial intelligence models based on a neuro-fuzzy system and metaheuristic optimization algorithms for spatial prediction of wildfire probability," *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 266–267, pp. 198–207, 2019, doi: 10.1016/j.agrformet.2018.12.015.
- [32] D. Kusumoto and S. Yuasa, "The application of convolutional neural network to stem cell biology," *Inflammation and Regeneration*, vol. 39, no. 14, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1186/s41232-019-0103-3.
- [33] R. Yang *et al.*, "CNN-LSTM deep learning architecture for computer vision-based modal frequency detection," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 144, pp. 1–20, 2020, doi: 10.1016/j.ymsp.2020.106885.
- [34] K. Hernandez-Diaz, F. Alonso-Fernandez, and J. Bigun, "Periocular Recognition Using CNN Features Off-the-Shelf," *2018 International Conference of the Biometrics Special Interest Group, BIOSIG 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.23919/BIOSIG.2018.8553348.
- [35] et al ALSAEDI, Abdullah, "TON_IoT Telemetry Dataset: A New Generation Dataset of IoT and IIoT for Data-Driven Intrusion Detection Systems," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 165130–165150, 2020, doi: DOI:10.1109/ACCESS.2020.3022862.
- [36] M. Desai and M. Shah, "An anatomization on breast cancer detection and diagnosis employing multi-layer perceptron neural network (MLP) and Convolutional neural network (CNN)," *Clinical eHealth*, vol. 4, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1016/j.ceh.2020.11.002.
- [37] F. Schiefer *et al.*, "Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 170, pp. 205–215, 2020, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.10.015.
- [38] F. Gao *et al.*, "SD-CNN: a Shallow-Deep CNN for Improved Breast Cancer Diagnosis," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 70, pp. 53–62, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2018.09.004>.
- [39] C. Narmatha, S. M. Eljack, A. A. R. M. Tuka, S. Manimurugan, and M. Mustafa, "A hybrid fuzzy brain-storm optimization algorithm for the classification of brain tumor MRI images," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1007/s12652-020-02470-5.
- [40] L. Lu *et al.*, "Cryptotanshinone inhibits human glioma cell proliferation in vitro and in vivo through SHP-2-dependent inhibition of STAT3 activation," *Cell Death and Disease*, vol. 8, no. 5, pp. e2767-10, 2017, doi: 10.1038/cddis.2017.174.
- [41] A. Kabir Anaraki, M. Ayati, and F. Kazemi, "Magnetic resonance imaging-based brain tumor grades classification and grading via convolutional neural networks and genetic algorithms," *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 39, no. 1, pp. 63–74, 2019, doi: 10.1016/j.bbe.2018.10.004.

- [42] Q. Yang, H. Zhang, J. Xia, and X. Zhang, “Evaluation of Magnetic Resonance Image Segmentation in Brain Low-Grade Gliomas using Support Vector Machine and Convolutional Neural Network,” *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, vol. 11, no. 1, pp. 300–316, 2021, doi: 10.21037/QIMS-20-783.
- [43] S. Lahmiri, “Glioma detection based on multi-fractal features of segmented brain MRI by particle swarm optimization techniques,” *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 31, pp. 148–155, 2017, doi: 10.1016/j.bspc.2016.07.008.
- [44] Z. Momenimovahed and H. Salehiniya, “Epidemiological characteristics of and risk factors for breast cancer in the world,” *Breast Cancer: Targets and Therapy*, vol. 11, pp. 151–164, 2019, doi: 10.2147/BCTT.S176070.
- [45] A. Akselrod-Ballin *et al.*, “Predicting breast cancer by applying deep learning to linked health records and mammograms,” *Radiology*, vol. 292, no. 2, pp. 331–342, 2019, doi: 10.1148/radiol.2019182622.