

Artificial Intelligence

dalam Pelayanan Kesehatan



Ferry Fadzlul Rahman, Ph.D.
Hendra Saputra, M.Kom.

Artificial Intelligence dalam Pelayanan Kesehatan

Ferry Fadzlul Rahman, Ph.D.
Hendra Saputra, M.Kom.

Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) bertujuan untuk menciptakan pemodelan cerdas yang membantu dalam membayangkan informasi, memecahkan masalah, dan membuat keputusan. Dalam beberapa tahun terakhir, AI menjadi semakin relevan di bidang farmasi seperti penemuan obat, pengembangan formulasi pengiriman obat, polifarmakologi, farmasi rumah sakit, dan sebagainya. *Artificial Neural Networks* (ANNs) seperti *Deep Neural Networks* (DNNs) dan *Recurrent Neural Networks* (RNNs) digunakan dalam penemuan obat dan pengembangan formulasi pengiriman obat. Penggunaan AI di bidang farmasi, khususnya dalam penemuan obat, pengembangan formulasi penghantaran obat, polifarmakologi, dan farmasi rumah sakit, dibahas dalam makalah ulasan saat ini. AI juga dapat digunakan untuk mendeteksi masalah dan ancaman terhadap keselamatan pasien dengan akurasi dan kecepatan tinggi, seperti pola perawatan suboptimal atau wabah penyakit yang didapat di rumah sakit. Beberapa studi yang sedang berlangsung tentang aplikasi AI dalam perawatan kesehatan melukiskan gambaran masa depan di mana pemberian layanan kesehatan lebih kohesif dan seperti manusia. Ulasan ini juga akan melihat bagaimana AI dan *machine learning* dapat membantu masing-masing pasien menyelamatkan nyawa.

Artificial

Intelligence

dalam Pelayanan Kesehatan

UU No 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat ciptaan dan/atau produk hak terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggAndaan ciptaan dan/atau produk hak terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggAndaan ciptaan dan/atau produk hak terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu ciptaan dan/atau produk hak terkait dapat digunakan tanpa izin pelaku pertunjukan, produser fonogram, atau lembaga penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).



Artificial Intelligence

dalam Pelayanan Kesehatan

**Ferry Fadzlul Rahman
Hendra Saputra**

Artificial *Intelligence* dalam Pelayanan Kesehatan

Ferry Fadzlul Rahman, Hendra Saputra

Editor:

Dwi Fadhila

Desainer:

Siska Wulandari

Sumber Gambar Kover:

www.freepik.com

Penata Letak:

Dwi Fadhila

Proofreader:

Tim Mitra Cendekia Media

Ukuran:

x, 152 hlm, 15,5 x 23 cm

ISBN:

Cetakan Pertama:

Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Anggota IKAPI: 022/SBA/20

PENERBIT MITRA CENDEKIA MEDIA

Kapalo Koto No. 8, Selayo, Kec. Kubung, Kab. Solok

Sumatra Barat – Indonesia 27361

HP/WA: 0812-7574-0738

Website: www.mitracendekiamedia.com

E-mail: mitracendekiamedia@gmail.com

Daftar Isi

PRAKATA	ix
----------------	-----------

PENDAHULUAN

A. Pengertian <i>Artificial Intelligence</i>	4
B. Tujuan	22
C. Sejarah	22
D. Klasifikasi AI	24
E. Cabang Keilmuan	26
F. Konsep Kecerdasan Buatan (AI)	50
G. Implementasi <i>Artificial Intelligence</i>	57

PENERAPAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM PELAYANAN KESEHATAN

A. AI dalam Penemuan Obat	63
B. Aplikasi AI dalam Perawatan Klinis	66
C. Kardiologi	67
D. Hematologi	79
E. Nefrologi	81
F. AI di Apotek Rumah Sakit	85
G. Kecerdasan Buatan dalam Diagnosis dan Pengelolaan Aritmia	86
H. Analisis Sinyal Listrik Jantung Menggunakan Metodologi Kecerdasan Buatan	87

I. Deteksi Aritmia Menggunakan Kecerdasan Buatan_	88
J. Kecerdasan buatan dan perangkat jantung_____	92
K. Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan _	95
L. Aplikasi Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan _____	101
M. Melakukan Pekerjaan yang Berulang _____	102
N. Konsultasi Digital _____	104
O. Pembuatan Obat _____	105
P. Mendeteksi Penyakit Ganas dan Menilai Efektivitas Kemoterapi pada Pasien Kanker ____	106
Q. Mendeteksi Kondisi Mental _____	107
R. Penatalaksanaan Diabetes _____	108
S. Keterbatasan Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan _____	109
T. Masa Depan Kecerdasan Buatan _____	109
U. Perangkat AI _____	111

KECERDASAN BUATAN DALAM PERANGKAT MEDIS MASA LALU, SAAT INI, DAN MASA DEPAN

A. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Masa Lalu _____	113
B. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Saat Ini _____	114
C. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Masa Depan _____	115

D. Peran Kecerdasan Buatan dalam Pengembangan

Obat _____ 116

PENUTUP _____ **119**

REFERENSI _____ **121**

TENTANG PENULIS _____ **151**

Daftar Gambar

Gambar 1 Relasi Antara AI, ML dan DL _____	2
Gambar 2 Pembagian <i>Artificial Intelligence</i> _____	4
Gambar 3 Skema Utama Kecerdasan Buatan _____	21
Gambar 4 Klasifikasi dalam <i>Artificial Intelligence</i> _____	26
Gambar 5 Domain Area AI _____	27
Gambar 6 integrasi <i>knowledge base</i> dan <i>inference engine</i> _____	33
Gambar 7 Model Persepsi Visual pada <i>Computer Vision</i> _____	39
Gambar 8 Contoh Penerapan <i>Computer Vision</i> untuk Identifikasi Wajah _____	40
Gambar 9 Penerapan NLP pada <i>Automated Online Asistant</i> Berbasis Web _____	41
Gambar 10 Al-Jazari's Programmable Automata (Tahun 1206 SM) _____	46
Gambar 11 Karakuri, Rancangan Robot dari Jepang Abad 16 yang Mampu Menuang Air Teh _____	47
Gambar 12 Contoh Model <i>Visual Perception</i> pada Robot _____	48
Gambar 13 <i>Games</i> tingkat lanjut yang menerapkan AI _____	50
Gambar 14 Teknik dasar belajar _____	51
Gambar 15 Cara Kerja <i>Machine Learning</i> : _____	52
Gambar 16. Jaringan <i>Singel Layer Network</i> _____	57
Gambar 17. Jaringan <i>Multi-layer Network</i> _____	57

Gambar 18. Implementasi *Deep Learning* _____ 59

Gambar 19 Peran AI dalam Pengembangan dan Penemuan Obat _____ 66

Gambar 20 peran *active learning* dalam pengobatan klinis _____ 67

Gambar 21 Peran AI di rumah sakit _____ 86

Prakata

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar. Tak lupa juga mengucapkan selawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad saw., karena berkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Kami ucapkan juga rasa terima kasih kami kepada pihak-pihak yang mendukung lancarnya buku ajar ini mulai dari proses penulisan hingga proses cetak, yaitu orang tua kami, rekan-rekan kami, penerbit serta Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur tempat kami bernaung, dan masih banyak lagi yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Adapun, buku ajar kami yang berjudul *Artificial Intelligence dalam Pelayanan Kesehatan* ini telah selesai kami buat secara semaksimal dan sebaik mungkin agar menjadi manfaat bagi pembaca yang membutuhkan informasi dan pengetahuan mengenai bagaimana penerapan AI dalam pelayanan kesehatan.

Dalam buku ini, tertulis bagaimana pentingnya penerapan kecerdasan buatan, *machine learning*, pembelajaran mendalam, aplikasi klinis, penemuan obat, penelitian pengiriman obat, farmasi rumah sakit, komputer, data, penyakit, perawatan kesehatan, aritmia dan juga bagaimana materi yang disajikan yang relevan dengan mata kuliah mengenai sistem informasi kesehatan yang menjadi

alternatif pegangan bagi mahasiswa dan dosen yang menempuh studi dibidang pelayanan kesehatan.

Kami sadar, masih banyak luput dan kekeliruan yang tentu saja jauh dari sempurna tentang buku ini. Oleh sebab itu, kami mohon agar pembaca memberi kritik dan juga saran terhadap karya buku ajar ini agar kami dapat terus meningkatkan kualitas buku.

Demikian buku ajar ini kami buat, dengan harapan agar pembaca dapat memahami informasi dan juga mendapatkan wawasan mengenai *artificial intelligence* bidang pelayanan kesehatan serta dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam arti luas. Terima kasih.

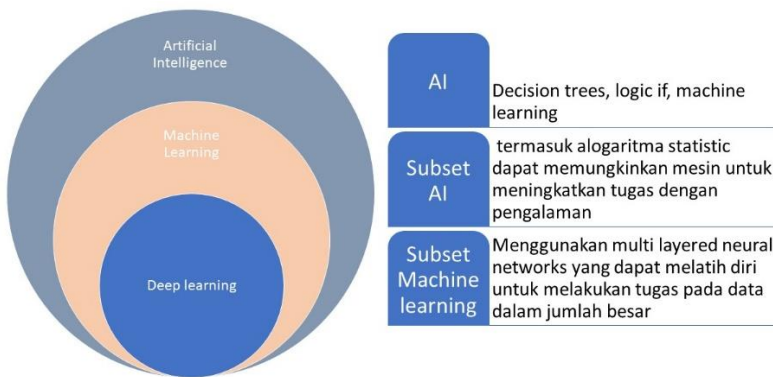
Samarinda, 4 Juli 2023

Pendahuluan

Kecerdasan buatan (AI) adalah bidang ilmu komputer yang berkaitan dengan pemecahan masalah melalui pemrograman simbolik. Ini telah berkembang menjadi ilmu pemecahan masalah dengan penerapan luas dalam bisnis, perawatan kesehatan, dan teknik [1]. AI adalah teknologi yang berkembang pesat yang memiliki aplikasi di banyak bidang kehidupan dan bisnis. Bisnis farmasi baru-baru ini menemukan metode baru dan imajinatif untuk menggunakan teknologi canggih ini untuk membantu mengatasi beberapa masalah industri yang paling mendesak. Dalam industri farmasi, kecerdasan buatan mengacu pada penggunaan algoritma otomatis untuk tugas-tugas yang sebelumnya membutuhkan kecerdasan manusia. Kecerdasan buatan telah merevolusi cara para ilmuwan menemukan pengobatan baru, memerangi penyakit, dan banyak lagi di industri farmasi dan biotek dalam lima tahun terakhir [2]. *Machine learning*, jaringan saraf, kecerdasan buatan (AI), dan pembelajaran mendalam berguna dalam memecahkan masalah yang kritis dan membutuhkan waktu lama untuk diselesaikan oleh manusia; namun, keterampilan manusia yang serupa seperti pembuatan komitmen, penalaran deduktif, dan kesimpulan oleh komputer belum dikembangkan; hubungan antara

kecerdasan buatan dan algoritma telah tumbuh lebih kuat. Fitur buatan yang dibangun ke dalam komputer termasuk pengenalan suara, perencanaan, pembelajaran, dan pemecahan masalah (Gambar 1) [3].

Kecerdasan buatan (AI) menjadi lebih banyak digunakan, dan diharapkan dapat mengubah cara pemeriksaan klinis dan pelatihan dilakukan. Dokter dapat membantu mengembangkan teknologi ini untuk digunakan dalam industri medis dan farmasi, memastikan bahwa potensi AI untuk meningkatkan perawatan medis secara dramatis terwujud [4]. Robot dibangun sebagai perangkat keras, dan kecerdasan buatan adalah hipotesis. Hubungan antara keduanya adalah bahwa robot dikendalikan oleh agen perangkat lunak yang membaca data dari sensor ini, memutuskan apa yang harus dilakukan selanjutnya, dan kemudian mengarahkan tindakan robot di dunia nyata. Ini banyak digunakan dalam robotika [5].

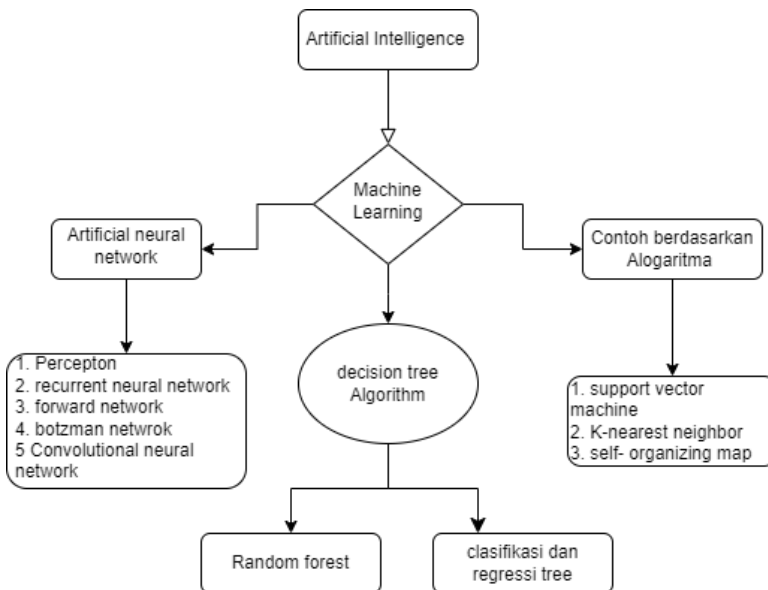


Gambar 1 Relasi Antara AI, ML dan DL

Kecerdasan buatan (AI) adalah bidang yang berkaitan dengan pengembangan dan penerapan algoritma untuk pemrosesan data, pembelajaran, dan interpretasi. Akibatnya, "kecerdasan komputasional" mencakup berbagai aspek statistik dan *Machine learning*, pengenalan pola, pengelompokan, metode berbasis kesamaan, logika, dan teori probabilitas, serta pendekatan yang dimotivasi secara fisiologis seperti jaringan saraf dan pemodelan *fuzzy*. Pembuatan obat farmasi sangat rumit, mulai dari formulasi hingga produk jadi. Interaksi multivariat antara bahan baku dan parameter proses hadir dalam proses ini. Interaksi ini sangat penting untuk kemampuan proses dan kualitas produk yang telah selesai.

Kecerdasan buatan (AI) didefinisikan di sini dalam istilah luas sebagai bidang yang berkaitan dengan pengembangan dan implementasi algoritma untuk analisis data, pembelajaran, dan interpretasi. Dengan demikian, "kecerdasan komputasional" mencakup berbagai aspek statistik dan *Machine learning*, pengenalan pola, pengelompokan, metode berbasis kesamaan, logika, dan teori probabilitas, serta pendekatan yang dimotivasi secara biologis seperti jaringan saraf, komputasi evolusioner, dan pemodelan *fuzzy*. Pemilihan data yang sesuai, pemodelan data, klasifikasi dan regresi, pengoptimalan, dan prediksi adalah semua aplikasi AI yang umum (Gambar 2). Kami akan

berkonsentrasi pada bidang pendekatan AI yang penting untuk desain dan penemuan obat dalam ulasan ini [7]. AI adalah sistem berbasis teknologi yang menggunakan berbagai alat dan jaringan canggih untuk menyimulasikan kecerdasan manusia. Namun, itu tidak menimbulkan ancaman bagi kehadiran fisik manusia [8,9].



Gambar 2 Pembagian Artificial Intelligence

A. Pengertian *Artificial Intelligence*

Kecerdasan Buatan atau *Artificial intelligence* (AI) merupakan suatu disiplin ilmu komputer yang memiliki peran penting dalam mengatasi berbagai masalah yang melibatkan kemampuan kognitif manusia. Bidang ini berfokus pada pembelajaran, pemahaman, prediksi, dan manipulasi terhadap situasi yang kompleks dan rumit.

Dalam konteks ini, AI digunakan untuk mengembangkan solusi yang mampu meniru dan melampaui kemampuan manusia dalam memecahkan masalah.

Intelligence dalam bahasa Latin, yaitu "*intelligo*", memiliki arti "saya paham". Pada dasarnya, *intelligence* mengacu pada kemampuan untuk memahami dan melakukan tindakan. Secara umum, *intelligence* juga dapat diartikan sebagai sesuatu yang dibuat atau dihasilkan oleh manusia, baik itu berupa sesuatu yang terjadi secara alami maupun buatan manusia. Istilah "kecerdasan buatan" atau "*Artificial Intelligence*" merujuk pada pengembangan sistem yang dapat meniru atau menampilkan kemampuan intelektual manusia melalui mesin atau komputer. (Diah, 2018)

Menurut para ahli pakar, ada 7 definisi kecerdasan buatan:

1. Schalkoff (1990): mendefinisikan *Artificial intelligence* (AI) sebagai bidang studi yang berusaha menjelaskan dan meniru perilaku cerdas dalam bentuk proses komputasi. Definisi ini menekankan bahwa AI berfokus pada pengembangan dan penerapan metode komputasi yang dapat meniru atau mereplikasi perilaku cerdas manusia. Tujuannya adalah untuk mengembangkan sistem yang dapat melakukan tugas-tugas yang umumnya

memerlukan pemahaman, penalaran, dan pengambilan keputusan yang cerdas.

2. Rich dan Knight (1991): mendefinisikan AI sebagai studi tentang cara mengajarkan komputer untuk melakukan tugas yang saat ini dapat dilakukan oleh manusia dengan lebih baik.
3. Luger dan Stubblefield (1993): mendefinisikan *Artificial intelligence* (AI) sebagai cabang ilmu komputer yang berhubungan dengan otomasi perilaku yang cerdas..
4. Haag dan Keen (1996): mendefinisikan bahwa *Artificial intelligence* (AI) adalah bidang studi yang terkait dengan menangkap, memodelkan, dan menyimpan kecerdasan manusia dalam sistem teknologi informasi. Tujuannya adalah agar sistem tersebut dapat memfasilitasi proses pengambilan keputusan yang biasanya dilakukan oleh manusia.
5. H. A. Simon: mendefinisikan bahwa *Artificial intelligence* (AI) bertujuan untuk membuat komputer mampu melakukan tugas dengan lebih baik daripada manusia.
6. Knight dan Rich: mendefinisikan bahwa *Artificial intelligence* (AI) adalah bagian dari ilmu komputer yang berusaha menciptakan komputer agar dapat

melakukan tugas sebaik atau bahkan lebih baik daripada manusia.

7. Norvig dan Russel: mendefinisikan *Artificial intelligence* (AI) ke dalam dua dimensi utama, yaitu pemikiran (berfikir) dan tindakan (bertindak).

Dalam *Artificial intelligence* (AI) secara umum ada 3 metode yang dikembangkan.

1. *Fuzzy Logic* (FL)

Metode ini digunakan oleh mesin untuk menyesuaikan diri dengan kondisi tertentu dan memberikan keputusan yang tidak terbatas pada pilihan biner 0 dan 1, sebagaimana makhluk hidup melakukan adaptasi. Sebagai hasilnya, sistem logika *fuzzy* yang fleksibel muncul sebagai alternatif yang tidak kaku. Salah satu penerapan logika *fuzzy* adalah dalam sistem pengereman kereta api di Jepang.

Beberapa referensi yang membahas *Fuzzy Logic*.

- a. Buku "*Fuzzy Sets dan Fuzzy Logic: Theory and Applications*" oleh George J. Klir dan Bo Yuan mencakup konsep dasar dan aplikasi himpunan *fuzzy* dan logika *fuzzy*. Buku ini memberikan penjelasan mengenai teori himpunan *fuzzy* dan logika *fuzzy* sehingga pembaca dapat memahami konsep tersebut dan mengaplikasikannya dalam

berbagai bidang, termasuk teknik, manajemen, ekonomi, dan ilmu komputer.

Buku ini terdiri dari dua bagian utama, di mana bagian pertama membahas dasar-dasar himpunan *fuzzy*, seperti definisi himpunan *fuzzy*, operasi himpunan *fuzzy*, dan relasi himpunan *fuzzy*. Bagian kedua berkaitan dengan penerapan logika *fuzzy* di berbagai bidang, seperti kontrol otomatis, pengenalan pola, sistem keputusan, dan manajemen.

Hasil dari buku ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang konsep himpunan *fuzzy* dan logika *fuzzy* sehingga dapat diterapkan di berbagai bidang. Buku ini juga menyertakan contoh aplikasi logika *fuzzy* di berbagai bidang untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kegunaan dan manfaat logika *fuzzy*. Buku ini sangat berguna bagi peneliti, mahasiswa, dan praktisi yang tertarik dengan penerapan logika *fuzzy* dan ingin memperluas pengetahuannya tentang konsep dasar himpunan *fuzzy* dan logika *fuzzy*. Klir, GJ, & Yuan, B. (1995) .

- b. Buku "*Fuzzy Logic with Engineering Applications*" karya Timothy J. Ross membahas

penerapan logika *fuzzy* dalam rekayasa dengan fokus pada sistem kontrol otomatis dan pengambilan keputusan. Buku ini menjelaskan konsep dasar logika *fuzzy*, seperti himpunan *fuzzy*, sistem berbasis aturan, dan mesin inferensi, dengan contoh penerapannya dalam berbagai sistem kontrol dan keputusan otomatis.

Buku ini terdiri dari dua bagian utama, di mana bagian pertama membahas dasar-dasar teori logika *fuzzy*, seperti himpunan *fuzzy*, sistem berbasis aturan, dan mesin logika. Bagian kedua membahas penerapan logika *fuzzy* dalam berbagai sistem kontrol otomatis dan pengambilan keputusan, termasuk sistem robotik, manufaktur, dan transportasi. , TJ (2010).

- c. Artikel “*Eksperimen Sintesis Linguistik dengan Pengontrol Logika Fuzzy*” oleh Ebrahim H. Mamdani dan Saeed Assilian membahas penggunaan pengontrol logika *fuzzy* untuk mengontrol suhu pemanas. Publikasi ini dianggap sebagai salah satu publikasi terpenting dalam sejarah perkembangan logika *fuzzy*,

karena merupakan salah satu contoh awal penerapan praktis konsep logika *fuzzy*.

Pada artikel ini, Mamdani dan Assilian mengusulkan penggunaan kontroler logika *fuzzy* sebagai alternatif dari kontroler logika matematis tradisional, yang sering kali sulit diimplementasikan dalam aplikasi praktis. Mereka mengembangkan sistem kendali logika *fuzzy* yang menggunakan masukan berupa nilai suhu dan kelembaban serta keluaran berupa sinyal kendali untuk mengatur suhu pemanas. Mereka juga mengembangkan model *fuzzy* berbasis aturan untuk menghubungkan input ke output.

Sebagai hasil dari publikasi ini, dikembangkan sistem kontrol logika *fuzzy* yang dapat mengontrol suhu pemanas lebih baik daripada kontrol logika konvensional. Publikasi ini juga memberikan contoh awal aplikasi praktis dari konsep logika *fuzzy* dan meletakkan dasar untuk pengembangan aplikasi logika *fuzzy* di bidang kontrol otomatis dan pengambilan keputusan di masa depan.

Publikasi ini sangat berguna bagi para peneliti dan praktisi yang tertarik untuk

mengembangkan aplikasi logika *fuzzy* di bidang kontrol otomatis dan pengambilan keputusan, karena memberikan contoh awal dan dasar untuk menggunakan konsep logika *fuzzy* dalam aplikasi praktis untuk aplikasi logika *fuzzy* di masa depan, Mamdani, E.H. , & Assilian, S. (1975).

- d. Artikel "*Fuzzy Sets*" yang ditulis oleh Lotfi A. Zadeh dan dimuat dalam jurnal *Information and Control* pada tahun 1965 merupakan salah satu artikel terpenting yang menjadi dasar perkembangan teori logika *fuzzy*. Dalam jurnal ini diperkenalkan konsep "himpunan *fuzzy*" sebagai generalisasi himpunan klasik dengan unsur-unsur yang derajat keanggotaannya bisa antara 0 dan 1.

Dalam jurnal ini, Zadeh berpendapat bahwa konsep himpunan klasik dengan nilai keanggotaan hanya 0 atau 1 tidak selalu mencerminkan kompleksitas dunia nyata dengan baik. Oleh karena itu, Zadeh memperkenalkan konsep himpunan *fuzzy* sebagai alternatif untuk merepresentasikan ketidakpastian dan kompleksitas di dunia nyata. Himpunan *fuzzy* memungkinkan setiap elemen

memiliki derajat keanggotaan antara 0 dan 1, yang menunjukkan sejauh mana elemen tersebut cocok dengan deskripsi atau kondisi himpunan.

Sebagai hasil dari makalah ini, konsep himpunan *fuzzy* diperkenalkan menjadi dasar pengembangan logika *fuzzy* dan aplikasinya di berbagai bidang, termasuk sistem kontrol otomatis dan pengambilan keputusan. Jurnal ini menjadi salah satu paling berpengaruh dalam sejarah perkembangan ilmu komputer, terutama dalam bidang kecerdasan buatan, telah mengalami kemajuan yang signifikan. Jurnal ini juga mempromosikan pengembangan penelitian logika *fuzzy* dan aplikasi masa depan Zadeh, L.A. (1965).

- e. Artikel "ANFIS: Sistem Inferensi *Fuzzy* Berbasis Jaringan Adaptif" oleh Jyh-Shing Roger Jang dari tahun 1993, berkaitan dengan pengembangan sistem inferensi *fuzzy* yang dapat mempelajari aturan *fuzzy* dari data yang diberikan. Artikel ini memperkenalkan konsep ANFIS (Adaptive Neuro-*Fuzzy* Inference System) adalah suatu sistem inferensi *fuzzy* berbasis jaringan adaptif

yang menggabungkan konsep dari jaringan saraf tiruan dan logika *fuzzy*.

ANFIS merupakan sistem inferensi *fuzzy* yang dapat menghasilkan aturan *fuzzy* berdasarkan data input dan beradaptasi dengan perubahan data input. Sistem ini terdiri dari beberapa layer yang masing-masing layer terdiri dari beberapa node. Setiap node dalam sistem ini memiliki fungsi keanggotaan *fuzzy* dan variabel bobot. Dengan mengubah nilai bobot tersebut, sistem ANFIS dapat mempelajari aturan *fuzzy* yang dapat digunakan untuk menarik inferensi dari data masukan.

Sebagai hasil dari pekerjaan ini, dikembangkan sistem inferensi *fuzzy* yang dapat beradaptasi dengan perubahan data input dan mempelajari aturan *fuzzy* dari data yang diberikan. ANFIS kemudian menjadi salah satu sistem inferensi *fuzzy* yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kontrol otomatis, pengambilan keputusan, dan pengenalan pola. Artikel ini juga memperkenalkan konsep penggabungan jaringan saraf tiruan dan logika *fuzzy*, yang nantinya akan menjadi dasar pengembangan

berbagai jenis sistem cerdas di masa depan.
Yang, J.S. R.(1993).

2. *Evolutionary Computing* (EC)

Metode ini menerapkan pendekatan evolusi dengan menggunakan skema seleksi individu terbaik untuk menghasilkan generasi berikutnya. Pendekatan ini melibatkan jumlah individu yang bersaing dan dipilih berdasarkan kemampuan mereka untuk menghasilkan hasil yang diharapkan. Seleksi tersebut umumnya digunakan untuk mencari solusi dari suatu permasalahan yang dihadapi.

Beberapa referensi yang membahas *Evolutionary Computing*.

- a. Buku "*Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence*" oleh David B. Fogel. Buku ini adalah salah satu referensi terpenting di bidang komputasi evolusioner. Dalam buku ini, Fogel menyajikan konsep dasar di balik teknik ini, termasuk algoritma genetika dan strategi evolusioner. Buku ini juga mengeksplorasi bagaimana teknik ini dapat membantu mengoptimalkan berbagai masalah, seperti: B. optimalisasi fungsional, desain, dan pembelajaran mesin.

Selain itu, Fogel membahas bagaimana komputasi evolusioner dapat membantu memahami kecerdasan mesin dan bahkan membawa kita ke filosofi baru kecerdasan buatan. Fogel menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mempercepat proses penemuan dan optimalisasi solusi yang efektif dan efisien. Hal ini dapat berkontribusi pada pengembangan kecerdasan mesin yang lebih maju..

Oleh karena itu, buku ini adalah sumber yang sangat berguna bagi mahasiswa ilmu komputer, matematika, dan teknik serta para profesional yang tertarik dengan komputasi evolusioner dan kecerdasan mesin. Buku ini membantu untuk mendapatkan wawasan dan memahami konsep dasar teknologi ini, dan memberikan gambaran sekilas tentang bagaimana teknologi ini dapat membawa kita ke filosofi baru kecerdasan mesin Fogel, D.B. (1999).

- b. Buku *Evolutionary Optimization Algorithms*" oleh Daniel Simon merupakan sebuah referensi yang membahas algoritma optimasi evolusioner, yang merupakan metode optimasi yang didasarkan pada prinsip dasar evolusi dalam

alam. Buku ini membahas berbagai aspek algoritma evolusioner, termasuk strategi evolusi, algoritma genetika, pemrograman genetika, dan optimasi multi-obyektif. Buku ini juga membahas berbagai aplikasi algoritma evolusioner dalam bidang seperti rekayasa, robotika, dan desain.

Dalam buku ini, Simon menjelaskan secara rinci tentang bagaimana algoritma optimasi evolusioner bekerja dan bagaimana dapat diterapkan dalam berbagai masalah optimasi. Konsep dasar seperti seleksi, persilangan, dan mutasi dijelaskan dengan baik dan disertai dengan contoh-contoh kasus. Buku ini juga membahas tentang berbagai jenis strategi evolusi, termasuk strategi evolusi non-elite dan elite. Simon, D. (2013).

3. *Machine Learning* (ML)

Machine learning, atau pembelajaran mesin, telah menjadi teknik yang sangat populer karena dapat digunakan untuk menggantikan atau meniru perilaku manusia dalam menyelesaikan berbagai masalah. *Machine learning* berupaya menirukan proses belajar dan generalisasi manusia atau makhluk cerdas.

Beberapa referensi yang membahas *Machine Learning*:

- a. Buku "*Introduction to Machine Learning*" yang ditulis oleh Ethem Alpaydin adalah salah satu buku referensi terkemuka dalam bidang *Machine Learning*. Buku ini memberikan penjelasan komprehensif tentang konsep dasar *Machine Learning* dan menggambarkan berbagai teknik serta algoritma yang digunakan dalam praktiknya.

Buku ini terdiri dari dua bagian utama. Bagian pertama mengulas konsep dasar *Machine Learning* dan teknik-teknik yang meliputi *supervised learning*, *unsupervised learning*, *semi-supervised learning*, dan *reinforcement learning*. Selain itu, bagian ini juga membahas teknik-teknik seperti *decision tree*, *logistic regression*, *support vector Machine*, dan *neural networks*.

Bagian kedua membahas tentang penggunaan *Machine Learning* dalam berbagai aplikasi seperti *image and speech recognition*, *Natural Language Processing*, dan *bioinformatics*. Selain itu, bagian ini juga membahas tentang evaluasi model, *model*

selection, dan pemecahan masalah yang terkait dengan *Machine Learning*. Alpaydin, E. (2010).

- b. Buku "*Pattern Recognition and Machine Learning*" yang ditulis oleh Christopher M. Bishop adalah salah satu buku referensi utama di bidang *Machine Learning* dan *Pattern Recognition*. Buku ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang konsep dasar *Machine Learning* dan *Pattern Recognition*, serta teknik-teknik dan algoritma yang digunakan dalam kedua bidang tersebut.

Buku ini terdiri dari tiga bagian utama. Bagian pertama menjelaskan konsep dasar *Machine Learning*, termasuk *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *Bayesian learning*. Selain itu, bagian ini juga membahas teknik-teknik penting seperti *linear regression*, *logistic regression*, dan *support vector Machines*.

Bagian kedua membahas tentang konsep dasar *Pattern Recognition*, seperti *probabilistic graphical models*, *Bayesian methods*, dan *clustering*. Bagian ini juga membahas tentang teknik-teknik seperti *Principal Component Analysis (PCA)*, *Independent Component*

Analysis (ICA), dan Hidden Markov Models (HMMs).

Bagian ketiga membahas tentang aplikasi dari *Machine Learning* dan *Pattern Recognition* di berbagai bidang, seperti *computer vision*, *Natural Language Processing*, dan *bioinformatics*. Selain itu, buku ini juga membahas tentang evaluasi model dan *model selection*. Bishop, C.M. (2006)

- c. Buku "*Machine Learning: A Probabilistic Perspective*" yang ditulis oleh Kevin P. Murphy adalah salah satu buku referensi utama dalam bidang *Machine Learning*. Buku ini membahas konsep dasar *Machine Learning* dan teknik-teknik *Machine Learning* dengan pendekatan probabilistik..

Buku ini terdiri dari dua bagian utama. Bagian pertama mengulas konsep dasar *Machine Learning*, termasuk *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement learning*. Selain itu, bagian ini juga membahas pendekatan probabilistik dalam *Machine Learning* serta model-model probabilistik seperti Gaussian mixture models, hidden Markov models, dan Bayesian *networks*.

Bagian kedua membahas tentang aplikasi dari *Machine Learning* di berbagai bidang, seperti *computer vision*, *Natural Language Processing*, dan *bioinformatics*. Selain itu, buku ini juga membahas tentang evaluasi model dan *model selection*. Buku ini dilengkapi dengan studi kasus dan contoh aplikasi nyata yang bertujuan untuk membantu pembaca memahami bagaimana *Machine Learning* dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Karena itu, buku "*Machine Learning: A Probabilistic Perspective*" oleh Kevin P. Murphy menjadi salah satu buku referensi utama untuk dipelajari. Murphy, K.P. (2012)

4. Buku "*The Elements of Statistical Learning*" yang ditulis oleh Trevor Hastie, Robert Tibshirani, dan Jerome Friedman adalah buku referensi populer dalam bidang *Machine Learning*. Buku ini membahas konsep-konsep dasar dan teknik-teknik *Machine Learning* dari pendekatan statistik.

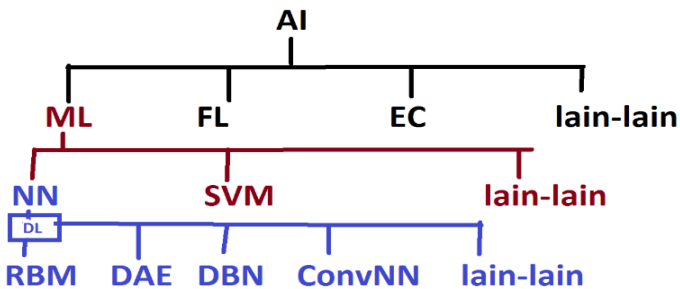
Buku ini terdiri dari tiga bagian utama. Bagian pertama membahas konsep dasar *Machine Learning*, termasuk definisi, prinsip dasar, dan pendekatan yang digunakan dalam

pembelajaran mesin, seperti *overfitting*, bias-variance tradeoff, *model selection*, dan *resampling methods*. Bagian ini juga membahas tentang teknik-teknik *Machine Learning* seperti *regression*, *classification*, dan *clustering*.

Bagian kedua membahas tentang model linear dan metode regresi, seperti regresi linier, regresi *ridge*, regresi Lasso, dan metode *elastic net*. Bagian ini juga membahas tentang model non-linear seperti *decision trees*, *random forests*, dan *gradient boosting Machines*.

Bagian ketiga buku ini fokus pada model yang lebih kompleks dan teknik-teknik *Machine Learning* yang lebih canggih, termasuk kernel methods, support vector *Machines*, neural networks, dan *deep learning*..

Kecerdasan Buatan memiliki skema utama yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3 Skema Utama Kecerdasan Buatan

B. Tujuan

Tujuan utama kecerdasan buatan (AI) adalah memaksimalkan kemampuan komputer agar dapat menjadi alat bantu yang lebih cerdas dan memberikan manfaat yang lebih besar bagi manusia. Beberapa tujuan utama keberadaan kecerdasan buatan antara lain

1. AI dapat diterapkan dalam program atau robot yang berfungsi sebagai asisten manusia, mirip dengan kemampuan dan interaksi manusia.
2. AI bisa meningkatkan kecerdasan mesin sehingga mesin dapat menjadi lebih pintar daripada sebelumnya.
3. AI dapat membantu manusia dalam menyelesaikan masalah yang kompleks, seperti menjadi kalkulator cerdas yang dapat membantu manusia melakukan perhitungan dengan lebih efisien dan cepat.

C. Sejarah

Pada tahun 1956, sejumlah pakar komputer dan peneliti dari berbagai akademi, industri, dan latar belakang yang berbeda berkumpul di Dartmouth College untuk membahas potensi komputer dalam meniru atau menyimulasikan kecerdasan manusia. Beberapa ilmuwan yang terlibat dalam pertemuan tersebut adalah

Allen Newell, Herbert Simon, Marvin Minsky, dan Oliver Selfridge.

Teori logika didirikan oleh Allen Newell dan Herbert A Simon. Dartmouth College menyelenggarakan konferensi terkenal pada tahun 1956. Antara 2017 - 2022, pendapatan dari kegiatan *Artificial intelligence* I diperkirakan akan meningkat sepuluh kali lipat. Industri pemrosesan bahasa alami, yang mencakup aplikasi seperti prediksi teks dan pengenalan ucapan dan suara, tumbuh sebesar 28,5 persen pada tahun 2017. Pada tahun 2015, pendapatan global dari big data dan analisis bisnis mencapai US\$ 122 miliar, dengan perkiraan lebih dari US\$ 200 miliar pada tahun 2020 [10].

Para ahli bekerja dengan keras untuk menciptakan, mendiskusikan, mengubah, dan mengembangkan ide-ide hingga mencapai titik kemajuan yang signifikan. Mulai tahap pengujian di laboratorium hingga implementasi dalam kehidupan nyata, terdapat rangkuman sejarah singkat kecerdasan buatan yang dapat disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1 Sejarah perkembangan bidang kecerdasan buatan

No	Tahun	Deskripsi
1	1206	Robot humanoid pertama karya Al-Jazari
2	1796	Boneka penguang the dari Jepang bernama Karakuri
3	1941	Komputer elektronik pertama
4	1949	Komputer dengan program tersimpan pertama
5	1956	Kelahiran Artificial Intelligence pada Dartmouth Conference
6	1958	Bahasa LISP dibuat
7	1963	Penelitian Intensif departemen pertahanan Amerika
8	1970	Sistem pakar pertama diperkenalkan secara luas
9	1972	Bahasa Prolog diciptakan
10	1986	Perangkat berbasis AI dijual luas mencapai \$425 juta
11	1987	Artificial Intelligence menjadi sebuah bidang ilmu
12	1997	Kismet yakni kecerdasan emosional mendeteksi dan merespon perasaan orang
13	1999	Aibo yakni robot anjing peliharaan dengan kemampuan dan kepribadian
14	2002	Roomba adalah robot vakum cleaner pertama untuk membersihkan rumah
15	2011	Siri yakni asisten virtual dengan suara
16	2014	Alexa sebuah asisten virtual dalam berbelanja
17	2016	Tay chatbot yang mampu melindungi dan membalas komentar berbasis sara
18	2017	AlphaGo yakni program Go komputer pertama yang mengalahkan pemain manusia profesional tanpa handicap pada papan berukuran 19×19

Perkembangan Kecerdasan Buatan yang sangat pesat dapat diamati, dan tidak dapat dipungkiri bahwa di masa depan, semua perangkat elektronik dan komputer akan menjadi lebih cerdas berkat penerapan metode kecerdasan buatan (Diah, 2018)

D. Klasifikasi AI

Mesin Kecerdasan Buatan I dapat diklasifikasikan dalam dua cara: dengan kaliber dan dengan kehadiran orang

lain. AI dapat diklasifikasikan ke dalam kategori berikut berdasarkan kemampuannya:

1. *Artificial Narrow Intelligence* (ANI) atau *Weak AI*: Ini melakukan berbagai tugas terbatas, seperti pengenalan wajah, kemudi mobil, latihan catur, sinyal lalu lintas, dan sebagainya.
2. *Artificial Super Intelligence* (ASI): Ini lebih pintar dari manusia dan melakukan lebih banyak tugas daripada manusia, termasuk membuat sketsa, matematika, dan eksplorasi ruang angkasa.

Kecerdasan buatan I dapat dikategorikan ke dalam kelompok berikut berdasarkan keberadaan dan ketidakhadirannya:

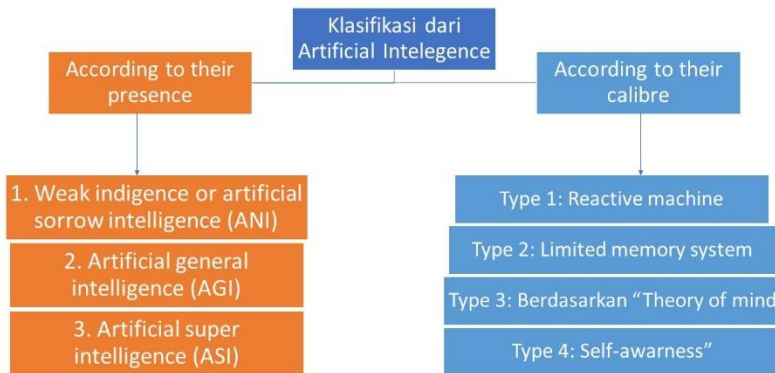
Tipe 1: Ini untuk program tujuan tunggal yang tidak perlu mengingat apa pun karena tidak memiliki sistem memori. Mesin reaktif adalah nama untuk itu. Beberapa contoh memori ini termasuk algoritma catur IBM yang dapat mendeteksi dan mengantisipasi catur di papan catur.

Tipe 2: Ini memiliki sistem memori terbatas yang hanya dapat memanfaatkan pengalaman sebelumnya untuk menyelesaikan kesulitan. Sistem ini mampu membuat keputusan di mobil otomatis, dan pengamatan tertentu yang direkam digunakan untuk merekam tindakan

selanjutnya, walaupun catatan ini tidak disimpan secara permanen.

Tipe 3: "Teori Pikiran" adalah fondasinya. Ini berarti bahwa pemikiran, niat, dan keinginan individu mempengaruhi keputusan manusia. Ini adalah sistem AI yang tidak ada.

Tipe 4: Memiliki kesadaran diri atau perasaan diri. Ini juga merupakan sistem AI yang tidak ada (Gambar 4) [11,12].



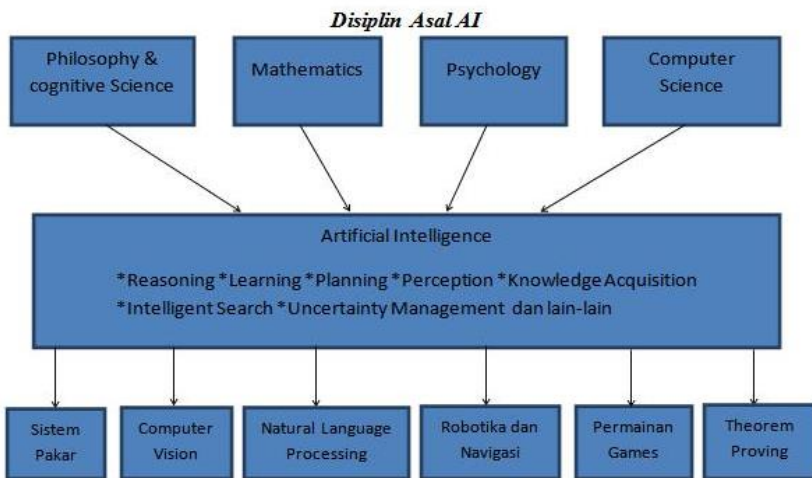
Gambar 4 Klasifikasi dalam Artificial Intelligence

E. Cabang Keilmuan

Bidang Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) mencakup berbagai studi dan teknik yang bertujuan untuk menciptakan sistem komputer yang mampu menjalankan tugas-tugas yang umumnya dilakukan oleh manusia. Terdapat empat kategori utama tujuan dari sistem kecerdasan buatan, yaitu:

1. Sistem yang mampu berfikir seperti manusia (Bellman, 1978)
2. Sistem yang mampu beraksi seperti manusia (Rich and Knight, 1991)
3. Sistem yang mampu berfikir secara rasional (Winston, 1992)
4. Sistem yang mampu beraksi secara rasional (Nilsson, 1998) (Diah, 2018)

Secara umum, berikut adalah bidang ilmu yang dipelajari dalam Kecerdasan Buatan (AI), seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5 Domain Area AI

Berikut adalah penjelasan singkat tentang masing-masing cabang ilmu AI yang telah disebutkan di atas:

1. Sistem Pakar

Sistem pakar adalah suatu program komputer yang diciptakan untuk menyelesaikan masalah tertentu dengan menggunakan pengetahuan dan keahlian dari para ahli pakar di bidang tersebut.. Dengan sistem ini sangat membantu meringankan pekerjaan yang seharusnya dikerjakan oleh pakar dapat dikerjakan oleh orang biasa atau orang awam. Sementara itu, sistem pakar dapat berfungsi sebagai asisten yang berpengalaman untuk membantu para ahli dalam menjalankan aktivitas atau pekerjaan mereka.

Menurut Turban (2001), terdapat empat unsur manusia dalam sistem pakar, yaitu:

a. Pakar (*Expert*)

Pakar adalah seseorang yang memiliki pengetahuan mendalam dalam bidang ilmu tertentu, memiliki pengalaman yang luas, memiliki kemampuan dalam pengambilan keputusan, dan menguasai metode-metode khusus. Mereka menggunakan pengetahuan dan keterampilan mereka untuk menyediakan informasi dan panduan dalam mengembangkan sistem berbasis kecerdasan yang sesuai dengan kebutuhan.

- b. Perakayasa Pengetahuan (*Knowledge Engineer*)
Knowledge Engineer adalah seseorang yang bekerja sama dengan pakar untuk menggambarkan dan memahami lingkup permasalahan, menginterpretasikan solusi yang diberikan oleh pakar terkait pertanyaan atau permasalahan yang diajukan, memberikan analogi, menyajikan contoh yang relevan, dan menjelaskan dengan detail konsep yang sulit dipahami. Mereka berperan dalam mengintegrasikan pengetahuan pakar ke dalam sistem yang dapat dipahami dan digunakan secara efektif.
- c. Pemakai (*User*)
Sistem pakar memiliki beberapa kategori pengguna, di antaranya adalah sebagai berikut
- 1) Pemakai bukan pakar. Dalam hal ini, sistem pakar berfungsi sebagai konsultan atau pemberi nasihat bagi orang yang tidak memiliki pengetahuan khusus di bidang yang menjadi domain sistem pakar tersebut.
 - 2) Siswa yang ingin belajar, Dalam hal ini, sistem pakar berfungsi sebagai infrastruktur atau sumber belajar bagi siswa yang ingin memperoleh pengetahuan dan pemahaman

lebih dalam di bidang yang menjadi domain sistem pakar tersebut.

- 3) Pembangunan sistem pakar yang ingin meningkatkan dan memperluas basis pengetahuan sistem pakar. Dalam hal ini, sistem pakar berperan sebagai rekan kerja atau mitra kerja yang membantu pengguna dalam mengembangkan dan memperluas pengetahuan yang dimiliki, serta memberikan solusi atau saran dalam konteks kerja pengguna..
- 4) Pakar, dalam hal ini sistem pakar berperan sebagai kolega atau asisten bagi pakar itu sendiri. Sistem pakar membantu pakar dalam melakukan analisis, memberikan saran, dan berkolaborasi dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks.

d. System Builder

System Builder (pembangunan sistem) adalah individu atau tim yang bertanggung jawab dalam mengembangkan sistem pakar dan mengintegrasikannya dengan sistem terkomputerisasi lainnya. Mereka melakukan analisis kebutuhan sistem, merancang arsitektur

sistem, membangun komponen-komponen sistem, dan menguji kehandalan serta kinerja sistem pakar tersebut. Selain itu, mereka juga dapat menggunakan atau membangun berbagai *tool* yang khusus untuk mendukung pengembangan dan pengelolaan sistem pakar.

Komponen – komponen Sistem Pakar

- a. *Knowledge Base*: Komponen ini berfungsi sebagai representasi pengetahuan dari seorang pakar dalam sistem pakar. *Knowledge Base* memuat informasi, data, aturan (*rule*), serta relasi antara data dan aturan yang digunakan dalam proses pengambilan kesimpulan. *Knowledge Base* menjadi basis pengetahuan yang digunakan oleh sistem pakar untuk menghasilkan jawaban atau solusi berdasarkan masalah yang diberikan.
- b. *Inference Engine*: Komponen ini berperan sebagai modul atau bagian dalam sistem pakar yang bertanggung jawab dalam mengendalikan proses reasoning atau penalaran untuk mengambil kesimpulan berdasarkan pengetahuan yang terdapat dalam *Knowledge Base*. *Inference Engine* menggunakan aturan-aturan yang telah ditentukan dalam *Knowledge*

Base untuk memproses informasi, menerapkan aturan, dan mengambil keputusan. Saat representasi pengetahuan dalam *Knowledge Base* sudah lengkap atau mencapai tingkat keakuratan yang memadai, *Inference Engine* siap digunakan untuk melakukan proses penalaran dan menghasilkan solusi atau jawaban atas masalah yang diberikan.

- c. *User Interface*: Komponen ini bertanggung jawab dalam menyediakan antarmuka yang memungkinkan interaksi antara pengguna dengan sistem pakar. *User Interface* memfasilitasi pengguna dalam memberikan masukan atau pertanyaan kepada sistem pakar, menampilkan hasil atau kesimpulan yang dihasilkan, serta menyajikan informasi atau penjelasan terkait dengan solusi yang diberikan. Komponen ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam berinteraksi dengan sistem pakar secara intuitif dan efisien.

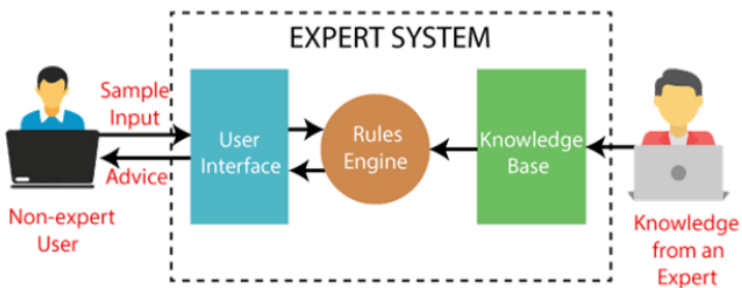
Karakteristik Sistem Pakar

Sistem pakar memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari sistem konvensional, antara lain:

- a. Sistem pakar memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyelesaikan berbagai jenis masalah yang kompleks dari domain-domain tertentu dengan tingkat efisiensi dan akurasi yang tinggi.
- b. Mudah dimengerti oleh pengguna.
- c. Sistem pakar memiliki keandalan yang lebih tinggi dalam menghasilkan output yang efisien dan akurat..
- d. Sistem pakar responsif dan mampu memberikan hasil untuk kueri kompleks dalam waktu yang singkat.

Prinsip Kerja Sistem Pakar

Sistem pakar mengumpulkan pengalaman dan fakta dalam *knowledge base*, yang kemudian diintegrasikan dengan *inference engine*.



Sumber: javatpoint.com

Gambar 6 integrasi Knowledge Base dan Interference Engine

Untuk mendapatkan informasi dari *knowledge*, *inference engine* menggunakan salah satu dari dua metode di bawah ini:

- a. *Forward Chaining*, metode ini digunakan untuk membaca dan memproses sekumpulan fakta dengan tujuan membuat prediksi logis mengenai apa yang akan terjadi selanjutnya..
- b. *Backward Chaining*, metode ini digunakan untuk membaca dan memproses sekumpulan fakta dengan tujuan mencapai kesimpulan logis mengenai alasan mengapa sesuatu dapat terjadi.

Manfaat Sistem Pakar

Sistem pakar memiliki beberapa manfaat di antaranya

- a. Membuka kesempatan bagi orang awam atau non-ahli untuk melakukan pekerjaan yang sebelumnya hanya bisa dilakukan oleh para ahli.
- b. Mengulang proses secara otomatis dengan cepat dan efisien.
- c. Menyimpan dan merekam pengetahuan dari para ahli dalam sistem yang dapat diakses dan digunakan kapan pun diperlukan.
- d. Dapat mengambil dan mempertahankan pengetahuan dari para ahli dalam sistem, sehingga dapat diakses dan digunakan secara konsisten dan berkelanjutan.
- e. Dapat beroperasi di lingkungan yang berisiko tinggi atau berbahaya, di mana manusia

mungkin terbatas atau berisiko melakukan tugas-tugas tertentu.

- f. Memiliki kemampuan untuk bekerja dengan informasi yang tidak lengkap atau mengandung tingkat ketidakpastian, sehingga mampu membuat keputusan atau memberikan solusi bahkan dalam kondisi ketidakjelasan.
- g. Pengguna dapat memberikan jawaban "tidak tahu" atau "tidak yakin" pada satu atau lebih pertanyaan selama konsultasi, dan sistem pakar tetap dapat memberikan jawaban atau solusi yang relevan berdasarkan informasi yang tersedia.
- h. Saat tidak digunakan, sistem pakar tidak memerlukan biaya operasional atau pemeliharaan yang signifikan..
- i. Sistem pakar dapat dengan mudah diperbanyak sesuai kebutuhan tanpa memerlukan waktu yang lama atau biaya yang besar.
- j. Sistem pakar mampu menyelesaikan masalah dengan lebih cepat daripada manusia umumnya.
- k. Sistem pakar dapat menghemat waktu dalam proses pengambilan keputusan.
- l. Sistem pakar dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas dalam pemecahan masalah.

- m. Sistem pakar dapat meningkatkan kapabilitas sistem terkomputerisasi lainnya dengan menyediakan pengetahuan dan keahlian yang spesifik dalam domain tertentu.
- n. Sistem pakar dapat menyediakan pelatihan dengan memberikan pengetahuan dan panduan kepada pengguna.

Kelebihan Sistem Pakar

Sistem Pakar memiliki beberapa kelebihan di antaranya adalah:

- a. Sistem pakar menggunakan aturan dan fakta yang telah ditentukan untuk mengambil keputusan.
- b. Sistem pakar menyediakan tempat penyimpanan permanen untuk pengetahuan dan informasi.
- c. Sistem pakar dapat menarik kesimpulan dari fakta yang ada dengan menggunakan berbagai jenis aturan.
- d. Sistem pakar membantu dalam pengambilan keputusan dengan lebih efisien, menghemat waktu, dan mengurangi biaya anggaran.
- e. Sistem pakar memberikan berbagai pengetahuan yang membantu dalam

pengambilan keputusan dan mencegah ahli dari membuat keputusan yang tidak tepat.

Kelemahan Sistem Pakar

- a. Setiap pakar dapat memiliki pendekatan yang berbeda dalam menangani situasi atau masalah tertentu, meskipun pendekatan tersebut memiliki kebenaran yang sama.
- b. Transfer pengetahuan pada sistem pakar dapat menghambat penggunaan sistem pakar.
- c. Ketidakpercayaan pengguna dapat menghambat penggunaan sistem pakar.
- d. Sistem pakar tidak memiliki kemampuan pemecahan masalah yang 100% akurat. Kelebihan kecerdasan manusia terletak pada kemampuannya untuk berpikir secara nonlinier dan memanfaatkan informasi tambahan dalam mengambil kesimpulan.
- e. Sistem pakar kurang dalam hal intuisi. Intuisi manusia memungkinkan seseorang menggunakan akal sehat dan naluri untuk memecahkan masalah. Mesin tidak memiliki intuisi, dan meniru pengambilan keputusan berdasarkan perasaan dengan menggunakan logika mekanis dapat memakan waktu lebih lama daripada seorang ahli yang menggunakan

pengetahuan heuristik intrinsik untuk mencapai kesimpulan dengan cepat..

- f. Dalam beberapa kasus, seperti diagnosa medis, emosi manusia sangat berguna dan penting. Misalnya, dalam mengungkapkan informasi medis yang sensitif kepada pasien, diperlukan kecerdasan emosional yang mungkin tidak dimiliki oleh sistem pakar.
- g. Sistem pakar sangat tergantung pada kualitas basis pengetahuan yang dimilikinya. Jika diberikan informasi yang tidak akurat, sistem pakar dapat memberikan keputusan yang salah atau menyimpang.

2. **Computer vision**

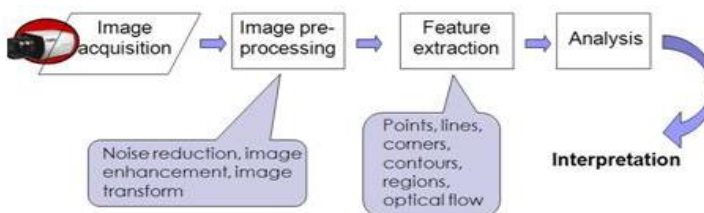
Computer vision merupakan salah satu subdisiplin dalam bidang Kecerdasan Buatan (AI) yang berfokus pada pengembangan algoritma dan teknik untuk menganalisis dan memahami isi dari gambar atau visual secara komputasional. Metode – metode yang diperlukan adalah memperoleh, memproses, menganalisis, dan memahami *image*.

Proses dalam *Computer vision* dapat dibagi menjadi tiga aktivitas utama:

- a. Mendapatkan atau mengambil citra digital, proses ini juga dapat disebut sebagai pemrosesan gambar.
- b. Menerapkan teknik komputasi untuk memproses atau mengubah data citra dalam bentuk piksel.
- c. Menganalisis dan menginterpretasikan citra dengan menggunakan hasil pemrosesan untuk tujuan tertentu, seperti mengarahkan robot, mengendalikan peralatan, memantau proses manufaktur, dan sebagainya.

Cabang ilmu *computer vision* ini dapat digabungkan dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk menciptakan sistem kecerdasan visual. Sistem ini melibatkan tahapan-tahapan seperti akuisisi citra, pemrosesan citra, ekstraksi fitur, analisis, dan menghasilkan interpretasi. Contohnya, sistem ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi wajah seseorang.

Proses pemrosesan informasi dapat ditampilkan pada gambar 1.2



Gambar 7 Model persepsi visual pada computer vision



Gambar 8 Contoh Penerapan Computer Vision untuk Identifikasi Wajah

3. *Natural Language Processing (NLP)*

Natural Language Processing (NLP) adalah bidang yang berkaitan dengan pemrosesan dan analisis bahasa alami oleh komputer. Fokus utama NLP adalah menciptakan interaksi antara manusia dan komputer menggunakan bahasa yang biasa digunakan oleh manusia. Dengan menggunakan teknik dan algoritma NLP, komputer dapat memahami, menginterpretasi-kan, dan merespons teks atau ucapan dalam bahasa alami. Hal ini memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan komputer menggunakan bahasa yang lebih intuitif dan alami.



Gambar 9 Penerapan NLP pada automated online asistant berbasis web

Fungsi dan Kegunaan *Natural Language Processing* (NLP)

Natural Language Processing (NLP) mempunyai beberapa fungsi dan kegunaan seperti di bawah ini:

- a. Analisis sentimen dalam NLP bertujuan untuk mengenali dan menganalisis ekspresi perasaan atau opini subjektif dalam teks, termasuk penilaian sentimen secara keseluruhan dan penemuan opini yang terkandung dalam teks.
- b. Mesin penerjemah dalam NLP merupakan teknologi yang dapat secara otomatis menerjemahkan teks atau ucapan dari satu bahasa ke bahasa lain.
- c. Ekstraksi kontekstual merupakan proses otomatis untuk menarik informasi terstruktur

dari sumber teks dengan mempertimbangkan konteks yang relevan.

- d. Penemuan topik dan pemodelan merupakan proses untuk mengidentifikasi dan menyimpulkan makna serta tema yang tepat dari kumpulan teks. Selain itu, analisis lanjutan juga diterapkan pada teks, seperti analisis prediksi dan pengoptimalan.
- e. Analisis korpus melibatkan pemahaman terhadap korpus teks dan struktur dokumen menggunakan statistik sebagai keluaran. Hal ini digunakan untuk tugas-tugas seperti pengambilan sampel yang efisien, persiapan data sebagai masukan untuk pemodelan lebih lanjut, dan strategi pemodelan.
- f. Kategorisasi konten melibatkan pengelompokan atau klasifikasi konten berdasarkan kriteria tertentu. Hal ini dapat mencakup pembuatan ringkasan dokumen berbasis linguistik, pencarian dan pengindeksan konten, peringatan konten, dan deteksi duplikasi.
- g. Terdapat kemampuan konversi teks ke ucapan (*text-to-speech*) dan konversi ucapan ke teks (*speech-to-text*). Hal ini memungkinkan komputer untuk mengubah perintah suara

menjadi teks tertulis, serta teks tertulis menjadi perintah suara.

Manfaat *Natural Language Processing*

- a. Peningkatan akurasi dan efisiensi dokumentasi (objek).
- b. Memungkinkan organisasi menggunakan *chatbot* untuk dukungan pelanggan.
- c. Mempunyai kemampuan untuk secara otomatis membuat ringkasan yang dapat dibaca dari teks asli yang lebih besar dan lebih kompleks. Proses ini melibatkan pengambilan informasi utama dari teks tersebut dan menyajikannya secara singkat dan padat agar lebih mudah dipahami.
- d. Memiliki kegunaan yang penting dalam konteks asisten pribadi seperti Alexa, karena memungkinkan asisten tersebut untuk memahami kata-kata yang diucapkan oleh pengguna.
- e. Memberikan kemampuan untuk mendapatkan wawasan lanjutan dari analitik yang sebelumnya sulit diakses karena volume data yang besar..
- f. Lebih mudah untuk melakukan analisis sentimen.

Metode *Natural Language Processing*

Analisis sintaksis dan semantik adalah dua teknik utama yang digunakan dalam pemrosesan bahasa alami (NLP)

a. Analisis Sintaksis

Analisis ini merujuk pada pengaturan kata-kata dalam sebuah kalimat untuk mencapai makna gramatikal. NLP (*Natural Language Processing*) memanfaatkan sintaksis untuk mengevaluasi makna bahasa dengan menggunakan aturan tata bahasa. Teknik sintaksis melibatkan beberapa aspek, antara lain:

- 1) *Parsing*, analisis gramatikal dari sebuah kalimat.
- 2) *Word segmentation*, tindakan memecah string teks menjadi bentuk-bentuk kata yang bermakna.
- 3) *Sentence breaking*, menempatkan batas kalimat dalam teks.
- 4) *Morphological segmentation*, teknik yang memisahkan kata-kata menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang disebut morfem.

5) *Stemming*, metode yang memisahkan kata-kata yang mengandung imbuhan menjadi kata dasar.

b. Analisis Semantik

Analisis ini melibatkan fungsi dan makna di balik kata-kata dalam sebuah kalimat. Teknik analisis semantik meliputi:

- 1) Word sense disambiguation, metode yang digunakan untuk mengartikan makna kata berdasarkan konteks yang digunakan.
- 2) Named entity recognition, metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kata-kata yang dapat dikategorikan ke dalam bentuk entitas bernama.
- 3) Natural language generation, proses menghasilkan frasa dan kalimat yang bermakna dalam bentuk bahasa alami. (Trivusi, 2022)

4. Robotika dan Navigasi

Bidang ilmu yang mempelajari bagaimana merancang robot yang berguna bagi industri dan mampu membantu manusia, bahkan dengan potensi menggantikan fungsi manusia, adalah robotika. Dalam robotika, robot dilengkapi dengan berbagai jenis aktuator, seperti lengan, roda, kaki, dan

sebagainya, yang memungkinkannya untuk melakukan berbagai tugas dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Selain dilengkapi dengan aktuator, robot juga dilengkapi dengan sensor yang memungkinkan mereka untuk menerima dan bereaksi terhadap lingkungan sekitar mereka. Pada sejarahnya, ada beberapa pencapaian menarik dalam pengembangan robot. Sebagai contoh, seorang ilmuwan Islam pada dinasti Artuqid bernama Al-Jazari (1136-1206) dikatakan menjadi salah satu yang pertama kali menciptakan robot humanoid. Robot ini memiliki fungsi sebagai empat orang musisi. Pada tahun 1796, juga telah dihasilkan sebuah boneka mekanik bernama Karakuri yang mampu menuangkan air teh dan menulis karakter Kanji. Boneka ini dibuat oleh Hisashige Tanaka.



Gambar 10 Al-Jazari's Programmable Automata (Tahun 1206 SM)

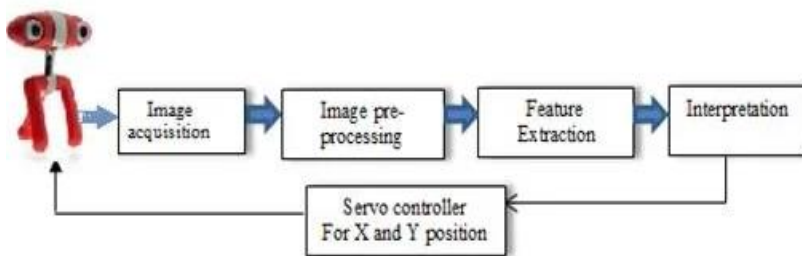


Gambar 11 Karakuri, rancangan robot dari Jepang abad 16 yang mampu menuang air teh

Di dalam robot *vision* ada beberapa istilah penting yang saling berhubungan di antaranya *Machine vision*, *robot vision*, *computer vision*. Robot *vision* melibatkan penerapan teknologi *computer vision* pada robot, di mana robot memerlukan informasi visual untuk mengambil keputusan terkait tindakan yang akan dilakukan. Penggunaan *vision* pada robot saat ini mencakup fungsi-fungsi seperti membantu navigasi, mencari objek yang diinginkan, melakukan inspeksi lingkungan, dan sebagainya.

Vision pada robot memegang peranan penting karena mampu memberikan informasi yang lebih detail dibandingkan dengan sensor jarak atau sensor lainnya. Dengan menggunakan *vision*, robot dapat mengenali apakah objek yang terdeteksi merupakan

wajah seseorang atau bukan. Bahkan, sistem *vision* yang canggih memungkinkan robot untuk secara akurat membedakan wajah A dengan wajah B menggunakan teknik seperti pengenalan wajah dengan metode PCA, LDA, dan lainnya. Seluruh proses pengolahan informasi dari gambar input melalui kamera hingga memberikan makna bagi robot dikenal sebagai *visual perception*. Proses ini melibatkan akuisisi gambar, *preprocessing* untuk menghasilkan gambar yang diinginkan dan bebas dari *noise*, ekstraksi fitur, hingga interpretasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Contohnya, *vision* digunakan untuk identifikasi pelanggan dan penghindaran hambatan bergerak yang berbasis visual, atau untuk menggerakkan servo sebagai aktuator agar kamera tetap mengarah ke wajah seseorang (*face tracking*).



Gambar 12 Contoh Model Visual Perception pada Robot (Budiharto, 2011)

Pada pengembangan berikutnya, tantangan besar yang dihadapi adalah memasukkan

kecerdasan buatan yang kompleks ke dalam robot agar mampu mengenali dan memahami suara manusia, memperhatikan gerakan lawan bicara, serta memberikan respons alami kepada manusia. Hal ini merupakan upaya untuk membangun robot masa depan yang dapat berinteraksi dengan manusia secara lebih baik.

5. Permainan *Games*

Pada umumnya, dalam *games*, terdapat karakter yang dikendalikan oleh pengguna (permainan) dan karakter lawan yang dikendalikan oleh sistem permainan itu sendiri. Menentukan aturan yang akan diterapkan oleh karakter lawan adalah elemen penting dalam pengembangan permainan. *Game* ini menjadi menarik ketika karakter lawan yang dikendalikan oleh sistem (non-player) mampu merespons dengan baik terhadap aksi yang dilakukan oleh pemain. Interaksi yang responsif antara karakter lawan dan pemain dalam *game* ini memunculkan rasa ingin tahu dan membuat permainan menjadi menarik untuk dimainkan. Tujuan utamanya adalah mendapatkan strategi cerdas dari non-player untuk mengalahkan pemain. Kecerdasan buatan diperlukan dalam bidang ini, yaitu untuk merancang dan memproduksi

permainan yang menyenangkan dan memainkan antarmuka *Machine* yang cerdas dan menarik.(Amrizal & Aini, 2013).



Gambar 13 Games tingkat lanjut yang menerapkan AI.

F. Konsep Kecerdasan Buatan (AI)

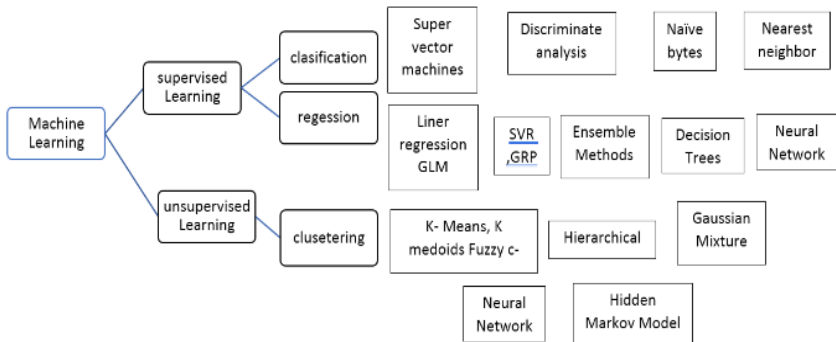
Saat ini, Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence /AI*) telah menghasilkan banyak inovasi dalam berbagai bidang, seperti Big Data, penelitian medis, kendaraan tanpa pengemudi, dan lainnya. Terdapat tiga konsep dasar yang penting untuk memahami AI, yaitu::

1. *Machine Learning*

Machine Learning adalah serangkaian algoritma yang mampu mempelajari dan membuat prediksi berdasarkan data yang telah direkam. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan fungsi utilitas yang diberikan dengan mempertimbangkan ketidakpastian, mengungkap struktur data yang

tersembunyi, dan mengelompokkan data menjadi deskripsi yang ringkas.

Machine learning memiliki beberapa teknik, namun ada 2 teknik dasar belajar yaitu:

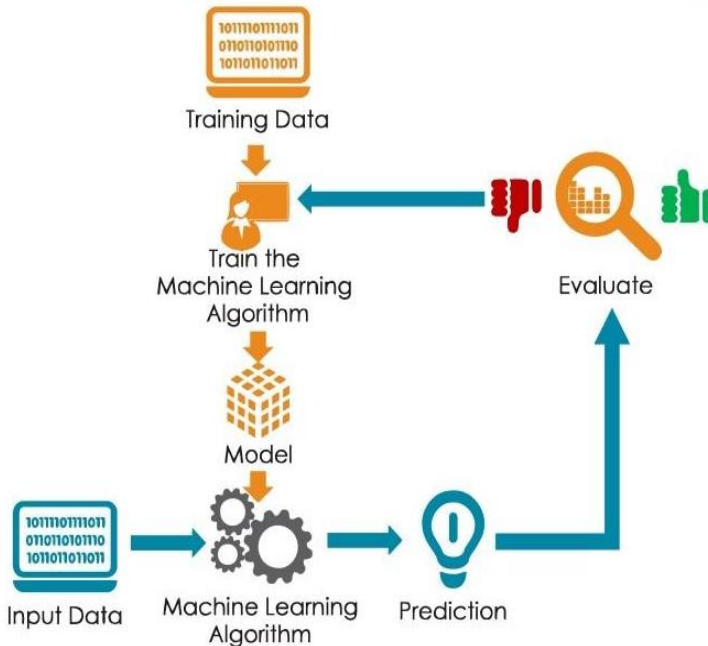


Gambar 14 Teknik dasar belajar

- a. *Supervised Learning*, teknik dalam pembelajaran mesin yang menggunakan data yang sudah memiliki label atau informasi terkait. Dalam metode ini, algoritma mempelajari pola dari data yang telah direkam dengan membandingkan pengalaman belajar di masa lalu untuk memberikan target pada output yang dihasilkan.
- b. *Unsupervised Learning*, teknik dalam *Machine learning* yang digunakan untuk data yang tidak memiliki informasi yang dapat diterapkan secara langsung. Dalam metode ini, algoritma berusaha menemukan struktur atau pola tersembunyi pada data tanpa menggunakan

label atau informasi terprediksi sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pola yang signifikan dan mengelompokkan data tanpa kebutuhan akan informasi eksternal.

Cara Kerja Machine Learning



Gambar 15 Cara Kerja Machine Learning

Berdasarkan data di atas, komputer akan melalui proses pelatihan (training) untuk mengembangkan sebuah model. Untuk penerapan teknik statistika menggunakan algoritma *Machine learning*. Model tersebut menghasilkan informasi yang kemudian digunakan sebagai pengetahuan untuk memecahkan permasalahan melalui proses

input-output. Hasil dari model ini dapat berupa klasifikasi atau prediksi untuk kejadian di masa depan.

Untuk mengevaluasi keefektifan model, data dibagi menjadi dua bagian: data pembelajaran (*train dataset*) dan data pengujian (*test dataset*). Pembagian data ini bervariasi tergantung pada algoritma yang digunakan. Secara umum, *train dataset* memiliki jumlah data yang lebih banyak daripada *test dataset*, misalnya dengan perbandingan 3 : 1. *Test dataset* digunakan untuk mengukur seberapa efisien model yang telah dibentuk dalam melakukan klasifikasi atau prediksi di masa depan, yang dikenal sebagai *test score*. Semakin banyak data yang digunakan, maka *test score* yang dihasilkan akan semakin baik. Nilai *test score* biasanya berada dalam rentang 0 hingga 1. (Advernesia, n.d.)

2. *Deep Learning*

Deep learning adalah sub-bidang dalam *Machine learning* yang mengadopsi algoritma yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia. Struktur utama dalam *deep learning* disebut *Artificial Neural Networks* (ANN), yang terdiri dari tiga atau lebih lapisan untuk memproses data secara hierarkis.

Kelebihan utama dari *deep learning* adalah kemampuannya untuk belajar dan beradaptasi dengan data yang sangat besar, serta mampu menyelesaikan permasalahan yang kompleks dan sulit dipecahkan oleh algoritma *Machine learning* tradisional.

Jenis *Deep learning*

Deep learning memiliki berbagai jenis algoritma yang saling terkait dalam jaringan saraf tiruan. Berikut adalah beberapa jenis algoritma *deep learning* yang umum digunakan.:

a. *Convolutional Neural Network* (CNN)

CNN (*Convolutional Neural Network*) menggunakan berbagai lapisan untuk melakukan pengolahan dan ekstraksi fitur dari data. Biasanya, CNN digunakan khusus untuk memproses gambar dan melakukan deteksi objek.

b. *Recurrent Neural Network* (RNN)

Recurrent Neural Networks (RNN) adalah salah satu jenis arsitektur *Artificial Neural Networks* (ANN) yang secara khusus dirancang untuk memproses data yang memiliki sifat bersambung atau berurutan, seperti teks atau data waktu.

- c. *Long Short Term Memory Network (LSTM)*
LSTM (*Long Short-Term Memory*) adalah sebuah tipe *Recurrent Neural Network* yang memiliki kemampuan untuk mempelajari data historis atau *time series*. LSTM merupakan sebuah algoritma *deep learning* yang kompleks dan memiliki keunggulan dalam mempelajari informasi jangka panjang secara efektif.
- d. *Self Organizing Maps (SOM)*
Algoritma terakhir adalah *Self-Organizing Maps (SOM)*, yang mampu menghasilkan visualisasi data secara mandiri. SOM adalah sebuah metode yang dapat mengatur dan memetakan data ke dalam ruang dimensi yang lebih rendah dengan tujuan untuk mempertahankan struktur dan pola data yang ada.

Manfaat *Deep learning*:

- a. Mampu mengolah data yang tidak terstruktur seperti teks dan gambar.
- b. Mampu melakukan ekstraksi fitur secara otomatis tanpa memerlukan pelabelan manual.
- c. Menghasilkan hasil akhir yang berkualitas tinggi.
- d. Mampu mengurangi biaya operasional.

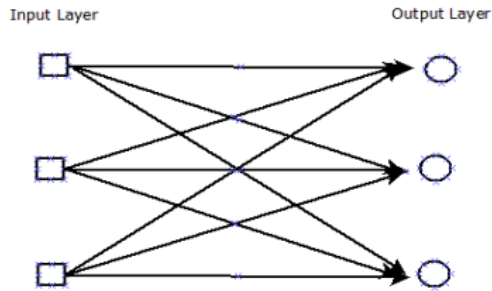
- e. Mampu melakukan manipulasi data dengan efektif. (Indonesia, 2021)

3. Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*)

Jaringan saraf tiruan adalah sebuah sistem pemrosesan informasi yang dirancang untuk meniru cara otak manusia dalam memecahkan masalah. Dalam proses ini, jaringan saraf tiruan menggunakan proses pembelajaran dengan mengubah bobot sinapsis antara neuron. Jaringan saraf tiruan dapat mendeteksi pola atau aktivitas berdasarkan data yang telah dipelajari sebelumnya. Dengan mempelajari data masa lalu, jaringan saraf tiruan dapat memberikan keputusan atau prediksi terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

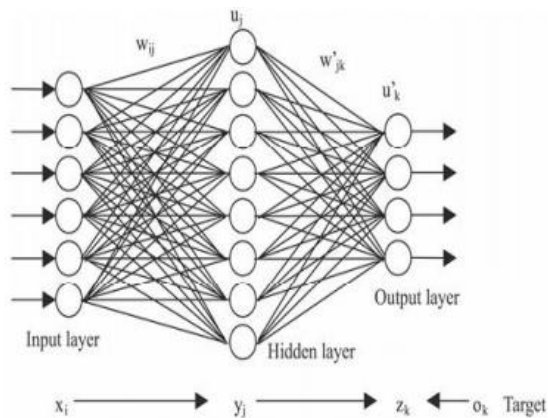
Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*) memiliki 2 kelas layer berbeda di antaranya:

- a. Jaringan *single layer* adalah jenis jaringan neural di mana semua unit input terhubung langsung ke semua unit output, meskipun dengan bobot yang berbeda-beda. Berikut ini adalah contoh jaringan *single layer*.



Gambar 16. Jaringan Singel Layer Network

- b. Jaringan multi-layer adalah jenis jaringan neural yang merupakan perluasan dari jaringan single layer. Jaringan multi-layer memperkenalkan satu atau lebih hidden layer (layer tersembunyi) yang terdiri dari neuron-neuron tersembunyi. Berikut ini adalah contoh jaringan multi-layer.



Gambar 17. Jaringan Multi-layer Network (Widodo, 2013)

G. Implementasi Artificial Intelligence

Prinsip kerja kecerdasan buatan (AI) melibatkan eksekusi tugas-tugas seperti:

- 1) Analisis data
- 2) Pemrosesan data
- 3) Mempelajari pola maupun fitur dari suatu data

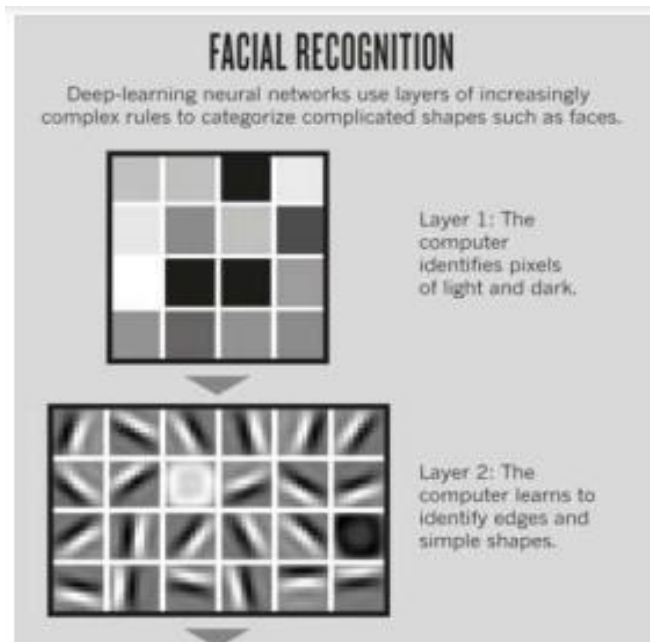
Sistem kecerdasan buatan bekerja dengan menggabungkan data besar. Kemudian data tersebut diolah dengan algoritma tertentu untuk mengetahui pola mana yang diketahui. Setiap AI mampu memproses data, dan dengan demikian, sistem secara langsung dan independen menguji dan mengukur kinerja. Pengukuran ini membantu sistem bekerja dan kemudian membuat fitur baru. Tidak seperti pekerjaan manusia, kecerdasan buatan tidak memerlukan waktu untuk istirahat. AI dapat melakukan begitu banyak tugas dalam waktu yang lebih singkat. Pada saat yang sama, AI juga mampu belajar, meningkatkan keterampilan. Sehingga AI dapat mengerjakan berbagai tugas yang diajarkan.

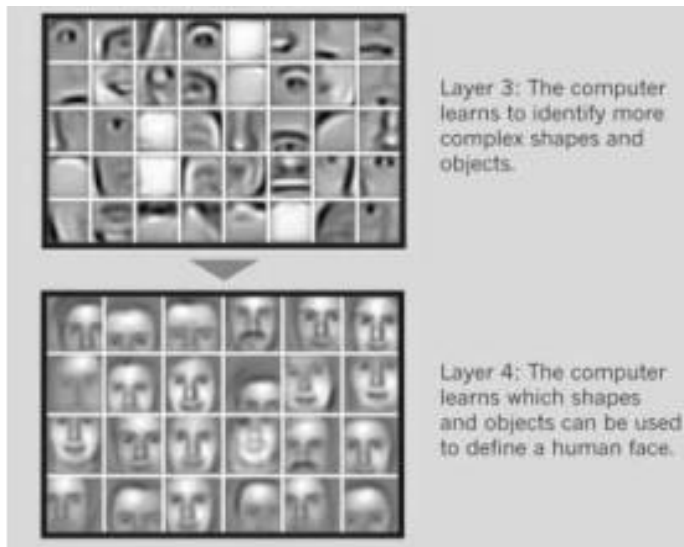
Yang terpenting, kecerdasan buatan tidak hanya membutuhkan sistem komputer untuk berfungsi penuh. Padahal, kecerdasan buatan membutuhkan sistem dan komponen yang kompleks untuk membuatnya bekerja. Sehingga nantinya bisa menjadi sebuah sistem yang bisa 100% meniru tindakan manusia, termasuk tindakan yang berkaitan dengan kemampuan berpikir saat memecahkan masalah yang kompleks.

Untuk mencapai tingkat kinerja yang menyerupai pikiran manusia, kecerdasan buatan (AI) mengandalkan sistem yang didukung oleh algoritma. Ada berbagai jenis algoritma yang digunakan dalam AI, termasuk *deep learning*, *Machine learning*, dan algoritma instruksi standar lainnya. Namun, salah satu jenis algoritma yang paling umum dan luas digunakan dalam AI adalah *Machine learning*.

Berikut beberapa contoh penerapan *artificial intelligence*:

1. Penerapan algoritma dengan metode *deep learning*, salah satunya adalah deteksi wajah manusia. algoritma CNN, empat layer hidden lihat gambar di bawah ini:





Gambar 18. Implementasi Deep Learning

AI akan mengenali warna pada setiap pixel dalam gambar pada lapisan pertama. Lapisan kedua akan menghasilkan pola garis dari kumpulan titik yang ada. Lapisan ketiga akan membentuk bagian-bagian wajah seperti mata, hidung, dan telinga. Pada lapisan keempat, AI dapat mengenali wajah manusia berdasarkan bentuk yang dihasilkan sebelumnya.

2. Penerapan *Hair Recognition* menggunakan metode *Haar cascade Classifier* dan *CNN Deep learning*. pada penelitian ini peneliti menerapkan 4 metode yaitu:
 - a. *CNN (convolutional neural networks)* metode ini untuk klasifikasi serta ekstraksi objek yang karakteristiknya kompleks,
 - b. *Haar cascade* suatu metode yang biasa digunakan untuk melakukan deteksi objek.

- c. *Open Computer vision (Open CV)* metode yang sering digunakan untuk pengolahan citra komputer. Metode ini memanfaatkan *Application Programming Interface (API)* yang memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai manipulasi pada gambar, seperti pengeditan, penajaman fokus, dan penyesuaian warna. Dengan menggunakan OpenCV, pengguna dapat dengan mudah mengolah dan memanipulasi gambar sesuai kebutuhan.
- d. *Local Binary Patern Histogram* metode ini digunakan untuk mengidentifikasi gambar melalui citra *grayscale*. Metode ini memungkinkan identifikasi tekstur rambut yang berbeda pada gambar. Dengan menggunakan LBPH, informasi tentang pola piksel yang berbeda dalam citra *grayscale* dapat diekstraksi dan digunakan untuk mengenali tekstur rambut dengan variasi yang beragam.

Dengan menerapkan keempat metode tersebut, peneliti menemukan bahwa penggunaan algoritma CNN meningkatkan akurasi dan kemampuan mengenali objek rambut dengan karakteristik yang kompleks. Selain itu, penelitian

juga mengidentifikasi adanya tiga jenis tipe rambut, yaitu:

- a. rambut keriting
- b. rambut lurus
- c. rambut bergelombang

Saat program berjalan, program akan menampilkan *dataset* yang telah disediakan dan memberikan opsi untuk menampilkan data berdasarkan label yang tersedia. (Rijanandi et al., 2022)

Penerapan Artificial Intelligence dalam Pelayanan Kesehatan

A. AI dalam Penemuan Obat

Ruang kimia yang sangat besar, yang berisi lebih dari 1060 senyawa, mendorong penemuan banyak molekul terapeutik [13]. Kurangnya teknologi baru, di sisi lain, menghambat pengembangan obat, menjadikannya upaya yang memakan waktu dan mahal yang dapat di atasi dengan menerapkan AI.(Gambar 5)[14]. Ini juga terkait dengan hasil pengobatan dan kejadian tak terduga. Penyesuaian dosis sesuai permintaan atau laju pelepasan obat yang ditargetkan pelepasan, dan stabilitas obat adalah semua elemen kunci dalam desain berbagai jenis sistem pelepasan obat yang cerdas. Algoritme yang tepat penting untuk mengatur kuantitas serta lama pelepasan obat dalam sistem pemantauan mandiri untuk pelepasan obat. 2 Akibatnya, metode AI dapat digunakan untuk memperkirakan kemanjuran dosis obat dan kemampuan penghantaran obat dari bentuk sediaan penghantaran obat. AI dapat mengidentifikasi senyawa hit dan lead, memungkinkan validasi target terapeutik yang lebih cepat dan optimalisasi desain struktural [15,16].

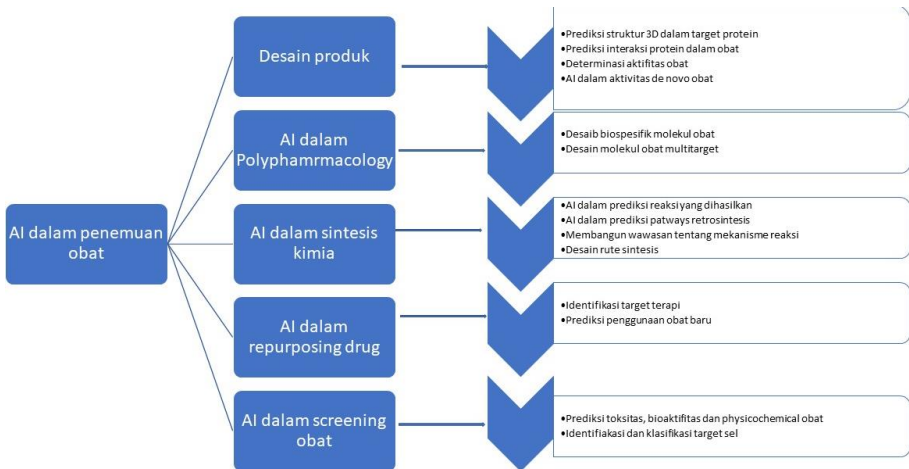
Meskipun demikian, buku ini menunjukkan beberapa penggunaan AI dalam penelitian obat. Bisnis farmasi memiliki jutaan zat dalam set data mereka, dan metode *Machine learning* yang khas mungkin tidak dapat menanganinya.

Model komputer berdasarkan hubungan struktur-aktivitas kuantitatif/*Quantitative Structure Activity Relationship* (QSAR) dapat memprediksi sejumlah besar senyawa atau karakteristik fisikokimia sederhana seperti log P atau log D dalam waktu singkat. Model-model ini, di sisi lain, masih jauh dari memprediksi fitur biologis yang rumit seperti kemanjuran dan efek samping suatu senyawa. Selain itu, set pelatihan yang singkat, kesalahan data eksperimental dalam set pelatihan, dan kurangnya validasi eksperimental mengganggu model berbasis QSAR. Alat AI yang baru muncul, seperti DL dan studi pemodelan yang relevan, dapat digunakan untuk memecahkan masalah ini dalam evaluasi keamanan dan kemanjuran molekul obat. Banyak metode *in silico* untuk penyaringan senyawa virtual dari ruang kimia virtual, serta metodologi berbasis struktur dan ligan, memberikan analisis profil yang lebih baik, eliminasi senyawa non timbal lebih cepat, dan pemilihan molekul terapeutik dengan biaya lebih rendah [13]. Untuk memilih bahan

utama, teknik desain obat seperti matriks coulomb dan pengenalan sidik jari molekuler memperhitungkan sifat fisik, kimia, dan toksikologi [17]. Memprediksi bahan kimia yang dimaksud dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai karakteristik, termasuk model prediksi, kesamaan molekul, proses pembentukan molekul, dan metodologi *in silico*. [18,19]. Ketika 95 000 umpan diuji terhadap reseptor ini, Pereira et al. mengusulkan sistem baru, *Deep VS*, untuk *docking* 40 reseptor dan 2950 ligan, yang menunjukkan kinerja luar biasa. Metode lain mengevaluasi kesamaan bentuk, aktivitas farmakologis, dan fitur fisikokimia dari *cyclin-dependent* kinase-2 inhibitor menggunakan sistem penggantian otomatis multiobjektif [21].

Teknik pemodelan hubungan struktur-aktivitas kuantitatif/*Quantitative Structure Activity Relationship* telah digunakan untuk mengidentifikasi calon-calon obat dan telah berkembang menjadi metodologi QSAR berbasis AI termasuk analisis diskriminan linier (LDA), mesin vektor pendukung (SVM), hutan acak (RF), dan pohon keputusan yang dapat digunakan untuk mempercepat studi QSAR. Ketika membandingkan kapasitas enam sistem AI untuk menentukan peringkat zat anonim dalam hal aktivitas biologis dengan teknik

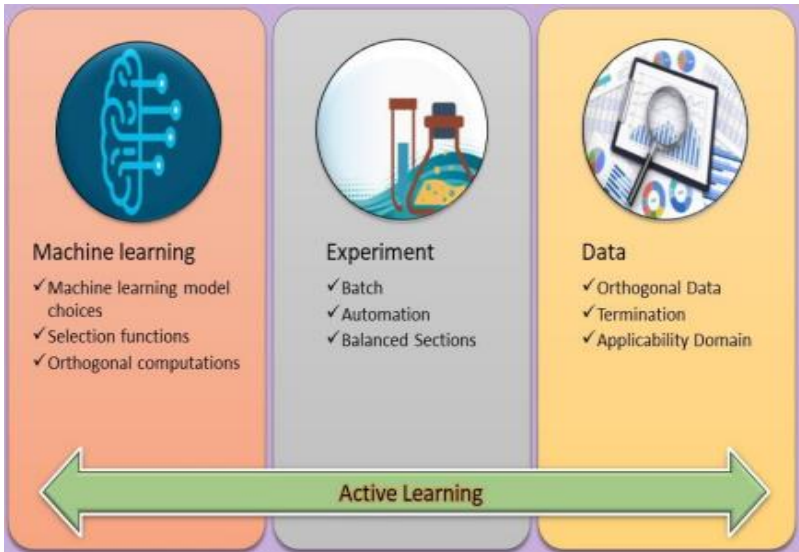
tradisional, King et al. menemukan perbedaan yang tidak signifikan secara statistik [22].



Gambar 19 Peran AI dalam Pengembangan dan penemuan obat

B. Aplikasi AI dalam Perawatan Klinis

Kecerdasan buatan telah membuat kemajuan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, membuatnya menarik untuk digunakan dalam sejumlah prosedur perawatan klinis. Dalam hal ini, subbagian berikutnya akan membahas studi terbaru tentang peran AI dalam kedokteran, yang diselenggarakan oleh spesialisasi medis. Tabel sumatif mencakup studi yang setidaknya satu dari ukuran kinerja berikut tersedia: akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas, atau korelasi antara pengukuran otomatis dan manual (Gambar 6).



Gambar 20 peran active learning dalam pengobatan klinis

C. Kardiologi

Gangguan kardiovaskular adalah salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia, memerlukan perawatan yang mahal dan membebani individu dan sistem perawatan kesehatan [23]. Memperkenalkan teknologi AI ke bidang kardiologi sangat menjanjikan untuk meningkatkan prediksi dan diagnosis kejadian jantung, serta pencitraan ketidakteraturan jantung dan menyediakan terapi medis individual. Karena volume besar dan berbagai data biologis yang tersedia dalam kardiologi, ini sangat menarik.

Berbagai algoritma dapat menemukan pola yang mengarah pada penyeimbangan atau perburukan

penyakit dengan mengevaluasi dan menafsirkan gambar, gelombang nadi, elektrokardiogram, dan informasi suara secara tepat, membantu ahli jantung dalam memilih opsi perawatan yang optimal [24,25]. Misalnya, Ye dan rekan [26], model untuk memprediksi kejadian hipertensi esensial telah dibuat dan divalidasi. Untuk memproses data catatan kesehatan elektronik (EHR), para ilmuwan menggunakan algoritme *Machine learning* yang membangun ansambel pohon klasifikasi dan menetapkan skor risiko prediksi untuk setiap individu. Karena model tersebut mampu secara efektif memprediksi kejadian hipertensi esensial untuk tahun berikutnya, model tersebut diimplementasikan di Maine untuk menginformasikan hipertensi dan terapi penyakit terkait dan, sebagai hasilnya, meningkatkan manajemen hipertensi. Tison dan rekan [27] memberikan kasus menarik lainnya. yang mengembangkan jaringan saraf dalam untuk mengidentifikasi fibrilasi atrium menggunakan data dari jam tangan pintar seperti detak jantung dan jumlah langkah.

Jaringan saraf dalam (DNN) dilatih menggunakan metode prapelatihan heuristik (jaringan perkiraan representasi interval RR (yaitu, waktu antara detak jantung) tanpa pelabelan manual dari data pelatihan) dan divalidasi pada data jam tangan pintar dari pasien

rawat jalan terhadap standar referensi riwayat AF persisten yang dilaporkan sendiri dalam kohort terpisah dari pasien yang menjalani kardioversi. Para ilmuwan menyimpulkan bahwa menggabungkan *photoplethysmography* jam tangan pintar dengan DNN dapat menjadi solusi untuk mengidentifikasi AF secara pasif, dengan beberapa sensitivitas dan spesifisitas yang hilang jika dibandingkan dengan EKG standar kriteria. Picon dkk. [28] di sisi lain, untuk mendeteksi fibrilasi ventrikel, peneliti menggabungkan lapisan *convolutional neural network* (1D CNN) satu dimensi dengan jaringan *long short-term memory* (LSTM) ke dalam arsitektur pembelajaran yang mendalam. Arsitektur DL yang baru diusulkan mengungguli 1D-CNN saja serta strategi tradisional berdasarkan karakteristik deteksi fibrilasi ventrikel (VF) dan mesin vektor pendukung (SVM), mengungguli keduanya.

Pendekatan ini adalah yang paling akurat untuk deteksi VF pada saat itu, menurut pemahaman penulis, dan memiliki potensi untuk memungkinkan diagnosis syok atau tanpa syok yang akurat dalam waktu yang relatif singkat. Menurut Yang et al., kecerdasan buatan juga telah ditemukan efektif dalam klasifikasi stenosis aorta [30]. Kelayakan dari *computed tomography-derived fractional flow reserve* (FFRCT) pada pasien dengan nyeri

dada akut yang menjalani tomografi terkomputasi nyeri dada diselidiki (CPCT). Karena FFRCT menyediakan penilaian fungsional non-invasif dari stenosis arteri koroner, menggunakan perangkat lunak berbasis ML untuk melakukan pengukuran hanya dapat meningkatkan efisiensinya.

Para penulis menemukan bahwa strategi ini layak untuk kategori pasien yang dipelajari setelah memeriksa kesepakatan antara hasil FFRCT dan hasil pasien selama tiga bulan. Akibatnya, metode ini dapat digunakan dalam perawatan klinis untuk meningkatkan triase pasien dengan menurunkan kebutuhan pengujian tambahan. Namun, batas signifikan ditemukan pada pasien dengan bukti CT ruptur plak akut, yang memerlukan penelitian tambahan [31]. Untuk mengidentifikasi serangan jantung mendadak pada sinyal EKG, pendekatan berdasarkan CNN sebagai ekstraktor fitur dan pengklasifikasi *boosting* dikembangkan. Algoritme panduan kejut mereka, ketika digunakan dalam defibrilator eksternal otomatis, menunjukkan kinerja yang telah terbukti, mengungguli algoritme yang ada dalam hal akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Akibatnya, deteksi yang tinggi dan andal mewakili nilai potensial dalam pengaturan klinis, dengan identifikasi SCA yang akurat sangat penting untuk

meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan menghindari defibrilasi yang tidak perlu.

Retson dan rekan menciptakan metode pembelajaran mendalam untuk pengukuran volume dan fungsi ventrikel kanan dan kiri secara klinis. Perangkat lunak yang tersedia secara komersial untuk kontur volume biventrikular berbasis DL dan manual otomatis digunakan untuk menilai data MRI untuk berbagai alasan dan penyakit klinis. Para penulis menyatakan bahwa pendekatan mereka dapat digunakan untuk membantu dalam segmentasi ahli berdasarkan hasil menggembirakan yang diperoleh; meskipun demikian, model akan mendapat manfaat dari pengawasan ahli, terutama untuk memperbaiki kesalahan pada irisan basal dan apikal [32]. Hannun dkk. juga mencapai temuan yang menggembirakan [33], yang menciptakan DNN yang dapat mengategorikan 12 kelas ritme yang berbeda menggunakan elektrokardiogram sadapan tunggal.

DNN mengungguli para spesialis ketika diuji terhadap kumpulan data uji independen yang dijelaskan oleh komite konsensus ahli jantung bersertifikasi dewan, melebihi sensitivitas rata-rata ahli jantung untuk semua kelas ritme. Dengan memilah pasien dengan benar dan memprioritaskan masalah yang paling kritis, adalah

mungkin bahwa mengintegrasikan strategi berbasis DL ini ke dalam konteks klinis dapat mengurangi tingkat interpretasi EKG otomatis yang salah didiagnosis dan meningkatkan efisiensi interpretasi EKG manusia. Untuk meringkas topik dengan cara yang lugas dan mudah dipahami, termasuk informasi tentang tujuan penelitian yang disebutkan di atas, metodologi AI yang digunakan, sumber data untuk algoritme yang dihasilkan, dan ukuran kinerja.

Neurologi Keuntungan AI juga menarik minat di bidang ilmu saraf klinis, di mana teknologi yang baru dibuat dapat membantu memastikan deteksi dini dan pengelolaan penyakit neurologis yang lebih baik [34]. Abedi dkk. [35] melihat ke dalam teknik berbasis *Machine learning* untuk memprediksi kekambuhan stroke dan menemukan karakteristik kritis. Semua algoritma yang digunakan (regresi logistik, XGBoost, mesin penambah gradien, hutan acak, SVM, dan pohon keputusan) dapat dilatih untuk memprediksi stroke iskemik jangka panjang, dan variabel berbasis laboratorium sangat berkorelasi dengan kekambuhan stroke, membuka jalan untuk intervensi pribadi. Rave dkk. melakukan penyelidikan lain pada stroke iskemik akut [36], dan melihat masalah dari sudut pandang sirkulasi kolateral Algoritma berbasis AI dapat dengan

andal dan cepat memperkirakan tingkat aliran kolateral pasien, yang dapat berguna dalam menentukan pasien mana yang merupakan kandidat untuk reperfusi. Muda dkk. juga menangani kemungkinan *Machine learning* [37] dan mempresentasikan teknik *Machine learning* "Subtipe dan Tahap Interferensi (Sustain)".

Sustain dapat digunakan untuk menentukan genotipe pada penyakit neurodegeneratif termasuk demensia frontotemporal herediter dan penyakit Alzheimer hanya dengan menggunakan pencitraan. sustain dapat sangat meningkatkan kapasitas untuk meramalkan konversi antara kategori diagnostik atas model tradisional yang mengabaikan subtipe atau tahap temporal dengan menyediakan stratifikasi pasien yang halus. Akibatnya, ia memiliki banyak janji untuk penemuan subtipe penyakit dan pengobatan presisi. Eshaghi dan rekan sampai pada kesimpulan yang sama [38] dan menggunakan *Machine learning* tanpa pengawasan untuk mendiagnosis *multiple sclerosis* berdasarkan penanda patogen pada gambar MRI otak sustain adalah teknik yang membantu untuk mengategorikan kelompok pasien dalam uji coba intervensi, menurut temuan penulis, karena subtipe yang diidentifikasi memprediksi perkembangan kecacatan dan reaksi pasien terhadap terapi. Penerapan teknologi

AI untuk mengidentifikasi dan mengelola epilepsi telah memicu banyak minat ilmiah. Jin et al., misalnya, [39] menggunakan kombinasi *Machine learning* dan morfometri MRI berbasis permukaan otomatis, peneliti mampu mendeteksi FCD selama evaluasi prabedah untuk pasien dengan epilepsi farmakoresisten dengan akurasi tinggi.

Gleichgerrcht dkk. [40] menggunakan strategi serupa untuk meningkatkan deteksi anomali otak pada pasien epilepsi lobus temporal, menunjukkan bahwa ML dapat membantu dengan diagnosis radiologis penyakit ini. Daoud dan Bayoumi adalah lebih banyak pilihan. [41] menciptakan sistem berbasis pembelajaran mendalam untuk meramalkan serangan epilepsi yang akan datang menggunakan rekaman elektroensefalogram kulit kepala jangka panjang, yang mengungguli semua teknik canggih lainnya. Quon dan rekan [42], telah menunjukkan bahwa DL dapat berguna dalam mengklasifikasikan pelepasan epileptiform serebral (IED) secara otomatis. Para penulis mencapai hasil yang setara dengan ahli neurofisiologi klinis menggunakan algoritma pencocokan *template* dan CNN, dan mereka yakin dengan potensi aplikasi praktis penelitian. Qiu dkk. menerbitkan karya menarik lainnya di bidang neurologi [35].

Para peneliti mempresentasikan metode DL yang dapat ditafsirkan untuk mengidentifikasi penanda penyakit Alzheimer yang berbeda dari input multimodal. Dari struktur otak lokal hingga *perceptron multilayer*, jaringan konvolusi penuh digunakan untuk membuat peta probabilitas penyakit beresolusi tinggi. Dengan cara ini, algoritme dapat menghasilkan representasi risiko penyakit Alzheimer individu yang akurat dan dapat dipahami, serta menemukan penanda *neuroimaging* bernuansa untuk mendeteksi penyakit. Kondisi neurodegeneratif lainnya juga mendapat manfaat dari penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan diagnosis dan pengobatan.

Shinde et al., misalnya, [44] menggunakan MRI yang sensitif terhadap neuromelanin untuk membuat biomarker prognostik dan diagnostik untuk penyakit Parkinson (NMS-MRI). Karena PD ditandai dengan hilangnya neuron dopaminergik di *substansia nigra pars compacta* (SNc), NMS-MRI digunakan untuk membantu mengidentifikasi kelainan pada SNc. Metode berbasis CNN yang diusulkan mengungguli klasifikasi berbasis rasio kontras dan pengklasifikasi radionik dalam hal akurasi pengujian, memungkinkan diferensiasi PD dari sindrom *parkinsonian atipikal*. Para penulis menyimpulkan bahwa metode mereka dapat membantu

dalam diagnosis radiologis PD sementara juga memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang kelainan SNC. Sebuah penelitian terhadap pasien di unit perawatan intensif yang mengalami kerusakan otak akut dan tidak responsif terhadap perintah lisan memberikan hasil yang signifikan. Claassen dkk. menggunakan *Machine learning* untuk menganalisis rekaman EEG pasien untuk menemukan aktivasi otak sebagai respons terhadap perintah untuk menggerakkan tangan mereka.

Para penulis menemukan bahwa 15 persen pasien yang tidak responsif secara klinis yang tidak merespons arah motorik oral memiliki bukti EEG tentang aktivasi otak sebagai respons terhadap mereka lebih awal setelah kerusakan otak. Kecerdasan buatan berpotensi membantu meningkatkan operasi otak. Shahjouei dkk. menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) untuk memprediksi waktu kliping yang aman (SCT) dari penutupan arteri sementara selama operasi aneurisma intrakranial. Teknik yang diusulkan beroperasi secara offline, memperkirakan SCT sebelum operasi; namun, penulis percaya bahwa versi *online* akan memberikan SCT yang lebih akurat dan tepat selama operasi. Integrasi algoritme AI ke dalam audit bedah saraf telah menarik minat, selain investigasi khusus kondisi neurologis. Brzezicki dan rekan-rekannya [45] menganalisis *dataset*

yang sama (catatan klinis dari 45 *outlier* medis di bangsal bedah saraf) sebagai 46 siswa manusia dengan metode Frideswide.

Pendekatan berbasis AI menghasilkan lebih banyak rekomendasi dalam periode yang lebih singkat, dengan audit yang lebih benar secara faktual dan konsisten secara logis. Akibatnya, strategi ini dapat membantu dalam meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan kualitas perawatan, yang berarti bahwa hanya sebagian kecil dari sumber daya yang diperlukan untuk melaksanakannya melalui prosedur manusia.

Onkologi

Kanker adalah kumpulan lebih dari seratus penyakit yang ditandai dengan pertumbuhan sel abnormal di berbagai area tubuh yang memerlukan perawatan tepat waktu dan memadai untuk menghindari masalah kesehatan yang signifikan dan meningkatkan peluang kelangsungan hidup pasien. Tidak mengherankan bahwa AI sedang diteliti mengenai onkologi, mengingat berapa banyak biaya kanker bagi pasien dan sistem perawatan kesehatan di seluruh dunia. AI dapat membantu pengumpulan dan analisis data, diagnosis terkait kesehatan, konektivitas data ke pengetahuan dan kemampuan sebelumnya, dan memutuskan opsi perawatan diagnostik terbaik.

Banyak jenis kanker, termasuk kanker payudara, paru-paru, tiroid, mulut, lambung, kolorektal, hati, dan kulit, telah diperiksa untuk diagnosis dan manajemen yang lebih baik [48]. Rocca et al., misalnya, menerapkan model AI untuk meningkatkan diagnosis radiologi metastasis hati kanker kolorektal (CRCLM). Metode Formal (FM) dapat memungkinkan praktisi medis untuk meramalkan terjadinya metastasis hati yang saat ini tidak terdeteksi menggunakan teknik normal, dengan presisi 100 persen. Akibatnya, penulis menyimpulkan bahwa FM dapat secara efisien mendeteksi CRCLM bahkan dalam sampel klinis yang sangat bervariasi dan kecil. Untuk membangun kerangka pengenalan untuk pertumbuhan tumor kanker kolorektal, Lu dan rekan kerja menggunakan model RCNN yang Lebih Cepat. Model dapat mendeteksi situs yang muncul di bagian yang sakit dan menghitung jumlahnya secara akurat dalam waktu singkat. Akibatnya, strategi ini dapat meningkatkan kemanjuran diagnostik sekaligus mengurangi beban kerja ahli patologi dalam porsi membaca.

Lee dkk. melihat menggunakan kecerdasan buatan untuk menganalisis kekambuhan kanker pankreas setelah operasi dan faktor-faktornya. Para ilmuwan menggunakan algoritma hutan acak untuk

menentukan ukuran tumor, dan tingkat tumor. Prediktor terpenting dari kelangsungan hidup bebas penyakit adalah stadium TNM, stadium T, dan invasi limfovaskular. Akibatnya, teknologi ini tampaknya menjadi sistem pendukung keputusan yang potensial bagi pasien yang menjalani operasi kanker pankreas; Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menunjukkan kegunaannya dalam praktik klinis. Pantanowitz dkk. melakukan studi yang berbeda. [47], slide biopsi jarum inti prostat yang diwarnai H&E digunakan untuk membantu mendeteksi kanker prostat. Alat diagnostik berbantuan komputer mereka mampu mendeteksi, menilai, dan menganalisis fitur yang signifikan secara klinis dalam *slide* digital dengan akurasi yang tepat.

D. Hematologi

Teknik AI juga sedang diselidiki dalam diagnosis dan prognosis berbagai jenis leukemia, limfoma, anemia, dan penyakit darah genetik dalam konteks hematologi jinak dan ganas. Carreras dkk. menggunakan algoritme ANN *perceptron multilayer* untuk mengidentifikasi penanda baru dan memprediksi kelangsungan hidup secara keseluruhan pada pasien dengan MCL (subtipe non-limfoma sel B matang). Lima gen Hodgkin dikaitkan

dengan kelangsungan hidup yang lebih buruk (KIF18A, YBX3, PEMT, GCNA, dan POGLUT3), sementara lima gen dikaitkan dengan kelangsungan hidup yang menguntungkan (KIF18A, YBX3, PEMT, GCNA, dan POGLUT3) G2) (SELENOP, AMOTL2, IGFBP7, KCTD12, dan ADGRG2). Para penulis mampu memprediksi kelangsungan hidup pasien MCL secara keseluruhan dengan akurasi tinggi menggunakan metode berbasis ML yang berbeda.

El Husein dkk. [48] melihat penggunaan teknik peta panas berbasis AI yang unik untuk penilaian objektif pusat proliferasi di CLL (CLL). Analisis integratif ukuran inti sel dan model intensitas inti rata-rata mengungkapkan tingkat akurasi yang tinggi dalam membedakan tiga tahap perkembangan, dengan nilai prediksi diagnosis yang kuat. Tebal dkk. [49] Para peneliti menggunakan gambar sel darah tepi untuk memprediksi diagnosis leukemia akut. Para peneliti menggunakan teknik berbasis DL, membangun sistem dengan dua modul CNN yang beroperasi secara berurutan: satu untuk mengidentifikasi *promyelocytes* yang menyimpang di antara gambar sel darah mononuklear lainnya, dan yang lainnya untuk menentukan apakah ledakan itu dari garis keturunan myeloid atau limfoid.

Ahli patologi klinis akan mendapat manfaat dari model yang dirancang, yang akan membantu mereka dalam mendiagnosis leukemia akut selama pemeriksaan apusan darah. Didi dan rekan kerja, di sisi lain, [58] untuk mengidentifikasi pengobatan optimal untuk leukemia myeloid akut yang baru didiagnosis, peneliti membuat dan menguji model prediksi ML dan DL. Analisis statistik tradisional atau prediktor naif dikeluarkan oleh sistem AI, yang juga secara akurat memprediksi kelangsungan hidup secara keseluruhan. Alagha dan rekan [50] mengusulkan sebuah penelitian untuk mengatasi kesulitan yang terkait dengan diagnosis talasemia. Para penulis menggunakan pendekatan data *mining hybrid* untuk membedakan antara orang sehat dan mereka yang memiliki beta-talasemia menggunakan temuan tes laboratorium sederhana. Selain performa menjanjikan model yang disarankan.

E. Nefrologi

Dalam pengaturan nefrologi, munculnya digitalisasi dan ketersediaan luas EHR telah menghasilkan solusi perawatan yang lebih baik. Dampak AI pada identifikasi awal dan prediksi cedera ginjal akut (AKI) telah dipelajari untuk membantu dokter dalam melakukan intervensi pada tahap kritis dalam pencegahan cedera

ginjal permanen. Tomaev et al., misalnya, merancang teknik DL yang melibatkan RNN untuk prediksi risiko terus menerus dari perburukan masa depan pada pasien AKI. Strategi ini dapat memastikan bahwa orang-orang yang berisiko diidentifikasi dalam kerangka waktu yang memungkinkan untuk pengobatan dini dan, sebagai hasilnya, hasil yang lebih baik. Peneliti lain, di sisi lain, telah menggunakan berbagai metode *Machine learning* untuk meningkatkan pengenalan dan prediksi AKI.

Mohammadlou dkk. menggunakan XGBoost untuk membuat algoritme prediksi AKI berdasarkan data retrospektif. Para penulis menyimpulkan bahwa metode ini mungkin memiliki kemampuan prediktif utama untuk menentukan individu mana yang mungkin mengembangkan AKI, tetapi karena ini adalah studi retrospektif, tidak ada kesimpulan tentang dampak pada hasil pasien dalam konteks klinis yang dapat dibentuk. Adikari dkk. Metode "*Intraoperative Data Embedded Analytics*" (IDEA) menggunakan sensor fisiologis. deret waktu dan data lain yang diperoleh selama operasi untuk merevisi risiko praoperasi. Dimasukkannya dinamis data intraoperatif meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas prakiraan AKI pasca operasi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tran et al. dan Lin et al., AKI pada pasien luka bakar juga dapat dideteksi menggunakan metode

Machine learning. Penyakit ginjal kronis (CKD) dalam segala bentuknya, termasuk imunoglobulin A nefropati (IgAN), penyakit ginjal diabetik (DKD), dan lain-lain. Penyakit ginjal polistik dominan autosomal (ADPKD), adalah penyakit nefrologis lain yang telah menarik perhatian untuk penggunaan AI.

Chen et al., misalnya, menggunakan algoritma XGBoost dalam kombinasi dengan analisis kelangsungan hidup untuk mengelompokkan kemungkinan perkembangan penyakit ginjal pada pasien IgAN. Model dapat secara akurat memprediksi hasil dengan menggunakan fitur yang umum diakses seperti ekskresi protein urine, sklerosis global, dan atrofi tubulus/fibrosis interstisial. Schena et al., di sisi lain, [51] pada pasien dengan IgAN, peneliti baru-baru ini membuat model prediksi JST untuk penyakit ginjal stadium akhir. Karena penelitian ini retrospektif, para peneliti dapat membandingkan hasil yang diantisipasi dan diamati, melaporkan hasil yang identik selama 25 tahun. Makino dan rekan-rekannya melakukan penyelidikan terpisah dengan tujuan untuk lebih memahami DKD. Dengan menggabungkan AI, pemrosesan bahasa alami, dan *Machine learning* data besar, para ilmuwan membangun model prediktif untuk kejengkelan DKD. Model yang diusulkan dapat

membantu dalam pengembangan intervensi yang lebih efektif dan tepat untuk mengurangi hemodialisis. Gastroenterologi dan Hepatologi adalah dua spesialisasi medis yang berhubungan dengan sistem pencernaan dan hati. Bidang gastroenterologi dan hepatologi juga telah menghidupkan kembali minat dalam menerapkan AI untuk meningkatkan prediksi penyakit, diagnosis, terapi, dan prognosis. Cao et al., Misalnya, [52] DBN, MLR, dan CNN dibandingkan untuk kemampuan mereka untuk memprediksi kualitas hidup terkait kesehatan jangka panjang setelah operasi bariatrik.

Para penulis percaya bahwa jaringan hibrida layak untuk diteliti di masa depan. Reumatologi dan ortopedi Kecerdasan buatan juga sedang diteliti dalam domain ortopedi dan reumatologi yang saling berhubungan. Diaz-Rodriguez et al., [53] misalnya, menemukan bahwa yang dikhususkan untuk pengembangan injeksi intraartikular (IA) baru untuk pengobatan osteoartritis Para penulis menyarankan agar poloxamers dan asam hialuronat digabungkan untuk membuat IA yang mengandung beta-lapachone formulasi. Berdasarkan hasil percobaan hidrogel spektrum luas, dihasilkan formulasi optimum dengan bantuan AI. Formulasi seperti yang dirancang memiliki kualitas reologi yang luar biasa dan secara dramatis

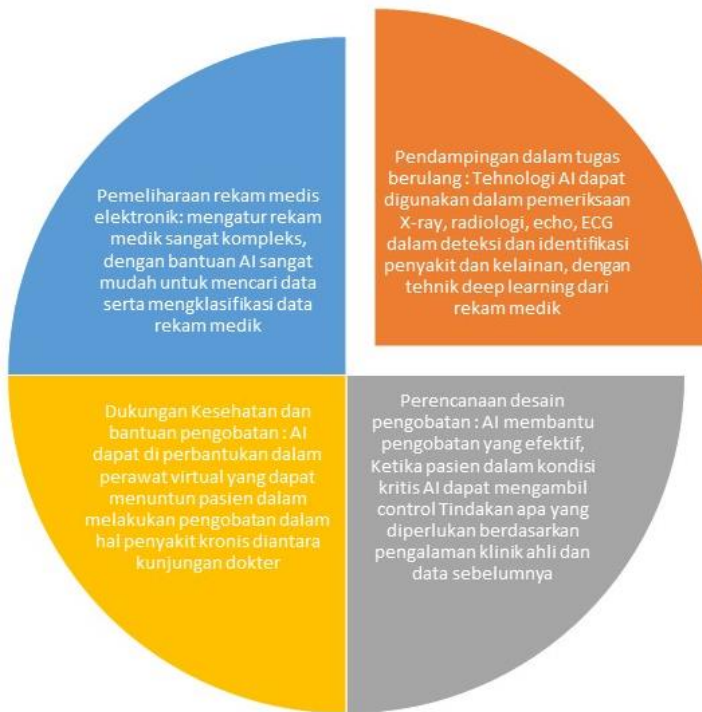
mengurangi pelepasan bahan kimia degradatif dan pro-inflamasi dalam evaluasi *ex vivo*, menjadikannya pilihan yang menjanjikan untuk pengobatan osteoartritis.

Berbagai Kegunaan Lain Tidak seperti AI dalam kedokteran, yang menggunakan algoritme belajar mandiri untuk menganalisis data pasien dan meningkatkan hasil pasien, AI dalam pembedahan dapat melibatkan mobilitas. Dengan terobosan terbaru dalam DL dan DCNNs, AI dapat mendeteksi dan melacak objek, membuat prosedur bedah lebih efisien [54,55]. AI dapat digunakan dalam pendidikan bedah untuk menilai keterampilan bedah, tetapi penelitian lebih lanjut diperlukan pada implementasi dan penerapannya. Penolakan transplantasi ginjal akut dapat dideteksi sejak dini [56]. tetapi penelitian lebih lanjut diperlukan pada implementasi dan penerapannya. Penolakan transplantasi ginjal akut dapat dideteksi sejak dini [56]. tetapi penelitian lebih lanjut diperlukan pada implementasi dan penerapannya. Penolakan transplantasi ginjal akut dapat dideteksi sejak dini [56].

F. AI di Apotek Rumah Sakit

Dalam sistem perawatan kesehatan berbasis apotek rumah sakit, AI dapat digunakan untuk mengatur bentuk sediaan untuk pasien tertentu, memilih rute pemberian

terbaik atau paling tersedia, atau membuat rencana perawatan.(Gambar 7)[57,58].



Gambar 21 Peran AI di rumah sakit

G. Kecerdasan Buatan dalam Diagnosis dan Pengelolaan Aritmia

Pendekatan *Machine learning* (ML) telah membuat kemajuan dalam mendukung praktisi kesehatan dalam memaksimalkan perawatan individual dalam pengaturan tertentu, terutama dalam elektrokardiografi dan interpretasi gambar, karena kecerdasan buatan (AI) telah memasuki bidang medis dalam beberapa tahun

terakhir. Pendekatan kecerdasan buatan semakin banyak digunakan dalam banyak aspek perawatan pasien, membuka jalan bagi pilihan pengobatan yang kurang invasif atau non-invasif. Artikel ini memberikan tindakan diagnostik dan terapeutik, serta dampak potensialnya pada semua aspek perawatan aritmia. Singkatnya, integrasi semua data individu dengan solusi AI kemungkinan akan mengubah terapi elektrofisiologi (EP).

H. Analisis Sinyal Listrik Jantung Menggunakan Metodologi Kecerdasan Buatan

Belajar, menalar, menganalisis, dan membuat keputusan adalah semua karakteristik kecerdasan manusia. AI mengacu pada saat mesin meniru penerapan kemampuan ini. Meskipun konsep dan frase AI telah ada selama hampir enam dekade [59,61], popularitasnya telah meledak dalam dekade terakhir. Sementara *Machine learning* adalah nama yang paling sering digunakan untuk AI, itu hanya mengacu pada salah satu pendekatan AI. Sebagian besar aplikasi AI di EP bergantung pada analisis sinyal untuk menggambarkan aktivitas listrik jantung, dengan sinyal yang bervariasi tergantung pada jenis sensor dan teknologi yang mendasarinya. Elektrokardiogram (EKG) dan

photoplethysmography adalah dua dari sinyal yang paling sering digunakan (PPG). *Photoplethysmography* lebih modern dan telah digunakan di beberapa perangkat yang dapat dipakai.

I. Deteksi Aritmia Menggunakan Kecerdasan Buatan

Pendekatan AI telah digunakan dalam interpretasi EKG otomatis sejak digitalisasi EKG. Sementara algoritma *Machine learning* menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi untuk mendeteksi irama sinus normal, mereka tampil lebih buruk daripada ahli jantung profesional dalam mendiagnosis aritmia jantung [62]. Kebisingan, gelombang P kecil atau berfluktuasi, ritme yang ditentukan waktunya, EKG berkualitas buruk, tremor, dan ritme yang sebelumnya tidak terlatih semuanya telah menjadi penghalang. Berkat peningkatan *Machine learning*, interpretasi EKG terkomputerisasi telah secara signifikan meningkatkan identifikasi aritmia, dengan akurasi hampir 95% algoritma, teknik pengurangan kebisingan, dan ekstraksi fitur canggih, seleksi, dan metode pengurangan [termasuk penggunaan jaringan saraf dalam tanpa pengawasan (DNN)] [63,64].

Hannun dan rekan-rekannya [65] Menggunakan 91.232 EKG single-lead dan DNN, peneliti membangun teknik *deep learning* (DL) ujung ke ujung untuk

interpretasi EKG. Algoritme mereka terbukti lebih unggul daripada ahli jantung rata-rata dalam mendeteksi kelainan ritme ini ketika diverifikasi terhadap data independen yang disediakan oleh komite ahli jantung yang memenuhi syarat (ROC 0,97 vs 0,78). Sebagai hasil dari pengembangan algoritme DNN tanpa pengawasan, para peneliti menjadi lebih tertarik untuk mengidentifikasi sinyal keadaan tidak sehat yang tersembunyi dalam EKG 12 sadapan. Telah ditunjukkan bahwa menggunakan EKG 12 sadapan, adalah mungkin untuk mengidentifikasi hiperkalemia, gagal jantung, hipoglikemia, [68], dan bahkan perubahan status mental [69].

Peneliti Mayo Clinic Rochester Attia et al. [70] menyelidiki apakah EKG 12 sadapan berkemampuan AI dalam ritme sinus normal dapat digunakan untuk mendeteksi kejadian AF sebelumnya atau yang akan datang. Mereka menggunakan 0,65 juta EKG dalam 7: Rasio 1:2 untuk melatih, memvalidasi, dan menguji algoritme AI dan menemukan bahwa akurasi EKG yang diaktifkan AI yang direkam selama ritme sinus normal sebagai tes skrining untuk AF adalah 79,4 persen. persen, dan ini meningkat menjadi 83,4 persen ketika itu adalah EKG pertama setelah episode AF. Kemajuan dalam teknologi sensor, telekomunikasi (peningkatan

ketersediaan teknologi nirkabel, Wi-Fi, Bluetooth, dan ponsel cerdas), ketersediaan penyimpanan data berbasis web, dan Multiple EKG berbantuan AI meningkatkan akurasi model, yang mengarah pada gagasan bahwa perubahan struktural yang mungkin terjadi sebelum AF, seperti hipertrofi miosit, fibrosis, atau dilatasi ruang, dapat menyebabkan perubahan multidimensi sederhana pada EKG yang tidak terdeteksi oleh mata manusia tetapi dapat diamati oleh DNN. Temuan ini memiliki implikasi klinis yang signifikan, termasuk kemungkinan mengidentifikasi orang yang berisiko AF dan stroke embolik dari sumber yang tidak diketahui di titik perawatan. EKG juga digunakan untuk memprediksi kardiomiopati hipertrofik (HCM), usia dan jenis kelamin, dan kadar dofetilide plasma menggunakan jaringan saraf dalam [73].

Teknologi pemantauan jantung mobile dan dapat dipakai telah menunjukkan peningkatan yang cepat, menurut penelitian. Meskipun ada berbagai perangkat seluler yang tersedia, AliveCor Heart Monitor, sebuah sistem berbasis EKG, telah diperiksa secara ekstensif untuk identifikasi AF pada pasien yang bergejala [74,75-84]. Dalam sebagian besar investigasi ini, AliveCor Heart Monitor mendeteksi AF dengan sensitivitas dan spesifisitas lebih dari 90% baik di rawat jalan maupun di

rumah sakit [85]. Dibandingkan dengan monitor transtelephonic biasa, AliveCor Heart Monitor mendeteksi AF dan atrial flutter dengan sensitivitas 100% dan spesifisitas 97% [86].

Metode berbasis PPG dikombinasikan dengan analisis yang dibantu AI menghasilkan temuan serupa [87,88]. Dorr dkk. [89] menyelidiki kinerja algoritma berbasis PPG *smartphone* dalam deteksi AF dalam eksperimen WATCH AF. Algoritma PPG mampu mendeteksi AF dengan sensitivitas 93,7 persen, spesifisitas 98,2 persen, dan akurasi 96,1 persen

Apple Heart Study, uji coba berbasis komunitas baru-baru ini yang mengevaluasi kegunaan jam tangan pintar dalam deteksi AF, mengungkapkan hasil yang menjanjikan pada 0,41 juta orang yang tidak memiliki riwayat AF sebelumnya. Setiap 2 jam, aplikasi jam tangan pintar merekam takogram 1 menit tunggal. Jika algoritme pemberitahuan denyut tidak teratur berbasis jam tangan pintar mendeteksi potensi AF, subjek diberi tahu untuk menjalani pemantauan patch EKG 7 hari tambahan. Untuk mendiagnosis AF selama periode pemantauan simultan, algoritme berbasis jam tangan pintar menunjukkan nilai prediksi positif 0,84 (interval kepercayaan 95% 0,76-0,92). Studi skrining AF berbasis populasi lainnya yang menggunakan algoritma PPG dan

perangkat pintar menghasilkan hasil yang serupa [91]. Chen dkk. [92] menggunakan gelang pintar dengan sensor EKG dan PPG untuk menyelidiki deteksi AF, membandingkan EKG dan PPG sendiri dan dalam kombinasi. Mereka mampu mendiagnosis AF dengan akurasi 97,5 persen menggunakan kombinasi tersebut, dibandingkan dengan masing-masing 94,7 persen dan 93,2 persen menggunakan EKG dan PPG. Waterlauf dan rekan-rekannya [93], Perekam loop yang dapat disisipkan digunakan untuk membandingkan deteksi jam tangan pintar dari AF menggunakan algoritma DL (episode yang berlangsung $>_1$ jam). Mereka melihat data dari 31.348 jam perekaman simultan. Untuk sensitivitas episode dan sensitivitas durasi, algoritme jam tangan masing-masing mencetak 97,5 persen dan 97,7%. Sistem pemantauan berkemampuan kecerdasan buatan hemat biaya dan dapat diandalkan, dapat digunakan untuk pemantauan rawat jalan berkelanjutan, dan dapat membantu mengidentifikasi kelompok rentan.

J. Kecerdasan Buatan dan Perangkat Jantung

Algoritma berbasis aturan digunakan di sebagian besar tugas alat pacu jantung dan defibrilator. Beberapa contoh pengambilan keputusan berbasis aturan mencakup fitur respons kecepatan pada alat pacu jantung, yang

memungkinkan perangkat mengubah kecepatan berdasarkan input biosensor; deteksi takikardia, dan pemberian terapi yang tepat oleh defibrilator implan. Algoritma berbasis aturan adalah bentuk paling dasar dari AI; namun, ini berbeda dari *Machine learning* karena tidak dapat belajar [95].

Aturan ditetapkan oleh manusia berdasarkan keahlian domain dalam algoritme berbasis aturan, sedangkan teknik ML secara aktif belajar dari data pelatihan dan menghasilkan aturan mereka sendiri untuk pengambilan keputusan, yang mungkin tidak jelas dalam beberapa kasus. Algoritma *Machine learning* sedang digunakan di perangkat jantung untuk mendeteksi aritmia dan memperkirakan episode mendatang. Dalam pembuatan algoritme panduan kejut, metode *Machine learning* telah digunakan dalam defibrillator eksternal otomatis [96,97-99].

Nguyen dkk. [100] menerbitkan sebuah penelitian baru-baru ini. Saya mengembangkan metode *Machine learning* untuk membedakan antara ketukan yang dapat diberi kejut dan yang tidak dapat diberi kejut. Dengan sensitivitas dan spesifisitas masing-masing 95,21 persen dan 99,31 persen, mereka menggunakan pengklasifikasi penguat dan jaringan saraf convolutional sebagai ekstraktor fitur. Algoritme panduan kejut ini

mengungguli algoritme sebelumnya dan mengikuti kriteria American Heart Association [101]. Pendekatan DL baru-baru ini dibuat yang dapat mengidentifikasi model perangkat jantung apa pun dari radiografi dada [102].

Teknik *Machine learning* telah diterapkan untuk meningkatkan prediksi hasil terapi resinkronisasi jantung (CRT), memungkinkan pemilihan pasien yang lebih baik [103.104]. Teknik ML dikombinasikan dengan pemrosesan bahasa alami dan digunakan untuk catatan kesehatan elektronik dalam penelitian bukti konsep pusat tunggal [105]. Model ini berhasil mengidentifikasi kategori pasien yang tidak mungkin mendapat manfaat dari CRT. Usia, jenis kelamin, durasi QRS, dan morfologi, fraksi ejeksi ventrikel kiri dan diameter akhir diastolik, kelas fungsional New York Heart Association, adanya AF, dan sadapan ventrikel kiri epikardial semuanya digunakan dalam algoritma ML yang mengungguli pedoman yang ada dalam memprediksi peristiwa - kelangsungan hidup bebas setelah CRT [106]. Ketika diterapkan pada beban tanda tangan AF yang diperoleh dari data pemantauan jarak jauh berkelanjutan pada pasien dengan perangkat elektronik implan jantung, algoritma *Machine learning* seperti hutan acak dan jaringan saraf yang berbelit-belit ditemukan lebih unggul

dalam memprediksi stroke dengan skor CHA2DS2-VASc yang banyak digunakan. Jika dibandingkan dengan menggunakan skor CHA2DS2-VASc saja, metode ensemble dengan menggunakan model ML dan skor CHA2DS2-VASc memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang lebih baik dan meningkatkan AUC dari 0,52 menjadi 0,63 (Gambar 11) [107].

K. Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan

Kecerdasan Buatan secara sederhana mengacu pada kecerdasan mesin dan pemisahan ilmu komputer yang bertujuan untuk menghasilkannya [108]. "Buatan" mengacu pada objek yang dibuat atau diproduksi oleh manusia daripada terjadi secara alami, dan "Kecerdasan" mengacu pada kemampuan untuk membentuk taktik untuk mencapai tujuan dengan berinteraksi dengan lingkungan yang kaya informasi. Kecerdasan Buatan (AI) dapat membantu dokter merencanakan rute pasien atau pendekatan pengobatan dengan lebih baik, serta memberi mereka hampir semua informasi yang mereka butuhkan untuk membuat keputusan perawatan kesehatan dan medis yang luar biasa [109].

AI telah memantapkan dirinya di beberapa bidang perawatan kesehatan, dan itu baru mulai mengubah banyak hal secara radikal, dimulai dengan pembuatan

strategi pengobatan dan berkembang melalui otomatisasi tugas berulang melalui pemberian obat dan penelitian obat [110]. Dokter mungkin tidak harus mengingat informasi sebanyak yang mereka lakukan 50 tahun yang lalu. Profesional medis, perawat, dan peneliti sekarang dapat mencurahkan lebih banyak energi mental untuk pekerjaan kognitif tingkat tinggi dan perawatan pasien karena teknologi digital [111]. AI siap untuk membawa ini ke tingkat berikutnya. “Waktu berpikir” dihabiskan untuk mempersiapkan berpikir, membuat pilihan, atau meneliti sesuatu [112]. Menemukan atau memperoleh informasi membutuhkan waktu yang jauh lebih lama daripada memprosesnya. Butuh lebih dari beberapa jam komputasi untuk mendapatkan data ke dalam format yang sebanding. Hanya butuh beberapa detik untuk memutuskan kapan mereka berada dalam bentuk yang setara [113]. Seiring kemajuan AI, itu akan dapat meningkatkan energi berpikir seseorang dalam tiga bidang utama: komputasi yang sangat maju, analisis statistik, dan pengembangan hipotesis. Ketiga area ini sesuai dengan tiga gelombang berbeda dalam pengembangan AI [114]. Spesialis biasanya mengawasi lebih dari 50 pasien setiap hari, yang bisa sangat melelahkan mengingat jumlah

perhatian dan informasi yang diperlukan untuk setiap individu [115].

AI, tidak seperti dokter medis, tidak terpengaruh oleh jumlah pasien, jam kerja, atau redundansi tugas [109]. AI membantu dokter dalam menilai risiko kesehatan pasien dan kemudian menerapkan kecerdasan untuk tidak hanya meningkatkan kualitas perawatan tetapi juga untuk memantau dan memberi saran kepada pasien tentang efek negatif dari obat tertentu [114]. Dampak global AI merestrukturisasi, dengan alat berteknologi canggih yang menyediakan pengambilan keputusan yang lebih baik, penemuan penyakit, dan pengelolaan penyakit kronis dan akut [116]. Dokter dan profesional medis lainnya menggunakan AI untuk mendiagnosis pasien dengan lebih akurat dan cepat [117].

Dalam kedokteran, AI membuat diagnosis yang lebih baik daripada dokter menggunakan algoritma aritmatika dan ilmu data dari tubuh manusia [118]. Hal ini memungkinkan para profesional untuk mengambil tindakan segera dalam kasus gangguan yang sebaliknya dapat berkembang secara serius [113]. Sistem perawatan kesehatan harus dilihat sebagai kumpulan sistem yang heterogen, terdistribusi, dan ada di mana-mana yang berbicara bahasa yang berbeda,

mengintegrasikan perangkat medis dan dipersonalisasi oleh berbagai entitas, yang semuanya didirikan oleh orang-orang yang tinggal di berbagai pengaturan dan mengejar berbagai tujuan [115]. Akibatnya, arsitektur telah dirancang untuk mendukung penggunaan medis dalam bentuk organisasi untuk integrasi, data medis dan rekam medis elektronik tersebar dan diarsipkan dalam bentuk jaringan laba-laba informasi cerdas.

Sistem pemrosesan, subsistem utamanya, peran fungsionalnya, dan aliran informasi dan kontrol di antara mereka, dengan otonomi yang dapat dimodifikasi. Kualitas layanan akan ditingkatkan dengan menggunakan kemajuan sistem simulasi berbasis web [116][114]. Spesialis biasanya mengawasi lebih dari 50 pasien setiap hari, yang bisa sangat melelahkan mengingat jumlah perhatian dan informasi yang diperlukan untuk setiap individu [115]. AI, tidak seperti dokter medis, tidak terpengaruh oleh jumlah pasien, jam kerja, atau redundansi tugas [109]. AI membantu dokter dalam menilai pasien risiko kesehatan dan kemudian menerapkan kecerdasan untuk tidak hanya meningkatkan kualitas perawatan tetapi juga untuk memantau dan menasihati pasien tentang efek negatif dari obat tertentu [114].

Dampak global AI merestakan, dengan alat berteknologi canggih yang menyediakan pengambilan keputusan yang lebih baik, penemuan penyakit, dan pengelolaan penyakit kronis dan akut [116]. Dokter dan profesional medis lainnya menggunakan AI untuk mendiagnosis pasien dengan lebih akurat dan cepat [117]. Dalam kedokteran, AI membuat diagnosis yang lebih baik daripada dokter menggunakan algoritma aritmatika dan ilmu data dari tubuh manusia [118].

Hal ini memungkinkan para profesional untuk mengambil tindakan segera dalam kasus gangguan yang sebaliknya dapat berkembang secara serius [113]. Sistem perawatan kesehatan harus dilihat sebagai kumpulan sistem yang heterogen, terdistribusi, dan ada di mana-mana yang berbicara dalam bahasa yang berbeda, mengintegrasikan perangkat medis dan dipersonalisasi oleh entitas yang berbeda, yang ditetapkan oleh orang-orang yang hidup dalam situasi yang berbeda dan mengejar tujuan yang berbeda [115]. Akibatnya, arsitektur telah dirancang untuk mendukung penggunaan medis dalam bentuk organisasi untuk integrasi, penyebaran, dan pengarsipan data medis dan rekam medis elektronik, dalam bentuk laba-laba web dari sistem pemrosesan informasi cerdas, yang subsistem utama, peran fungsionalnya, dan aliran

informasi dan kontrol di antara mereka, dengan otonomi yang dapat dimodifikasi. Kualitas layanan akan ditingkatkan dengan sistem simulasi berbasis web tersebut [116].

Arsitektur telah dirancang untuk mendukung penggunaan medis dalam bentuk organisasi untuk integrasi, penyebaran, dan pengarsipan data medis dan rekam medis elektronik, dalam bentuk laba-laba web dari sistem pemrosesan informasi cerdas, subsistem utamanya, mereka peran fungsional, dan aliran informasi dan kontrol di antara mereka, dengan otonomi yang dapat dimodifikasi. Kualitas layanan akan ditingkatkan dengan sistem simulasi berbasis web tersebut [116].

arsitektur telah dirancang untuk mendukung penggunaan medis dalam bentuk organisasi untuk integrasi, penyebaran, dan pengarsipan data medis dan rekam medis elektronik, dalam bentuk laba-laba web dari sistem pemrosesan informasi cerdas, subsistem utamanya, mereka peran fungsional, dan aliran informasi dan kontrol di antara mereka, dengan otonomi yang dapat dimodifikasi. Kualitas layanan akan ditingkatkan dengan sistem simulasi berbasis web tersebut [116].

L. Aplikasi Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan

Dalam perawatan kesehatan, manajemen data adalah aplikasi kecerdasan buatan yang paling terlihat. Mengumpulkannya, menyimpannya, menormalkannya, dan menelusuri leluhurnya adalah bagian dari proses. Ini adalah langkah pertama untuk merombak sistem perawatan kesehatan saat ini [119]. Baru-baru ini, cabang penelitian AI Google, Google Deep Mind Health, meluncurkan sebuah proyek yang menggunakan data medis untuk memberikan perawatan kesehatan yang sangat cepat dan berkualitas tinggi [120]. Manajemen data adalah penggunaan kecerdasan buatan dan otomatisasi digital yang paling banyak digunakan dalam perawatan kesehatan karena mengumpulkan dan menganalisis data adalah langkah yang diperlukan. Untuk memberikan akses yang lebih cepat dan konsisten, robot mengumpulkan, menyimpan, menata ulang, dan melacak data [121].

Selama dekade sebelumnya, jumlah data kesehatan yang tersedia telah meningkat [122]. Setiap hari dalam bisnis kesehatan, sejumlah besar data (informasi pasien, informasi diagnosis, penemuan penelitian baru, dan sebagainya) dihasilkan [123]. Penggunaan data besar dan alat analitik telah membantu

organisasi mendapatkan wawasan yang dibutuhkan untuk berkolaborasi secara lebih efisien dengan pasien dan membuat keputusan yang lebih baik, dan ketergantungan pada data besar dan penyimpanannya telah tumbuh secara nyata [121].

AI adalah bidang ilmu komputer dan teknologi yang menyimulasikan perilaku cerdas di komputer. Menggabungkan kekuatan AI dengan pengetahuan dokter, informasi, dan kontak manusia akan meningkatkan kualitas perawatan pasien sekaligus menurunkan biaya. AI dapat digunakan untuk memeriksa data dari seluruh populasi pasien untuk menemukan bukti baru dan memilih prosedur perawatan kesehatan berkualitas tinggi [124].

M. Melakukan Pekerjaan yang Berulang

Robot dapat melakukan tes, rontgen, *CT-scan*, entri data, dan tugas rutin lainnya jauh lebih cepat dan lebih akurat [125]. Jumlah data yang harus ditinjau dalam kardiologi dan radiologi dapat menjadi hal yang menakutkan dan memakan waktu [126]. Di masa depan, ahli jantung dan ahli radiologi seharusnya hanya melihat kasus yang paling kompleks ketika pengawasan manusia bermanfaat. Algoritma IBM lain, *Saringan Medis* [127], dimulai. Ini adalah upaya penelitian jangka panjang yang

bertujuan untuk mengembangkan "asisten kognitif" generasi berikutnya dengan kemampuan analitis, penalaran, dan pengetahuan klinis. Medical Sieve dapat membantu dalam pengambilan keputusan klinis radiologi dan kardiologi. "Asisten kesehatan kognitif" dapat dengan cepat mencatat dan mengidentifikasi masalah dalam gambar radiografi. "Asisten kesehatan kognitif"

Desain perawatan

AI menghasilkan terobosan dalam perawatan kesehatan, seperti organisasi taktik pengobatan yang lebih baik, analisis data untuk strategi pengobatan yang lebih baik, dan pemantauan pengobatan [129]. AI dapat melihat indikasi dan gejala penyakit dalam pencitraan medis seperti MRI, CT-scan, ultrasound, dan rontgen dengan lebih cepat dan akurat, memungkinkan diagnosa dan pilihan pengobatan yang lebih cepat [130]. Modernizing Medicine, asisten medis yang mengumpulkan informasi pasien, mencatat diagnosis, mengamankan pengujian dan resep, dan mengatur informasi penagihan [109], memungkinkan dokter untuk melakukan penelitian. Selain itu, kemampuan untuk mencari database publik yang berisi informasi dari ratusan dokter dan kasus pasien dapat membantu dokter mengelola perawatan

yang lebih individual atau menemukan kasus yang sebanding [122].

N. Konsultasi Digital

Bot dalam perawatan kesehatan dirancang untuk melibatkan pasien terlebih dahulu dan terutama. Bot perawatan kesehatan, seperti Babylon and Motifs [131], ditemukan di aplikasi perpesanan seluler dan dapat membantu pasien secara instan dan waktu nyata hanya dengan mengirim pesan. Bot percakapan kesehatan dapat menjawab pertanyaan terkait kesehatan dan bahkan membantu pasien mengelola obat mereka dengan menawarkan informasi tentang berbagai macam obat dan dosis yang direkomendasikan [132]. Perangkat pemantauan kesehatan berbasis kecerdasan buatan sekarang banyak digunakan. Mereka dapat digunakan untuk memantau indikator kesehatan seperti tindakan jantung pasca operasi, tinggi dan berat badan pasien, dan sebagainya dari jarak jauh. Perangkat yang dapat dikenakan yang terlihat seperti jam tangan, seperti pelacak kebugaran komersial Fit BIT, menjadi semakin populer. AI dapat digunakan untuk menentukan rencana perawatan jangka panjang atau mengatur alarm untuk memberi tahu klien tentang kesulitan apa pun. Perangkat *wearable* dapat melacak informasi terkait kesehatan dan

kenyamanan seseorang, seperti jumlah langkah yang diambil atau kalori yang terbakar. Ini bisa menjadi penting bagi pasien yang mencoba untuk menurunkan berat badan. AI kemudian dapat menganalisis data ini untuk memberi orang akses yang lebih baik ke informasi tentang keadaan fisik mereka, memungkinkan mereka untuk membuat keputusan gaya hidup yang lebih percaya diri [133].

O. Pembuatan Obat

Algoritma *Machine learning* sekarang digunakan untuk mengurangi waktu penemuan obat, dengan sejumlah keberhasilan. Proses pengembangan obat melalui uji klinis sangat memakan waktu, sering kali memakan waktu lebih dari sepuluh tahun dan menghabiskan biaya miliaran dolar. Kecerdasan buatan (AI) berpotensi membuat bagian dari proses pengembangan obat menjadi lebih cepat, lebih murah, dan lebih aman. Sementara AI tidak dapat menghilangkan semua tahap pengembangan obat, AI dapat membantu tahapan seperti menemukan bahan kimia baru yang dapat digunakan sebagai obat-obatan. Ini juga dapat membantu mengungkap kegunaan baru untuk bahan kimia yang telah dieksplorasi [134]. Selama wabah virus Ebola 2014 di Afrika Barat, algoritma bertenaga AI digunakan untuk

memeriksa obat yang tersedia yang dapat disesuaikan untuk memerangi penyakit tersebut. Dua obat yang menurunkan infektivitas diidentifikasi dalam satu hari, ketika penelitian serupa biasanya memakan waktu berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, berpotensi menyelamatkan ribuan nyawa [135]. Platform AI yang dikombinasikan dengan teknologi komputasi dalam memori akan segera memungkinkan penemuan, pengembangan, dan pengiriman obat yang lebih cepat, serta membantu para ilmuwan dalam menemukan kegunaan baru untuk obat-obatan [134].

P. Mendeteksi Penyakit Ganas dan Menilai Efektivitas Kemoterapi pada Pasien Kanker

Penyakit medis mungkin ditunjukkan dengan tanda-tanda kulit yang menyerupai lesi. Mengenali mereka dapat membantu dokter membedakan antara penyakit jinak dan berbahaya seperti kanker kulit lebih awal. Algoritme AI sekarang digunakan di beberapa sistem perawatan. Derma Bandingkan adalah contoh bagaimana algoritma AI dapat digunakan untuk membandingkan dan membedakan foto tahi lalat melanoma dengan foto 50 juta tahi lalat yang diketahui yang disediakan oleh pasien dan dokter di seluruh dunia [136]. Ciri-ciri khusus dapat diambil dari foto menggunakan AI, memberikan

jauh lebih banyak informasi daripada yang bisa ditentukan oleh mata manusia [137]. Bayangkan, misalnya, dapat mendeteksi perbedaan yang signifikan dalam ukuran tumor, bentuk, dan karakteristik eksterior (kanker halus versus kasar dan infiltrasi). Jika karakteristik fisik ini dapat dikaitkan dengan mutasi tertentu, data dapat digunakan untuk mendiagnosis atau meramalkan hasil [136]. Kemajuan teknologi komputer digital, yang memungkinkan teknik pencitraan baru dan lebih kompleks, dapat berdampak pada interpretasi gambar radiologis. Mammografi telah secara efektif menggunakan pencitraan komputer dan algoritma AI untuk mengenali dan mengidentifikasi anomali dalam gambar digital [138].

Q. Mendeteksi Kondisi Mental

Ketika merancang solusi *e-Learning* untuk mereka, misalnya, cara atau kondisi psikologis mereka harus dipertimbangkan. Beberapa teknologi medis mengitari AI untuk mendiagnosis gangguan psikologis ini pada anak-anak lebih cepat [139]. Pertimbangkan penggunaan peralatan pelacak mata. LLC *Right Eye* Baru-baru ini, penemu teknologi meluncurkan uji coba autisme bertenaga AI, yang memungkinkan penyedia menggunakan teknologi pelacakan mata untuk

mendeteksi tahap awal ASD (*autism spectrum disorder*) pada anak-anak berusia 12 hingga 40 bulan [140]. Selama pengujian, anak-anak diuji menggunakan perangkat *eye-tracking* yang menampilkan berbagai gambar di layar.

R. Penatalaksanaan Diabetes

Diabetes adalah kondisi metabolisme yang menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah dari waktu ke waktu. Peningkatan kadar glukosa darah disebabkan oleh penghancuran pankreas (Tipe I) atau sel yang resisten terhadap insulin (Tipe II). Neuropati, nefropati, retinopati, dan kardiomiopati adalah beberapa masalah mikro dan makrovaskular serius yang dapat diakibatkan oleh kondisi tersebut [142]. Penggunaan AI dalam analisis atau pemantauan diabetes, serta kesulitan yang ditimbulkannya, dapat meningkatkan kualitas hidup pasien [143]. Diagnosis dengan bantuan komputer, sistem pendukung keputusan, sistem khusus, dan eksekusi perangkat lunak semuanya dapat membantu dokter dalam mengurangi variabilitas intra dan antar pengamat. AI meningkatkan presisi dan kecepatan interpretasi hasil. Klinik Diabetes, misalnya, menggunakan sistem yang dibangun di atas platform AI yang mengoptimalkan diri dalam studi observasional

terbarunya. Sistem Rhythm menggunakan sensor biometrik non-invasif dan AI untuk memperkirakan dan mengelola kadar glukosa darah pada penderita diabetes.

S. Keterbatasan Kecerdasan Buatan dalam Perawatan Kesehatan

Dalam banyak keadaan, istilah "kecerdasan buatan" mungkin menyesatkan karena mengacu pada teknologi yang jauh lebih maju daripada yang ada saat ini [134]. Teknologi saat ini, yang mencakup berbagai metodologi *Machine learning*, dapat memberikan kecerdasan sempit buatan (ANI) dalam berbagai disiplin ilmu dengan sebaik-baiknya. Namun, ini terjadi pada tingkat yang luar biasa [131]. Dalam beberapa pencarian, sistem kecerdasan buatan ini mengungguli manusia untuk menghindari *over-hyping* teknologi, keterbatasan medis ANI saat ini juga harus diakui [114]. Menyederhanakan dan menstandarisasi rekam medis sedemikian rupa sehingga algoritme dapat memahaminya berarti bahwa membawa ANI ke departemen rumah sakit untuk tugas administratif menghadapi kendala signifikan lainnya.

T. Masa Depan Kecerdasan Buatan

Di berbagai industri, AI mendapatkan daya tarik. AI memiliki potensi untuk memberikan dampak besar dan

positif bagi dokter dan pasien di industri perawatan kesehatan. AI dapat memberikan diagnosis yang jauh lebih cepat dan lebih akurat untuk segmen populasi yang jauh lebih besar karena kemampuannya untuk mengumpulkan dan mengevaluasi sejumlah besar data. Individu yang tidak memiliki akses ke perawatan kesehatan yang sangat khusus bisa mendapatkan keuntungan dari AI [145]. Biaya perawatan kesehatan dapat dikurangi sebagai akibat dari diagnosis yang lebih awal dan lebih akurat. Akibat AI, tenaga medis dan pasien juga terancam. Sampai gudang data cukup besar dan bersertifikat tinggi, dokter harus mengandalkan keahlian dan pengalaman mereka untuk memastikan bahwa kecerdasan buatan menghasilkan diagnosis dan rencana perawatan yang akurat [146]. Seiring kemajuan teknologi AI, itu akan mengubah cara dokter memandang pasien mereka, memperluas kemungkinan untuk memprediksi dan mengobati penyakit, mengurangi biaya perawatan kesehatan, dan memajukan perawatan medis di area di mana perawatan kesehatan langka. Akhirnya, membayangkan masa depan kedokteran berdasarkan data dan analitik memberikan harapan, tetapi membutuhkan studi berkelanjutan untuk sepenuhnya menyadari potensinya [147].

U. Perangkat AI

Diskusi di atas menunjukkan bahwa perangkat AI terutama jatuh ke dalam dua kategori utama. Kategori pertama mencakup teknik *Machine learning* (ML) yang menganalisis data terstruktur seperti data pencitraan, genetik, dan EP. Dalam aplikasi medis, prosedur ML mencoba untuk mengelompokkan sifat pasien atau menyimpulkan kemungkinan hasil penyakit [148]. Kategori kedua mencakup metode pemrosesan bahasa alami (NLP) yang mengekstrak informasi dari data tidak terstruktur seperti catatan klinis/jurnal medis untuk melengkapi dan memperkaya data medis terstruktur. Prosedur NLP menargetkan mengubah teks menjadi data terstruktur yang dapat dibaca mesin, yang kemudian dapat dianalisis dengan teknik ML. [149], menjelaskan jalur dari pembuatan data klinis hingga pengambilan keputusan klinis menggunakan pengayaan data NLP dan *Machine learning*. Kami mengamati bahwa tindakan klinis memulai dan mengakhiri rencana jalan. Pendekatan AI, sekuat apa pun, harus dimotivasi oleh kekhawatiran klinis dan pada akhirnya diterapkan pada praktik klinis.

Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Masa Lalu, Saat Ini, dan Masa Depan

Pasar perangkat medis global, menurut laporan yang dikeluarkan oleh The Business Research Company (Business Research Company, 2020), pasar (MD) tumbuh karena peningkatan kasus penyakit menular dan kronis, peningkatan jumlah fasilitas kesehatan, peningkatan pengeluaran perawatan kesehatan, kemajuan teknologi, dan pertumbuhan populasi lansia yang cepat. Sejak diperkenalkannya COVID-19, telah terjadi peningkatan besar dalam permintaan MD untuk diagnosis, prognosis, dan pengobatan (Badnjevic, 2020). Jelas bahwa hanya memproduksi produk dan menggunakannya di sektor kesehatan telah lama terlampaui. Pengguna sekarang menuntut lebih dari sekadar perangkat. Terlepas dari permintaan besar untuk perawatan kesehatan, pemerintah di seluruh dunia, termasuk MD, berfokus pada pengurangan biaya, namun juga menginginkan hasil pasien yang lebih baik.

A. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Masa Lalu

Pengembangan metodologi AI terkait erat dengan penerapan AI dalam kedokteran. Pada awal 1970-an, AI

dibawa ke dunia kedokteran untuk meningkatkan efisiensi diagnosis dan pengobatan medis (Patel, 2009). Karena banyak batasan teknologi yang telah di atasi dengan munculnya pembelajaran mendalam, dibutuhkan waktu sekitar 30 tahun dari pengenalannya hingga aplikasi luas dalam perawatan kesehatan.

B. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Saat Ini

Produsen perangkat medis memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan perawatan pasien dan membantu penyedia layanan kesehatan (Flaxman, 2018). (Weungart, 2000). Perkembangan AI baru dalam perangkat keras dan perangkat lunak telah memungkinkan interpretasi data fisiologis dari sensor, memungkinkan proliferasi yang cepat dari perangkat yang dapat dikenakan seperti jam tangan pintar dengan aplikasi pemantauan kesehatan digital. Meningkatnya jumlah perangkat yang dapat dikenakan di pasar berdampak pada area pemantauan kesehatan digital (Jha, 2016). Sejumlah besar data digunakan dalam proses deteksi penyakit, diagnosis, dan pengobatan karena teknologi diagnostik berbantuan terus berkembang (Abernethy, 2010). Sulit bagi dokter untuk mengatur dan menganalisis informasi ini dalam waktu singkat.

C. Kecerdasan Buatan dalam Perangkat Medis: Masa Depan

Menyelaraskan norma dan aturan yang secara tegas mengatur penggunaan kecerdasan buatan dalam perangkat medis adalah cara untuk melihat masa depan penggunaan AI dalam kedokteran. FDA telah membuat beberapa langkah di bidang ini. Tidak seperti legislator Eropa, FDA menyatakan posisinya tentang kecerdasan buatan dalam sebuah dokumen berjudul "Kerangka Peraturan yang Diusulkan" yang diterbitkan pada April 2019." untuk Modifikasi Perangkat Lunak Berbasis Kecerdasan Buatan/ *Machine learning* (AI/ML) sebagai Perangkat Medis" adalah judul dokumen (SaMD). Masalah sistem pembelajaran terus-menerus dibahas dalam dokumen ini. Menurut makalah itu, perangkat medis yang sebelumnya disetujui berdasarkan pendekatan AI menggunakan "algoritma terkunci". Sementara regulator bekerja untuk mengatasi masalah ini, perusahaan besar sedang bertransisi dari manufaktur tradisional ke model cerdas berbasis data.

Medtronic, misalnya, dikhususkan untuk memasukkan kecerdasan buatan ke dalam sektor bedah yang ada, yang mencakup pencitraan canggih, robotika, dan navigasi, serta meningkatkan perekrutan pemantauan pasien jarak jauh. Platform praoperasi yang

dijuluki UNiD ASI, yang dapat menggunakan algoritma pemodelan prediktif untuk merekonstruksi tulang belakang untuk pemodelan dan pengukuran digital adalah salah satu item utama yang ingin diadopsi Medtronic dalam operasi. Medtronic GROUP, sebuah perusahaan perangkat medis Prancis yang menyediakan solusi bedah untuk ahli bedah saraf dan ahli bedah plastik, menemukan UNiD ASI. Sistem seperti itu mewakili perubahan paradigma dari manajemen dan pemeliharaan reaktif ke manajemen dan pemeliharaan prediktif, karena dapat digunakan untuk mendeteksi penyimpangan perangkat keras yang mengarah pada diagnosis dan perawatan pasien yang tidak akurat. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Machine learning* dalam rekayasa klinis dan manajemen teknologi kesehatan dapat membantu optimasi biaya dan manajemen peralatan medis [150].

D. Peran Kecerdasan Buatan dalam Pengembangan Obat

Ketika ruang kimia berkembang, kesenjangan antara penemuan dan pengembangan obat melebar, membuatnya lebih menantang untuk menemukan senyawa terapeutik baru. Akibatnya, strategi berdasarkan dasar-dasar kecerdasan buatan sangat

berguna dalam berbagai tahap Mengidentifikasi dan memvalidasi target farmakologis, memodelkan obat-obatan, dan meningkatkan daya tarik adalah semua aspek pengembangan obat. Ini juga mengoptimalkan strategi untuk membuat penilaian dengan memainkan peran kunci dalam merancang uji klinis untuk pasien "Target Terbuka," salah satu aplikasinya, adalah program strategis baru untuk menyelidiki hubungan antara target terapeutik dan penyakit, serta bagaimana gen terkait dengan penyakit. Ini menjabarkan jalan untuk menentukan apakah target terkait dengan penyakit atau apakah target terkait dengan penyakit [151]. Molekul seperti obat harus mematuhi Aturan Lima Lipinski. Mengingat hal ini, Seglar et al. 3N-MCTS (Monte Carlo Tree Search) adalah teknik jaringan saraf baru yang melampaui teknologi sintesis retro berbantuan komputer. Dalam waktu singkat, jalur sintesis yang berbeda dirancang, dengan fase yang lebih sedikit untuk diikuti 5. SPIDER adalah metode kecerdasan buatan yang digunakan untuk mencari tahu apa peran bahan alami dalam pengembangan obat. Itu dibuat sebagian besar untuk memprediksi target farmasi, seperti *Lapachone*, dan dengan demikian menunjukkan bahwa *Lapachone* menghambat *5-Lipoxygenase* secara reversibel dan alosterik. Untuk menentukan toksisitas zat yang tidak

diketahui, peneliti menggunakan pendekatan *Read Across Structure-Activity Relationship* (RASAR).

Penutup

Selama beberapa tahun terakhir, telah terjadi peningkatan yang signifikan dalam minat menggunakan teknologi AI untuk menganalisis dan menginterpretasikan beberapa bidang penting farmasi, seperti penemuan obat, desain bentuk sediaan, poli farmakologi, farmasi rumah sakit, dan sebagainya, karena teknologi AI pendekatan percaya pada manusia membayangkan pengetahuan, memecahkan masalah, dan membuat keputusan. Pemanfaatan alur kerja otomatis dan database untuk analisis yang dibantu AI telah terbukti bermanfaat. Sebagai hasil dari penggunaan metodologi AI, membuat hipotesis, rencana, prediksi, dan analisis baru dari banyak elemen terkait dapat dilakukan dengan cepat dan murah. *Artificial intelligence* (AI) adalah teknologi yang berkembang pesat dengan aplikasi di berbagai industri, termasuk industri perawatan kesehatan. Menurut penelitian, AI dalam perawatan kesehatan adalah pasar yang berkembang pesat. Dalam disiplin ini, ia menawarkan berbagai aplikasi, termasuk manajemen data, penelitian pengobatan, kontrol diabetes, dan konsultasi digital. Ada beberapa indikasi bahwa AI medis dapat membantu dokter dan pasien memberikan perawatan

kesehatan di abad kedua puluh satu dengan cara yang jauh lebih profesional.

Referensi

1. Dasta JF. Application of Artificial *Intelligence* To Pharmacy and Medicine. *Hospital Pharmacy*. 1992 Apr 1;27(4):312-5.
2. Krishnaveni C, Arvapalli S, Sharma JV. International Journal of Innovative Pharmaceutical Sciences and Research.
3. Castrounis A. (2017). *Artificial Intelligence , Deep Learning, and Neural Networks, Explained*. [online]Kdnuggets.com.Availableat:<http://www.kdnuggets.com/2016/10/artificial-intelligence-deep-learningneural-networks-explained.html> [Accessed 28 Sep. 2017]
4. Greenhill AT, Edmunds BR. A primer of artificial *intelligence* in medicine. *Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy*. 2020 Apr 1;22(2):85-9.
5. Lakshmi Teja T, Keerthi P, Debarshi Datta NB. *Recent Trends in The Usage of Robotics in Pharmacy*.
6. Duch W, Swaminathan K, Meller J. Artificial *Intelligence* Approaches for Rational Drug Design and Discovery. *Current Pharmaceutical Design*. 2007 May 1;13(14):1497-508.

7. Engelbrecht AP. *Computational intelligence: An introduction*. New York: J. Wiley; 2003..
8. Yang Y, Siau KL. A Qualitative Research on Marketing and Sales in The Artificial *Intelligence* Age. *MWAIS 2018 Proceedings*. 2018;41.
9. Wirtz BW, Weyerer JC, Geyer C. Artificial *Intelligence* and The Public Sector—Applications and Challenges. *International Journal of Public Administration*. 2019 May 19;42(7):596-615.
10. Krishnaveni C, Arvapalli S, Sharma JV. International Journal of Innovative Pharmaceutical Sciences and Research.
11. Manikiran SS, Prasanthi NL. *Artificial Intelligence: Milestones and Role in Pharma and Healthcare Sector*. *Pharma Times*. 2019;51:9-56.
12. Cherkasov A, Hilpert K, Jenssen H, Fjell CD, Waldbrook M, Mullaly SC, Volkmer R, Hancock RE. Use of Artificial *Intelligence* in The Design of Small Peptide Antibiotics Effective Against A Broad Spectrum of Highly Antibiotic-Resistant Superbugs. *ACS Chemical Biology*. 2009 Jan 16;4(1):65-74.
13. Mak KK, Pichika MR. Artificial *Intelligence* in Drug Development: Present Status and Future Prospects. *Drug Discovery Today*. 2019 Mar 1;24(3):773-80.

14. Mishra V. *Artificial intelligence: The Beginning of A New Era in Pharmacy Profession. Asian Journal of Pharmaceutics (AJP): Free Full Text Articles from Asian J Pharm.* 2018 May 30;12(02).
15. Mak KK, Pichika MR. *Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects. Drug discovery today.* 2019 Mar 1;24(3):773-80.
16. Sellwood MA, Ahmed M, Segler MH, Brown N. *Artificial intelligence in drug discovery. Future medicinal chemistry.* 2018 Sep;10(17):2025-8.
17. Chan HS, Shan H, Dahoun T, Vogel H, Yuan S. *Advancing drug discovery via artificial intelligence . Trends in pharmacological sciences.* 2019 Aug 1;40(8):592-604.
18. Sellwood MA, Ahmed M, Segler MH, Brown N. *Artificial intelligence in drug discovery. Future medicinal chemistry.* 2018 Sep;10(17):2025-8.
19. Brown N. *In silico medicinal chemistry: computational methods to support drug design. Royal Society of Chemistry;* 2015 Oct 30.
20. Pereira JC, Caffarena ER, Dos Santos CN. *Boosting docking-based virtual screening with deep learning. Journal of chemical information and modelling.* 2016 Dec 27;56(12):2495-506.
21. Firth NC, Atrash B, Brown N, Blagg J. *MOARF, an integrated workflow for multiobjective optimization:*

- implementation, synthesis, and biological evaluation. *Journal of chemical information and modelling*. 2015 Jun 22;55(6):1169-80.
22. King RD, Hirst JD, Sternberg MJ. Comparison of *artificial intelligence* methods for modelling pharmaceutical QSARS. *Applied Artificial intelligence an International Journal*. 1995 Mar 1;9(2):213-33.
 23. Bahardoust M. Role of adipose-derived mesenchymal stem cells in the regeneration of cardiac tissue and improvement of cardiac function: a narrative review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2021;11(1):8446-56.
 24. Nakamura T, Sasano T. *Artificial intelligence* and cardiology: Current status and perspective: *Artificial intelligence and Cardiology*. *Journal of Cardiology*. 2021 Dec 9.
 25. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Suman R. Applications of *Artificial intelligence* (AI) for cardiology during COVID-19 pandemic. *Sustainable Operations and Computers*. 2021 Jan 1;2:71-8.
 26. Ye C, Fu T, Hao S, Zhang Y, Wang O, Jin B, Xia M, Liu M, Zhou X, Wu Q, Guo Y. Prediction of incident hypertension within the next year: prospective study using statewide electronic health records and *Machine learning*. *J Med Internet Res*. 2018 Jan 30;20(1):e22.

27. Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, Singh A, Olgin JE, Pletcher MJ, Vittinghoff E, Lee ES, Fan SM, Gladstone RA, Mikell C. Passive detection of atrial fibrillation using a commercially available smartwatch. *JAMA cardiology*. 2018 May 1;3(5):409-16.
28. Picon A, Irusta U, Álvarez-Gila A, Aramendi E, Alonso-Atienza F, Figuera C, Ayala U, Garrote E, Wik L, Kramer-Johansen J, Eftestøl T. Mixed convolutional and long short-term memory network for the detection of lethal ventricular arrhythmia. *PloS one*. 2019 May 20;14(5):e0216756.
29. Yang C, Ojha BD, Aranoff ND, Green P, Tavassolian N. *Classification of aortic stenosis using conventional Machine learning and deep learning methods based on multi-dimensional cardio-mechanical signals*. *Scientific Reports*. 2020 Oct 16;10(1):1-1.
30. Eberhard M, Nadarevic T, Cousin A, von Spiczak J, Hinzpeter R, Euler A, Morsbach F, Manka R, Keller DI, Alkadhi H. *Machine learning-based CT fractional flow reserve assessment in acute chest pain: first experience*. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2020 Aug;10(4):820.
31. Nguyen MT, Nguyen BV, Kim K. *Deep feature learning for sudden cardiac arrest detection in automated*

- external defibrillators. *Scientific reports*. 2018 Nov 21;8(1):1-2.
32. Retson TA, Masutani EM, Golden D, Hsiao A. Clinical performance and role of expert supervision of *deep learning* for cardiac ventricular volumetry: a validation study. *Radiology: Artificial Intelligence* . 2020 Jul 8:e190064.
 33. Hannun AY, Rajpurkar P, Haghpanahi M, Tison GH, Bourn C, Turakhia MP, Ng AY. Cardiologist-level arrhythmia detection and *classification* in ambulatory electrocardiograms using a *deep* neural network. *Nature medicine*. 2019 Jan;25(1):65-9.
 34. Ranti D, Valliani AA, Costa A, Oermann EK. *Artificial intelligence* as applied to clinical neurological conditions. In *Artificial intelligence in Medicine 2021* Jan 1 (pp. 395-413). Academic Press.
 35. Abedi V, Avula V, Chaudhary D, Shahjouei S, Khan A, Griessenauer CJ, Li J, Zand R. Prediction of long-term stroke recurrence using *Machine learning* models. *Journal of clinical medicine*. 2021 Jan;10(6):1286.
 36. Rava RA, Seymour SE, Snyder KV, Waqas M, Davies JM, Levy EI, Siddiqui AH, Ionita CN. Automated Collateral Flow Assessment in Patients with Acute Ischemic Stroke Using Computed Tomography with *Artificial*

- intelligence* Algorithms. World Neurosurgery. 2021 Nov 1;155:e748-60.
37. Young AL, Marinescu RV, Oxtoby NP, Bocchetta M, Yong K, Firth NC, Cash DM, Thomas DL, Dick KM, Cardoso J, van Swieten J. Uncovering the heterogeneity and temporal complexity of neurodegenerative diseases with Subtype and Stage Inference. *Nature communications*. 2018 Oct 15;9(1):1-6.
 38. Eshaghi A, Young AL, Wijeratne PA, Prados F, Arnold DL, Narayanan S, Guttman CR, Barkhof F, Alexander DC, Thompson AJ, Chard D. Identifying multiple sclerosis subtypes using *unsupervised Machine learning* and MRI data. *Nature communications*. 2021 Apr 6;12(1):1-2.
 39. Jin B, Krishnan B, Adler S, Wagstyl K, Hu W, Jones S, Najm I, Alexopoulos A, Zhang K, Zhang J, Ding M. Automated detection of focal cortical dysplasia type II with surface-based magnetic resonance imaging postprocessing and *Machine learning*. *Epilepsia*. 2018 May;59(5):982-92.
 40. Gleichgerricht E, Munsell BC, Alhusaini S, Alvim MK, Bargalló N, Bender B, Bernasconi A, Bernasconi N, Bernhardt B, Blackmon K, Caligiuri ME. *Artificial intelligence* for *classification* of temporal lobe epilepsy with ROI-level MRI data: A worldwide ENIGMA-

- Epilepsy study. *NeuroImage: Clinical*. 2021 Jan 1;31:102765.
41. Daoud H, Bayoumi MA. Efficient epileptic seizure prediction based on *deep learning*. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems*. 2019 Jul 17;13(5):804-13.
 42. Quon RJ, Meisenhelter S, Camp EJ, Testorf ME, Song Y, Song Q, Culler GW, Moein P, Jobst BC. AiED: *Artificial intelligence* for the detection of intracranial interictal epileptiform discharges. *Clinical Neurophysiology*. 2022 Jan 1;133:1-8.
 43. Qiu S, Joshi PS, Miller MI, Xue C, Zhou X, Karjadi C, Chang GH, Joshi AS, Dwyer B, Zhu S, Kaku M. Development and validation of an interpretable *deep learning* framework for Alzheimer's disease *classification*. *Brain*. 2020 Jun 1;143(6):1920-33.
 44. Shinde S, Prasad S, Saboo Y, Kaushick R, Saini J, Pal PK, Ingalthalikar M. Predictive markers for Parkinson's disease using *deep* neural nets on neuromelanin sensitive MRI. *NeuroImage: Clinical*. 2019 Jan 1;22:101748.
 45. Brzezicki MA, Bridger NE, Kobetić MD, Ostrowski M, Grabowski W, Gill SS, Neumann S. *Artificial intelligence* outperforms human students in conducting

- neurosurgical audits. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2020 May 1;192:105732.
46. Agarwal S, Yadav AS, Dinesh V, Vatsav KS, Prakash KS, Jaiswal S. By *artificial intelligence* algorithms and *Machine learning* models to diagnosis cancer. *Materials Today: Proceedings*. 2021 Jul 24.
 47. Pantanowitz L, Quiroga-Garza GM, Bien L, Heled R, Laifenfeld D, Linhart C, Sandbank J, Shach AA, Shalev V, Vecsler M, Michelow P. An *artificial intelligence* algorithm for prostate cancer diagnosis in whole slide *images* of core needle biopsies: a blinded clinical validation and deployment study. *The Lancet Digital Health*. 2020 Aug 1;2(8):e407-16.
 48. El Hussein S, Chen P, Medeiros LJ, Wu J, Khoury JD. *Artificial Intelligence* -Assisted Mapping of Proliferation Centers in Chronic Lymphocytic Leukemia/Small Lymphocytic Lymphoma Identifies Patterns That Reliably Distinguish Accelerated Phase and Large Cell Transformation. *Blood*. 2021 Nov 23;138:1558.
 49. Boldú L, Merino A, Acevedo A, Molina A, Rodellar J. A *deep learning* model (ALNet) for the diagnosis of acute leukaemia lineage using peripheral blood cell *images*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021 Apr 1;202:105999.

50. AlAgha AS, Faris H, Hammo BH, Ala'M AZ. Identifying β -thalassemia carriers using a data mining approach: The case of the Gaza Strip, Palestine. *Artificial intelligence in medicine*. 2018 Jun 1;88:70-83.
51. Schena FP, Anelli VW, Trotta J, Di Noia T, Manno C, Tripepi G, D'Arrigo G, Chesnaye NC, Russo ML, Stangou M, Papagianni A. Development and testing of an *artificial intelligence* tool for predicting end-stage kidney disease in patients with immunoglobulin A nephropathy. *Kidney International*. 2021 May 1;99(5):1179-88.
52. Cao Y, Raof M, Szabo E, Ottosson J, Näslund I. Using Bayesian *networks* to predict long-term health-related quality of life and comorbidity after bariatric surgery: a study based on the scandinavian obesity surgery registry. *Journal of clinical medicine*. 2020 Jun;9(6):1895.
53. Diaz-Rodriguez P, Marino C, Vázquez JA, Caeiro-Rey JR, Landin M. Targeting joint inflammation for osteoarthritis management through stimulus-sensitive hyaluronic acid based intra-articular hydrogels. *Materials Science and Engineering: C*. 2021 Sep 1;128:112254.
54. Gumbs AA, Frigerio I, Spolverato G, Croner R, Illanes A, Chouillard E, Elyan E. *Artificial intelligence* surgery:

- How do we get to autonomous actions in surgery?.
Sensors. 2021 Jan;21(16):5526.
55. Giannone F, Felli E, Cherkaoui Z, Mascagni P, Pessaux P. Augmented Reality and *Image*-Guided Robotic Liver Surgery. *Cancers*. 2021 Jan;13(24):6268.
 56. Abdeltawab H, Shehata M, Shalaby A, Khalifa F, Mahmoud A, El-Ghar MA, Dwyer AC, Ghazal M, Hajjdiab H, Keynton R, El-Baz A. A novel CNN-based CAD system for early assessment of transplanted kidney dysfunction. *Scientific reports*. 2019 Apr 11;9(1):1-1.
 57. Jiang F, Jiang Y, Zhi H. *Artificial intelligence* in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol* 0: e000101.
 58. Manikiran SS, Prasanthi NL. *Artificial Intelligence: Milestones and Role in Pharma and Healthcare Sector*. *Pharma times*. 2019;51:9-56.
 59. Turing AM. Computing *Machine and Intelligence* . *MIND*, LIX, 433–460.
 60. Moor J. The Dartmouth College *artificial intelligence* conference: The next fifty years. *Ai Magazine*. 2006 Dec 15;27(4):87-.
 61. Souza Filho EM, Fernandes FD, Soares CL, Seixas FL, Santos AA, Gismondi RA, Mesquita ET, Mesquita CT. *Artificial intelligence* in cardiology: concepts, tools and challenges-“the horse is the one who runs, you must be

- the jockey". *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2020 May 29;114:718-25.
62. Schläpfer J, Wellens HJ. Computer-interpreted electrocardiograms: benefits and limitations. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017 Aug 29;70(9):1183-92.
 63. Acharya UR, Oh SL, Hagiwara Y, Tan JH, Adam M, Gertych A, San Tan R. A *deep* convolutional neural network model to classify heartbeats. *Computers in biology and medicine*. 2017 Oct 1;89:389-96.
 64. Li Q, Rajagopalan C, Clifford GD. Ventricular fibrillation and tachycardia *classification* using a *Machine learning* approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2013 Jul 26;61(6):1607-13.
 65. Hannun AY, Rajpurkar P, Haghpanahi M, Tison GH, Bourn C, Turakhia MP, Ng AY. Cardiologist-level arrhythmia detection and *classification* in ambulatory electrocardiograms using a *deep* neural network. *Nature medicine*. 2019 Jan;25(1):65-9.
 66. Galloway CD, Valys AV, Shreibati JB, Treiman DL, Petterson FL, Gundotra VP, Albert DE, Attia ZI, Carter RE, Asirvatham SJ, Ackerman MJ. Development and validation of a *deep-learning* model to screen for hyperkalemia from the electrocardiogram. *JAMA cardiology*. 2019 May 1;4(5):428-36.

67. Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, McKie PM, Ladewig DJ, Satam G, Pellikka PA, Enriquez-Sarano M, Noseworthy PA, Munger TM, Asirvatham SJ. Screening for cardiac contractile dysfunction using an *artificial intelligence* -enabled electrocardiogram. *Nature medicine*. 2019 Jan;25(1):70-4.
68. Porumb M, Stranges S, Pescapè A, Pecchia L. Precision medicine and *artificial intelligence*: a pilot study on *deep learning* for hypoglycemic events detection based on ECG. *Scientific reports*. 2020 Jan 13;10(1):1-6.
69. Dissanayake T, Rajapaksha Y, Ragel R, Nawinne I. An ensemble *learning* approach for electrocardiogram sensor based human emotion recognition. *Sensors*. 2019 Jan;19(20):4495.
70. Attia ZI, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Asirvatham SJ, Deshmukh AJ, Gersh BJ, Carter RE, Yao X, Rabinstein AA, Erickson BJ, Kapa S. An *artificial intelligence* -enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction. *The Lancet*. 2019 Sep 7;394(10201):861-7.
71. Ko WY, Siontis KC, Attia ZI, Carter RE, Kapa S, Ommen SR, Demuth SJ, Ackerman MJ, Gersh BJ, Arruda-Olson AM, Geske JB. Detection of hypertrophic cardiomyopathy using a convolutional neural network-

- enabled electrocardiogram. *Journal of the American College of Cardiology*. 2020 Feb 25;75(7):722-33.
72. Attia ZI, Friedman PA, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Ladewig DJ, Satam G, Pellikka PA, Munger TM, Asirvatham SJ, Scott CG, Carter RE. Age and sex estimation using *artificial intelligence* from standard 12-lead ECGs. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2019 Sep;12(9):e007284.
73. Attia ZI, Friedman PA, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Ladewig DJ, Satam G, Pellikka PA, Munger TM, Asirvatham SJ, Scott CG, Carter RE. Age and sex estimation using *artificial intelligence* from standard 12-lead ECGs. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2019 Sep;12(9):e007284.
74. William AD, Kanbour M, Callahan T, Bhargava M, Varma N, Rickard J, Saliba W, Wolski K, Hussein A, Lindsay BD, Wazni OM. Assessing the accuracy of an automated atrial fibrillation detection algorithm using smartphone technology: The iREAD Study. *Heart rhythm*. 2018 Oct 1;15(10):1561-5.
75. Guo Y, Wang H, Zhang H, Liu T, Liang Z, Xia Y, Yan L, Xing Y, Shi H, Li S, Liu Y. Mobile photoplethysmographic technology to detect atrial fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2019 Nov 12;74(19):2365-75.

76. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, Balasubramanian V, Russo AM, Rajmane A, Cheung L, Hung G. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *New England Journal of Medicine*. 2019 Nov 14;381(20):1909-17.
77. Chen E, Jiang J, Su R, Gao M, Zhu S, Zhou J, Huo Y. A new smart wristband equipped with an *artificial intelligence* algorithm to detect atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2020 May 1;17(5):847-53.
78. Wasserlauf J, You C, Patel R, Valys A, Albert D, Passman R. Smartwatch performance for the detection and quantification of atrial fibrillation. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2019 Jun;12(6):e006834.
79. Dörr M, Nohturfft V, Brasier N, Bosshard E, Djurdjevic A, Gross S, Raichle CJ, Rhinisperger M, Stöckli R, Eckstein J. The WATCH AF trial: SmartWATCHes for detection of atrial fibrillation. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2019 Feb;5(2):199-208.
80. Goldenthal IL, Sciacca RR, Riga T, Bakken S, Baumeister M, Biviano AB, Dizon JM, Wang D, Wang KC, Whang W, Hickey KT. Recurrent atrial fibrillation/flutter detection after ablation or cardioversion using the AliveCor KardiaMobile device: iHEART results. *Journal of*

cardiovascular electrophysiology. 2019 Nov;30(11):2220-8.

81. Reed MJ, Grubb NR, Lang CC, O'brien R, Simpson K, Padarenga M, Grant A, Tuck S, Keating L, Coffey F, Jones L. Multi-centre randomised controlled trial of a smartphone-based event recorder alongside standard care versus standard care for patients presenting to the emergency department with palpitations and pre-syncope: the IPED (Investigation of Palpitations in the ED) study. *EClinicalMedicine*. 2019 Feb 1;8:37-46.
82. Himmelreich JC, Karregat EP, Lucassen WA, van Weert HC, de Groot JR, Handoko ML, Nijveldt R, Harskamp RE. Diagnostic accuracy of a smartphone-operated, single-lead electrocardiography device for detection of rhythm and conduction abnormalities in primary care. *The Annals of Family Medicine*. 2019 Sep 1;17(5):403-11.
83. Galloway CD, Albert DE, Freedman SB. iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: a novel technology to prevent stroke. *Int J Cardiol*. 2013;165:193-4.
84. Lowres N, Neubeck L, Salkeld G, Krass I, McLachlan AJ, Redfern J, Bennett AA, Briffa T, Bauman A, Martinez C, Wallenhorst C. Feasibility and cost-effectiveness of stroke prevention through community screening for

- atrial fibrillation using iPhone ECG in pharmacies. *Thrombosis and haemostasis*. 2014;111(06):1167-76.
85. Desteghe L, Raymaekers Z, Lutin M, Vijgen J, Dilling-Boer D, Koopman P, Schurmans J, Vanduynhoven P, Dendale P, Heidbuchel H. Performance of handheld electrocardiogram devices to detect atrial fibrillation in a cardiology and geriatric ward setting. *Ep Europace*. 2017 Jan 1;19(1):29-39.
 86. Tarakji KG, Wazni OM, Callahan T, Kanj M, Hakim AH, Wolski K, Wilkoff BL, Saliba W, Lindsay BD. Using a novel wireless system for monitoring patients after the atrial fibrillation ablation procedure: the iTransmit study. *Heart Rhythm*. 2015 Mar 1;12(3):554-9.
 87. Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, Singh A, Olgin JE, Pletcher MJ, Vittinghoff E, Lee ES, Fan SM, Gladstone RA, Mikell C. Passive detection of atrial fibrillation using a commercially available smartwatch. *JAMA cardiology*. 2018 May 1;3(5):409-16.
 88. Fan YY, Li YG, Li J, Cheng WK, Shan ZL, Wang YT, Guo YT. Diagnostic performance of a smart device with photoplethysmography technology for atrial fibrillation detection: pilot study (Pre-mAFA II registry). *JMIR mHealth and uHealth*. 2019 Mar 5;7(3):e11437.
 89. Dörr M, Nohturfft V, Brasier N, Bosshard E, Djurdjevic A, Gross S, Raichle CJ, Rhinisperger M, Stöckli R, Eckstein J.

The WATCH AF trial: SmartWATCHes for detection of atrial fibrillation. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2019 Feb;5(2):199-208.

90. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, Balasubramanian V, Russo AM, Rajmane A, Cheung L, Hung G. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *New England Journal of Medicine*. 2019 Nov 14;381(20):1909-17.
91. Guo Y, Wang H, Zhang H, Liu T, Liang Z, Xia Y, Yan L, Xing Y, Shi H, Li S, Liu Y. Mobile photoplethysmographic technology to detect atrial fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2019 Nov 12;74(19):2365-75.
92. Chen E, Jiang J, Su R, Gao M, Zhu S, Zhou J, Huo Y. A new smart wristband equipped with an *artificial intelligence* algorithm to detect atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2020 May 1;17(5):847-53.
93. Wasserlauf J, You C, Patel R, Valys A, Albert D, Passman R. Smartwatch performance for the detection and quantification of atrial fibrillation. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2019 Jun;12(6):e006834.
94. Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, Heist EK, Pathik B, Armoundas AA. Wearable devices for ambulatory cardiac monitoring: JACC state-of-the-art review.

- Journal of the American College of Cardiology. 2020 Apr 7;75(13):1582-92.
95. Grosan C, Abraham A. Intelligent systems. In: *Rule-Based Expert Systems*. ISRL. Vol. 17. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2011. p.149–187.
 96. Li Q, Rajagopalan C, Clifford GD. Ventricular fibrillation and tachycardia *classification* using a *Machine learning* approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2013 Jul 26;61(6):1607-13.
 97. Alonso-Atienza F, Morgado E, Fernandez-Martinez L, García-Alberola A, Rojo-Alvarez JL. Detection of life-threatening arrhythmias using feature selection and support vector *Machines*. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2013 Nov 13;61(3):832-40.
 98. Li Y, Bisera J, Weil MH, Tang W. An algorithm used for ventricular fibrillation detection without interrupting chest compression. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2011 Feb 22;59(1):78-86.
 99. Figuera C, Irusta U, Morgado E, Aramendi E, Ayala U, Wik L, Kramer-Johansen J, Eftestøl T, Alonso-Atienza F. *Machine learning* techniques for the detection of shockable rhythms in automated external defibrillators. *PloS one*. 2016 Jul 21;11(7):e0159654.
 100. Nguyen MT, Nguyen BV, Kim K. *Deep feature learning* for sudden cardiac arrest detection in automated

- external defibrillators. *Scientific reports*. 2018 Nov 21;8(1):1-2.
101. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB, Deal BJ, Dickfeld T, Field ME, Fonarow GC, Gillis AM. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018 Oct 2;72(14):e91-220.
102. Howard JP, Fisher L, Shun-Shin MJ, Keene D, Arnold AD, Ahmad Y, Cook CM, Moon JC, Manisty CH, Whinnett ZI, Cole GD. Cardiac rhythm device identification using neural *networks*. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2019 May;5(5):576-86.
103. Kalscheur MM, Kipp RT, Tattersall MC, Mei C, Buhr KA, DeMets DL, Field ME, Eckhardt LL, Page CD. *Machine learning* algorithm predicts cardiac resynchronization therapy outcomes: lessons from the COMPANION trial. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2018 Jan;11(1):e005499.
104. Tokodi M, Schwertner WR, Kovács A, Tóser Z, Staub L, Sárkány A, Lakatos BK, Behon A, Boros AM, Perge P,

- Kutyifa V. *Machine learning*-based mortality prediction of patients undergoing cardiac resynchronization therapy: the SEMMELWEIS-CRT score. *European heart journal*. 2020 May 7;41(18):1747-56.
105. Hu SY, Santus E, Forsyth AW, Malhotra D, Haimson J, Chatterjee NA, Kramer DB, Barzilay R, Tulskey JA, Lindvall C. Can *Machine learning* improve patient selection for cardiac resynchronization therapy?. *PloS one*. 2019 Oct 3;14(10):e0222397.
106. Feeny AK, Rickard J, Patel D, Toro S, Trulock KM, Park CJ, LaBarbera MA, Varma N, Niebauer MJ, Sinha S, Gorodeski EZ. *Machine learning* prediction of response to cardiac resynchronization therapy: improvement versus current guidelines. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2019 Jul;12(7):e007316.
107. Han L, Askari M, Altman RB, Schmitt SK, Fan J, Bentley JP, Narayan SM, Turakhia MP. Atrial fibrillation burden signature and near-term prediction of stroke: a *Machine learning* analysis. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2019 Oct;12(10):e005595.
108. Boden MA. Creativity and *artificial intelligence* . *Artificial intelligence* . 1998 Aug 1;103(1-2):347-56.
109. Fogel AL, Kvedar JC. *Artificial intelligence* powers digital medicine. *NPJ digital medicine*. 2018 Mar 14;1(1):1-4.

110. Ranganath R, Gerrish S, Blei D. Black box variational inference. In *Artificial intelligence and statistics 2014* Apr 2 (pp. 814-822). PMLR.
111. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence in healthcare—a review*.
112. Shulman C, Bostrom N. How hard is *artificial intelligence* ? Evolutionary arguments and selection effects. *Journal of Consciousness Studies*. 2012 Jan 1;19(7-8):103-30.
113. Ramesh AN, Kambhampati C, Monson JR, Drew PJ. *Artificial intelligence in medicine*. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2004 Sep;86(5):334.
114. Tomar D, Agarwal S. A survey on Data Mining approaches for Healthcare. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*. 2013 Oct 31;5(5):241-66.
115. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence in healthcare—a review*.
116. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence in healthcare—a review*.
117. JAISWAL R. What is an *Artificial Intelligence* ? . “Keep your dreams alive. Understand to achieve anything requires faith and belief in yourself, *vision*, hard work, determination, and dedication. Remember all things are possible for those who believe”...:354.

118. Hockstein NG, Gourin CG, Faust RA, Terris DJ. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of robotic surgery*. 2007 Jul;1(2):113-8.
119. Wukkadada B, Saiswani VP. Online Healthcare System Using Cloud Computing and *Artificial Intelligence* . IOSR *Journal of Computer Engineering*. 2000;20:S40-3.
120. Mohammadzadeh N, Safdari R. *Artificial intelligence* tools in health information management. *International Journal of Hospital Research*. 2012 Sep 1;1(1):71-6.
121. Lieberman H, Mason C. Intelligent agent software for medicine. *Studies in health technology and informatics*. 2002 Feb:99-110.
122. Maglogiannis I. Introducing *intelligence* in electronic healthcare systems: state of the art and future trends. *Artificial intelligence An International Perspective*. 2009:71-90.
123. Mesko B. The role of *artificial intelligence* in precision medicine. *Expert Review of Precision Medicine and Drug Development*. 2017 Sep 3;2(5):239-41.
124. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence* in healthcare—a review.
125. Goldman LW. Principles of CT and CT technology. *Journal of nuclear medicine technology*. 2007 Sep 1;35(3):115-28.

126. Filler A. The history, development and impact of computed imaging in neurological diagnosis and neurosurgery: CT, MRI, and DTI. *Nature precedings*. 2009 May 26:1-.
127. Salman M, Ahmed AW, Khan OA, Raza B, Latif K. *Artificial intelligence* in bio-medical domain an overview of AI based innovations in medical. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2017 Aug 1;8(8):319-27.
128. Pacis DM, Subido Jr ED, Bugtai NT. Trends in telemedicine utilizing *artificial intelligence* . In AIP conference proceedings 2018 Feb 13 (Vol. 1933, No. 1, p. 040009). AIP Publishing LLC.
129. Patil PV, Dadpe SS, Sultanpure VM. Health Analysis in *Artificial Intelligence* .
130. Imison C, Castle-Clarke S, Watson R, Edwards N. Delivering the benefits of digital health care. London: Nuffield Trust; 2016 Feb.
131. Coiera E. Clinical biochemist reviews. *Communication Systems in Healthcare*. 2006;27:89-98.
132. Cowie J, Calveley E, Bowers G, Bowers J. Evaluation of a digital consultation and self-care advice tool in primary care: a multi-methods study. *International journal of environmental research and public health*. 2018 May;15(5):896.

133. Horner K, Wagner E, Tufano J. Electronic consultations between primary and specialty care clinicians: early insights. *Issue Brief (Commonw Fund)*. 2011 Oct 1;23(23):1-4.
134. Ibrić S, Đurić Z, Parojčić J, Petrović J. *Artificial intelligence* in pharmaceutical product formulation: neural computing. *CICEQ-Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 2009;15(4):227-36.
135. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence* in healthcare—a review.
136. Orhan ER, Tanrikulu AÇ, Abakay A. Use of *artificial intelligence* techniques for diagnosis of malignant pleural mesothelioma. *Dicle Tıp Dergisi*. 2015;42(1):5-11.
137. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence* in healthcare—a review.
138. Jaleel JA, Salim S, Aswin RB. Diagnosis and detection of skin cancer using *artificial intelligence* . *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 2013 Aug;3(2):311-5.
139. Sumathi MR, Poorna B. Prediction of mental health problems among children using *Machine learning* techniques. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2016;7(1).

140. Erguzel T, Ozekes S. *Artificial intelligence* approaches in psychiatric disorders. *J Neurobehav Sci.* 2014;1(2):52.
141. Luxton DD. *Artificial intelligence* in psychological practice: Current and future applications and implications. *Professional Psychology: Research and Practice.* 2014 Oct;45(5):332.
142. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence* in healthcare—a review.
143. Montani S, Bellazzi R, Riva A, Larizza C, Portinale L, Stefanelli M. *Artificial intelligence* techniques for diabetes management: the T-IDDM project. *InECAI 2000 Aug 20* (pp. 716-720).
144. Bodner J, Augustin F, Wykypiel H, Fish J, Muehlmann G, Wetscher G, Schmid T. The da Vinci robotic system for general surgical applications: a critical interim appraisal. *Swiss medical weekly.* 2005 Nov 19;135(4546).
145. Murali¹ N, Sivakumaran N. *Artificial intelligence* in healthcare—a review.
146. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, Wang Y, Dong Q, Shen H, Wang Y. *Artificial intelligence* in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology.* 2017 Dec 1;2(4).
147. Lu S, Burton SL. Man vs robots? Future challenges and opportunities within *Artificial intelligence* (AI) health

- care education model. Proceedings of the RAIS Conferece I. 2017 Nov;6:7.
148. Darcy AM, Louie AK, Roberts LW. *Machine learning* and the profession of medicine. *Jama*. 2016 Feb 9;315(6):551-2.
 149. Murff HJ, FitzHenry F, Matheny ME, Gentry N, Kotter KL, Crimin K, Dittus RS, Rosen AK, Elkin PL, Brown SH, Speroff T. Automated identification of postoperative complications within an electronic medical record using *Natural Language Processing*. *Jama*. 2011 Aug 24;306(8):848-55.
 150. Badnjević A, Avdihodžić H, Gurbeta Pokvić L. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICAL DEVICES: PAST, PRESENT AND FUTURE*. *Psychiatria Danubina*. 2021 May 19;33(suppl 3):101-6.
 151. Duch W, Swaminathan K, Meller J. *Artificial intelligence* approaches for rational drug design and discovery. *Current pharmaceutical design*. 2007 May 1;13(14):1497-508.
 152. Advernesia. (n.d.). Apa itu *Machine Learning* dan Cara Kerjanya. [Www.Advernesia.Com](http://www.advernesia.com).
<https://www.advernesia.com/blog/data-science/Machine-learning-adalah>.

153. Amrizal, V., & Aini, Q. (2013). Naskah Kecerdasan Buatan. In Kecerdasan Buatan. Diah, I. (2018). A. Pengertian. 187038039, 1–17.
154. Ii, B. A. B., & Teori, L. (n.d.). Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) Jaringan. Indonesia, D. (2021). Mengenal *Deep Learning* Lebih Jelas. Dicoding Indonesia.
<https://www.dicoding.com/blog/mengenal-deep-learning/>
155. Jamaaluddin, & Indah, S. (2021). Buku Ajar Kecerdasan Buatan. Umsida Press, 121.
156. Pardamean, B., Suparyanto, T., Anugrahana, A., Anugraheni, I., & Sudigyo, D. (2022). Implementasi Team-Based *Learning* Dalam Pengembangan Pembelajaran Online Berbasis *Artificial Intelligence* .
Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan, 12(2), 118–126.
<https://doi.org/10.24246/j.js.2022.v12.i2.p118-126>.
157. Rijanandi, T., Aulia Rizaldy, A., Nur Kridabayu, A., Genesius Evan Devara, E., & Dharma Adhinata, F. (2022). Penerapan Hair Recognition Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Dan Cnn *Deep Learning*.
Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, 8(1), 53–57.
<https://doi.org/10.35329/jiik.v8i1.214>

158. Trivusi. (2022). *Natural Language Processing (NLP): Pengertian, Metode, dan Manfaatnya*. [Https://Www.Trivusi.Web.Id/](https://Www.Trivusi.Web.Id/).
<https://www.trivusi.web.id/2022/08/natural-language-processing.html>.
159. Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. Prentice Hall.
160. Ross, T. J. (2010). *Fuzzy logic with engineering applications*. John Wiley & Sons.
161. Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a *fuzzy logic controller*. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1), 1-13.
162. Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy sets*. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
163. Jang, J. S. R. (1993). ANFIS: adaptive-network-based *fuzzy inference system*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665-685.
164. Fogel, D.B. (1999). *Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence*. IEEE Press, ISBN-13: 978-0471574285.
165. Simon, D. (2013). *Evolutionary Optimization Algorithms*. Wiley, ISBN-13: 978-0470937416.
166. Alpaydin, E. (2010). *Introduction to Machine Learning*, 2nd Edition. MIT Press. ISBN-13: 978-0262012430.

167. Bishop, C.M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer. ISBN-13: 978-0387310732.
168. Murphy, K.P. (2012). *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. MIT Press. ISBN-13: 978-0262018029.
169. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd Edition. Springer. ISBN-13: 978-0387848570.
170. Budiharto W., Purwanto D., Jazidie A., A Robust Obstacle Avoidance for Service Robot using Bayesian Approach, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Intech publisher, vol 8(1), 2011.

Tentang Penulis



Ferry Fadzlul Rahman, S.K.M., M.H.Kes., Ph.D lahir di Samarinda pada tanggal 16 Februari 1990. Berprofesi sebagai Dosen Tetap Prodi Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur dan menjadi dosen luar biasa di beberapa Universitas dalam dan luar negeri. Menamatkan pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Universitas Widyagama Mahakam Samarinda tahun 2012. Penulis berkesempatan menempuh pendidikan S-2 di Universitas Gadjah Mada tahun 2013-2015 dengan mengambil Program Studi Hukum Kesehatan. Tahun 2015 mengikuti Sertifikasi Mediator Penyelesaian Sengketa Kesehatan oleh Indonesian *Institute for Conflict Transformation*. Selanjutnya menamatkan pendidikan doctoral di Asia University Taiwan di tahun 2022 pada bidang *Healthcare Administration*. Selain menjadi dosen, penulis aktif dalam kegiatan organisasi sosial, pendidikan, dan profesi, seperti konsorsium *Interprofessional Education*, Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Provinsi Kalimantan Timur, Persatuan Sarjana Kesehatan Masyarakat Kalimantan Timur, Masyarakat Hukum Kesehatan Indonesia.



Hendra Saputra, M.Kom.

Pada tahun 2013 hingga 2017, Penulis menempuh pendidikan Sarjana (S1) dalam bidang Teknik Informatika di Universitas Muhammadiyah Malang. Selama masa studi, penulis mendapatkan pemahaman yang kuat tentang dasar-dasar teknologi informasi dan pemrograman.

Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, lalu melanjutkan pendidikan dengan memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom) pada tahun 2019 hingga 2021, di BINUS University dengan mengambil program Magister dalam Teknik Informatika (Computer Science) dengan peminatan Manajemen Infrastruktur Teknologi Informasi. Selama studi pascasarjana, saya memperdalam pengetahuan saya tentang manajemen infrastruktur IT, keamanan data, dan analisis kebutuhan infrastruktur. Sejak tahun 2018, Penulis telah bekerja di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur sebagai Manajer Aplikasi dan Infrastruktur Server. Dalam peran ini, tanggung jawab meliputi pengelolaan aplikasi, pemantauan kinerja server, pemecahan masalah jaringan, dan keamanan data. Penulis juga terlibat dalam analisis kebutuhan infrastruktur dan perencanaan pemeliharaan untuk menjaga sistem operasional yang andal.