

PENGEMBANGAN MODEL PREDIKTIF DENGAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* UNTUK MENILAI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA KEANEKARAGAMAN HAYATI

Irene Astuti Lazarusli*

Program Studi Informatika, Universitas Pelita Harapan, Jakarta, Indonesia

**Penulis korespondensi: irene.lazarusli@uph.edu*

ABSTRAK

Perubahan iklim telah menjadi ancaman signifikan bagi keanekaragaman hayati di seluruh dunia, memengaruhi ekosistem dan spesies dengan cara yang kompleks. Dalam upaya memahami dan memitigasi dampak ini, model prediktif berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) menawarkan pendekatan inovatif untuk mengintegrasikan data skala besar dan memproyeksikan perubahan pada keanekaragaman hayati. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi literatur terkini terkait penerapan AI dalam memodelkan dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati. Hasil studi menunjukkan bahwa metode seperti neural networks, decision trees, dan ensemble learning menjadi pendekatan dominan dalam penelitian ini. Dataset utama mencakup data iklim (misalnya, WorldClim) dan data keanekaragaman hayati (misalnya, GBIF), yang sering kali digabungkan dengan citra satelit untuk analisis yang lebih komprehensif. Kendati demikian, beberapa tantangan utama tetap ada, termasuk keterbatasan ketersediaan data berkualitas tinggi, kesenjangan dalam prediksi spesies langka, dan kebutuhan akan interpretabilitas model. Penelitian ini menyimpulkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan prediksi dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati, meskipun pendekatan multidisiplin dan integrasi data yang lebih baik diperlukan untuk mengatasi keterbatasan yang ada. Temuan ini memberikan panduan bagi penelitian di masa depan dalam pengembangan model prediktif berbasis AI yang lebih akurat dan aplikatif dalam konservasi keanekaragaman hayati.

Kata kunci: perubahan iklim, kecerdasan buatan, keanekaragaman hayati, konservasi, model prediktif

1 PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan menyediakan layanan ekosistem yang esensial bagi kehidupan manusia. Namun, perubahan iklim telah mempercepat degradasi keanekaragaman hayati, menyebabkan hilangnya habitat, migrasi spesies, hingga kepunahan (Mulneh, 2021). Fenomena ini menuntut pendekatan inovatif untuk memantau, memahami, dan memitigasi dampaknya.

Model prediktif berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah muncul sebagai alat potensial dalam mendukung konservasi keanekaragaman hayati (Ayoola, et al., 2024). Kecerdasan buatan memungkinkan analisis data dalam jumlah besar dan kompleks. Sebagai contoh, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menggunakan teknologi kecerdasan buatan untuk memprediksi cuaca dan berbagai layanan meteorologi lainnya. BMKG menggunakan kecerdasan buatan dengan pertimbangan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam berbagai layanannya, termasuk prediksi cuaca (Deriota, 2024). Sebagaimana halnya data cuaca, tentunya

kecerdasan buatan dapat dimanfaatkan untuk mengelola dan menganalisis data berukuran besar dan kompleks lainnya, seperti data iklim, distribusi spesies, dan data geospasial, untuk memproyeksikan dampak perubahan iklim terhadap ekosistem. Namun, penggunaan AI dalam penelitian ini masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan data, interpretabilitas model, interoperabilitas system, dan kebutuhan untuk pengembangan metodologi yang lebih komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun narasi kritis terhadap literatur yang ada guna mengidentifikasi perkembangan, tantangan, dan peluang dalam penerapan teknologi kecerdasan buatan untuk memodelkan dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar pengetahuan yang kokoh bagi pengembangan model prediktif di masa depan.

2 METODE

2.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan *narrative literature review* (NLR) digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan secara kritis literatur yang relevan. Fokus utama adalah pada teknik AI, sumber data, dan tantangan yang dihadapi dalam pengembangan model prediktif untuk keanekaragaman hayati. Penelusuran literatur dimulai dari literatur yang membahas mengenai latar belakang terjadinya perubahan iklim, dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati, tantangan global, serta strategi perlindungan ekosistem terhadap dampak tersebut. Penelusuran selanjutnya adalah mengenai mengeksplorasi literatur yang relevan terkait penerapan AI dalam memprediksi dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati. Metode ini dipilih karena memungkinkan identifikasi tren dan kesenjangan penelitian secara sistematis dan transparan.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah menggunakan *Citizen Science*, yang merupakan pendekatan yang melibatkan masyarakat umum dalam pengumpulan, analisis, atau interpretasi data ilmiah. Dalam konteks keanekaragaman hayati dan perubahan iklim, *citizen science* memungkinkan individu yang bukan peneliti profesional untuk berkontribusi pada proyek ilmiah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perubahan Iklim

Menurut (United Nations, 2022) iklim mengalami perubahan jangka panjang yang meliputi perubahan suhu dan pola cuaca. Pergeseran ini dapat terjadi secara alami, misalnya melalui variasi dalam siklus matahari. Namun, sejak awal tahun 1800-an, aktivitas manusia telah menjadi faktor utama penyebab perubahan iklim, terutama akibat penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Proses pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas rumah kaca yang membentuk lapisan seperti selimut di atmosfer, mengurung panas matahari dan meningkatkan suhu Bumi. Emisi gas rumah kaca terus meningkat, sehingga Bumi kini 1,1°C lebih panas dibandingkan dengan akhir abad ke-19. Dekade 2011-2020 mencatat suhu rata-rata tertinggi dalam sejarah. Meskipun banyak orang mengaitkan perubahan iklim dengan peningkatan suhu, hal ini hanyalah salah satu dampaknya. Sebagai sebuah sistem yang saling terhubung, perubahan pada satu bagian Bumi dapat memengaruhi berbagai aspek lainnya di seluruh planet.

3.2 Hubungan Perubahan Iklim dengan Keanekaragaman Hayati

Perubahan iklim memiliki hubungan erat dengan keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati (biodiversitas) adalah fondasi ekosistem yang kita andalkan untuk makanan, mata pencaharian, dan perlindungan. Ekosistem yang sehat bergantung pada berbagai spesies yang saling berinteraksi. Kehilangan salah satu spesies dapat menyebabkan keruntuhan ekosistem (Council on Foreign Relations, 2024).

3.3 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati (biodiversitas) mencakup semua kehidupan di Bumi, mulai dari gen hingga ekosistem seperti hutan dan terumbu karang (United Nations, 2022). Keanekaragaman hayati memiliki arti penting bagi: stabilitas iklim, ketersediaan makanan, air, dan obat-obatan, serta pertumbuhan ekonomi. Lebih dari separuh PDB global bergantung pada alam, dengan hutan dan lautan menyerap lebih dari setengah emisi karbon. Namun, krisis alam yang disebabkan oleh aktivitas manusia mengancam hingga 1 juta spesies, menghancurkan ekosistem penting seperti hutan Amazon, dan menyebabkan hilangnya 85% lahan basah.

Perubahan iklim yang disebabkan oleh aktivitas manusia tersebut, mengakibatkan peningkatan suhu, cuaca ekstrem, dan gangguan ekosistem. Dampak ini menimbulkan tantangan besar bagi planet kita, seperti kekeringan hebat, kelangkaan air, kebakaran hebat, kenaikan permukaan laut, gelombang panas, pencairan es kutub, badai dahsyat dan penurunan keanekaragaman hayati (Transcend, n.d.). Penyebab utama berkurangnya atau hilangnya biodiversitas adalah penggunaan lahan oleh manusia, terutama untuk pertanian. Berikut ini beberapa dampak perubahan iklim pada keanekaragaman hayati, yaitu:

1. Meningkatnya suhu memaksa spesies bergerak ke ketinggian atau lintang yang lebih tinggi.
2. Ekosistem laut dan pesisir, seperti terumbu karang, menghadapi risiko kehilangan yang tak dapat diubah.
3. Pergeseran distribusi spesies meningkatkan risiko penyakit pada manusia dan hewan.

Selain mengetahui dampak di atas, perlu pula dicermati pentingnya keanekaragaman hayati untuk mengatasi perubahan iklim (United Nations Climate Change, 2021), antara lain:

1. Biodiversitas berfungsi sebagai penyerap karbon alami (carbon sink), membantu mengurangi emisi gas rumah kaca, melalui:
 - a) Hutan: Menyediakan dua per tiga potensi mitigasi berbasis alam.
 - b) Lahan gambut: Menyimpan karbon dua kali lipat lebih banyak dari hutan, meskipun hanya mencakup 3% dari daratan dunia.
 - c) Habitat laut: Seperti lamun dan mangrove, menyerap karbon hingga 4 kali lebih cepat dibandingkan hutan daratan.
2. Perlindungan dan restorasi alam dapat mengurangi sepertiga emisi gas rumah kaca yang dibutuhkan dalam dekade mendatang.

3.4 Strategi Perlindungan Ekosistem

Menurut (Council on Foreign Relations, 2024), terdapat tiga strategi utama untuk melindungi ekosistem meliputi preservasi, konservasi, dan restorasi. **Preservasi** berfokus pada melindungi ekosistem penting dari campur tangan manusia, seperti melalui pembentukan taman nasional, cagar alam, atau area pembibitan ikan. Strategi ini bertujuan menjaga ruang alam tetap utuh agar

ekosistem dapat pulih dan berkembang. Namun, upaya ini sering kali berbenturan dengan prioritas ekonomi, seperti kebutuhan akan pembangunan infrastruktur.

Sedangkan **konservasi** mengambil pendekatan yang lebih seimbang dengan memanfaatkan sumber daya alam secara bertanggung jawab untuk mengurangi kerusakan lingkungan, misalnya dengan membangun jembatan satwa liar di atas jalan raya untuk mendukung migrasi hewan tanpa mengganggu aktivitas manusia. Selain itu, konservasi juga mencakup praktik berkelanjutan dalam pertanian, penebangan, dan perikanan agar regenerasi lingkungan dapat mengikuti laju eksploitasi. Sementara itu, **restorasi** berfokus pada pemulihan ekosistem yang telah rusak melalui intervensi aktif, seperti penanaman kembali hutan atau pengembalian spesies yang terancam punah ke habitat aslinya. Contoh nyata dari strategi ini adalah *Trinational Atlantic Forest Pact*, yang berhasil memulihkan ratusan ribu hektar hutan di Brasil, Argentina, dan Paraguay, serta menciptakan lapangan kerja hijau. Meski restorasi memerlukan waktu lama dan sering kali tidak dapat sepenuhnya mengembalikan kondisi ekosistem seperti semula, strategi ini tetap menjadi alat penting dalam memperlambat hilangnya biodiversitas sekaligus membantu mitigasi perubahan iklim.

3.5 Tantangan dalam Mitigasi Perubahan Iklim

Mitigasi perubahan iklim menghadapi berbagai tantangan yang kompleks (Transcend, n.d.). Salah satu hambatan utama adalah **kompleksitas sistem iklim**, di mana model dan prediksi iklim yang akurat masih sulit dicapai. Sistem iklim disebut sebagai system yang kompleks karena terus berubah karena variabilitas internal dan gangguan eksternal alami (Higgins, 2006). Sistem iklim yang sangat dinamis dan dipengaruhi oleh banyak variabel membuat para ilmuwan menghadapi tantangan besar dalam memetakan dampak perubahan iklim secara detail. Selain itu, **transisi ke energi terbarukan** memerlukan perencanaan dan optimalisasi yang matang. Mengganti sumber energi fosil dengan alternatif berkelanjutan, seperti tenaga surya atau angin, membutuhkan infrastruktur yang memadai, biaya besar, dan adaptasi kebijakan yang menyeluruh (Santoso, 2024). Tantangan lainnya adalah dalam **pemantauan dan pengelolaan dampak iklim**, yang mencakup kebutuhan untuk mengelola sumber daya secara efisien serta menilai risiko terkait perubahan iklim. Proses ini melibatkan analisis data yang besar dan rumit untuk memastikan tindakan yang tepat dapat diambil guna mengurangi dampak negatif pada masyarakat dan lingkungan (CDP Disclosure Insight Action, 2024). Kombinasi tantangan ini menunjukkan perlunya pendekatan kolaboratif dan inovatif dalam mengatasi perubahan iklim.

3.6 Citizen Science untuk Pengumpulan Data Keanekaragaman Hayati

Citizen science telah menjadi pendekatan yang efektif dalam mendukung penelitian keanekaragaman hayati dan perubahan iklim (Burgess, DeBey, & Froehlich, 2017). Salah satu contohnya adalah pengumpulan data observasi oleh masyarakat, di mana individu melaporkan keberadaan spesies tertentu di lokasi mereka melalui aplikasi seperti iNaturalist (Callaghan, Mesaglio, & Ascher, 2022) atau eBird. Di Indonesia, pengamatan data penyebaran spesies burung juga dilakukan secara citizen science, dengan aplikasi Burungnesia (Squires, Yuda, & Akbar, 2021). Data yang dikumpulkan ini membantu memperluas jangkauan informasi keanekaragaman hayati yang sebelumnya sulit dijangkau oleh para peneliti. Selain itu, citizen science juga diterapkan dalam pemantauan lingkungan, di mana masyarakat menggunakan alat sederhana atau perangkat mobile untuk mengukur kualitas air, udara, atau kondisi ekosistem local (Suwali, et al., 2024). Sebagai contoh, penyelam rekreasi sering kali berperan dalam memantau kondisi terumbu

karang di wilayah tertentu. Tidak hanya itu, pelaporan fenomena alam seperti migrasi burung, mekar bunga, atau pola cuaca ekstrem juga memberikan kontribusi penting dalam studi perubahan iklim. Data semacam ini memungkinkan peneliti untuk memahami pola-pola lingkungan yang lebih luas dan mendukung upaya mitigasi serta konservasi yang lebih tepat sasaran.

3.7 Cara Kerja Artificial Intelligence

AI mencakup machine learning (ML), deep learning, dan pemrosesan bahasa alami yang memungkinkan sistem untuk menganalisis data besar dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan data tersebut. Kemampuan AI sangat penting dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam mengatasi perubahan iklim mencakup berbagai bidang, mulai dari pemodelan iklim hingga pengelolaan sumber daya. Dalam **pemodelan dan prediksi iklim**, AI meningkatkan akurasi dan kemampuan prediksi melalui penggunaan data historis dan algoritma pembelajaran mesin. Hal ini juga membantu dalam prakiraan cuaca yang lebih baik, memungkinkan manajemen bencana dan adaptasi perubahan iklim secara lebih efektif.

Pada **sektor energi terbarukan**, AI mengoptimalkan produksi dengan menganalisis pola cuaca dan permintaan energi. Teknologi seperti *smart grid* berbasis AI mendukung distribusi energi yang efisien, menyeimbangkan pasokan dan permintaan, serta mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam jaringan listrik.

Di bidang **pertanian**, AI memungkinkan praktik pertanian presisi dengan menganalisis data tentang kesehatan tanah, cuaca, dan tanaman, sehingga mendukung alokasi sumber daya yang lebih baik dan mengurangi dampak lingkungan. Teknologi penginderaan jauh dan analisis data satelit yang didukung AI juga digunakan untuk memantau deforestasi, pencairan es, dan emisi karbon, mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam upaya konservasi.

Dalam bidang **transportasi**, AI mengoptimalkan arus lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan efisiensi sistem transportasi, sekaligus mendukung pengembangan kendaraan otonom dan infrastruktur kendaraan listrik.

Pendekatan berbasis AI juga membantu **mengoptimalkan penggunaan sumber daya** seperti air dan energi, mempromosikan keberlanjutan, dan mengurangi limbah. Teknologi ini mendukung inisiatif daur ulang melalui analisis data dan memungkinkan penilaian risiko terkait perubahan iklim, seperti banjir dan kebakaran hutan, untuk mempersiapkan masyarakat menghadapi bencana. Selain itu, AI berkontribusi pada teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon (CCS) dengan mengidentifikasi lokasi penyimpanan optimal dan mengoptimalkan proses penangkapan karbon untuk mengurangi emisi.

3.8 Manfaat dan Tantangan Pemanfaatan AI dalam Mitigasi Perubahan Iklim

Kecerdasan buatan (AI) memberikan berbagai manfaat signifikan dalam menghadapi perubahan iklim. Salah satu keunggulannya adalah meningkatkan akurasi dan kecepatan pemodelan iklim, yang memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data secara lebih baik. Dalam sektor energi, AI memaksimalkan efisiensi produksi energi terbarukan, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Selain itu, AI juga berperan penting dalam pengelolaan sumber daya yang

efisien dengan membantu mengurangi limbah dan mempromosikan penggunaan sumber daya secara lebih efektif, mendukung keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan.

Meski menawarkan banyak **manfaat**, AI menghadapi sejumlah **tantangan** dalam mitigasi perubahan iklim. Terkait dengan **pertimbangan etika**, keputusan yang diambil oleh AI harus sejalan dengan nilai-nilai manusia dan memprioritaskan kesejahteraan lingkungan, sementara privasi dan keamanan data tetap harus dijaga. Selain itu, **akses yang setara terhadap teknologi AI** perlu dijamin agar dapat dinikmati oleh semua komunitas, sehingga tidak memperburuk ketimpangan sosial.

Prospek ke depan, integrasi AI dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT) akan terus berkembang untuk pemantauan iklim dan pengelolaan sumber daya. Riset kolaboratif yang melibatkan berbagai disiplin ilmu juga diperlukan untuk menciptakan solusi holistik dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

3.9 Peran Teknologi Big Data dan AI dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati

Dalam penelitiannya, (Ayoola, et al., 2024) memaparkan peran penting teknologi big data dan kecerdasan buatan (AI) dalam mendukung konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan sumber daya di Amerika Serikat. Teknologi ini memungkinkan analisis data besar, pemodelan prediktif, dan pemantauan habitat, yang meningkatkan pengambilan keputusan dan efisiensi manajemen konservasi. Studi kasus digunakan untuk menunjukkan aplikasi praktis dan manfaatnya.

Keanekaragaman hayati memiliki peran penting dalam mendukung fungsi ekosistem di Amerika Serikat, seperti pemurnian air dan udara, penyerbukan tanaman, serta regulasi iklim. Upaya konservasi di negara ini didukung oleh inisiatif besar seperti *America the Beautiful*, yang bertujuan untuk melindungi 30% lahan dan perairan pada tahun 2030. Namun, berbagai tantangan mengancam keberhasilan konservasi tersebut, termasuk hilangnya habitat, perubahan iklim, masuknya spesies invasif, serta keterbatasan pendanaan. Untuk mengatasi ancaman ini, diperlukan kolaborasi internasional, kebijakan yang kuat, dan pendanaan yang memadai.

Peran teknologi juga semakin signifikan dalam upaya konservasi. *Big data* dari citra satelit, sensor lingkungan, dan proyek sains warga memungkinkan pemantauan biodiversitas secara lebih komprehensif. Platform seperti *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* dan *DataONE* menyediakan data terintegrasi yang mendukung analisis dan pengambilan keputusan. Selain itu, kecerdasan buatan (AI) memainkan peran penting dalam analisis data, pemetaan distribusi spesies, serta pemantauan habitat. Teknologi seperti pembelajaran mesin memungkinkan pemodelan prediktif yang dapat mengidentifikasi ancaman biodiversitas di masa depan.

Integrasi antara *big data* dan AI semakin meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan melalui analisis data skala besar dan waktu nyata. Studi kasus menunjukkan manfaat nyata dalam pemantauan spesies, identifikasi habitat kritis, serta pengelolaan sumber daya alam. Untuk memastikan penggunaan teknologi ini secara optimal, perlu dikembangkan protokol data standar, kolaborasi lintas sektor, dan regulasi yang menjamin etika penggunaan AI. Riset masa depan juga perlu diarahkan pada peningkatan integrasi data, akurasi pemodelan, serta pengelolaan risiko etis, sehingga teknologi dapat mendukung konservasi keanekaragaman hayati dengan lebih baik.

3.10 Peran AI dalam Prediksi

Peran kecerdasan buatan/*artificial intelligence* (AI) dan pembelajaran mesin/*machine learning* (ML) dalam penelitian perubahan iklim, dibahas oleh (Hamdan, Ibekwe, Etukudoh, Umoh, & Ilojiana, 2024), dengan fokus pada model prediktif dan penilaian dampak lingkungan. AI dan ML meningkatkan kemampuan memprediksi pola iklim, kejadian cuaca ekstrem, dan kenaikan permukaan laut, serta memahami dampak perubahan iklim terhadap ekosistem. Tantangan seperti standar data, interpretabilitas model, dan etika juga diidentifikasi sebagai area yang memerlukan perhatian lebih.

Model prediktif berbasis kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (ML) memainkan peran penting dalam penelitian perubahan iklim dengan memanfaatkan data atmosfer, satelit, dan lautan untuk memproyeksikan skenario iklim di masa depan. Dengan kemampuannya menangkap pola rumit dan hubungan non-linear, teknologi ini menghasilkan simulasi yang lebih realistis dibandingkan dengan metode tradisional (Rolnick, 2022). Selain itu, AI dan ML juga digunakan dalam penilaian dampak lingkungan (*Environmental Impact Assessment* atau EIA) untuk menganalisis parameter seperti deforestasi, kehilangan keanekaragaman hayati, dan dinamika penyerapan karbon (Shivaprakash, et al., 2022). Teknologi ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh tentang interaksi kompleks dalam ekosistem.

3.11 Tantangan dalam Penggunaan AI untuk Prediksi

Adopsi teknologi ini menghadapi sejumlah tantangan. Standar format data yang beragam sering kali menghambat integrasi data, sementara interpretabilitas model yang rendah—dikenal sebagai masalah "black box"—membatasi transparansi dan akuntabilitas. Di samping itu, aspek etika seperti bias algoritma dan privasi data memerlukan perhatian khusus untuk memastikan penggunaan AI yang bertanggung jawab. Meski demikian, peluang besar terbuka di masa depan, terutama dengan integrasi AI/ML dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan komputasi performa tinggi, yang dapat mendukung pemantauan lingkungan secara real-time. Kolaborasi antar disiplin juga menjadi kunci untuk menciptakan solusi yang lebih holistik dan efektif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim (McGovern, Tissot, & Bostrom, 2024).

3.12 Penggunaan Explainable AI untuk Menjawab Masalah Transparansi dan Interpretabilitas

Explainable AI (XAI) atau “kecerdasan buatan yang dapat dijelaskan” adalah pendekatan dalam pengembangan model AI yang dirancang untuk memberikan penjelasan yang mudah dipahami manusia tentang bagaimana model mencapai keputusan atau prediksi (Ali, Abuhmed, El-Sappagh, & Muhammad, 2023).

Explainable AI (XAI) merupakan pendekatan dalam pengembangan kecerdasan buatan yang menekankan pada transparansi, interpretabilitas, dan keseimbangan antara akurasi dan kompleksitas model. **Transparansi** dalam XAI mengharuskan model untuk mampu menjelaskan mekanisme internalnya, sehingga pengguna dapat memahami proses pengambilan keputusan. Sebagai contoh, model AI dapat menjelaskan bahwa prediksi kepunahan suatu spesies dipengaruhi oleh perubahan suhu dan hilangnya habitat. Selain itu, **interpretabilitas** menjadi aspek penting agar output dari model dapat dimengerti oleh pengguna non-teknis, seperti peneliti konservasi, pembuat kebijakan, atau masyarakat umum. Hal ini dapat diwujudkan melalui diagram atau

visualisasi yang menunjukkan hubungan antara variabel iklim dengan risiko terhadap spesies tertentu. XAI juga berupaya menyeimbangkan antara **akurasi model** yang seringkali kompleks, seperti pada metode deep learning, dan kemampuan untuk menjelaskan hasilnya secara sederhana. Dalam konservasi biodiversitas, XAI memiliki beberapa contoh penerapan, seperti pemodelan risiko spesies yang dapat menjelaskan faktor utama penyebab ancaman, termasuk kenaikan suhu, deforestasi, atau invasi spesies lain (Branco, Correia, & Cardoso, 2023). Selain itu, XAI memungkinkan skenario simulasi untuk menunjukkan dampak perubahan kebijakan atau mitigasi terhadap ekosistem. XAI memberikan manfaat yang signifikan, seperti meningkatkan kepercayaan dan adopsi pengguna terhadap hasil model AI. Misalnya, pembuat kebijakan dapat menggunakan hasil model untuk menetapkan area konservasi prioritas. XAI juga membantu dalam identifikasi bias dalam model atau dataset, seperti kecenderungan model yang memprioritaskan spesies tertentu karena data yang tidak seimbang. Selain itu, komunikasi hasil yang jelas melalui XAI memfasilitasi kolaborasi antara ahli AI dan ilmuwan konservasi.

Namun, XAI juga menghadapi tantangan, seperti kompleksitas model yang sering kali sulit dijelaskan karena melibatkan jutaan parameter. Tantangan lainnya adalah menemukan keseimbangan yang tepat untuk meningkatkan interpretabilitas tanpa mengorbankan akurasi prediksi. Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, XAI dapat menjadi alat yang sangat berharga dalam mendukung upaya konservasi dan pengambilan keputusan berbasis data.

3.13 Peluang untuk Pengembangan di Masa Depan

Pengembangan model prediktif berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk menilai dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati membuka berbagai peluang di masa depan. Beberapa peluang utama adalah sebagai berikut:

1. Integrasi Teknologi Multisensor

Perpaduan data dari sensor IoT, drone, citra satelit, dan teknologi pemetaan geospasial dapat meningkatkan akurasi dan cakupan model prediktif. Hal ini memungkinkan analisis lebih mendalam tentang pola perubahan habitat dan distribusi spesies.

2. Pemanfaatan Teknik AI Lanjutan

Penggunaan model AI generatif, seperti generative adversarial networks (GANs), dan pendekatan pembelajaran mendalam (deep learning) dapat membantu dalam memproyeksikan skenario perubahan iklim yang lebih kompleks dan realistis.

3. Penggunaan Data Real-Time

Dengan kemajuan teknologi edge computing dan cloud computing, memungkinkan pemrosesan data real-time untuk memantau perubahan lingkungan secara dinamis. Hal ini dapat memberikan wawasan yang cepat dan relevan untuk pengambilan keputusan konservasi.

4. Kolaborasi Multidisiplin

Kerjasama antar disiplin ilmu, termasuk ekologi, informatika, klimatologi, dan ilmu sosial, dapat menghasilkan model yang lebih holistik. Pendekatan multidisiplin ini juga dapat memperhitungkan dimensi sosial dan ekonomi dalam konservasi keanekaragaman hayati.

5. Pengembangan Model yang Lebih Terbuka dan Transparan

Tantangan interpretabilitas model AI dapat diatasi dengan fokus pada pengembangan model yang lebih transparan dan dapat dijelaskan (explainable AI). Hal ini akan mempermudah adopsi model oleh pemangku kepentingan yang lebih luas, termasuk pembuat kebijakan dan masyarakat.

6. Peningkatan Ketersediaan dan Kualitas Data

Inisiatif global untuk meningkatkan akses data, seperti melalui program sains warga (*citizen science*), dapat memperkaya dataset yang digunakan. Keterlibatan masyarakat juga dapat meningkatkan kesadaran dan dukungan terhadap konservasi keanekaragaman hayati.

7. **Aplikasi Model di Wilayah Lokal**

Model yang dikembangkan dengan mempertimbangkan konteks lokal, termasuk spesies endemik dan tantangan spesifik wilayah, dapat memberikan solusi yang lebih relevan dan berdampak langsung.

8. **Implementasi Kebijakan Berbasis Data**

Hasil dari model prediktif dapat digunakan untuk mendukung kebijakan berbasis data, seperti identifikasi area konservasi prioritas, pengelolaan risiko ekosistem, dan mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal hingga global.

Dengan terus berkembangnya teknologi AI dan meningkatnya kolaborasi antar sektor, model prediktif memiliki potensi untuk memberikan dampak positif yang signifikan dalam upaya pelestarian keanekaragaman hayati di tengah tantangan perubahan iklim.

4 KESIMPULAN

Biodiversitas adalah pertahanan alami terbaik melawan perubahan iklim. Untuk melindungi masa depan Bumi, diperlukan upaya terpadu untuk menjaga, memulihkan, dan menggunakan sumber daya alam secara berkelanjutan melalui kerja sama global dan integrasi kebijakan. Pendekatan *citizen science* sangat relevan untuk mendukung pelestarian keanekaragaman hayati di tengah tantangan perubahan iklim, terutama di negara-negara dengan sumber daya penelitian yang terbatas. AI adalah alat yang kuat untuk memerangi perubahan iklim dengan meningkatkan pemodelan iklim, mengoptimalkan energi terbarukan, dan memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Teknologi big data dan AI memberikan potensi besar dalam melindungi keanekaragaman hayati. Meskipun ada tantangan seperti kebutuhan akan data berkualitas tinggi dan biaya awal yang tinggi, manfaatnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan konservasi sangat signifikan. ML memiliki potensi besar untuk mendukung aksi iklim, tetapi perlu disertai kebijakan yang mendukung dan penerapan teknologi yang bertanggung jawab. Kolaborasi antara peneliti, pemerintah, dan sektor swasta diperlukan untuk memaksimalkan dampak positifnya. AI dan ML menawarkan potensi besar untuk memahami dan memitigasi dampak perubahan iklim. Namun, penerapan teknologi ini memerlukan kolaborasi lintas bidang dan perhatian pada aspek etika, standar data, dan penerjemahan hasil riset menjadi suatu kebijakan. Solusi berbasis AI seperti *Transcend Design Generator* membantu mempercepat proyek infrastruktur, mengurangi risiko, dan mendukung keberlanjutan untuk masa depan yang lebih bersih dan berkelanjutan. Explainable AI menjadi elemen penting dalam penelitian dan aplikasi konservasi, karena memungkinkan model AI tidak hanya kuat secara teknis, tetapi juga dapat digunakan secara efektif oleh berbagai pemangku kepentingan yang berasal dari latar belakang non-teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Abuhmed, T., El-Sappagh, S., & Muhammad, K. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion*, 99.
- Ayoola, V. B., Idoko, I. P., Eromonsei, S. O., Afolabi, O., Apampa, K. R., & Oyebanji, O. S. (2024). The role of big data and AI in enhancing biodiversity conservation and resource

- management in the USA. *World Journal of Advanced Research and Reviews (WJARR)*, 23(02), 1851-1873.
- Branco, V. V., Correia, L., & Cardoso, P. (2023). The use of machine learning in species threats and conservation analysis. *Biological Conservation*, 283.
- Burgess, H. K., DeBey, L. B., & Froehlich, H. E. (2017). The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool. *Biological Conservation*, Vol 208, April 2017, 113-120.
- Callaghan, C. T., Mesaglio, T., & Ascher, J. S. (2022). The benefits of contributing to the citizen science platform iNaturalist as an identifier. *PLOS Biology*, Vol 20(10), 1-6.
- CDP Disclosure Insight Action. (2024). *Memperkuat Ketahanan Iklim Perkotaan dan Masyarakat di Asia*. CDP.
- Council on Foreign Relations. (2024, Oktober 18). *How Climate Change Reduces Biodiversity*. Retrieved from CFR Education: <https://education.cfr.org/learn/reading/biodiversity-conservation-climate-change>
- Deriota. (2024, Juli 24). *BMKG menggunakan AI dalam prediksi cuaca? Teknologi AI dalam Prediksi Cuaca*. Retrieved from Deriota.com: https://deriota.com/news/read/1294/bmkg-menggunakan-ai-dalam-prediksi-cuaca-teknologi-ai-dalam-prediksi-cuaca.html#google_vignette
- Hamdan, A. M., Ibekwe, K., Etukudoh, E. A., Umoh, A. A., & Ilojianya, V. I. (2024). AI and machine learning in climate change research: A review of predictive. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(01), 1999-2008.
- Higgins, P. (2006). Climate Change: Complexity, Chaos and Order. In A. Wimmer, & R. Kossler, *Understanding Change, Models, Methodologies and Metaphors* (pp. 37-50). Palgrave Macmillan.
- McGovern, A., Tissot, P., & Bostrom, A. (2024, January 1). Developing trustworthy AI for weather and climate. *Physics Today*, 77(1), pp. 26-31.
- Mulneh, M. G. (2021). Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective—a review article. *Agriculture & Food Security*, 10:36.
- Rolnick, D. (2022). Tackling Climate Change with Machine Learning. *ACM Computing Surveys*, Vol.55 No2, Article 42, 42:2-42:96.
- Santoso, N. I. (2024, Agustus). Percepatan Transisi Energi Listrik dalam Mendukung Green Economy Guna Mewujudkan Ketahanan Energi Nasional. *Taskap*. Jakarta: Lemhanas.
- Shivaprakash, K. N., Swami, N., Mysorekar, S., Arora, R., Gangadharan, A., Vohra, K., & Jadeyegowda, M. (2022). Potential for Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) Applications in Biodiversity Conservation, Managing Forests, and Related Services in India. *Sustainability*, 14(12), 7154.
- Squires, T. M., Yuda, P., & Akbar, P. G. (2021). Citizen science rapidly delivers extensive distribution data for birds in a key tropical biodiversity area. *Global Ecology and Conservation*, 28.
- Suwali, Suprpto, Panunggul, V. B., Sitanini, A., Noviani, F., & Azalia, I. I. (2024). Inovasi Aplikasi Sadar Lingkungan Berbasis Android (Saling Bangsa). *ADIMA Awatara Pengabdian Kepada Masyarakat Jurnal*, Vol. 2, No. 2, April 2024, 19-27.
- Transcend. (n.d.). *AI for Climate Change: Revolutionizing Solutions for a Sustainable Future*. Retrieved from Transcend: <https://transcendinfra.com/ai-for-climate-change/>

United Nations. (2022, September). *Biodiversity - our strongest natural defense against climate change*. Retrieved from United Nations Climate Action: <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/biodiversity>

United Nations Climate Change. (2021, September 10). *Why Biodiversity Matters*. Retrieved from UNFCCC News: <https://unfccc.int/news/why-biodiversity-matters?>