

## Transformasi Digital: Penggunaan Ai Pada Pelaporan Emisi Gas Rumah Kaca Nasional Sesuai Paris Agreement

L A R Marbun<sup>1</sup>, D G S Mangku<sup>2</sup>, N P R Yulianti<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Ilmu Hukum, Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial, Universitas Pendidikan Ganesha

E-mail: lasmian@student.undiksha.ac.id<sup>1</sup>, sudika.mangku@undiksha.ac.id<sup>2</sup>,  
raiyulianti@undiksha.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak.** Penelitian ini membahas tantangan pelaporan emisi Gas Rumah Kaca nasional dalam kerangka *Paris Agreement* yang menuntut akurasi, konsistensi, dan transparansi data melalui *Enhanced Transparency Framework*. Dalam praktiknya, mekanisme pelaporan yang masih sangat bergantung pada input manual dan koordinasi birokratis berpotensi menimbulkan kesenjangan antara data administratif dan kondisi ekologis di lapangan, khususnya terkait deforestasi dan perubahan penggunaan lahan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian hukum normatif dengan pendekatan konseptual dan komparatif untuk menganalisis kewajiban hukum negara dalam pelaporan emisi serta implikasi penerapan teknologi *Artificial Intelligence* sebagai alat bantu teknis. Analisis difokuskan pada prinsip tanggung jawab negara, asas itikad baik, dan kewajiban transparansi dalam hukum internasional. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan *Artificial Intelligence* berpotensi meningkatkan integrasi data lintas sektor, verifikasi perubahan tutupan lahan, dan konsistensi metodologis pelaporan emisi. Namun, efektivitas pendekatan ini sangat bergantung pada kualitas data awal, desain kelembagaan, serta kerangka regulasi yang mengatur akuntabilitas dan pengawasan manusia. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan *Artificial Intelligence* tidak dapat dipandang sebagai solusi tunggal, melainkan sebagai instrumen pendukung dalam model tata kelola hibrida yang bertujuan memperkuat integritas pelaporan emisi nasional serta mendukung pemenuhan kewajiban hukum internasional Indonesia secara lebih akuntabel dan bertanggung jawab. Temuan ini diharapkan memberikan kontribusi konseptual bagi pengembangan kebijakan iklim nasional berkelanjutan.

**Kata kunci:** artificial intelligence; pelaporan emisi; tanggung jawab negara.

**Abstract.** This study addresses the challenges of national Greenhouse Gas emissions reporting within the *Paris Agreement*, which demands data accuracy, consistency, and transparency through the *Enhanced Transparency Framework*. In practice, reporting mechanisms that still rely heavily on manual input and bureaucratic coordination can create gaps between administrative data and ecological conditions on the ground, particularly regarding deforestation and land-use change. This study uses normative legal research methods with conceptual and comparative approaches to analyze state legal obligations in emissions reporting and the implications of implementing *Artificial Intelligence* technology as a technical tool. The analysis focuses on the principles of state responsibility, the principle of good faith, and transparency obligations under international law. The study results indicate that the use of *Artificial Intelligence* has the potential to improve cross-sectoral data integration, land cover change verification, and methodological consistency in emissions reporting. However, the effectiveness of this approach is highly dependent on the quality of the initial data, institutional design, and the regulatory framework governing accountability and human oversight. This study concludes that the application of *Artificial Intelligence* cannot be viewed as a single solution, but rather as a supporting instrument in a hybrid governance model aimed at

*strengthening the integrity of national emissions reporting and supporting the fulfillment of Indonesia's international legal obligations in a more accountable and responsible manner. These findings are expected to provide a conceptual contribution to the development of sustainable national climate policy.*

**Keywords:** *artificial intelligence; emissions report; state responsibility.*

## **1. Pendahuluan**

Perubahan iklim global pada saat ini tidak lagi dapat dipahami semata-mata sebagai isu akademik atau diskursus kebijakan jangka panjang. Fenomena tersebut telah berkembang menjadi persoalan nyata yang berdampak langsung terhadap kehidupan sosial, ekonomi, dan keamanan manusia. Salah satu penyebab utama perubahan iklim adalah meningkatnya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari aktivitas manusia (*anthropogenic activities*), baik melalui sektor energi, industri, transportasi, maupun perubahan penggunaan lahan. Dalam konteks ini, persoalan emisi tidak hanya terletak pada besaran kuantitatifnya, melainkan juga pada sifat akumulatif dan keberlanjutan pelepasannya ke atmosfer.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan tingkat ketergantungan tinggi pada sumber daya alam memiliki posisi yang kompleks dalam isu perubahan iklim. Sebagai negara kepulauan (*archipelagic state*) yang diakui secara internasional melalui UNCLOS 1982, Indonesia memiliki karakteristik geografis unik yang menuntut pengelolaan perbatasan dan wilayah yang terintegrasi [1], termasuk dalam pengawasan dampak lingkungan. Pemerintah Indonesia sendiri telah menyadari urgensi ini dengan meratifikasi *Paris Agreement* melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016, yang menargetkan penurunan emisi GRK sebagai bagian dari *Nationally Determined Contribution* (NDC) [2]. Sebagai organisasi internasional, PBB memegang peran sentral dalam memelihara keamanan global dan memastikan negara anggota mematuhi resolusi bersama demi menyelamatkan generasi penerus dari ancaman kehancuran [3]. Dalam konteks ini, krisis iklim dipandang sebagai ancaman global yang setara urgensinya. Komitmen tersebut diwujudkan melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang menargetkan penurunan emisi secara bertahap. Namun, di sisi lain, pelaksanaan komitmen tersebut menghadapi tantangan struktural, khususnya terkait akurasi, konsistensi, dan transparansi data emisi yang dilaporkan oleh negara.

Dampak dari tantangan tersebut semakin terlihat ketika dikaitkan dengan meningkatnya intensitas bencana hidrometeorologi dalam beberapa tahun terakhir. Peristiwa banjir besar dan longsor yang terjadi di wilayah Sumatera dan beberapa negara Asia lainnya pada akhir tahun 2025 misalnya, menunjukkan adanya tekanan lingkungan yang signifikan. Data yang dirilis oleh lembaga pemerintah dan media nasional mencatat kerugian ekonomi yang sangat besar serta korban jiwa dalam jumlah yang tidak sedikit. Peristiwa hujan ekstrem ini secara historis dianggap "tidak mungkin terjadi" dalam periode ulang yang pendek, namun faktanya berhasil terjadi pada tingkat kemungkinan terkecilnya dengan dampak yang katastrofik. Data lapangan memperlihatkan skala kerusakan yang luar biasa. Di Kabupaten Aceh Timur saja, kerugian sementara akibat banjir tercatat mencapai Rp5,39 triliun, mencakup kerusakan ribuan rumah, infrastruktur publik, dan lahan ekonomi warga [4]. Lebih mengerikan lagi, dampak kemanusiaan dari bencana ini sangat masif. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) melaporkan bahwa hingga pertengahan Desember 2025, total korban jiwa di wilayah Sumatera mencapai 1.016 orang, dengan 212 orang dinyatakan hilang dan lebih dari 624.000 jiwa terpaksa mengungsi [5]. Peristiwa ini tidak dapat dilepaskan dari degradasi lingkungan, termasuk deforestasi dan perubahan tata guna lahan, yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko bencana.

Peristiwa banjir besar-besaran ini menyingkap tabir gelap yang selama ini tertutup yaitu adanya deforestasi hutan yang masif dan sistematis yang luput dari pantauan publik. Besarnya volume air yang tidak mampu diserap oleh tanah mengindikasikan hilangnya tutupan hutan secara signifikan, yang ironisnya, tidak semua terlaporkan dalam laporan emisi GRK nasional. Terdapat kesenjangan (*gap*) yang nyata antara kondisi fisik lingkungan yang hancur dengan data administratif yang dilaporkan negara dalam kerangka *Enhanced Transparency Framework* (ETF) sesuai mandat *Paris Agreement* [6].

Kondisi tersebut mengindikasikan adanya kesenjangan antara realitas ekologis di lapangan dengan data emisi dan lingkungan yang tercermin dalam laporan administratif negara. Dalam kerangka Paris Agreement, khususnya melalui Enhanced Transparency Framework (ETF), negara memiliki kewajiban untuk menyampaikan laporan emisi yang akurat, transparan, dan dapat diverifikasi. Namun, mekanisme pelaporan yang masih sangat bergantung pada input manual dan koordinasi lintas sektor berpotensi menimbulkan bias, baik karena keterbatasan kapasitas teknis maupun karena adanya kepentingan politik dan ekonomi tertentu.

Dalam perspektif hukum internasional, ketidakakuratan pelaporan lingkungan memiliki implikasi yang serius. Negara pada prinsipnya memikul tanggung jawab untuk memastikan bahwa aktivitas di dalam yurisdiksinya tidak menimbulkan kerugian, baik bagi warga negaranya sendiri maupun bagi komunitas internasional. Prinsip tanggung jawab negara (state responsibility) serta asas *sic utere tuo ut alienum non laedas* menegaskan bahwa negara wajib bertindak dengan itikad baik (good faith) dalam memenuhi kewajiban internasionalnya, termasuk kewajiban pelaporan emisi GRK. Oleh karena itu, persoalan integritas data lingkungan tidak dapat dipandang semata sebagai masalah administratif, melainkan sebagai isu hukum yang berdampak pada pemenuhan kewajiban internasional negara. Pada intinya, meskipun setiap negara memiliki hak berdaulat atas wilayahnya, hal tersebut tidak membebaskan negara dari tanggung jawab jika terjadi kerugian atau pelanggaran kewajiban internasional [7].

Berdasarkan permasalahan tersebut, muncul kebutuhan untuk mencari pendekatan baru dalam mekanisme pelaporan emisi nasional. Salah satu pendekatan yang mulai mendapat perhatian dalam tata kelola publik global adalah pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk mendukung proses pengambilan keputusan dan pengawasan administratif. Pengalaman beberapa negara, seperti Albania, menunjukkan bahwa AI dapat digunakan sebagai alat bantu independen untuk meminimalkan intervensi kepentingan manusia dalam proses birokrasi tertentu. Dalam konteks pelaporan emisi, AI berpotensi dimanfaatkan sebagai instrumen teknis yang mampu mengintegrasikan berbagai sumber data, melakukan verifikasi silang, serta meningkatkan akurasi dan konsistensi laporan.

Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara konseptual penerapan AI sebagai alat pendukung independen dalam pelaporan emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. Analisis difokuskan pada bagaimana pemanfaatan AI dapat menjembatani kesenjangan antara kewajiban hukum internasional yang diatur dalam Paris Agreement dengan tantangan politik dan administratif di tingkat domestik, serta implikasinya terhadap pemenuhan tanggung jawab negara dalam hukum internasional. Isu perubahan iklim global dewasa ini tidak lagi sekadar menjadi wacana ilmiah di ruang-ruang akademis, melainkan telah bermetamorfosis menjadi ancaman eksistensial yang nyata bagi keberlangsungan peradaban manusia. Inti dari permasalahan ini berakar pada aktivitas manusia (*anthropogenic activities*) yang secara konsisten menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) konvensional. Seringkali, perdebatan mengenai emisi terjebak pada kuantitas, apakah emisi tersebut sedikit atau banyak padahal, esensi bahayanya terletak pada konsistensi pelepasan emisi tersebut ke atmosfer yang terjadi tanpa henti. Akumulasi dari aktivitas yang dianggap "sedikit namun rutin" ini menciptakan efek bola salju yang merusak keseimbangan termal bumi.

## **2. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian hukum normatif dengan pendekatan konseptual dan komparatif, sebagaimana lazim digunakan dalam kajian hukum internasional dan hukum lingkungan. Pendekatan konseptual diterapkan untuk menganalisis prinsip, norma, dan kewajiban hukum negara terkait pelaporan emisi Gas Rumah Kaca, khususnya yang bersumber dari Paris Agreement, Enhanced Transparency Framework, serta doktrin tanggung jawab negara dan asas itikad baik dalam hukum internasional. Pendekatan ini bertujuan menempatkan kewajiban pelaporan emisi sebagai bagian dari komitmen hukum yang bersifat mengikat dan dapat menimbulkan implikasi yuridis.

Selain itu, pendekatan komparatif digunakan secara terbatas untuk menelaah praktik pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* dalam tata kelola administrasi publik, dengan mengambil contoh pengalaman Albania. Studi komparatif ini tidak dimaksudkan untuk melakukan generalisasi

kebijakan, melainkan sebagai ilustrasi konseptual guna mengidentifikasi kemungkinan penerapan teknologi serupa dalam konteks pelaporan emisi di Indonesia, dengan memperhatikan perbedaan sistem hukum dan kelembagaan.

Bahan hukum yang digunakan terdiri atas bahan hukum primer, sekunder, dan tersier. Bahan hukum primer meliputi perjanjian internasional, peraturan perundang-undangan nasional, serta dokumen resmi lembaga internasional. Bahan hukum sekunder mencakup jurnal ilmiah, buku, dan laporan penelitian yang relevan. Analisis dilakukan secara kualitatif melalui penafsiran sistematis, argumentasi hukum, dan penarikan kesimpulan secara deduktif. Pendekatan ini diharapkan memberikan kerangka analitis yang koheren dan dapat dipertanggungjawabkan akademik.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### *3.1. Deforestasi Hutan Sebagai Bagian Dari Emisi*

Bencana banjir Sumatera 2025 yang menelan lebih dari seribu korban jiwa dan kerugian triliunan rupiah adalah bukti tak terbantahkan dari kegagalan data dalam memprediksi risiko yang terjadi akibat adanya emisi yang Tidak Terlaporkan (*Unreported Emissions*). Validitas data emisi dan kondisi lingkungan bukan sekadar isu administratif di atas kertas, melainkan masalah hidup dan mati. Realitas ini terkonfirmasi secara brutal melalui peristiwa bencana hidrometeorologi yang melanda wilayah Sumatera dan sebagian Asia pada akhir tahun 2025. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) melaporkan bahwa akumulasi korban jiwa akibat banjir dan longsor di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat mencapai 1.016 jiwa, dengan 212 orang dinyatakan hilang. Selain dampak kemanusiaan yang masif dengan lebih dari 600 ribu pengungsi, kerugian materiil di satu kabupaten saja (Aceh Timur) tercatat mencapai Rp5,39 triliun, meliputi kerusakan infrastruktur vital dan lahan ekonomi warga.

Besarnya skala bencana ini mengindikasikan adanya anomali lingkungan yang ekstrem, yang secara logis berkaitan erat dengan degradasi tutupan lahan yang tidak terkendali. Studi menunjukkan bahwa deforestasi, terutama di Asia Tenggara, memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi karbon dan perubahan iklim mikro yang memicu cuaca ekstrem. Deforestasi menghilangkan penyerap karbon (*carbon sink*) dan melepaskan karbon yang tersimpan kembali ke atmosfer, memperburuk pemanasan global. Namun, terdapat paradoks mencolok: meskipun dampak fisik deforestasi begitu nyata (*banjir bandang*), data pelaporan emisi nasional seringkali tidak mencerminkan tingkat kerusakan yang setara. Hal ini terjadi karena adanya "kesusahan" atau kekosongan dalam pelaporan kerangka kerja transparansi (*framework reporting*), di mana metode konvensional sering gagal menangkap emisi dari aktivitas ilegal atau perubahan lahan skala kecil yang luput dari pantauan.

Penelitian berbasis data di Amazon dan Asia Tenggara oleh Obani[6] menunjukkan bahwa deforestasi didorong secara agresif oleh ekspansi pertanian dan penebangan liar, yang menyebabkan pelepasan karbon masif. Namun, masalah utamanya adalah "ketidaktampakan" data. Metode pelaporan manual sering gagal menangkap deforestasi skala kecil atau degradasi hutan yang terjadi di wilayah terpencil, sehingga angka emisi nasional seringkali *underestimated* (lebih rendah dari kenyataan). Hal ini diperburuk oleh rendahnya tingkat pengungkapan emisi karbon (*carbon emission disclosure*) oleh korporasi di negara berkembang, termasuk Indonesia, yang menghambat transparansi total.

Kelemahan fatal lain dalam kerangka pelaporan konvensional adalah fokus yang berlebihan pada karbon, sementara mengabaikan efek biofisik. Lawrence[10] menyoroti bahwa deforestasi mengubah keseimbangan energi dan air (*evapotranspirasi* dan *albedo*) yang memiliki dampak langsung pada pola cuaca lokal. Hilangnya hutan di Sumatera tidak hanya melepaskan karbon, tetapi juga menghilangkan fungsi pendinginan alami dan pengaturan siklus hidrologi, yang secara langsung memicu curah hujan ekstrem "yang secara historis tidak mungkin terjadi". Kesenjangan antara "data yang dilaporkan" dengan "realitas bencana" inilah yang menjadi landasan perlunya auditor independen berbasis teknologi. Algoritma AI yang canggih diperlukan karena manusia sering kesulitan mengintegrasikan variabel biofisik yang kompleks ini ke dalam model pelaporan standar ETF.

#### *3.2. AI Sebagai Alat Transformasi Pembuatan Laporan Emisi*

Pada umumnya dalam tata kelola publik, penggunaan AI sering dikaitkan dengan upaya mengurangi risiko korupsi, konflik kepentingan, serta inefisiensi birokrasi yang timbul dari sifat egois manusia. Dibutuhkan sebuah sinergi antara hukum dan teknologi semacam ini terbukti krusial dalam reformasi sistem peradilan (seperti *E-Court*), di mana pemanfaatan teknologi informasi mampu menciptakan proses yang lebih sederhana, cepat, transparan, dan berbiaya ringan [11]. Hal serupa dapat diterapkan dalam konteks pelaporan emisi sebagai bentuk upaya untuk meningkatkan akurasi dan integritas pelaporan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menuntut adanya pembaruan pendekatan yang tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga teknis dan kelembagaan. Salah satu pendekatan yang mulai berkembang dalam tata kelola publik kontemporer adalah pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) sebagai alat bantu dalam proses pengumpulan, pengolahan, dan verifikasi data. Pemanfaatan AI dalam konteks ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran negara atau pejabat publik, melainkan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih berbasis data dan meminimalkan keterbatasan yang melekat pada mekanisme pelaporan konvensional.

Pengalaman Albania yang memperkenalkan sistem AI bernama Diella dalam sektor pengadaan publik dapat dipahami sebagai ilustrasi dari pendekatan tersebut. Pada tahun 2025, Perdana Menteri Edi Rama memperkenalkan Diella, sebuah sistem berbasis *Artificial Intelligence* yang diposisikan setara dengan "Menteri Negara" untuk urusan Pengadaan Publik (*Public Procurement*). Dalam hal tersebut pemerintah Albania menyadari bahwa korupsi dalam pengadaan barang dan jasa publik adalah masalah endemik yang sulit diberantas selama prosesnya masih melibatkan diskresi manusia yang rentan disuap atau ditekan. PM Edi Rama menegaskan bahwa tujuan utama penggunaan AI ini adalah untuk membangun proses yang "netral" dan kebal terhadap nepotisme politik maupun korupsi kecil-kecilan (*petty corruption*) yang menggerogoti kepercayaan publik. Pemerintah Albania memanfaatkan AI untuk memproses data tender dan mendeteksi potensi pelanggaran prosedural secara otomatis. Meskipun konteksnya berbeda dengan sektor lingkungan, pengalaman ini menunjukkan bahwa algoritma dapat digunakan sebagai instrumen teknis untuk meningkatkan konsistensi dan transparansi dalam proses administratif yang kompleks.

Penerapan Diella menandai fenomena yang disebut oleh Çani dan Mazellu[14] sebagai "pergeseran algoritmik" (*algorithmic shift*) dalam administrasi publik. Pergeseran ini bukan sekadar digitalisasi, melainkan transformasi fundamental di mana algoritma mulai mengambil alih peran pengambilan keputusan yang sebelumnya merupakan hak eksklusif pejabat manusia. Di Albania, pergeseran ini didukung oleh portal "e-Albania" yang telah mendigitalkan 95% layanan publik, menciptakan ekosistem data yang matang untuk diolah oleh AI. Studi empiris juga menunjukkan kesiapan ekosistem di Albania, di mana 60,7% bisnis telah mengadopsi AI untuk efisiensi operasional dan pengambilan keputusan berbasis data. Kesiapan ini menjadi prasyarat penting. Bagi Indonesia, pelajaran utamanya adalah bahwa keberhasilan "Menteri AI" tidak hanya bergantung pada kecanggihan algoritma semata, tetapi juga pada ekosistem data digital yang terintegrasi dan kerangka hukum yang memungkinkan delegasi wewenang teknis kepada sistem non-manusia.

Dalam konteks pelaporan emisi dan pelaksanaan Enhanced Transparency Framework (ETF), AI berpotensi berperan pada dua fungsi utama, yaitu integrasi data lintas sektor dan verifikasi teknis terhadap perubahan penggunaan lahan, khususnya pada sektor Land Use, Land Use Change, and Forestry (LULUCF). Melalui pemanfaatan machine learning dan deep learning, AI dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan hutan dari citra satelit resolusi tinggi secara lebih sistematis dan berkelanjutan. Pendekatan ini memungkinkan deteksi dini terhadap aktivitas deforestasi, termasuk yang terjadi di wilayah terpencil atau yang tidak tercakup dalam laporan manual. Dalam hal ini *Machine Learning* dan *Deep Learning*, unggul dalam memproses volume data besar (*Big Data*) dari sumber yang berbeda-beda. Algoritma *Deep Learning* dapat dilatih untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi deforestasi secara otomatis dari citra satelit resolusi tinggi. Ini mencakup deteksi perubahan tutupan lahan harian, termasuk aktivitas ilegal yang luput dari laporan manual. Dengan menggunakan *high-performance computing*, AI dapat menghitung luasan hutan yang hilang dan mengkonversinya langsung menjadi estimasi emisi GRK [8]. Selain itu, AI dapat digunakan untuk mengolah data dari berbagai sumber pendukung, seperti sensor kualitas udara, sistem Internet of Things (IoT), serta laporan emisi dari sektor industri. Dengan melakukan analisis perbandingan dan verifikasi silang, AI dapat membantu mengidentifikasi anomali antara data lapangan dan laporan

administratif yang disampaikan oleh pelaku usaha atau instansi terkait. Namun demikian, perlu ditegaskan bahwa hasil analisis AI bersifat indikatif dan tetap memerlukan tindak lanjut serta penilaian dari otoritas manusia yang berwenang [17]. Algoritma dapat membandingkan data izin Hak Guna Usaha (HGU) atau izin industri dengan data luasan lahan yang diklaim sebagai hutan lindung/konservasi, mendeteksi secara cepat *red flags* konflik lahan dan potensi emisi [10].

Kesusahan utama dalam membuat laporan ETF adalah mencapai tingkat akurasi dan konsistensi yang dituntut, terutama bagi negara yang "membutuhkan fleksibilitas mengingat kapasitas mereka" [9]. Salah satu tantangan utama dalam penerapan AI pada pelaporan emisi adalah tuntutan akurasi dan konsistensi metodologis sebagaimana diatur dalam pedoman Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Dalam hal ini, AI berpotensi membantu penerapan metodologi tingkat lanjut (Tier 3) secara lebih konsisten, terutama dalam pengolahan data skala besar. Akan tetapi, efektivitas pendekatan ini sangat bergantung pada kualitas data awal, transparansi algoritma, serta kerangka regulasi yang mengatur penggunaan dan akuntabilitas teknologi AI dalam sektor publik.

**Tabel 1.** Prinsip-Prinsip Algoritma Diella Untuk Auditor Iklim

Prinsip Algoritma	Implementasi Pada Sektor Iklim	Referensi Konseptual
Independensi Mutlak	AI harus dioperasikan oleh badanNetralitas Diella dalam independen yang tidak berada di bawahpengadaan laporan kementerian pelaksana (misalnya di bawah Presiden/Parlemen atau badan <i>ad-hoc</i> yang diisi ahli AI dan iklim).	
Transparansi Laporan	AI harus mampu menjelaskan setiapTantangan <i>black-box</i> AI keputusan atau temuan anomali secara(Bushati (Hoxha), et al., rinci. Misalnya: "Anomali emisi pada2025: 368) koordinat X (citra satelit) pada tanggal Y disebabkan oleh aktivitas deforestasi Z (data izin)."	
Akuntabilitas Manusia	Meskipun AI yang melaporkan, tetap adaModel <i>Hybrid Governance</i> pejabat manusia yang bertanggung jawab(UNDP, 2025: 10) atas penindakan hasil laporan AI. AI hanyalah <i>tool</i> , bukan subjek hukum.	

### 3.3. Implikasi Terhadap Hukum dan Politik

Penerapan AI sebagai Auditor Iklim membawa implikasi signifikan terhadap pemenuhan kewajiban hukum internasional Indonesia. Menurut Mangku [19], perlindungan dan pelestarian lingkungan laut mendapat perhatian serius dari hukum internasional, khususnya melalui UNCLOS 1982, yang menetapkan kewajiban umum negara dalam melindungi lingkungan (Pasal 192-196). Meskipun fokusnya laut, prinsip kewajiban umum ini berlaku untuk seluruh lingkungan hidup, termasuk hutan yang merupakan paru-paru dunia. Emisi GRK adalah bentuk polusi lintas batas. Kegagalan pelaporan yang disengaja (demi kepentingan politik/ekonomi) dapat dianggap sebagai pelanggaran prinsip *good faith* dalam perjanjian internasional dan prinsip pencegahan bahaya lintas batas, yang pada akhirnya memicu *State Responsibility*. Besarnya kerugian akibat bencana 2025 [4] [5] dapat dilihat sebagai konsekuensi langsung dari kegagalan negara dalam mengontrol deforestasi yang tidak dilaporkan. Dengan adanya AI Auditor, negara memiliki alat yang membuktikan niat baiknya (*good faith*) dan upaya maksimal (*due diligence*) dalam mengukur dan melaporkan emisi secara jujur. Laporan AI yang independen dapat menjadi bukti kuat bagi komunitas global bahwa Indonesia telah bertindak transparan, meskipun angkanya mungkin lebih tinggi daripada laporan yang diintervensi politik.

Meskipun model Albania memberikan optimisme, Indonesia harus memperhatikan tantangan legal dan etis yang muncul. Algoritma hanya sebagus data latihnya. Jika data emisi historis Indonesia sudah sarat bias, AI berpotensi memperkuat bias tersebut (algorithmic bias) [6]. Oleh karena itu, bootstrapping data harus dilakukan dengan data satelit independen, bukan hanya data yang dilaporkan oleh industri. Di Albania, tantangan utama adalah fragmentasi kerangka hukum digital. Indonesia juga harus segera menyusun kerangka regulasi AI yang eksplisit mengatur peran, kewenangan, dan akuntabilitas AI di sektor publik, terutama terkait pengambilan keputusan yang berdampak besar pada kebijakan iklim dan sanksi.

#### **4. Kesimpulan**

Perkembangan krisis iklim yang tercermin melalui meningkatnya intensitas bencana hidrometeorologi di Indonesia menunjukkan bahwa persoalan lingkungan tidak dapat dilepaskan dari kualitas tata kelola dan integritas data yang digunakan dalam perumusan kebijakan. Peristiwa bencana yang terjadi pada akhir tahun 2025 di wilayah Sumatera memberikan gambaran mengenai besarnya risiko yang muncul ketika degradasi lingkungan, khususnya deforestasi dan perubahan penggunaan lahan, tidak sepenuhnya tercermin dalam laporan emisi dan lingkungan yang disampaikan oleh negara. Artikel ini berangkat dari pemahaman bahwa mekanisme pelaporan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tidak semata-mata merupakan kewajiban administratif, melainkan bagian integral dari pemenuhan kewajiban hukum internasional negara berdasarkan Paris Agreement. Dalam konteks tersebut, akurasi, konsistensi, dan transparansi data menjadi prasyarat utama untuk menunjukkan itikad baik (good faith) serta pelaksanaan prinsip kehati-hatian dan tanggung jawab negara (state responsibility) dalam hukum internasional.

Berdasarkan analisis konseptual yang telah dilakukan, pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dapat dipandang sebagai salah satu alternatif kebijakan yang berpotensi memperkuat sistem pelaporan emisi nasional, khususnya dalam kerangka Enhanced Transparency Framework (ETF). Kemampuan AI dalam mengintegrasikan data lintas sektor, melakukan verifikasi silang secara berkelanjutan, serta memproses volume data yang besar membuka peluang untuk mengurangi ketergantungan pada pelaporan manual yang rentan terhadap keterbatasan kapasitas dan intervensi kepentingan tertentu. Namun demikian, efektivitas penerapan AI sangat bergantung pada desain kelembagaan, kualitas data awal, serta kerangka regulasi yang mengatur peran dan akuntabilitas teknologi tersebut.

Pengalaman Albania dalam memanfaatkan AI pada sektor administrasi publik memberikan ilustrasi bahwa delegasi fungsi teknis tertentu kepada sistem berbasis algoritma dimungkinkan dalam tata kelola negara modern. Meskipun demikian, pendekatan tersebut tidak dapat diadopsi secara langsung tanpa penyesuaian. Dalam konteks Indonesia, penerapan AI dalam pelaporan emisi perlu disertai dengan pengawasan manusia, kejelasan pembagian tanggung jawab, serta jaminan bahwa AI diposisikan sebagai alat bantu teknis, bukan sebagai subjek hukum atau pengambil keputusan final. Dengan demikian, penerapan AI sebagai pendukung independen dalam pelaporan emisi GRK dapat dipahami sebagai langkah awal menuju penguatan tata kelola lingkungan yang lebih akuntabel dan transparan. Pendekatan ini tidak serta-merta menyelesaikan seluruh persoalan perubahan iklim, namun dapat berkontribusi dalam memperkecil kesenjangan antara realitas ekologis dan data administratif yang menjadi dasar kebijakan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang bersifat empiris dan evaluatif diperlukan untuk menguji efektivitas serta implikasi hukum dari penggunaan AI dalam sistem pelaporan emisi di Indonesia.

#### **5. Referensi**

- [1] H. Purwanto and D. G. S. Mangku, "Legal Instruments of the Republic of Indonesia in Border Management Using the Perspective of Archipelagic State," *International Journal of Business, Economics and Law*, vol. 11, no. 4, pp. 51-59, 2016.
- [2] R. Santoso, "Upaya pengurangan emisi dan insentif karbon," Pusat Analisis Keparlemenan Badan Keahlian Setjen DPR RI, Jakarta, Isu Sepekan Bidang Ekkuinbang, Feb. 2024.
- [3] M. K. D. Aryawan, Hartana, D. G. S. Mangku, N. P. R. Yulianti, dan E. R. Sari, "Peran Perserikatan Bangsa-Bangsa Sebagai Organisasi Internasional Dalam Kasus Perang Rusia-Ukraine," *Jurnal Locus Delicti*, vol. 4, no. 1, hal. 14-26, 2023.

- [4] "BPBD: Kerugian banjir di Aceh Timur capai Rp5,39 triliun," *Antara News*, Dec. 14, 2025. [Online]. Available: antaranews.com.
- [5] D. Hutabarat, "Update korban bencana Sumatera 14 Desember 2025: 1.016 orang meninggal, 212 hilang dan 624.670 mengungsi," *Liputan6.com*, Dec. 14, 2025.
- [6] I. P. Obani, Z. I. Obani, F. C. Anaeto, T. O. Akroh, and C. S. Nwachukwu, "Impact of deforestation on carbon emissions: A data-driven study of the Amazon and Southeast Asia," *Eur. J. Life Safety Stability*, vol. 50, 2025.
- [7] E. K. Purwendah, D. G. S. Mangku, dan A. Periani, "Dispute Settlements of Oil Spills in the Sea Towards Sea Environment Pollution," *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, vol. 317, hal. 245-248, 2019.
- [8] J. Souza Bikiaris, "The role of deforestation in climate change: Consequences and solutions," *J. Ecol. Toxicol.*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [9] UNFCCC, "Enhanced transparency framework: Overview," United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany, Rep., 2020.
- [10] D. Lawrence *et al.*, "The unseen effects of deforestation: Biophysical effects on climate," *Front. Forests Global Change*, vol. 5, Art. no. 756115, 2022.
- [11] L. N. Kbarek, N. P. R. Yulianti, D. G. S. Mangku, dan I. D. G. H. Yudiawan, "The Synergy Between Law and Technology Towards Justice System Reform in Indonesia," *Sociological Jurisprudence Journal*, vol. 6, no. 2, hlm. 123-132, 2023.
- [12] J. Henley, "Albania puts AI-created 'minister' in charge of public procurement," *The Guardian*, 2025.
- [13] J. Aldane, "Albania introduces AI-powered minister to end corruption in public procurement," *Global Government Forum*, 2025.
- [14] T. Pillay, "The world's first AI-powered minister tests the future of government," *TIME*, Oct. 10, 2025.
- [15] E. M. Çani and A. Mazellu, "Navigating the algorithmic shift and the legal implications of artificial intelligence in Albania's public administration," *Italian J. Public Law*, vol. 17, no. 2, pp. 496-527, 2025.
- [16] S. Bushati (Hoxha), V. Bakiasi (Shtino), and F. Bushi, "The intersection of artificial intelligence technologies and business management in Albanian market, as the basic stage of educational development," *J. Educ. Soc. Res.*, vol. 15, no. 6, 2025.
- [17] I. F. S. Wahyuningrum *et al.*, "Carbon emission disclosure and its impact on developing countries," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 23, no. 2, pp. 472-486, 2025.
- [18] UNDP, Human Development Report 2025: A matter of choice. People and possibilities in the age of AI. New York: United Nations Development Programme, 2025.
- [19] D. G. S. Mangku, "Perlindungan dan pelestarian lingkungan laut menurut hukum internasional," *Tanjungpura Law J.*, vol. 4, no. 2, pp. 161-177, 2020.
- [20] D. G. S. Mangku and I. K. Radiasta, "Tanggung jawab negara terhadap penembakan pesawat MH17 berdasarkan hukum internasional," *Pandecta*, vol. 14, no. 1, pp. 25-33, June 2019.
- [21] R. C. G.W, D. G. S. Mangku, and N. P. R. Yulianti, "Pertanggungjawaban negara peluncur atas kerugian benda antariksa berdasarkan Liability Convention 1972 (Studi kasus jatuhnya pecahan roket Falcon 9 di Sumenep)," *J. Komunitas Yustisia*, vol. 4, no. 1, pp. 96-106, 2021.
- [22] K. B. R. Dana, D. G. S. Mangku, and N. P. R. Yulianti, "Perlindungan hukum bagi WNI di luar negeri dalam perspektif hukum internasional (Studi kasus hukuman mati TKI di Arab Saudi, Tuti Tursilawati 2018)," *e-J. Komunikasi Yustisia*, vol. 5, no. 2, pp. 53-67, Aug. 2022.