

Studi Literatur Regulasi dan Etika *Artificial Intelligence* (AI) dalam Kebijakan Kedokteran Presisi (*Precision Medicine*)

Faisal Asadi¹

¹Departemen Ilmu Komputer, Sekolah Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara

¹faisal.asadi@binus.ac.id

Abstract

The rapid development of Artificial Intelligence (AI) technology in the last decade has successfully become the center of attention of academics and scientists. Not only academics and scientists but AI have managed to creep into the world of health and medicine. AI in precision medicine has become a viral topic discussed in various scientific forums worldwide. The accuracy and precision of AI in helping doctors make diagnoses is a hotly discussed research topic because it concerns the ethics and regulation of AI itself. The rise of research examining AI's regulation and ethics in precision medicine is the basis for this research, which will review and conduct a literature study from the Scopus database of reputable international journals. In this literature study, we found several aspects that need to be regulated and reviewed regarding the ethics of AI in precision medicine. After conducting a comprehensive review, the aspects found include transparency and explanation, privacy and data protection, bias and fairness, safety and security, accountability and responsibility, and collaboration and global standards. Some of the urgency of AI ethics in precision medicine are discussed in this research paper, such as equality in access and affordability, patient safety and quality of care, regulatory oversight, and global standards.

Keywords: artificial intelligence, regulations and ethics, precision medicine, health.

Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dalam dekade terakhir ini berhasil menjadi pusat perhatian para akademisi dan ilmuwan. Tidak hanya akademisi dan ilmuwan, tetapi AI juga berhasil merambat ke dalam dunia kesehatan dan kedokteran. *AI in precision medicine* menjadi topik yang sangat viral diperbincangkan dalam berbagai forum ilmiah di belahan dunia. Akurasi dan ketepatan AI dalam membantu dokter melakukan diagnosis menjadi suatu topik penelitian yang sedang hangat diperbincangkan karena menyangkut etika dan regulasi dari AI itu sendiri. Maraknya penelitian yang mengkaji tentang regulasi dan etika dari AI dalam kedokteran presisi (*precision-medicine*) menjadi landasan penelitian ini untuk meninjau ulang dan melakukan studi literatur yang bersumber pada *database* jurnal internasional bereputasi yaitu *Scopus-database*. Dalam studi literatur penelitian ini, kami menemukan beberapa aspek yang perlu diregulasikan dan ditinjau ulang kembali dari segi etika dari *AI in precision medicine*. Aspek yang ditemukan setelah melakukan *review* secara *comprehensive* seperti aspek transparansi dan penjelasan, privasi dan perlindungan data, aspek bias dan *fairness*, keselamatan dan keamanan, akuntabilitas dan tanggung jawab, serta kolaborasi dan standar global. Beberapa urgensi pentingnya etika AI dalam *precision medicine* juga dibahas dalam paper penelitian ini, seperti kesetaraan dalam akses dan keterjangkauan, keselamatan pasien dan kualitas pelayanan, pengawasan peraturan dan kerangka hukum, efek jangka panjang dan konsekuensi, pendidikan dan kesadaran masyarakat. Selain daripada itu, dalam paper penelitian ini penulis juga memberikan pemaparan terkait *trend-research* dari *AI in precision medicine* yang diulas secara detail dan komprehensif.

Kata kunci: *artificial intelligence*, regulasi dan etika, kedokteran presisi, kesehatan.

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International

1. Pendahuluan

Teknologi *Artificial Intelligence* (AI) adalah suatu terobosan yang mutakhir dan perkembangan pesat yang terjadi dalam bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). AI terbukti ampuh dalam perannya menjawab serta menangani berbagai tantangan dan masalah yang dihadapi oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari[1]. Beberapa sektor pada saat ini sudah menggunakan teknologi AI yang dapat membantu kinerja mereka dalam bidangnya, sehingga kinerja yang didapatkan lebih efektif dan efisien dalam bidangnya[2]. Beberapa sektor tersebut diantaranya adalah, sektor Teknologi informasi dan komunikasi (TIK), sektor ekonomi dan pembangunan terutama dalam kajian keuangan dan perbankan. Selanjutnya juga merambah pada sektor ekonomi dan pariwisata

kreatif, pendidikan dan kebudayaan, transportasi dan lalu lintas, dan yang terakhir adalah sektor kesehatan dan kedokteran atau yang dikenal sebagai *precision medicine*.

Beberapa dampak positif yang didapatkan dari teknologi AI adalah seperti efisiennya dalam menghemat waktu (*time-consuming*) yang lebih efektif jika dibandingkan tanpa melibatkan teknologi AI itu sendiri[3]. Selain itu teknologi AI juga bisa menghemat biaya (*cost-saving*) jika dibandingkan dengan model konvensional lainnya yang tidak melibatkan teknologi AI, serta dengan teknologi AI juga mempunyai tingkat keakurasian yang sangat tinggi (*high-accuracy*), ketepatan yang tinggi (*high-precision*) dalam melakukan klasifikasi dan prediksi dalam berbagai kasus yang melibatkan AI dalam penggunaannya [4].

Tidak hanya itu, dengan melibatkan AI juga bisa menekan rendahnya tingkat kesalahan oleh manusia itu sendiri dalam melakukan pekerjaannya atau yang sering disebut sebagai *human-error* [5].

Tidak hanya memberikan dampak yang positif, dari teknologi AI, tetapi seperti yang kita ketahui bahwasanya teknologi AI juga seperti dua sisi mata pisau yang bisa menyerang pengguna apabila tidak digunakan dengan tepat [6], [7]. Beberapa dampak negatif dari teknologi AI adalah makin sedikit dan sempitnya lapangan pekerjaan yang yang mempunyai sifat sebagai rutinitas karena dengan AI yang mempunyai *autonomous system* dapat menghendel dan mengerjakan pekerjaan yang bersifat rutinitas [8]. Selain itu, dampak negatif dari AI adalah masalah keamanan data dikarenakan dengan meningkatnya penggunaan AI dalam pengawasan (*security*) seperti pengenalan wajah (*face recognition*), dan analisis data (*data analytics*) menimbulkan kekhawatiran tentang privasi individu serta adanya risiko yang ditimbulkan dari pemantauan yang mengganggu dan penyalahgunaan data jika tidak diatur dengan benar [9]. Hal yang paling krusial dan tidak kalah penting adalah terkait bagaimana regulasi, etika dan moral dalam menggunakan AI dalam prakteknya di kehidupan sehari-hari[9].

Pentingnya regulasi dan etika dalam menggunakan teknologi AI dalam berbagai sektor menjadi perbincangan publik dan sorotan pemerintah di berbagai belahan negara terutama negara maju yang sudah lebih awal membangun menggunakan, dan mengembangkan teknologi AI [10]. Pada tahun 2010 awal menjadi tahun permulaan dan perbincangan publik karena diadakan diskusi pertama tentang regulasi dan etika dari AI terkait pertimbangan etis dan formula dalam meregulasikan penggunaan AI [11]. Selanjutnya pada tahun 2018, kembali disoroti lebih dalam serta mengambil langkah yang signifikan oleh negara-negara eropa atau *Uni Europe (UE)* terkait pedoman etika AI yang dapat dipercaya [12]. Selanjutnya pada tahun 2020 UE mengusulkan peraturan AI yaitu berbentuk kerangka legislatif yang komprehensif untuk AI, serta menguraikan peraturan tentang transparansi, akuntabilitas, dan pertimbangan etis [13].

Pentingnya meregulasikan etika dan moral dari AI itu sendiri juga harus menyadari bahwasanya pendekatan regulasi AI di berbagai negara dan wilayah berbeda-beda, dan diskusi mengenai topik ini terus berkembang secara global. Beberapa negara sedang dalam proses merumuskan atau menyempurnakan peraturan terkait AI untuk mengatasi masalah etika, privasi, dan keamanan yang terkait dengan teknologi AI. Beberapa sektor vital yang perlu dan penting dalam meregulasikan AI adalah keuangan dan perbankan, serta kesehatan dan kedokteran [14]. Penerapan AI dalam kesehatan dan kedokteran menjadi sorotan utama di beberapa tahun terakhir ini sehingga menjadi landasan dalam penulis membuat penelitian ini. Di

samping itu, pentingnya menyoroti regulasi dan etika dari AI dalam kesehatan dan kedokteran yang dinamakan dengan *precision medicine* menjadi topik utama yang akan dibahas dalam paper penelitian ini dengan memberikan uraian dari literatur yang jelas dan komprehensif terkait regulasi dan etika AI dalam *precision medicine* yang akan dibahas dan didiskusikan di bagian sub-bab berikutnya.

Beberapa literatur dan referensi yang membahas terkait regulasi dan etika penggunaan AI dalam *precision medicine* akan dibahas secara komprehensif pada sub-bab ini secara mendetail dan menyeluruh. Beberapa aspek-aspek penting dari *literature review* yang akan dibahas adalah seperti metode AI yang digunakan dalam *precision medicine*, jenis penyakit yang bisa dibantu dengan AI, tingkat akurasi dari metode AI dalam *precision medicine*, dan yang menjadi poin utama dan paling penting adalah menyoroti bagaimana regulasi atau kebijakan serta etika dalam pengembangan *AI in precision medicine*. Beberapa penelitian menyoroti terkait regulasi dan etika AI dari beberapa kasus dalam bidang *precision medicine* terutama dalam bidang onkologi presisi (*precision oncology*) seperti yang diulas dalam penelitian yang berasal dari negara Iran membahas tentang etika dari AI dari sudut pandang terkait privasi dan otonomi dari pasien (*patient privacy and autonomy*) [15], [16]. Penelitian lainnya disusul dari Megan Doerr dan Meeder Sara yang mengatakan bahwa teknologi AI sekarang digunakan dalam pengoalahan data medis secara masif tapi bagaimana dengan aturan yang berlaku sebenarnya yang harus diperaktekkan dalam dunia riset terutama dalam penelitian yang menggunakan sistem *trial-error* pada subjek penelitian makhluk hidup terutama pada manusia (*human-subject*) [17], [18].

Selain itu, banyaknya AI digunakan dalam berbagai kasus dalam *precision medicine* digunakan sebagai tools atau alat yang membantu kinerja tenaga kesehatan seperti dokter, perawat, dan tenaga kesehatan lainnya yang membutuhkan analisis dan diagnosis penunjang. Penunjang yang dimaksud adalah seperti prediksi, klasifikasi, serta deteksi pada berbagai kasus penyakit manusia. Beberapa jenis penyakit yang sering menggunakan teknologi AI dalam kasus penunjangnya akan dibahas pada bagian di bawah ini. Beberapa metode atau teknologi AI yang banyak digunakan dalam *precision medicine* seperti pada kasus pembacaan hasil gambar berupa radiologi seperti rontgen dada (*chest x-ray*), diagnosis gambar berupa *Computer Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. AI digunakan dan berperan penting untuk membantu analisis gambar untuk deteksi dini kelainan dan penyakit, serta membantu tenaga kesehatan untuk interpretasi hasil dari *x-ray*, serta mengidentifikasi pola dan anomali (*anomaly detection*) pada paru-paru [19]. Selanjutnya dalam dukungan keputusan klinis (*decision support system*), AI digunakan untuk memberikan peringatan secara akurat

(*real-time*) kepada penyedia layanan kesehatan untuk potensi masalah, interaksi obat, atau penyimpangan dari protokol standar dari AI itu sendiri [15]. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk membantu dalam memprediksi hasil *rontgen* pasien dan mengidentifikasi individu berisiko tinggi untuk intervensi serta pencegahan dini [15]. Selain dari hal yang disebutkan di atas, beberapa metode AI juga bisa dijadikan sebagai metode untuk pemantauan kesehatan dengan menggunakan metode *Natural language processing* (NLP). AI dapat menganalisis percakapan pasien berdasarkan data teks tertulis untuk mendeteksi tanda-tanda masalah kesehatan mental (*mental illness*), sehingga memungkinkan dilakukan intervensi dini, dan penanganan bisa dilakukan lebih awal [20]. Beberapa penyakit yang bisa dibantu oleh AI seperti penyakit kanker, AI dapat digunakan untuk deteksi dini (*early detection*) melalui analisis data gambar pencitraan medis (*medical image*) seperti citra mammogram, *CT-Scan*, dan slide patologi (*pathology slide*). Selain itu dalam kasus penyakit kanker AI berperan dalam pemodelan prediktif dalam membantu menilai risiko kanker dan mengoptimalkan rencana pengobatan, serta AI juga bisa digunakan pendekatan pengobatan yang dipersonalisasi (*personalized medicine*) untuk pengobatan kanker dengan cara memanfaatkan AI untuk menganalisis data genomik manusia (*human genome*) [14]. Selanjutnya adalah penyakit syaraf (*neuro diseases*), dimana AI juga bisa berperan penting dalam penanganan kasus penyakit seperti ini dengan berkontribusi terhadap diagnosis dini (*early diagnosis*). Kondisi seperti penyakit Alzheimer dan Parkinson melalui analisis data pencitraan otak, dan analisis gelombang otak *Echoencephalograph* (EEG) serta pemodelan prediktif membantu dalam menilai risiko *stroke* atau penyakit neurodegeneratif. Selain daripada itu, penyakit yang bisa dibantu dengan AI adalah penyakit yang sering ditemukan pada masyarakat yaitu pernafasan atau paru-paru. AI digunakan menganalisis data pencitraan medis untuk membantu diagnosis dini kondisi seperti *pneumonia*, *pneumonia thorax*, dan kanker paru-paru (*lung cancer*) dapat dilakukan pemodelan prediktif membantu memantau kondisi pernafasan dan memprediksi eksaserbasi [17].

AI telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi untuk diagnosis, serta prediksi penyakit. Algoritma *machine learning*, *deep learning*, khususnya dalam pencitraan medis, telah berhasil mengidentifikasi pola halus dan kelainan yang mungkin luput dari pandangan manusia. Misalnya, dalam radiologi diagnostik, sistem yang didukung AI menganalisis gambar medis seperti *x-ray*, *CT-Scan*, dan MRI, sehingga membantu tenaga kesehatan dalam mendeteksi dini kondisi seperti kanker, penyakit kardiovaskular, dan gangguan neurologis lainnya. Kemampuan AI untuk memproses data pencitraan dalam jumlah besar (*massive data*) dengan cepat, serta konsisten dalam berkontribusi pada diagnosis yang lebih cepat dan tepat, yang pada

akhirnya meningkatkan hasil diagnosis dan penanganan pasien [1].

Selanjutnya, pemodelan AI prediktif telah terbukti bermanfaat dalam menilai risiko berkembangnya penyakit tertentu. Algoritma AI dapat menghasilkan profil risiko yang dipersonalisasi dengan menganalisis beragam data pasien, termasuk informasi genetik (*genetic information*), faktor gaya hidup (*lifestyle factor*), dan riwayat klinis (*medical records*). Dengan menggunakan model-model ini memungkinkan praktisi layanan kesehatan untuk mengidentifikasi individu yang berisiko lebih tinggi terkena diabetes, penyakit kardiovaskular, dan kanker tertentu, sehingga memungkinkan dilakukannya intervensi pencegahan yang ditargetkan [17]. Keakuratan dan efisiensi yang ditawarkan AI dalam prediksi penyakit memberikan dukungan untuk tenaga kesehatan untuk mengambil tindakan proaktif, sehingga berpotensi mengurangi beban penyakit kronis dan meningkatkan hasil kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Seiring berkembangnya teknologi AI, penelitian, validasi, dan kolaborasi berkelanjutan antara AI dan komunitas layanan kesehatan sangat penting untuk memastikan keandalan dan penerapan etis dari alat inovatif (*innovative device*) ini dalam praktik klinis [8]

2. Metode Penelitian

2.1. Pendekatan Metode

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi literatur terkait regulasi dan etika dari AI dalam *precision medicine* ini adalah metode analisis Prisma (*Prisma method analysis*). Dengan melakukan peninjauan yang komprehensif (*comprehensive review*) pada beberapa referensi penelitian berupa journal paper internasional yang berreputasi yaitu Scopus. Detil dari metodologi pada penelitian ini, akan digambarkan pada gambar. 1 di yang tertera pada halaman bawah ini.

2.2. Sumber Data Penelitian

Sumber data penelitian pada studi literatur terkait regulasi dan etika AI dalam *precision medicine* adalah referensi publikasi berupa publikasi internasional bereputasi yang berupa jurnal internasional diambil dari *database* Scopus. Selanjutnya dilakukan teknik fitrasi data dengan menggunakan keyword atau kueri data pada *database* Scopus adalah "*Artificial Intelligence Regulations for precision medicine*".

Jumlah jurnal artikel yang didapatkan dalam screening awal saat melakukan kueri di Scopus yaitu sebanyak 77 jurnal penelitian, selanjutnya setelah melakukan pengecekan awal sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusif pada Tabel 1 didapatkan jurnal penelitian berjumlah 51 paper penelitian dengan pengecualian paper penelitian berjumlah 26 paper jurnal penelitian. Langkah selanjutnya setelah dilakukan screening tahap awal adalah melakukan *screening* tahap kedua dengan melakukan pengecekan kesesuaian topik penelitian dengan judul pada jurnal penelitian tersebut, serta pengecekan kesesuaian dengan membaca abstrak pada

jurnal penelitian tersebut, sehingga didapatkan total data jurnal penelitian yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini adalah berjumlah 18 jurnal penelitian yang bisa untuk dilakukan kualitatif analisis untuk melakukan penelitian studi literatur terkait etika AI dalam *precision medicine*. Untuk lebih detail dari prosedur pengumpulan data sesuai dengan yang tertera pada Gambar 1.

Adapun beberapa kriteria inklusi dan eksklusi dari data penelitian ini adalah sebagaimana yang tertera pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Inklusi dan Eksklusi Data Penelitian

Kriteria	Inclusion	Exclusion
Document type	Journal paper	Conference paper, Book chapter, Review paper
Publication stage	Final stage	Not final stage
Language	English	Non-English
Publication status	Open access	Closed access
Publication year	2019-2024	<2019

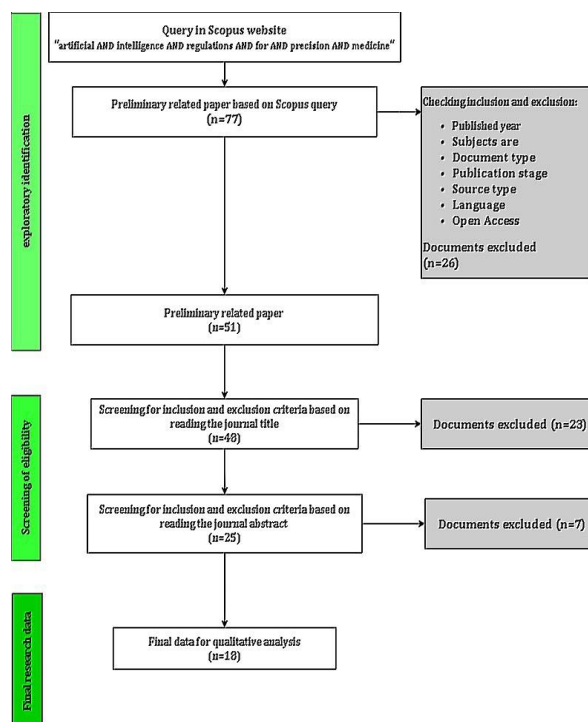
2.3. Metode PRISMA

Metode PRISMA merupakan singkatan dari *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis* adalah kerangka kerja yang diakui dan luas serta diadopsi untuk melakukan dan melaporkan tinjauan literatur secara detil dan sistematis. Metode PRISMA dikembangkan untuk meningkatkan transparansi dan ketatnya tinjauan sistematis serta menyediakan informasi yang konkrit untuk para peneliti dengan *checklist* yang komprehensif dan diagram alur untuk membimbing proses peninjauan. Adapun tinjauan komprehensif yang diberikan oleh metode PRISMA terdiri dari item-item penting yang mencakup komponen-komponen kunci dari suatu tinjauan sistematis, seperti identifikasi studi yang relevan, skrining kelayakan, ekstraksi data, dan sintesis temuan.

Diagram alur pada metode PRISMA merupakan komponen integral dari metode dengan menawarkan representasi visual dari proses peninjauan. Selain daripada itu, metode PRISMA ini juga menguraikan jumlah catatan yang diidentifikasi, disertakan atau dikeluarkan pada setiap tahap peninjauan. Diagram tersebut berfungsi sebagai alat berharga bagi pembaca untuk memahami proses seleksi, memberikan transparansi, dan membantu dalam penilaian kelengkapan peninjauan. Selanjutnya, dengan metode PRISMA, para peneliti berkontribusi pada kredibilitas dan keandalan tinjauan literatur sistematis, mempromosikan standar pelaporan yang tinggi dalam komunitas ilmiah terutama liteartur terkait pada regulasi dan etika AI pada *precision medicine*. Diagram dan metode PRISMA digambarkan pada gambar 1 pada halaman di bawah ini.

Pada penelitian ini, metode PRISMA dimulai dari perencanaan penelitian terkait etika AI pada *precision medicine*, dilanjutkan dengan pencarian dengan menggunakan basis data pada website Scopus,

selanjutnya melakukan seleksi atau *screening* untuk memilih studi yang relevan, dan selanjutnya yaitu penilaian kualitas pada setiap penelitian yang sudah lolos pada tahapan *screening* yang sudah dilakukan sebelumnya. Langkah selanjutnya yaitu melakukan ekstraksi data pada studu yang relevan dari setiap studi yang memenuhi syarat dan ketentuan sesuai dengan pertanyaan penelitian. Selanjutnya yaitu dengan melakukan penyajian, melakukan sintesis, melakukan penulisan laporan, evaluasi penulisan laporan, serta melakukan peer review pada etika AI pada *precision medicine*.



Gambar 1. PRISMA Research Flow

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pembahasan bagian ini, penulis akan menjabarkan dan menguraikan terkait regulasi dan etika dari AI secara umum dan setelah melakukan studi literatur dan *review comprehensive* dari referensi yang telah didapatkan berdasarkan studi literatur penjabaran metode pada bab 2 dan 3. Beberapa regulasi dan etika dari AI pada *precision medicine* yaitu dengan mempertimbangkan hal-hal penting yang akan dijelaskan pada sub-bab di bawah ini.

3.1. Aspek Regulasi dan Etika Artificial Intelligence dalam Precision Medicine

A. Aspek Transparansi dan Penjelasan

Aspek transparansi dan penjelasan yaitu regulasi AI memerlukan transparansi dalam pembuatan algoritma AI yang digunakan. Dengan tujuan utama untuk memastikan bahwa penyedia layanan kesehatan dan pasien dapat memahami proses pengambilan Keputusan [13]. Serta pertimbangan etis untuk menekankan pentingnya penjelasan yang jelas dan logis untuk diagnosis berbasis AI dan rekomendasi

pengobatan dalam *precision medicine*. Dikarenakan penjelasan sangat penting untuk membangun kepercayaan di antara profesional kesehatan dan pasien [12].

B. Aspek Privasi dan Perlindungan Data

Peraturan terkait data layanan kesehatan sering kali harus mengikuti pada peraturan privasi data yang ketat. Misalnya sudah memiliki sertifikasi *Health insurance portability and accountability act* (HIPAA). Penerapan AI dalam *precision medicine* harus mematuhi peraturan ini untuk melindungi data pasien. Selain itu, etika yang perlu ditekankan adalah menghormati privasi pasien adalah prinsip etika yang mendasar. Sistem AI dalam *precision medicine* harus mematuhi standar perlindungan data tertinggi dan memprioritaskan persetujuan pasien dalam penggunaan data [11].

C. Aspek Bias and Fairness

Regulasi dari AI dapat menjawab kebutuhan untuk mengidentifikasi dan memitigasi bias dalam algoritma AI yang digunakan dalam *precision medicine*, untuk memastikan rekomendasi pengobatan yang adil dan tidak memihak. Sedangkan pedoman etika dari AI menekankan perlunya mengatasi bias dalam data pelatihan dan algoritma untuk mencegah diskriminasi dalam *precision medicine* [12].

D. Aspek Keselamatan dan Keamanan

Aspek selanjutnya yang disoroti adalah keselamatan dan keamanan. Yaitu peraturan dan standar keselamatan dalam layanan kesehatan, seperti yang ditetapkan oleh otoritas medis, mungkin berlaku untuk aplikasi AI dalam *precision medicine* seperti penggunaan *telemedicine apps*. Sedangkan etika yang diperlukan dalam aspek ini adalah etika pengembang sistem AI *precision medicine* harus memprioritaskan keselamatan pasien dan menerapkan langkah-langkah keamanan yang kuat untuk melindungi data medis sensitif dari akses tidak sah [2].

E. Aspek Akuntabilitas dan Tanggung Jawab

Terkait dari akuntabilitas dan tanggung jawab, regulasi dari AI dapat menetapkan garis akuntabilitas yang jelas dalam *precision medicine* yang menjelaskan tanggung jawab pengembang, penyedia layanan kesehatan, dan pemangku kepentingan lainnya. Selain itu, pertimbangan etis menekankan pentingnya akuntabilitas, transparansi, dan komunikasi yang jelas mengenai keterbatasan AI dalam *precision medicine* [13].

F. Aspek Pengawasan dan Pengendalian

Regulasi yang terdapat dalam *precision medicine* memerlukan pengawasan manusia, terutama dalam proses pengambilan keputusan yang dikenal sebagai *decision support system* atau *decision making*. Dalam hal ini, perlu kita ketahui bahwasanya AI hanya membantu para profesional dan tenaga kesehatan dalam melakukan diagnosis dan kinerjanya, bukan

untuk bersifat menggantikan atau *replacement* tenaga kesehatan sepenuhnya. Selain itu, pedoman etika menyoroti peran AI sebagai alat untuk meningkatkan kemampuan profesional kesehatan, serta mempertahankan kendali manusia untuk pengambilan keputusan etis [20].

G. Aspek Kolaborasi dan Standar Global

Terkait dengan kolaborasi dan standar global, regulasi terkait dengan *AI in precision medicine* sedang dilakukan untuk menetapkan standar internasional serta memastikan konsistensi dan interoperabilitas sistem secara global. Selain itu, pertimbangan etis menekankan pentingnya kolaborasi global dalam berbagi penerapan AI yang bertanggung jawab dalam *precision medicine*.

3.2. Trend Research Kebijakan dan Etika Artificial Intelligence

Beberapa trend research dalam kebijakan dan etika AI dalam *precision medicine* memperlihatkan semakin banyaknya regulasi baru yang diciptakan dari berbagai negara [4]. Beberapa poin-poin penting yang perlu digaris bawahi terkait AI dalam *precision medicine* adalah pentingnya regulasi dan etika dari AI dalam aspek *personalized medicine* (obat yang dipersonalisasi). Hal selanjutnya yang perlu digaris bawahi adalah regulasi ekspresi gen (*gene expression regulation*), dan yang terakhir adalah etika dari AI itu sendiri dalam penerapannya, penerapan *machine learning*, dan *deep learning* dalam regulasi dan etika AI. Pembahasan poin selanjutnya yaitu regulasi dan etika AI dalam kajian genetika (*genetics*) yang membahas tentang regulasi dari pengambilan sampel yang berhubungan dengan *human-subject* atau manusia sebagai subjek penelitian yang menerapkan teknologi dari AI itu sendiri.

Gambar 2 analisis VOS Viewer dibawah ini juga memnunjukkan bahwa *trend research* dalam regulasi dan AI dalam *precision medicine* memperlihatkan bahwa AI dan *machine learning* menjadi penelitian yang disoroti dalam dua tahun terakhir dimana pada satu tahun sebelumnya yaitu mengkaji dan membahas dari aspek *personalized medicine* and *precision medicine* itu sendiri. Berikut adalah gambar analisis yang memparkan *trend research* dari regulasi dan etika *AI in precision medicine* dalam bentuk *network visualization*, *overlay visualization*, serta *density visualization*.

3.3. Urgensi Etika AI dalam Precision Medicine

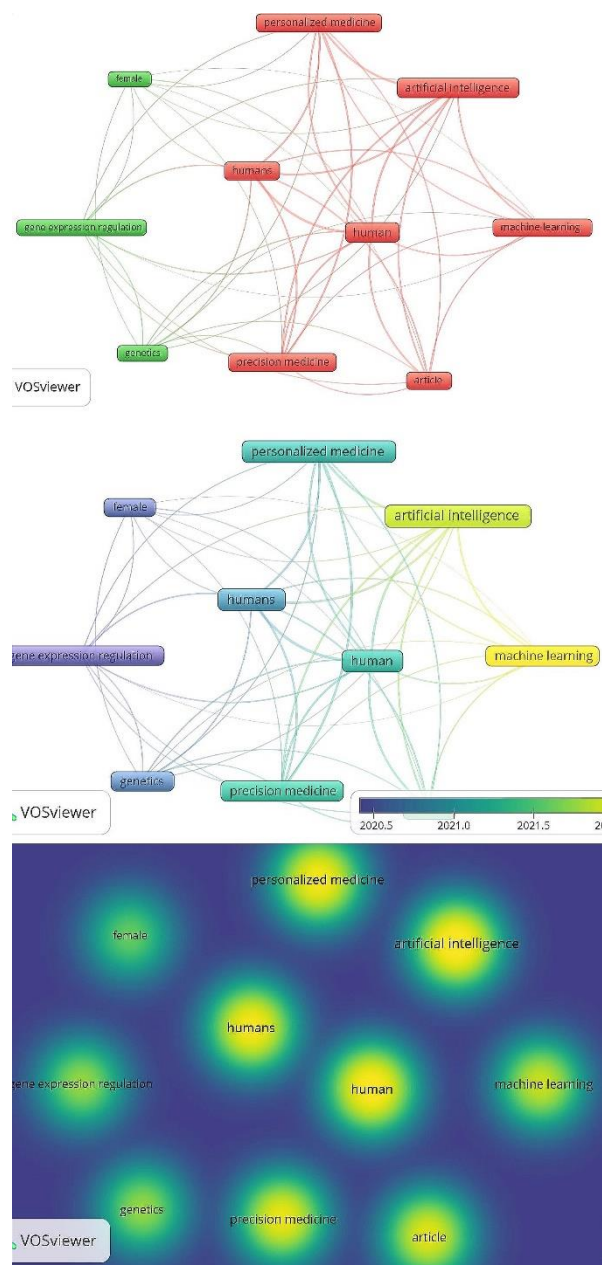
Beberapa urgensi penting yang perlu diperhatikan pada diskusi penelitian dalam etika AI in *precision medicine* akan dibahas pada sub-bagian di bawah ini.

A. Kesetaraan dalam Akses dan Keterjangkauan

Precision medicine yang digerakkan oleh AI berpotensi merevolusi layanan kesehatan dengan menyediakan perawatan yang dipersonalisasi dan disesuaikan untuk masing-masing pasien. Namun, terdapat risiko bahwa

kemajuan ini dapat memperburuk kesenjangan yang ada dalam akses dan keterjangkauan layanan kesehatan. Beberapa tantangan harus diatasi untuk memastikan akses yang adil terhadap pengobatan presisi berbasis AI. Pertama, mungkin terdapat disparitas dalam akses terhadap teknologi dan infrastruktur yang diperlukan untuk implementasi AI, khususnya di daerah-daerah yang kurang terlayani atau

yang salah (*false diagnosed*), yang menyebabkan kesalahan dalam diagnosis atau pengobatan. Untuk memastikan keselamatan pasien, algoritma AI harus dievaluasi dan dipantau. Selain itu, penyedia layanan kesehatan juga harus dilatih dalam penggunaan teknologi AI secara tepat dan berkomunikasi secara efektif dengan sistem AI sehingga bisa meminimalisir kesalahan dalam diagnosis dan penanganan pasien.



Gambar 2. VOS Viewer Analysis AI Precision Medicine.

pedesaan. Selain itu, biaya perawatan dan intervensi yang didorong oleh AI mungkin mahal bagi sebagian pasien, sehingga semakin memperlebar kesenjangan dalam akses layanan kesehatan.

B. Keselamatan Pasien dan Kualitas Pelayanan

Teknologi AI dapat meningkatkan hasil layanan kesehatan, namun juga menimbulkan risiko. Salah satu kekhawatiran yang ditimbulkan adalah risiko prediksi

C. Pengawasan Peraturan dan Kerangka Hukum

Kemajuan pesat teknologi AI dalam pengobatan presisi (*precision medicine*) telah menimbulkan kekhawatiran tentang keselamatan pasien, privasi data, dan pertimbangan etika. Pengawasan peraturan sangat penting untuk memastikan keamanan, efektivitas, dan penggunaan etis. Kerangka hukum harus membahas tanggung jawab, akuntabilitas, dan persetujuan. Kolaborasi internasional diperlukan untuk mengembangkan standar dan kerangka hukum yang selaras untuk AI dalam layanan kesehatan. Keterlibatan proaktif dengan pemangku kepentingan dapat mendorong inovasi sekaligus menjaga hak dan privasi pasien.

D. Efek Jangka Panjang dan Konsekuensi

Teknologi AI mentransformasi pengobatan yang presisi, namun dampak jangka panjangnya dan potensi konsekuensi yang tidak diinginkan harus dipertimbangkan. Ketergantungan yang berlebihan pada teknologi berpotensi mengurangi peran tenaga kesehatan profesional dan memperburuk kesenjangan yang ada. Evolusi AI yang pesat menimbulkan kekhawatiran akan dampak jangka panjangnya terhadap pemberian layanan kesehatan, hasil pasien, dan masyarakat. Untuk memitigasi risiko ini, diperlukan penelitian, pemantauan, dan evaluasi berkelanjutan terhadap teknologi AI dalam pengobatan presisi. Organisasi layanan kesehatan, pembuat kebijakan, dan peneliti harus berkolaborasi untuk menciptakan strategi penerapan AI yang bertanggung jawab.

E. Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat

Teknologi AI mengubah layanan kesehatan sehingga memerlukan pendidikan bagi para profesional dan masyarakat umum. Para profesional layanan kesehatan harus menerima pelatihan tentang dasar-dasar AI, pertimbangan etis, dan praktik terbaik. Pasien harus dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi mengenai perawatan mereka sendiri dan memahami bagaimana AI mempersonalisasikan perawatan. Masyarakat umum harus dididik mengenai manfaat dan risiko AI, serta meningkatkan kesadaran akan masalah privasi dan keamanan data. Kampanye pendidikan dan kesadaran masyarakat dapat membantu menjembatani kesenjangan antara pengembang teknologi, penyedia layanan kesehatan, dan pasien, sehingga menghasilkan transparansi yang lebih besar dan hasil yang lebih sehat.

4. Kesimpulan

Penggunaan teknologi AI dalam dunia kesehatan dan kedokteran atau yang kita sebut sebagai *precision medicine* menjadi sebuah sorotan dari berbagai belahan dunia terutama dalam mengkaji ulang dari regulasi dan etika dari AI itu sendiri. *Precision medicine* merupakan sektor yang fenomenal dalam penerapan AI terutama sebagai alat bantu diagnosis, anamnesis, dan penegakan dokter dengan memberikan tingkat keakuratan yang sangat tinggi (*high accuracy*), dan ketepatan yang tinggi (*high precision*). Selain alat atau teknologi yang membantu dokter dan tenaga kesehatan, AI juga bisa memberikan saran-saran dalam penanganan pasien berupa teks dan deskripsi penjelasan yang sudah terotomisasi dalam sebuah aplikasi seperti *telemedicine* dan lain sebagainya. Maraknya penggunaan AI dalam *precision medicine* juga menjadi acuan kita dalam mengkaji ulang terkait regulasi dan etika dalam penggunaan teknologi AI itu sendiri.

Daftar Rujukan

- [1] B. F. Far, 2023 "Artificial intelligence ethics in precision oncology: balancing advancements in technology with patient privacy and autonomy," vol. 4, no. 4, pp. 685–689, doi:10.37349/etat.2023.00160.
- [2] M. Doerr and S. Meeder, 2022, "Big Health Data Research and Group Harm: The Scope of IRB Review," vol. 44, no. 4, pp. 34–38, doi: 10.1002/eahr.500130.
- [3] A. F. Alrefaei, Y. M. Hawsawi, D. Almaleki, T. Alafif, F. A. Alzahrani, and M. A. Bakhrebah, 2022, "Genetic data sharing and artificial intelligence in the era of personalized medicine based on a cross-sectional analysis of the Saudi human genome program," vol. 12, no. 1, pp. 1–10, doi: 10.1038/s41598-022-05296-7.
- [4] M. A. Zafar et al., 2023 "'Big Data' Analyses Underlie Clinical Discoveries at the Aortic Institute," vol. 96, no. 3, pp. 427–440, doi: 10.59249/LNDZ2964.
- [5] T. Kempowsky-Hamon et al., 2015, "Fuzzy logic selection as a new reliable tool to identify molecular grade signatures in breast cancer - The INNODIAG study," vol. 8, no. 1, pp. 1–17, doi: 10.1186/s12920-015-0077-1.
- [6] C. Petersen, 2018, "Through Patients' Eyes: Regulation, Technology, Privacy, and the Future," vol. 27, no. 1, pp. 10–15, doi: 10.1055/s-0038-1641193.
- [7] R. McFarlane et al., 2023, "PRECISION ALS—an integrated pan European patient data platform for ALS," vol. 24, no. 5–6, pp. 389–393, doi: 10.1080/21678421.2023.2215838.
- [8] N. M. Patel et al., 2018, "Enhancing Next-Generation Sequencing-Guided Cancer Care Through Cognitive Computing," vol. 23, no. 2, pp. 179–185, doi: 10.1634/theoncologist.2017-0170.
- [9] Z. Yang, D. Zhou, and J. Huang, 2023, "Identifying Explainable Machine Learning Models and a Novel SFRP2+ Fibroblast Signature as Predictors for Precision Medicine in Ovarian Cancer," vol. 24, no. 23, doi: 10.3390/ijms242316942.
- [10] V. Manian, J. Orozco-Sandoval, and V. Diaz-Martinez, 2021, "An Integrative Network Science and Artificial Intelligence Drug Repurposing Approach for Muscle Atrophy in Spaceflight Microgravity," vol. 9, no. September, pp. 1–18, doi: 10.3389/fcell.2021.732370.
- [11] X. Wang et al., 2021, "Dual-scale categorization based deep learning to evaluate programmed cell death ligand 1 expression in non-small cell lung cancer," vol. 100, no. 20, p. E25994, doi: 10.1097/MD.00000000000025994.
- [12] A. C. Till and G. Briganti, 2023, "AI in Child Psychiatry: Exploring Future Tools for the Detection and Management of Mental Disorders in Children and Adolescents," vol. 35, pp. 20–25.
- [13] D. Primorac, M. Schanfield, and S. Vuk-Pavlović, 2013, "Eighth ISABS conference on forensic, Anthropologic and medical genetics and Mayo clinic lectures on translational medicine, split, Croatia, June 24-28,," vol. 54, no. 3, pp. 217–218, 2013, doi: 10.3325/cmj.2013.54.217.
- [14] D. Kainer et al., 2023 "Structural variants identified using non-Mendelian inheritance patterns advance the mechanistic understanding of autism spectrum disorder," vol. 4, no. 1, p. 100150, doi: 10.1016/j.xhgg.2022.100150.
- [15] J. Reniewicz et al., 2023, "Artificial intelligence / machine-learning tool for post-market surveillance of in vitro diagnostic assays," vol. 79, no. November 2023, pp. 82–90, 2024, doi: 10.1016/j.nbt.2023.11.005.
- [16] H. Mukhtar, F. Alfanico, H. Fu, F. Handayani, and R. M. Taufiq, 2023, "Deep Learning Untuk Klasifikasi Kematangan Buah Mangrove Berdasarkan Warna," vol. 13, no. 3, pp. 563–569.
- [17] T. Hadler et al., 2023, "Lazy Luna: Extendible software for multilevel reader comparison in cardiovascular magnetic resonance imaging," vol. 238, doi: 10.1016/j.cmpb.2023.107615.
- [18] Ardiansyah, Adika Sri Widagdo, Krisna Nuresa Qodri, F. E. N. Saputro, and Nisrina Akbar Rizky P, 2023 "Analisis sentimen terhadap pelayanan Kesehatan berdasarkan ulasan Google Maps menggunakan BERT," vol. 13, no. 02, pp. 326–333, doi: 10.37859/jf.v13i02.5170.
- [19] U. K. Hisan and M. M. Amri, 2023 "Recommendation of precision medicine application in Indonesia from multiple perspective: a review," vol. 12, no. 1, pp. 225–238, doi: 10.11591/ijphs.v12i1.22010.
- [20] S. Farahmand, T. Riley, and K. Zarringhalam, 2020 "ModEx: A text mining system for extracting mode of regulation of transcription factor-gene regulatory interaction," vol. 102, no. December 2019, p. 103353, doi: 10.1016/j.jbi.2019.103353.