

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan lingkungan global menjadi isu paling kritis dalam agenda pembangunan berkelanjutan. Pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, serta peningkatan konsumsi energi telah menyebabkan tekanan terhadap lingkungan yang semakin besar, sehingga memicu terjadinya degradasi ekosistem dalam skala global. Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menegaskan bahwa peningkatan suhu global sebesar 1,1°C sejak era pra-industri terutama disebabkan oleh akumulasi emisi gas rumah kaca dari sektor energi, industri, deforestasi, dan perubahan penggunaan lahan (IPCC, 2021). Selain itu, Ripple et al. (2020) dalam kajian ilmiah yang melibatkan lebih dari 11.000 ilmuwan dunia memperingatkan bahwa dunia sedang menghadapi “*climate emergency*” yang ditandai oleh meningkatnya konsentrasi karbon di atmosfer, penurunan keanekaragaman hayati, serta peningkatan frekuensi bencana iklim. Peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) akibat aktivitas ekonomi dan penggunaan energi fosil memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Konsentrasi CO₂ di atmosfer terus mengalami peningkatan sehingga memperbesar risiko pemanasan global dan kerusakan lingkungan (Saudi et al., 2024).

Tekanan terhadap lingkungan semakin intensif di Asia karena merupakan salah satu kawasan dengan pertumbuhan ekonomi tercepat dan kontribusi terbesar terhadap pertumbuhan global. Negara-negara Asia secara kolektif menyumbang lebih dari 50 persen total emisi karbon global yang sebagian besar

berasal dari sektor energi dan industri manufaktur (Nathaniel dan Khan, 2020). Pertumbuhan ekonomi yang pesat di kawasan ini mendorong peningkatan konsumsi energi fosil, ekspansi industri berat, serta urbanisasi yang masif, yang secara langsung meningkatkan emisi karbon dan memperbesar jejak karbon regional. Urbanisasi dan perubahan struktur ekonomi di Asia juga mempercepat konversi lahan dan peningkatan aktivitas transportasi serta konstruksi, yang turut memperbesar kontribusi emisi antropogenik. Studi empiris menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan ekspansi urban memiliki korelasi positif dengan peningkatan emisi dan konsentrasi polutan di berbagai kota besar Asia (Zhan et al., 2023). Temuan tersebut sejalan dengan Sabir et al. (2025) yang menunjukkan bahwa di kawasan Asia, aspek keberlanjutan serta regulasi dan komitmen politik memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Namun, penelitian tersebut juga menegaskan adanya potensi trade-off antara sustainability dan pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek, sehingga transisi menuju pembangunan rendah karbon memerlukan desain kebijakan yang hati-hati dan terintegrasi.

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di kawasan Asia Tenggara (ASEAN) memiliki hubungan yang erat dengan peningkatan emisi karbon. Penelitian oleh Saad et al. (2023) yang menganalisis negara-negara berkembang menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, terutama pada tahap awal pembangunan, sebelum akhirnya menunjukkan pola non-linear sesuai hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Selain itu, penelitian Caporin et al. (2024) yang menyatakan bahwa di beberapa negara berkembang, hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi cenderung masih bersifat linear positif, yang

berarti peningkatan output ekonomi masih diikuti oleh peningkatan tekanan lingkungan.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di ASEAN menghadapi tantangan lingkungan yang sangat kompleks. Berdasarkan data *Our World in Data*, Indonesia termasuk dalam 10 negara penghasil emisi CO₂ terbesar di dunia, yang tidak hanya berasal dari sektor energi dan industri, tetapi juga secara signifikan disumbang oleh perubahan penggunaan lahan (Ritchie dan Roser, 2020). Selain itu, degradasi tutupan lahan melalui deforestasi dan konversi hutan untuk pertambangan, perkebunan, dan pembangunan infrastruktur masih menjadi permasalahan utama dalam pengelolaan lingkungan. Kondisi tersebut meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran hutan dan lahan, yang merupakan salah satu sumber utama emisi karbon di Indonesia. Ketika kebakaran terjadi, karbon yang tersimpan dalam biomassa dan tanah dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah besar, sehingga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂. Studi Lesmana et al. (2024) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh terhadap peningkatan tekanan lingkungan, sementara penelitian Setyowati (2021) menegaskan bahwa lemahnya tata kelola penggunaan lahan dan ketergantungan terhadap sumber daya berbasis lahan menjadi kendala dalam pengendalian emisi. Oleh karena itu, analisis terhadap emisi CO₂ di Indonesia perlu difokuskan pada sektor berbasis lahan, khususnya kebakaran hutan dan lahan, sebagai salah satu determinan utama tekanan lingkungan.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan komitmen lingkungan melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC) dengan target penurunan emisi sebesar 31,89 persen secara *unconditional* dan 43,20 persen secara *conditional* pada tahun 2030, serta target *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060 (*Ministry*

of Environment and Forestry, 2021). Komitmen tersebut menegaskan bahwa pengendalian emisi karbon menjadi prioritas utama dalam kebijakan pembangunan nasional. Namun, pencapaian target tersebut tidak hanya bergantung pada sektor energi dan industri, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh sektor berbasis lahan, terutama deforestasi dan kebakaran hutan. Berbagai kajian menunjukkan bahwa pengendalian emisi di Indonesia memerlukan reformasi struktural yang mencakup perbaikan tata kelola penggunaan lahan, pengendalian konversi hutan, serta penguatan sistem pencegahan kebakaran (Setyowati, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa tanpa pengelolaan yang efektif terhadap sektor kehutanan dan lahan, upaya penurunan emisi karbon akan sulit tercapai secara optimal.

Pertumbuhan ekonomi pada umumnya memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan tekanan terhadap lingkungan, khususnya melalui peningkatan emisi karbon. Ekspansi kegiatan produksi dan konsumsi mendorong peningkatan penggunaan energi, terutama energi berbasis fosil, yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan emisi CO₂. Pada tahap awal pembangunan, orientasi terhadap peningkatan output ekonomi sering kali lebih dominan dibandingkan upaya pengendalian lingkungan, sehingga pertumbuhan ekonomi cenderung diikuti oleh peningkatan degradasi lingkungan. Namun, dalam jangka panjang, peningkatan pendapatan masyarakat dan kapasitas fiskal pemerintah dapat mendorong adopsi teknologi yang lebih efisien, penggunaan energi yang lebih bersih, serta penguatan kebijakan pengendalian emisi. Dinamika tersebut dijelaskan dalam hipotesis *Environmental Kuznets Curve*, yang menyatakan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon bersifat non-linear, di mana pada tahap awal pertumbuhan ekonomi meningkatkan emisi,

tetapi setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, peningkatan ekonomi justru diikuti oleh penurunan emisi. Dengan demikian, peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) perkapita dapat memberikan dampak yang berbeda terhadap emisi CO₂ tergantung pada tahap pembangunan ekonomi suatu wilayah (Saudi et al., 2024).

Hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan emisi karbon menjadi perhatian penting dalam pembangunan berkelanjutan. Peningkatan aktivitas ekonomi yang tidak diimbangi dengan efisiensi energi dan penggunaan teknologi ramah lingkungan berpotensi meningkatkan tekanan terhadap lingkungan. Penelitian Idris dan Razak (2025) menunjukkan bahwa transisi energi, green growth, dan emisi memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di negara-negara Asia Pasifik. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa tingkat emisi yang tinggi dapat menekan pertumbuhan ekonomi, sehingga diperlukan kebijakan pembangunan yang mampu mendorong pertumbuhan ekonomi sekaligus mengendalikan emisi karbon.

Emisi karbon dari kebakaran hutan dan lahan merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca di Indonesia. Kebakaran hutan dan lahan tidak hanya menyebabkan hilangnya tutupan hutan dan kerusakan ekosistem, tetapi juga melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer akibat pembakaran biomassa dan lahan gambut. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari peristiwa kebakaran ini berkontribusi signifikan terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca nasional serta memperburuk kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Di Indonesia, kejadian kebakaran hutan dan lahan seringkali dipengaruhi oleh kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia, termasuk pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan. Oleh karena itu, emisi CO₂

dari kebakaran hutan dan lahan dapat digunakan sebagai indikator tekanan pembangunan terhadap lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan. Variasi emisi antar provinsi mencerminkan perbedaan tingkat kerentanan lahan, intensitas pembukaan lahan, serta struktur ekonomi daerah.

**Tabel 1. 1 Emisi CO₂ dari Kebakaran Hutan dan Lahan
33 Provinsi 2020-2024**

No.	Provinsi	Emisi CO2 Menurut Provinsi di Indonesia				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	Aceh	361,241.00	550,931.00	1,013,561.00	385,417.00	1,387,073.00
2	Sumatera Utara	1,425,416.00	841,901.00	1,087,514.00	559,002.00	1,687,293.00
3	Sumatera Barat	660,876.00	1,028,498.00	3,790,938.00	2,042,794.00	1,026,290.00
4	Riau	12,422,996.00	8,986,804.00	2,496,402.00	3,320,653.00	5,092,824.00
5	Jambi	138,961.00	126,338.00	200,838.00	1,082,497.00	2,063,382.00
6	Sumatera Selatan	612,278.00	869,492.00	365,957.00	41,707,676.00	4,010,135.00
7	Bengkulu	28,985.00	10,952.00	283,511.00	13,372.00	80,435.00
8	Lampung	159,258.00	556,105.00	807,457.00	842,025.00	989,992.00
9	Kep. Bangka Belitung	253,108.00	132,470.00	49,912.00	727,226.00	419,533.00
10	Kep. Riau	12,422,996.00	8,986,804.00	2,496,402.00	3,320,653.00	5,092,824.00
11	Jawa Barat	348,260.00	128,017.00	71,637.00	626,097.00	638,771.00
12	Jawa Tengah	85,750.00	90,504.00	19,537.00	1,193,013.00	747,074.00
13	DI Yogyakarta	246	0	0	16,393.00	11,937.00
14	Jawa Timur	2,212,151.00	2,042,032.00	280,367.00	7,489,228.00	3,978,174.00
15	Banten	423	0	0	228	72,111.00
16	Bali	2,408.00	316	0	95,214.00	19,897.00
17	Nusa Tenggara Barat	1,623,911.00	4,975,536.00	1,155,451.00	2,329,867.00	3,047,260.00
18	Nusa Tenggara Timur	6,546,923.00	5,342,001.00	1,904,876.00	5,186,116.00	7,262,261.00
19	Kalimantan Barat	2,159,837.00	14,652,006.00	6,936,347.00	27,649,104.00	6,786,923.00
20	Kalimantan Tengah	2,313,223.00	909,031.00	160,507.00	44,938,470.00	3,405,970.00
21	Kalimantan Selatan	241,705.00	1,277,416.00	55,191.00	19,398,495.00	541,505.00

No.	Provinsi	Emisi CO ₂ Menurut Provinsi di Indonesia				
		2020	2021	2022	2023	2024
22	Kalimantan Timur	779,825.00	436,334.00	65,065.00	7,498,935.00	4,711,807.00
23	Kalimantan Utara	269,849.00	268,889.00	41,129.00	122,148.00	503,837.00
24	Sulawesi Utara	6,645.00	7,845.00	12,362.00	89,897.00	27,284.00
25	Sulawesi Tengah	239,088.00	189,930.00	227,631.00	762,112.00	694,648.00
26	Sulawesi Selatan	116,939.00	24,297.00	43,587.00	224,663.00	263,298.00
27	Sulawesi Tenggara	216,246.00	68,205.00	97,592.00	903,572.00	234,744.00
28	Gorontalo	5,612.00	6,519.00	5,393.00	46,344.00	65,674.00
29	Sulawesi Barat	30,576.00	62,055.00	40,314.00	172,290.00	144,639.00
30	Maluku	1,824,612.00	1,105,080.00	1,073,419.00	3,163,021.00	2,140,226.00
31	Maluku Utara	9,770.00	8,317.00	15,412.00	43,787.00	11,623.00
32	Papua Barat	2,701,410.00	4,542.00	368,979.00	38,004.00	23,580.00
33	Papua	1,803,978.00	1,600,134.00	858,424.00	40,730.00	25,139.00

Sumber : Sipongi Kementerian Kehutanan 2025, di olah

Tabel 1.1 di atas menunjukkan adanya ketimpangan emisi CO₂ akibat kebakaran hutan dan lahan antarprovinsi di Indonesia selama periode 2020–2024. Beberapa provinsi seperti Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, serta provinsi di Pulau Sumatera seperti Riau dan Sumatera Selatan secara konsisten mencatat angka emisi yang relatif tinggi dibandingkan provinsi lainnya. Sebaliknya, sejumlah provinsi seperti DI Yogyakarta, Banten, Bali, Gorontalo, dan Maluku Utara cenderung menunjukkan tingkat emisi yang jauh lebih rendah sepanjang periode pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi emisi tidak merata secara spasial dan lebih terkonsentrasi di wilayah dengan tutupan hutan dan lahan gambut yang luas. Selain itu, terdapat fluktuasi emisi yang tajam antar tahun, di mana beberapa provinsi mengalami lonjakan signifikan pada periode tertentu. Pola ini mencerminkan bahwa kebakaran hutan dan lahan bersifat episodik dan dipengaruhi oleh faktor iklim, kondisi lahan, serta pengendalian kebakaran. Nilai emisi yang sangat tinggi pada beberapa provinsi dan tahun tertentu (ditandai dengan warna merah) menunjukkan adanya kejadian

kebakaran dalam skala besar. Meskipun dapat dikategorikan sebagai *outlier*, nilai tersebut mencerminkan kondisi nyata dan menunjukkan bahwa emisi karbon sangat dipengaruhi oleh kejadian kebakaran yang bersifat tidak rutin namun berdampak besar.

Salah satu masalah mendasar dalam pengelolaan lingkungan di Indonesia adalah degradasi lahan dan perubahan tutupan hutan yang terus terjadi akibat ekspansi kawasan terbangun, pembukaan lahan pertanian, serta aktivitas ekstraksi sumber daya alam. Deforestasi tidak hanya menurunkan fungsi ekologis hutan sebagai penyerap karbon dan pengatur tata air, tetapi juga meningkatkan kerentanan lahan terhadap kebakaran. Ketika tutupan hutan berkurang, terutama pada wilayah dengan lahan gambut, risiko kebakaran meningkat dan pembakaran biomassa melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer. Di tingkat nasional, tekanan terhadap kawasan hutan semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan ekspansi kegiatan ekonomi. Konversi hutan untuk permukiman, perkebunan, dan infrastruktur memperbesar potensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan, baik yang disengaja maupun tidak. Akibatnya, emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan meningkat dan berkontribusi signifikan terhadap total emisi gas rumah kaca nasional. Dengan demikian, deforestasi memiliki keterkaitan langsung dengan dinamika emisi karbon di Indonesia, terutama melalui mekanisme perubahan penggunaan lahan dan peningkatan frekuensi kebakaran.

Deforestasi merupakan salah satu indikator utama yang mencerminkan tekanan aktivitas manusia terhadap lingkungan, khususnya melalui perubahan tutupan hutan menjadi penggunaan non-hutan seperti pertanian, perkebunan, permukiman, dan kegiatan ekstraktif. Perubahan tersebut tidak hanya

mengurangi fungsi ekologis hutan sebagai penyerap karbon, tetapi juga meningkatkan kerentanan lahan terhadap kebakaran, terutama pada wilayah dengan kondisi lahan gambut. Hilangnya vegetasi alami menyebabkan meningkatnya akumulasi biomassa kering yang mudah terbakar, sehingga ketika kebakaran terjadi, karbon yang tersimpan dalam biomassa dan tanah dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah besar. Oleh karena itu, deforestasi memiliki peran penting dalam meningkatkan emisi CO₂, khususnya emisi yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan, sehingga menjadi variabel yang relevan dalam menjelaskan dinamika emisi karbon di Indonesia.

Dalam konteks pengukuran tekanan lingkungan, laju deforestasi memiliki hubungan yang erat dengan dinamika emisi karbon, khususnya emisi yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan. Penurunan luas tutupan hutan tidak hanya mengurangi kapasitas hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon, tetapi juga meningkatkan kerentanan lahan terhadap kebakaran, terutama pada wilayah dengan kondisi ekosistem yang rentan seperti lahan gambut. Ketika kebakaran terjadi, karbon yang tersimpan dalam biomassa dan tanah dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah besar, sehingga meningkatkan emisi CO₂ secara signifikan. Sebaliknya, upaya pengendalian deforestasi dan perlindungan kawasan hutan dapat menurunkan risiko kebakaran serta menekan pelepasan karbon. Oleh karena itu, dalam penelitian ini deforestasi digunakan sebagai variabel kunci yang merepresentasikan tekanan struktural terhadap lingkungan yang secara langsung memengaruhi emisi CO₂ di Indonesia.

Pendidikan merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia serta membentuk kesadaran masyarakat terhadap isu-isu lingkungan. Tingkat pendidikan yang lebih tinggi tidak hanya meningkatkan

kemampuan individu dalam mengakses informasi, tetapi juga mempengaruhi pola pikir dan perilaku dalam menjaga kelestarian lingkungan. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pendidikan berperan dalam mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju praktik yang lebih ramah lingkungan, seperti efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih bijak. Hal ini menunjukkan bahwa pendidikan memiliki kontribusi tidak langsung terhadap upaya pengendalian emisi karbon melalui peningkatan kesadaran dan tanggung jawab lingkungan (Li, 2025).

Selain itu, pendidikan juga berperan dalam meningkatkan efektivitas kebijakan lingkungan melalui penguatan kapasitas sumber daya manusia dan partisipasi masyarakat. Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung lebih responsif terhadap kebijakan lingkungan serta lebih mudah beradaptasi dengan teknologi yang lebih efisien dan rendah emisi. Penelitian menunjukkan bahwa pendidikan memiliki pengaruh negatif terhadap emisi karbon, yang berarti peningkatan tingkat pendidikan dapat berkontribusi dalam menurunkan emisi melalui perubahan perilaku dan peningkatan efisiensi ekonomi (Zheng et al., 2024). Dengan demikian, dalam penelitian ini pendidikan yang diprosikan melalui rata-rata lama sekolah (RLS) menjadi salah satu faktor penting dalam menjelaskan dinamika emisi CO₂, khususnya dalam konteks negara berkembang yang masih menghadapi tantangan dalam pengelolaan lingkungan.

Environmental Kuznets Curve (EKC) menjelaskan hubungan dinamis antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan yang berubah seiring waktu. Pada tahap awal pembangunan ekonomi, peningkatan pendapatan biasanya diikuti oleh penurunan kualitas lingkungan. Hal ini terjadi karena aktivitas

produksi masih sangat bergantung pada eksploitasi sumber daya alam, penggunaan energi berbasis fosil, dan teknologi yang belum efisien. Pada fase ini, prioritas pembangunan lebih difokuskan pada pertumbuhan ekonomi sehingga tekanan terhadap lingkungan cenderung meningkat. Namun, ketika tingkat pendapatan masyarakat terus meningkat dan struktur ekonomi mulai beralih dari sektor primer ke sektor manufaktur serta jasa, perhatian terhadap kualitas lingkungan mulai tumbuh. Masyarakat yang sudah berada pada tingkat kesejahteraan lebih tinggi cenderung menuntut lingkungan yang lebih bersih dan sehat, sementara pemerintah memiliki kapasitas fiskal yang lebih besar untuk membiayai regulasi, program pemulihan ekosistem, serta investasi pada teknologi yang lebih ramah lingkungan. Pola ini menggambarkan hubungan non-linear berbentuk kurva U terbalik, di mana pada tahap awal pertumbuhan ekonomi meningkatkan degradasi lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu, peningkatan ekonomi justru diikuti oleh perbaikan kualitas lingkungan.

Seiring perkembangan tersebut, hipotesisi EKC memprediksi adanya titik balik (*turning point*) di mana hubungan antara pendapatan dan degradasi lingkungan berubah arah. Setelah melewati titik tersebut, peningkatan pendapatan tidak lagi mendorong kenaikan emisi, melainkan berpotensi menurunkannya. Hal ini terjadi karena teknologi produksi menjadi lebih efisien dan rendah karbon, pengawasan terhadap aktivitas yang menghasilkan emisi semakin ketat, serta kebijakan lingkungan lebih terintegrasi dalam strategi pembangunan. Selain itu, struktur ekonomi cenderung bergeser dari sektor berbasis eksploitasi sumber daya dan pembukaan lahan menuju sektor jasa dan industri berbasis teknologi yang relatif lebih rendah intensitas karbon. Dengan demikian, pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, pertumbuhan ekonomi tidak

selalu identik dengan peningkatan emisi. Pola hubungan inilah yang digambarkan dalam bentuk kurva U terbalik pada hipotesis *Environmental Kuznets Curve* .

Secara empiris, pengujian teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) umumnya dilakukan dengan memasukkan variabel pendapatan perkapita dan pendapatan perkapita dalam bentuk kuadrat ke dalam model regresi. Pendekatan ini digunakan untuk melihat apakah hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon bersifat linear atau mengalami perubahan arah pada tingkat pendapatan tertentu. Penggunaan variabel kuadrat memungkinkan identifikasi kemungkinan adanya titik balik, yaitu kondisi di mana peningkatan pendapatan yang pada awalnya mendorong kenaikan emisi, pada tahap selanjutnya justru diikuti oleh penurunan emisi. Oleh karena itu, penelitian ini memasukkan PDRB perkapita dan PDRB perkapita kuadrat ($PDRB^2$) untuk menguji apakah dinamika pertumbuhan ekonomi di Indonesia berkaitan dengan perubahan pola emisi CO_2 .

Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa kebakaran hutan dan lahan merupakan salah satu kontributor utama peningkatan emisi karbon di Indonesia, terutama di wilayah yang memiliki tutupan hutan dan lahan gambut yang luas. Data emisi CO_2 akibat kebakaran hutan dan lahan pada 33 provinsi periode 2020–2024 memperlihatkan bahwa provinsi-provinsi di Sumatera dan Kalimantan secara konsisten menjadi penyumbang emisi terbesar dibandingkan wilayah lainnya. Provinsi seperti Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Riau, dan Sumatera Selatan menunjukkan angka emisi yang jauh lebih tinggi serta fluktuatif dari tahun ke tahun. Hal ini menandakan bahwa tekanan lingkungan di Indonesia masih sangat dipengaruhi oleh aktivitas pembukaan lahan dan kebakaran yang bersifat episodik. Temuan tersebut sejalan dengan berbagai studi yang menekankan bahwa perubahan penggunaan lahan dan

deforestasi memiliki hubungan erat dengan peningkatan emisi karbon. Penelitian Zafeiriou et al. (2023) misalnya, menunjukkan bahwa ekspansi lahan dan aktivitas berbasis pertanian dapat meningkatkan emisi karbon secara signifikan dalam jangka panjang. Demikian pula, penelitian Montano dan Jesuro (2024) menemukan bahwa penurunan tutupan hutan berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO₂, yang menguatkan peran hutan sebagai penyerap karbon (carbon sink). Studi-studi tersebut menegaskan bahwa konversi lahan dan degradasi hutan menjadi faktor struktural yang memperburuk kualitas lingkungan melalui peningkatan emisi. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak menggunakan pendekatan lintas negara atau berfokus pada hubungan pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon secara umum, tanpa secara spesifik melihat dinamika spasial antarprovinsi di Indonesia berdasarkan sumber emisi kebakaran hutan dan lahan. Selain itu, fluktuasi emisi yang sangat tajam di beberapa provinsi menunjukkan bahwa faktor iklim, kondisi lahan gambut, serta efektivitas pengendalian kebakaran turut memengaruhi besarnya emisi setiap tahun.

Penelitian ini penting dilakukan karena tingkat emisi karbon di Indonesia masih menunjukkan pola yang fluktuatif dan cenderung meningkat di beberapa provinsi, terutama pada wilayah yang mengalami ekspansi ekonomi dan perubahan penggunaan lahan yang intensif. Meskipun berbagai kebijakan pengendalian kebakaran hutan dan lahan telah diterapkan, data empiris menunjukkan bahwa tingkat emisi antarprovinsi masih timpang dan sangat dipengaruhi oleh dinamika pertumbuhan ekonomi, deforestasi, serta tekanan demografis. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tekanan terhadap lingkungan belum sepenuhnya terkendali dan masih berkaitan erat dengan aktivitas ekonomi

dan konversi lahan. Dalam konteks global maupun regional, berbagai penelitian telah mengkaji hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Namun demikian, penelitian pada tingkat provinsi di Indonesia yang secara simultan menguji pengaruh PDRB perkapita, PDRB perkapita kuadrat, deforestasi, serta pendidikan terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan menggunakan pendekatan dinamis seperti Panel ARDL masih relatif terbatas. Padahal, Indonesia sebagai negara dengan basis sumber daya alam yang besar memiliki karakteristik struktural yang berbeda dibandingkan negara maju maupun sebagian negara berkembang lainnya, sehingga memerlukan analisis yang lebih spesifik dan kontekstual.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki posisi strategis dalam mengisi kesenjangan literatur dengan menyediakan analisis empiris mengenai determinan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Dengan memasukkan variabel PDRB perkapita dan PDRB perkapita kuadrat (PDRB²), penelitian ini menguji keberlakuan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC), sementara variabel deforestasi digunakan untuk menangkap pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap peningkatan emisi. Selain itu, variabel pendidikan diproksikan melalui rata-rata lama sekolah (RLS) untuk merepresentasikan kualitas sumber daya manusia yang turut memengaruhi perilaku masyarakat terhadap lingkungan, khususnya dalam pengelolaan lahan dan pencegahan kebakaran hutan dan lahan. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih komprehensif mengenai bagaimana pertumbuhan ekonomi, tekanan terhadap hutan, dan faktor demografis secara bersama-sama memengaruhi emisi dalam jangka pendek dan jangka panjang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perumusan kebijakan pengendalian emisi di

Indonesia, khususnya dalam mengarahkan pertumbuhan ekonomi yang lebih rendah karbon, memperkuat pengendalian deforestasi, serta meningkatkan kesadaran dan kapasitas masyarakat melalui pendidikan. Dengan demikian, penelitian yang berjudul "Analisis Determinan Emisi CO₂ dari Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia" ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia serta merumuskan rekomendasi kebijakan yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang akan menjadi pokok permasalahan adalah sebagai berikut :

1. Apakah PDRB perkapita berpengaruh terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang?
2. Apakah deforestasi berpengaruh terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang?
3. Apakah rata-rata lama sekolah berpengaruh terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang?
4. Apakah terdapat hubungan non-linear antara PDRB perkapita dan emisi CO₂ dari kebakaran hutan di Indonesia dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dalam jangka pendek dan jangka panjang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Untuk menganalisis pengaruh PDRB perkapita terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
2. Untuk menganalisis pengaruh deforestasi terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
3. Untuk menganalisis pengaruh rata-rata lama sekolah terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
4. Untuk menganalisis keberadaan hubungan non-linear antara PDRB perkapita dan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dalam jangka pendek dan jangka panjang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian bagi pihak-pihak yang terkait adalah sebagai berikut:

1. Menambah, melengkapi dan sebagai pendamping bagi hasil-hasil penelitian yang sudah ada menyangkut topik yang sama.
2. Diharapkan dapat menjadi referensi dan acuan pemerintah dalam mengambil kebijakan terkait dengan topik penelitian.

3. Diharapkan dapat menjadi referensi dan informasi bagi peneliti lain dalam melaksanakan penelitian pada waktu yang akan datang, terutama penelitian mengenai hubungan antara pertumbuhan ekonomi, deforestasi, rata-rata lama sekolah dan emisi CO₂.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Environmental Kuznets Curve (EKC)*

Environmental Kuznets Curve (EKC) merupakan sebuah hipotesis yang menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan yang berbentuk kurva U terbalik (*inverted-U shape*). Grossman dan Krueger (1991) dalam makalah kerja mereka yang membahas dampak lingkungan dari *North American Free Trade Agreement (NAFTA)*, menemukan bukti empiris adanya korelasi berbentuk U terbalik antara pendapatan perkapita dengan tingkat polusi udara seperti sulfur dioksida dan asap. Nama *Environmental Kuznets Curve* sendiri pertama kali disebut oleh Panayotou (1993) dalam makalahnya yang berjudul "*Economic Growth and the Environment*", yang mengadaptasi konsep dari Simon Kuznets (1955) yang sebelumnya menemukan pola serupa dalam hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kesenjangan pendapatan. Hipotesis EKC menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, peningkatan pendapatan perkapita akan diikuti oleh peningkatan degradasi lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu yang disebut *turning point*, peningkatan pendapatan justru akan diikuti oleh penurunan degradasi lingkungan karena kemajuan teknologi, pergeseran struktur ekonomi ke sektor jasa, dan meningkatnya kesadaran serta regulasi lingkungan.

Environmental Kuznets Curve (EKC) yang diperkenalkan secara lebih sistematis oleh Panayotou (2003) untuk menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan. Kurva ini berbentuk U terbalik, yang menggambarkan bahwa dampak ekonomi terhadap lingkungan berubah

mengikuti tahapan pembangunan suatu negara. Pada fase awal pembangunan atau perekonomian pra-industri, aktivitas ekonomi masih bertumpu pada sektor primer dengan teknologi sederhana, sehingga meskipun pertumbuhan ekonomi mulai meningkat, tingkat degradasi lingkungan masih berada pada level rendah. Namun, seiring meningkatnya intensitas produksi dan eksploitasi sumber daya alam, tekanan terhadap lingkungan mulai muncul sebagai konsekuensi dari dorongan awal pembangunan. Memasuki tahap perekonomian industri, degradasi lingkungan mencapai titik tertinggi. Pada fase ini, penggunaan energi fosil, perluasan industri manufaktur, peningkatan output produksi, serta lemahnya kontrol terhadap pencemaran menyebabkan lingkungan mengalami tekanan yang sangat besar. Pertumbuhan ekonomi yang pesat seringkali diutamakan dibandingkan perlindungan lingkungan, sehingga kualitas udara, air, dan tutupan lahan mengalami penurunan signifikan. Kondisi ini menggambarkan puncak kurva EKC, yaitu titik balik ketika kenaikan pendapatan tidak lagi berbanding lurus dengan kerusakan lingkungan (Panayotou, 2003).

Setelah melewati titik balik tersebut, perekonomian memasuki tahap pascapertumbuhan industri atau ekonomi jasa, yang ditandai dengan turunnya tingkat degradasi lingkungan meskipun pertumbuhan ekonomi terus meningkat. Penurunan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor: peningkatan kesadaran masyarakat terhadap isu lingkungan, kemampuan pemerintah dan pelaku usaha untuk berinvestasi dalam teknologi yang lebih bersih, serta pergeseran struktur ekonomi dari industri berat menuju sektor jasa dan teknologi informasi yang lebih ramah lingkungan. Pada tahap ini, negara yang sudah mencapai tingkat pendapatan tinggi cenderung menerapkan regulasi lingkungan yang lebih ketat, membangun kapasitas penegakan hukum, serta mengintegrasikan praktik

pembangunan berkelanjutan dalam sistem ekonominya. Dengan demikian, kurva EKC menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi tidak selalu identik dengan kerusakan lingkungan, melainkan dapat menjadi pendorong perbaikan kualitas lingkungan pada tahap perkembangan yang lebih maju.

2.1.2 Teori Pertumbuhan Hijau (*Green Growth*)

Pertumbuhan Teori *Green growth* merupakan pendekatan pembangunan yang menekankan bahwa pertumbuhan ekonomi dapat berjalan seiring dengan perlindungan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam. Konsep ini berangkat dari pemikiran bahwa degradasi lingkungan yang terus berlangsung akan melemahkan fondasi pertumbuhan ekonomi jangka panjang. OECD (2011) mendefinisikan *Green growth* sebagai strategi untuk mendorong pertumbuhan dan pembangunan ekonomi sambil memastikan bahwa aset alam tetap mampu menyediakan sumber daya dan jasa lingkungan yang menopang kesejahteraan manusia. Dengan demikian, *Green growth* tidak menolak pertumbuhan ekonomi, tetapi menekankan pentingnya efisiensi sumber daya, pengurangan emisi, dan inovasi teknologi ramah lingkungan sebagai prasyarat pembangunan berkelanjutan.

Green growth pertama kali dikembangkan secara kelembagaan oleh *United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific* (UNESCAP), terutama untuk merespons tekanan lingkungan yang semakin meningkat di kawasan Asia Pasifik akibat industrialisasi dan urbanisasi yang pesat. Rae Kwon Chung, sebagai tokoh kunci di UNESCAP, berperan penting dalam merumuskan kerangka awal *Green growth* yang menekankan *decoupling* antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan, yakni upaya memisahkan peningkatan output ekonomi dari peningkatan penggunaan sumber

daya dan pencemaran lingkungan (UNESCAP, 2012). Dalam konteks ini, *Green growth* menjadi landasan teoritis yang relevan untuk menganalisis kualitas lingkungan hidup, karena teori ini menempatkan indikator lingkungan sebagai bagian integral dari keberhasilan pembangunan ekonomi, bukan sekadar sebagai dampak sampingan dari aktivitas ekonomi (Chung, 2014).

Kasztelan (2017) menyebutkan bahwa pertumbuhan hijau didefinisikan sebagai pertumbuhan dalam sektor ekonomi melalui kontribusi terhadap penggunaan modal alam secara bertanggung jawab, pengurangan maupun pencegahan polusi, dan peningkatan kesejahteraan melalui ekonomi hijau (*green economy*). Alasan utama munculnya program *Green growth* ini didasari oleh harapan akan pembangunan yang berkelanjutan yang dibangun melalui suatu pendekatan yang lebih terintegrasi dan komprehensif dengan penggabungan antara faktor sosial dan faktor lingkungan dalam proses ekonomi. Konsep pertumbuhan hijau muncul sebagai respons terhadap kegagalan model pembangunan konvensional yang hanya mengutamakan peningkatan output ekonomi tanpa mempertimbangkan biaya lingkungan dan dampak sosial, sehingga menghasilkan degradasi lingkungan yang parah dan ketimpangan sosial yang semakin meningkat.

Beckerman (1994) berpendapat bahwa terdapat korelasi yang kuat antara pendapatan perkapita dan ukuran perlindungan lingkungan, menunjukkan hubungan yang positif, sehingga pertumbuhan ekonomi yang tinggi justru dapat mendorong perbaikan lingkungan bagi negara-negara maju. Namun, Daly (1997) berkontradiksi dengan argumen bahwa pertumbuhan ekonomi akan mendorong perekonomian dunia menuju batasnya atau daya dukung lingkungan yang semakin terbatas, sehingga keberlanjutan memerlukan pendekatan yang

mengintegrasikan pertimbangan lingkungan dalam setiap keputusan ekonomi. Perbedaan mendasar antara pertumbuhan hijau dan model pembangunan konvensional terletak pada pendekatan terhadap sumber daya alam dan lingkungan sebagai aset produksi yang bernilai tinggi dan terbatas (*carrying capacity*), sehingga melampaui batas daya dukung lingkungan akan menyebabkan degradasi yang ireversibel dan menurunkan kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang.

2.1.3 Teori *Environmental degradation* (Degradasi Lingkungan)

Environmental degradation atau degradasi lingkungan didefinisikan sebagai penurunan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang merusak atau mengubah kondisi alam, sehingga mengakibatkan kerusakan atau kerugian pada lingkungan dan kehidupan di dalamnya. Menurut Friend (1992), dalam tulisannya tentang "*Economics, Ecology and Sustainable Development*", degradasi lingkungan dan pengurasan sumber daya alam (*resource depletion*) mengurangi kapasitas untuk memperoleh aliran pendapatan di masa depan (*future streams of income*), sama halnya seperti sebuah perusahaan bisnis akan kehilangan kapasitas produksinya apabila membiarkan stok modalnya berkurang.

Boulding (1966), seorang ahli ekonomi ekologis terkemuka, mengembangkan konsep "*spaceship economy*" yang menekankan bahwa planet Bumi memiliki kapasitas dan sumber daya yang terbatas, sehingga aktivitas ekonomi manusia tidak dapat terus berkembang tanpa batas tanpa menyebabkan degradasi lingkungan yang massif. Pandangan Boulding ini mendasari munculnya *ecological economics* yang memperhatikan keseimbangan antara aktivitas ekonomi dan kapasitas lingkungan. Dalam *ecological economics*, seperti yang

dikembangkan oleh van den Bergh (2000) dan pendahulunya, *Environmental degradation* dianggap sebagai dampak negatif dari aktivitas ekonomi yang tidak diperhitungkan dalam sistem pasar (*externalities*), sehingga menyebabkan penggunaan sumber daya alam yang tidak optimal dan penurunan kualitas lingkungan yang berkelanjutan. Teori ini menekankan bahwa dampak lingkungan dari aktivitas ekonomi harus diinternalisasikan (diperhitungkan) dalam perhitungan ekonomi untuk mencapai alokasi sumber daya yang optimal dan berkelanjutan.

Degradasi lingkungan dapat disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia yang dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori utama. Pertama, pengubahan bentuk lahan dan bentang alam (*land use change*), seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian, perkebunan, tambang, atau pemukiman, yang menyebabkan hilangnya tutupan lahan alami dan kerusakan habitat satwa liar. Kedua, eksploitasi sumber daya alam baik yang dapat diperbaharui (*renewable*) maupun yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) tanpa mempertimbangkan daya dukung dan kemampuan regenerasi alam. Ketiga, proses dan kegiatan industri yang secara potensial menghasilkan pemborosan, pencemaran, dan kerusakan lingkungan hidup, serta penurunan sumber daya alam dalam pemanfaatannya. Keempat, teknologi dan sistem produksi yang tidak efisien dalam penggunaan energi dan bahan baku, sehingga menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan emisi polutan yang tinggi. Implikasi dari teori *Environmental degradation* terhadap analisis kualitas lingkungan hidup adalah bahwa penurunan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) merupakan konsekuensi langsung dari berbagai bentuk degradasi lingkungan yang terjadi di suatu daerah.

2.1.4 Teori Land Use/Land Cover (LULC)

Land Use and Land Cover (LULC) merupakan teori yang menjelaskan perubahan dan transformasi dalam pola penggunaan lahan dan tutupan lahan di suatu wilayah sebagai akibat dari interaksi kompleks antara faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Teori ini dikembangkan secara sistematis oleh Turner (1990) dalam makalahnya yang berjudul "*The Earth Transformed: An Introduction to Human-Environment Relations*". Menurut Turner (1990), perubahan lahan dianggap sebagai hasil dari interaksi kompleks antara faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan, di mana perubahan lahan merupakan respons terhadap tekanan dan pendorong (*drivers and pressures*) dari masyarakat, seperti pertumbuhan populasi, urbanisasi, perubahan teknologi, dan kebijakan pembangunan. Model Turner menekankan pentingnya faktor sosial dalam mengarahkan perubahan lahan, dan menyajikan proses perubahan sebagai suatu siklus yang melibatkan tahap konversi lahan, peningkatan produktivitas, stagnasi, dan kemungkinan adanya perubahan kembali (*reconversion*) dalam skala waktu yang lebih lama.

Lambin et al. (1997) dalam penelitian mereka tentang "*Land-Use and Land-Cover Change: Implementation Strategy*" mengembangkan konsep "tatanan dalam perubahan" (*order in chaos*) yang mengacu pada dinamika yang ada dalam sistem perubahan lahan, menekankan bahwa meskipun perubahan lahan tampak acak, namun ada pola-pola dan mekanisme yang dapat dijelaskan melalui analisis faktor-faktor yang memicu perubahan tersebut. Lambin juga menyoroti kompleksitas faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan terkait penggunaan lahan dan dampaknya terhadap lingkungan. LULC *Change* dapat dikelompokkan menjadi beberapa tipe, antara lain: (1) konversi lahan (*land conversion*), yaitu perubahan dari satu kategori lahan ke kategori lain yang

fundamental, seperti perubahan hutan menjadi lahan pertanian atau pemukiman; (2) modifikasi lahan (*land modification*), yaitu perubahan dalam intensitas penggunaan lahan tanpa mengubah kategori lahan secara fundamental, seperti perubahan dari pertanian subsisten menjadi pertanian komersial intensif dan (3) reforestasi atau pemulihan lahan, yaitu perubahan lahan kembali ke kondisi yang lebih baik atau tutupan yang lebih natural.

2.1.5 Teori Modal Manusia (*Human Capital*)

Teori modal manusia (*Human Capital Theory*) menjelaskan bahwa kualitas sumber daya manusia merupakan faktor penting dalam menentukan produktivitas dan kemampuan individu dalam berbagai aktivitas ekonomi maupun sosial. Dalam teori ini, pendidikan dipandang sebagai bentuk investasi yang dapat meningkatkan kemampuan individu, baik dalam hal pengetahuan, keterampilan, maupun cara berpikir. Melalui pendidikan, seseorang tidak hanya memperoleh ilmu, tetapi juga kemampuan dalam memahami dan merespons berbagai permasalahan, termasuk isu-isu lingkungan.

Schultz (1961) menekankan bahwa peningkatan kualitas sumber daya manusia, khususnya melalui pendidikan, menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi perbedaan tingkat kesejahteraan antarindividu maupun antarwilayah. Individu yang memiliki tingkat pendidikan lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengolah informasi serta mengambil keputusan yang lebih rasional. Selanjutnya, Becker (1964) menjelaskan bahwa pendidikan merupakan investasi jangka panjang yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas individu, sehingga individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi umumnya memiliki kemampuan kerja dan output yang lebih baik dibandingkan dengan individu berpendidikan rendah.

Selain itu, Mincer (1974) menyatakan bahwa pendidikan dan pengalaman kerja merupakan dua faktor utama yang memengaruhi peningkatan pendapatan dan produktivitas individu. Semakin lama seseorang menempuh pendidikan, maka semakin besar pula peluang untuk meningkatkan keterampilan dan kemampuan dalam menghadapi berbagai tantangan. Pendidikan juga memperluas wawasan serta meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap perkembangan teknologi dan perubahan kondisi ekonomi. Dalam konteks lingkungan, pendidikan memiliki peran penting dalam membentuk kesadaran dan perilaku masyarakat terhadap keberlanjutan lingkungan. Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung lebih memahami dampak aktivitas ekonomi terhadap lingkungan, sehingga lebih bijak dalam penggunaan sumber daya alam dan lebih mendukung kebijakan yang berorientasi pada pelestarian lingkungan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini rata-rata lama sekolah digunakan sebagai indikator tingkat pendidikan yang diharapkan dapat memengaruhi emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan melalui peningkatan kesadaran lingkungan dan kualitas pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya.

2.2 Hubungan Antar Variabel

2.2.1 Hubungan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Perkapita dengan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan

Hubungan antara PDRB perkapita dan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan mencerminkan adanya trade-off antara pertumbuhan ekonomi dan tekanan terhadap lingkungan. PDRB perkapita menunjukkan tingkat kesejahteraan dan aktivitas ekonomi suatu daerah, sedangkan emisi CO₂ dalam penelitian ini merepresentasikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari aktivitas tersebut. Pada tahap awal pembangunan ekonomi, peningkatan

pendapatan perkapita umumnya dicapai melalui ekspansi sektor berbasis sumber daya alam, seperti perkebunan, pertambangan, serta pembukaan lahan untuk berbagai aktivitas ekonomi. Kondisi ini berpotensi meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran hutan dan lahan yang pada akhirnya mendorong peningkatan emisi CO₂.

Dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC), pada fase awal hingga menengah pembangunan, kenaikan PDRB perkapita cenderung diikuti oleh peningkatan tekanan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh orientasi pembangunan yang lebih menitikberatkan pada pertumbuhan ekonomi dibandingkan perlindungan lingkungan, sehingga aktivitas ekonomi yang berkembang seringkali belum memperhatikan aspek keberlanjutan (Grossman dan Krueger, 1991; Panayotou, 1993).

Pandangan tersebut sejalan dengan teori *environmental degradation* yang menyatakan bahwa aktivitas ekonomi yang tidak menginternalisasikan biaya lingkungan akan meningkatkan tekanan terhadap lingkungan dan mempercepat degradasi ekosistem (Boulding, 1966; Friend, 1992). Selain itu, teori *Land Use/Land Cover* (LULC) menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi mendorong perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi kawasan produksi atau permukiman (Turner, 1990; Lambin et al., 1997). Perubahan tersebut tidak hanya mengurangi fungsi ekologis hutan sebagai penyerap karbon, tetapi juga meningkatkan potensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO₂.

Dalam konteks penelitian ini, PDRB perkapita diduga memiliki hubungan positif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan, terutama pada tahap

awal pembangunan ekonomi. Semakin tinggi PDRB perkapita yang didorong oleh aktivitas ekonomi berbasis lahan, maka semakin besar potensi peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kebakaran hutan dan lahan.

2.2.2 Hubungan Deforestasi dengan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan

Deforestasi merupakan proses berkurangnya tutupan hutan akibat konversi lahan untuk kepentingan ekonomi seperti pertambangan, perkebunan, permukiman, dan pembangunan infrastruktur. Dalam perspektif lingkungan hidup, hutan memiliki peran penting sebagai komponen utama sistem ekologis yang menjaga keseimbangan lingkungan melalui fungsi penyerapan karbon, pengaturan siklus hidrologi, serta perlindungan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, deforestasi secara langsung mencerminkan hilangnya fungsi ekologis yang krusial bagi keberlanjutan lingkungan.

Dalam kerangka *Environmental degradation*, deforestasi merupakan salah satu bentuk degradasi lingkungan yang signifikan karena menurunkan kapasitas lingkungan dalam menyerap dan menyimpan karbon (Boulding, 1966; Friend, 1992). Hilangnya tutupan hutan, terutama pada wilayah dengan lahan gambut, meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran hutan dan lahan karena kondisi lahan menjadi lebih kering dan mudah terbakar. Selain itu, praktik pembukaan lahan melalui pembakaran yang sering menyertai deforestasi turut memperbesar risiko terjadinya kebakaran. Ketika kebakaran hutan dan lahan terjadi, karbon yang tersimpan dalam biomassa dan tanah dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah besar dalam bentuk emisi CO₂.

Teori *Land Use/Land Cover* (LULC) juga menjelaskan bahwa deforestasi merupakan bentuk perubahan penggunaan dan tutupan lahan dari ekosistem

alami menjadi lahan produksi atau kawasan terbangun (Turner, 1990; Lambin et al., 1997). Perubahan ini tidak hanya mengurangi fungsi ekologis hutan, tetapi juga memperbesar risiko gangguan lingkungan seperti kebakaran dan degradasi lahan. Dalam konteks penelitian ini, deforestasi diduga memiliki hubungan positif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan. Semakin tinggi tingkat deforestasi, maka semakin besar potensi terjadinya kebakaran serta pelepasan karbon ke atmosfer. Dengan demikian, deforestasi berkontribusi langsung terhadap peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kebakaran hutan dan lahan.

2.2.3 Hubungan Rata-rata lama sekolah dengan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan

Hubungan antara rata-rata lama sekolah dan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan mencerminkan peran kualitas sumber daya manusia dalam memengaruhi tekanan terhadap lingkungan. Rata-rata lama sekolah menunjukkan tingkat pendidikan masyarakat, yang dalam penelitian ini dipandang sebagai indikator kemampuan individu dalam memahami, merespons, dan mengelola berbagai aktivitas yang berdampak pada lingkungan. Sementara itu, emisi CO₂ merepresentasikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari aktivitas manusia, khususnya yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan.

Dalam perspektif teori *Human Capital*, pendidikan merupakan bentuk investasi yang dapat meningkatkan kualitas individu, baik dari segi pengetahuan, keterampilan, maupun kemampuan dalam mengambil keputusan (Schultz, 1961; Becker, 1964; Mincer, 1974). Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai dampak aktivitas ekonomi terhadap lingkungan, sehingga lebih berhati-hati dalam penggunaan sumber daya alam dan lebih rasional dalam menentukan tindakan.

Selain itu, pendidikan juga berkaitan dengan peningkatan kesadaran lingkungan (*environmental awareness*), di mana masyarakat yang lebih terdidik cenderung lebih peduli terhadap keberlanjutan lingkungan serta lebih mendukung kebijakan yang bertujuan untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Dalam konteks kebakaran hutan dan lahan, tingkat pendidikan yang lebih tinggi dapat mengurangi praktik pembukaan lahan dengan cara pembakaran serta mendorong penggunaan metode yang lebih ramah lingkungan.

Dalam kerangka *green growth*, peningkatan kualitas sumber daya manusia melalui pendidikan dapat mendorong adopsi teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sehingga mampu menekan emisi karbon tanpa menghambat pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini rata-rata lama sekolah diduga memiliki hubungan negatif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan. Semakin tinggi tingkat pendidikan masyarakat, maka semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan emisi CO₂ melalui peningkatan kesadaran lingkungan dan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya alam.

2.2.4 Hubungan Produk Domestik Regional Bruto Perkapita kuadrat (PDRB²) dengan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan

Hubungan antara PDRB perkapita kuadrat (PDRB²) dan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan mencerminkan adanya perubahan arah hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan tekanan lingkungan pada tingkat pembangunan tertentu. PDRB² digunakan untuk menangkap dinamika non-linear antara aktivitas ekonomi dan dampak lingkungan, khususnya untuk mengidentifikasi apakah peningkatan pendapatan pada tahap lanjut dapat menurunkan emisi CO₂.

Dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC), hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan berbentuk kurva U terbalik (*inverted U-shape*), di mana pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan perkapita diikuti oleh peningkatan tekanan lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu (*turning point*), peningkatan pendapatan justru diikuti oleh penurunan degradasi lingkungan (Grossman dan Krueger, 1991; Panayotou, 1993).

Penurunan tekanan lingkungan pada tahap tersebut terjadi karena adanya peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga lingkungan, serta meningkatnya kemampuan pemerintah dalam menerapkan regulasi lingkungan yang lebih ketat. Selain itu, pertumbuhan ekonomi pada tahap lanjut memungkinkan adanya investasi dalam teknologi yang lebih bersih, efisiensi penggunaan energi, serta pergeseran struktur ekonomi dari sektor berbasis sumber daya alam menuju sektor yang lebih ramah lingkungan.

Dalam perspektif *green growth*, kondisi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi tidak selalu identik dengan peningkatan kerusakan lingkungan, tetapi dapat berjalan seiring dengan upaya pengurangan emisi apabila didukung oleh kebijakan dan teknologi yang tepat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini PDRB² diduga memiliki hubungan negatif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan, yang menunjukkan bahwa pada tingkat pendapatan tertentu, peningkatan ekonomi dapat berkontribusi pada penurunan emisi.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian Alam (2024) menganalisis hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dan implikasinya terhadap pembangunan berkelanjutan di 24 negara OECD selama periode 1971–2016. Variabel yang digunakan meliputi emisi CO₂, GDP perkapita, GDP perkapita kuadrat (GDP²), dan konsumsi energi perkapita, yang seluruhnya ditransformasikan dalam bentuk logaritma. Metode yang digunakan mencakup uji *cross-sectional dependence*, uji unit root generasi pertama dan kedua, uji kointegrasi Pedroni dan Westerlund, serta estimasi Panel *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) untuk menguji hubungan jangka panjang antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GDP berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan GDP² berpengaruh negatif dan signifikan. Temuan ini mendukung hipotesis EKC berbentuk *inverted U* di negara-negara OECD. Selain itu, konsumsi energi perkapita terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Studi ini menyimpulkan bahwa peningkatan pendapatan saja tidak cukup untuk menurunkan degradasi lingkungan tanpa didukung oleh efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, serta regulasi lingkungan yang efektif.

Penelitian Saad et al. (2023) menganalisis hubungan antara emisi CO₂, pertumbuhan ekonomi, dan konsumsi energi di 23 negara berkembang di Afrika selama periode 1980–2019. Studi ini menguji hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dengan menggunakan emisi CO₂ perkapita sebagai variabel dependen, sedangkan GDP perkapita, GDP kuadrat, dan konsumsi energi perkapita digunakan sebagai variabel independen. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis panel data dengan teknik panel cointegration Pedroni untuk menguji hubungan jangka panjang antar variabel.

Sebelum estimasi, penelitian ini melakukan uji panel unit root (Breitung, IPS, dan LLC) untuk memastikan derajat integrasi data. Selanjutnya, estimasi dilakukan menggunakan model *Fixed Effect* dan *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) untuk memperoleh elastisitas jangka panjang. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan kointegrasi jangka panjang antara GDP, GDP², konsumsi energi, dan emisi CO₂. Secara panel, koefisien GDP berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan GDP² berpengaruh negatif dan signifikan, yang mengindikasikan keberlakuan hipotesis EKC berbentuk *inverted* U dalam sebagian besar negara sampel. Namun, hasil estimasi spesifik negara menunjukkan adanya heterogenitas yang tinggi, di mana tidak semua negara mendukung pola EKC secara konsisten. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, peningkatan pendapatan mendorong kenaikan emisi karbon. Akan tetapi, setelah melewati titik balik tertentu, peningkatan pendapatan justru diikuti oleh penurunan emisi. Studi ini merekomendasikan kebijakan yang mendorong efisiensi energi dan pengembangan energi terbarukan agar pertumbuhan ekonomi tidak meningkatkan tekanan terhadap lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Montano dan Jesuro (2024) bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi (GDP), luas tutupan hutan, dan emisi CO₂ di Filipina dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Studi ini menggunakan data time series periode 1990–2020 yang bersumber dari *World Development Indicators* (World Bank). Metode analisis yang digunakan adalah *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) (2,1) untuk menguji hubungan jangka pendek dan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam jangka pendek, pertumbuhan ekonomi

berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, yang mencerminkan tahap awal kurva EKC di mana peningkatan aktivitas ekonomi meningkatkan tekanan terhadap lingkungan. Namun, dalam jangka panjang ditemukan hubungan negatif antara GDP dan emisi CO₂, sehingga mendukung hipotesis EKC berbentuk U-terbalik. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, pertumbuhan ekonomi dapat berjalan seiring dengan penurunan emisi melalui penerapan regulasi lingkungan dan adopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, luas tutupan hutan terbukti memiliki hubungan negatif terhadap emisi CO₂ dalam jangka panjang, yang menegaskan peran penting hutan sebagai penyerap karbon.

Penelitian yang dilakukan oleh Le et al. (2026) bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, keterbukaan perdagangan, pendidikan, dan emisi CO₂ di 36 negara Asia dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Studi ini menggunakan data panel periode 1992–2021 yang bersumber dari World Bank dan U.S. Energy Information Administration. Metode analisis yang digunakan adalah Feasible Generalized Least Squares (FGLS), Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS), Canonical Cointegration Regression (CCR), serta two-step Generalized Method of Moments (GMM) untuk menguji hubungan jangka pendek dan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam jangka panjang terdapat hubungan non-linear antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ yang mendukung hipotesis EKC. Selain itu, konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Sementara itu, pendidikan memiliki pengaruh negatif terhadap emisi CO₂, yang menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pendidikan dapat menurunkan emisi melalui peningkatan kesadaran lingkungan.

Namun, pendidikan juga memiliki peran moderasi yang kompleks, di mana interaksinya dengan konsumsi energi justru meningkatkan emisi.

Penelitian Zafeiriou et al. (2023) menganalisis hubungan antara deforestasi dan pendapatan pertanian di 16 negara bekas sosialis Eropa Timur dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Studi ini menggunakan emisi karbon yang dihasilkan dari deforestasi per hektar (*carbon emissions generated by deforestation per hectare / COD*) sebagai proksi degradasi lingkungan, serta *net value added* (NVA) sektor pertanian perkapita penduduk pedesaan sebagai indikator pertumbuhan ekonomi berbasis pertanian. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik panel cointegration, meliputi *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS), *Dynamic Ordinary Least Squares* (DOLS), dan PMG-ARDL, menggunakan data tahunan periode 1990–2015 dari FAOSTAT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hipotesis EKC berbentuk U terbalik tidak terbukti. Sebaliknya, ditemukan pola hubungan berbentuk *N-shaped* dan *inverse N-shaped* antara pendapatan pertanian dan emisi karbon dari deforestasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan pendapatan pertanian tidak secara konsisten menurunkan tekanan terhadap lingkungan, bahkan dalam beberapa tahap justru meningkatkan kembali emisi karbon akibat ekspansi lahan.

Penelitian yang dilakukan oleh Maurya dan Vivek (2025) bertujuan untuk menganalisis penyebab, dampak, serta solusi terhadap deforestasi dan implikasinya terhadap lingkungan. Studi ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan mengkaji berbagai faktor penyebab deforestasi seperti ekspansi lahan pertanian, urbanisasi, pertumbuhan penduduk, eksploitasi sumber daya alam, serta aktivitas industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deforestasi

berdampak signifikan terhadap lingkungan, antara lain meningkatkan emisi CO₂ akibat hilangnya fungsi hutan sebagai penyerap karbon, menyebabkan perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, serta degradasi tanah dan gangguan siklus hidrologi. Selain itu, aktivitas seperti slash and burn serta konversi hutan menjadi lahan pertanian dan industri terbukti mempercepat kerusakan ekosistem. Penelitian ini juga menekankan pentingnya pendidikan lingkungan sebagai solusi utama untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam menjaga kelestarian hutan serta mendorong upaya reforestasi dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh Koirala et al. (2025) bertujuan untuk menganalisis hubungan antara emisi CO₂ dan pertumbuhan ekonomi (GDP per kapita) dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian kebijakan di negara-negara G7. Studi ini menggunakan data panel periode 1960–2022 yang bersumber dari World Development Indicators dan World Uncertainty Index (WUI). Metode analisis yang digunakan adalah model regresi panel dengan pendekatan fixed effects dan random effects untuk menguji hubungan non-linear antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan GDP kuadrat berpengaruh negatif sehingga mendukung hipotesis EKC berbentuk U-terbalik. Selain itu, variabel ketidakpastian (WUI) berpengaruh negatif terhadap emisi, yang mengindikasikan bahwa peningkatan ketidakpastian dapat menurunkan aktivitas investasi dan pada akhirnya mengurangi emisi karbon. Temuan ini menunjukkan adanya trade-off antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan, sehingga diperlukan kebijakan

yang mampu mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Kostakis et al. (2023) bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, globalisasi, kepadatan penduduk, dan keterbukaan perdagangan terhadap emisi CO₂ dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada negara-negara kawasan MENA. Studi ini menggunakan data panel dari 10 negara selama periode 1994–2014 yang bersumber dari World Development Indicators (World Bank) dan International Energy Agency (IEA), serta dianalisis menggunakan berbagai metode panel seperti Fixed Effects, Random Effects, GLS, FMOLS, dan DOLS untuk menguji hubungan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan GDP kuadrat berpengaruh negatif sehingga mendukung hipotesis EKC berbentuk U-terbalik, di mana pada tahap awal pertumbuhan ekonomi meningkatkan emisi, namun setelah mencapai titik tertentu emisi mulai menurun. Selain itu, konsumsi energi fosil berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan energi terbarukan menunjukkan pengaruh yang tidak konsisten, sementara keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk cenderung menurunkan emisi, dan globalisasi justru meningkatkan degradasi lingkungan. Temuan ini menunjukkan pentingnya kebijakan yang mendorong penggunaan energi bersih serta pengelolaan globalisasi yang berkelanjutan untuk mendukung pembangunan ekonomi yang ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Li (2025) bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi emisi CO₂ dengan menyoroti peran pendidikan tinggi dalam kerangka extended STIRPAT model di China. Studi ini menggunakan

data time series periode 1985–2023 yang bersumber dari World Development Indicators (World Bank) dan dianalisis menggunakan metode Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) dan Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) untuk menguji hubungan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, populasi, pertumbuhan ekonomi (GDP), dan sektor industri berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, yang berarti peningkatan aktivitas ekonomi dan industrialisasi mendorong peningkatan emisi. Sebaliknya, inovasi teknologi dan pendidikan tinggi berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kualitas sumber daya manusia dan kemajuan teknologi dapat membantu menekan degradasi lingkungan. Temuan ini menegaskan pentingnya peran pendidikan tinggi dalam meningkatkan kesadaran lingkungan serta mendorong penggunaan teknologi ramah lingkungan guna mencapai pembangunan berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh Zheng et al. (2024) bertujuan untuk menganalisis efektivitas penetapan target pengurangan emisi karbon (CO₂) sebagai instrumen kebijakan dalam mengurangi intensitas emisi serta mengkaji peran tingkat pendidikan dalam mendukung pencapaian target tersebut. Studi ini menggunakan data panel dari 163 negara selama periode 2011–2022 yang bersumber dari berbagai database internasional dan dianalisis menggunakan metode difference-in-differences (DID) dengan pendekatan two-way fixed effects untuk menguji hubungan antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penetapan target pengurangan emisi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap intensitas emisi CO₂, yang berarti semakin tinggi ambisi target yang ditetapkan, maka semakin besar penurunan emisi yang dihasilkan. Selain itu, tingkat pendidikan terbukti memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas

kebijakan tersebut melalui peningkatan kesadaran lingkungan dan partisipasi masyarakat. Sebaliknya, kapasitas energi terbarukan tidak terbukti sebagai mediator utama dalam hubungan tersebut. Temuan ini menegaskan bahwa penetapan target yang ambisius dan didukung oleh kualitas pendidikan yang baik dapat menjadi strategi efektif dalam mencapai pembangunan berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh Maranzano et al. (2022) bertujuan untuk menganalisis peran pendidikan dan ketimpangan pendapatan terhadap kualitas lingkungan dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada negara-negara OECD di Eropa. Studi ini menggunakan data panel periode 1950–2015 yang bersumber dari berbagai database internasional dan dianalisis menggunakan metode panel data dengan pendekatan clustering dan regresi untuk menguji hubungan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ mengikuti pola kurva U-terbalik yang mendukung hipotesis EKC, di mana polusi meningkat pada tahap awal pembangunan dan menurun pada tahap lanjut. Selain itu, pendidikan terbukti memiliki pengaruh non-linear terhadap emisi (Educational EKC), di mana pada tingkat tertentu peningkatan pendidikan mampu menurunkan emisi melalui peningkatan kesadaran lingkungan dan adopsi teknologi ramah lingkungan. Penelitian ini juga menemukan bahwa ketimpangan pendapatan memengaruhi hubungan tersebut, di mana perbedaan tingkat ketimpangan menghasilkan pola hubungan yang berbeda antarnegara. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendidikan merupakan faktor penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengendalian degradasi lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Sart et al. (2022) bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kebebasan ekonomi, pendidikan, dan emisi CO₂

di negara-negara anggota Uni Eropa. Studi ini menggunakan data panel periode 2000–2018 yang bersumber dari World Bank dan Fraser Institute, serta dianalisis menggunakan metode panel causality test dengan mempertimbangkan cross-sectional dependency dan heterogenitas untuk menguji hubungan kausal antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan kausal dua arah antara kebebasan ekonomi, pendidikan, dan emisi CO₂ pada tingkat panel, yang mengindikasikan adanya interaksi timbal balik antarvariabel. Selain itu, kebebasan ekonomi dan pendidikan terbukti berperan dalam mengurangi degradasi lingkungan melalui peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, penerapan instrumen berbasis pasar, serta peningkatan kesadaran lingkungan dan pengembangan teknologi ramah lingkungan. Temuan ini menunjukkan bahwa reformasi menuju sistem ekonomi yang lebih terbuka serta peningkatan kualitas pendidikan dapat menjadi strategi efektif dalam mendukung keberlanjutan lingkungan.

2.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian menjelaskan secara teoritis hubungan antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) yang akan diteliti dalam penelitian ini. Penelitian ini berangkat dari konsep ekonomi lingkungan yang menyatakan bahwa aktivitas ekonomi memanfaatkan lingkungan sebagai sumber input sekaligus sebagai tempat pembuangan limbah. Apabila pemanfaatan tersebut melebihi daya dukung lingkungan, maka akan menimbulkan degradasi lingkungan yang dalam penelitian ini direpresentasikan oleh emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan.

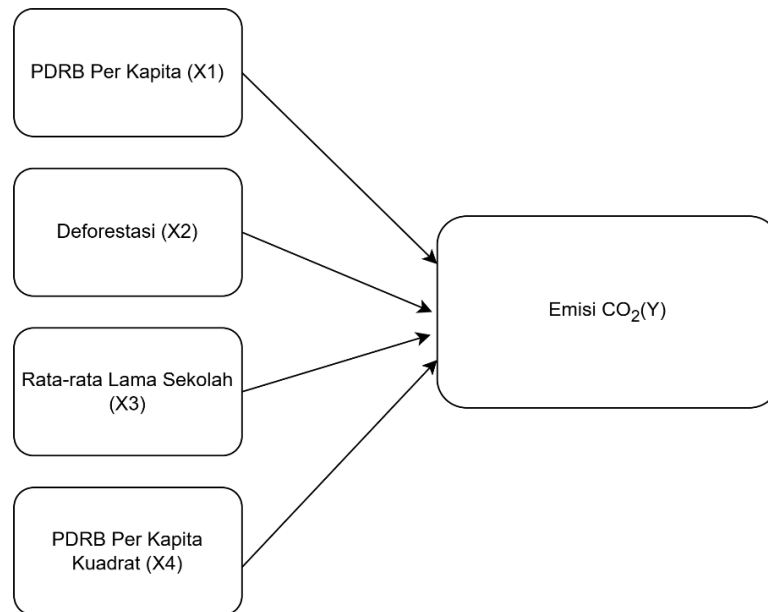
Pertumbuhan ekonomi daerah yang diukur melalui PDRB perkapita mencerminkan peningkatan aktivitas produksi, konsumsi, serta pemanfaatan sumber daya alam. Pada tahap awal pembangunan, peningkatan PDRB perkapita cenderung meningkatkan tekanan terhadap lingkungan melalui ekspansi lahan, aktivitas berbasis sumber daya alam, serta meningkatnya risiko kebakaran hutan dan lahan. Namun, pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, terdapat potensi penurunan tekanan lingkungan seiring dengan meningkatnya kesadaran lingkungan, penerapan teknologi yang lebih efisien, serta penguatan regulasi. Oleh karena itu, hubungan antara PDRB perkapita dan emisi CO₂ diduga bersifat non-linear sesuai dengan kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Untuk menangkap hubungan non-linear tersebut, penelitian ini memasukkan variabel PDRB perkapita dalam bentuk kuadrat. Penggunaan variabel ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan perubahan arah hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ pada tingkat pendapatan tertentu.

Deforestasi mencerminkan tekanan langsung terhadap lingkungan melalui perubahan tutupan lahan, khususnya dari kawasan hutan menjadi lahan produksi atau penggunaan lainnya. Penurunan luas hutan menyebabkan berkurangnya fungsi ekologis hutan sebagai penyerap karbon serta meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran hutan dan lahan. Semakin tinggi tingkat deforestasi, maka semakin besar potensi terjadinya kebakaran yang menghasilkan emisi CO₂ dalam jumlah besar.

Selain itu, kualitas sumber daya manusia yang diukur melalui rata-rata lama sekolah juga berperan dalam memengaruhi tekanan terhadap lingkungan. Tingkat pendidikan yang lebih tinggi mencerminkan kemampuan individu dalam

memahami dampak aktivitas ekonomi terhadap lingkungan serta mendorong perilaku yang lebih ramah lingkungan. Masyarakat dengan tingkat pendidikan yang lebih baik cenderung lebih sadar terhadap pentingnya menjaga kelestarian hutan, sehingga dapat mengurangi praktik pembukaan lahan dengan cara pembakaran serta meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya alam. Dengan demikian, rata-rata lama sekolah berpotensi menurunkan emisi CO₂ melalui peningkatan kesadaran dan kualitas pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan.

Dengan demikian, permasalahan lingkungan dalam penelitian ini dipahami sebagai hasil interaksi antara pertumbuhan ekonomi, tekanan penduduk, dan perubahan penggunaan lahan. PDRB perkapita mencerminkan aktivitas ekonomi, deforestasi menggambarkan tekanan ekologis terhadap hutan, dan kepadatan penduduk menunjukkan intensitas aktivitas manusia. Ketiga faktor tersebut secara bersama-sama berpotensi meningkatkan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan sebagai variabel dependen (Y), yang dipengaruhi oleh PDRB perkapita (X1), deforestasi (X2), rata-rata lama sekolah (X3) dan PDRB perkapita kuadrat (X4). Keempat variabel tersebut digunakan untuk menganalisis sejauh mana dinamika pertumbuhan ekonomi, perubahan tutupan lahan dan pendidikan memengaruhi emisi CO₂ sebagai indikator tekanan lingkungan di Indonesia.



Gambar 1. 1 Kerangka Pikir Penelitian

2.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diduga PDRB perkapita berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
2. Diduga deforestasi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
3. Diduga rata-rata lama sekolah berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.
4. Diduga PDRB perkapita kuadrat berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂ dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang.