

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

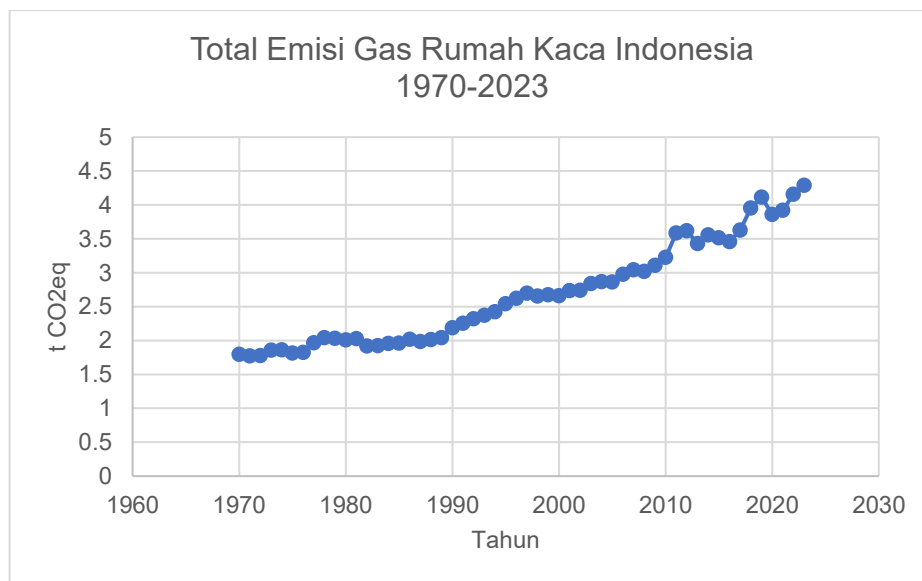
Pertumbuhan ekonomi tidak selalu sejalan dengan kelestarian lingkungan. Di tengah upaya negara-negara mengejar kelestarian lingkungan, kualitas lingkungan justru mengalami degradasi. Salah satu indikator utama dari degradasi ini adalah meningkatnya total emisi gas rumah kaca yang berkontribusi besar terhadap perubahan iklim. Gas rumah kaca merupakan jenis gas di atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan memantulkan kembali radiasi panas yang dipancarkan oleh permukaan bumi, sehingga menyebabkan peningkatan suhu permukaan bumi (IPCC, 2023).

Gas rumah kaca merupakan akumulasi dari gas karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O), yang memiliki waktu tinggal di atmosfer mulai dari puluhan hingga ratusan tahun. Gas-gas ini dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil dari aktivitas manusia, terutama dari pembakaran bahan bakar fosil, kegiatan industri, pertanian, dan perubahan penggunaan lahan. Konsentrasi gas-gas ini dalam atmosfer terus meningkat secara signifikan, kondisi ini telah menyebabkan suhu rata-rata global meningkat sekitar $1,1^\circ\text{C}$ sejak era pra-industri. Peningkatan suhu global yang melebihi ambang batas $1,5^\circ\text{C}$ diperkirakan akan menimbulkan berbagai dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan manusia, infrastruktur, serta ekosistem alamiah (IPCC, 2023).

Peningkatan suhu global ini berdampak langsung terhadap sistem iklim bumi. Terjadi pergeseran pola cuaca, mencairnya es di kutub, naiknya permukaan laut, dan meningkatnya frekuensi serta intensitas bencana iklim seperti banjir, kekeringan, dan gelombang panas. Perubahan iklim yang semakin ekstrem tidak hanya mengancam ekosistem alamiah, tetapi juga mengganggu keseimbangan lingkungan hidup dan sumber daya yang menopang kehidupan manusia sehari-hari. Salah satu dampak ekonomi dari perubahan iklim akibat akumulasi gas rumah kaca adalah produktivitas sektor pertanian menurun. Negara-negara yang menjadi kelompok paling rentan dalam menghadapi situasi ini karena kurangnya kapasitas adaptasi dan tingginya eksposur terhadap bencana iklim (IPCC, 2023).



Kondisi tersebut tidak lepas dari tren peningkatan emisi gas rumah kaca global. Berdasarkan publikasi Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) 2024 total emisi GRK dunia terus mengalami kenaikan yang signifikan, dengan laju pertumbuhan yang semakin cepat terutama setelah awal 2000-an. Selama periode 1970–2023, total emisi gas rumah kaca global menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dari sekitar 24.000 Mt CO₂eq/tahun menjadi lebih dari 53.000 Mt CO₂eq/tahun.

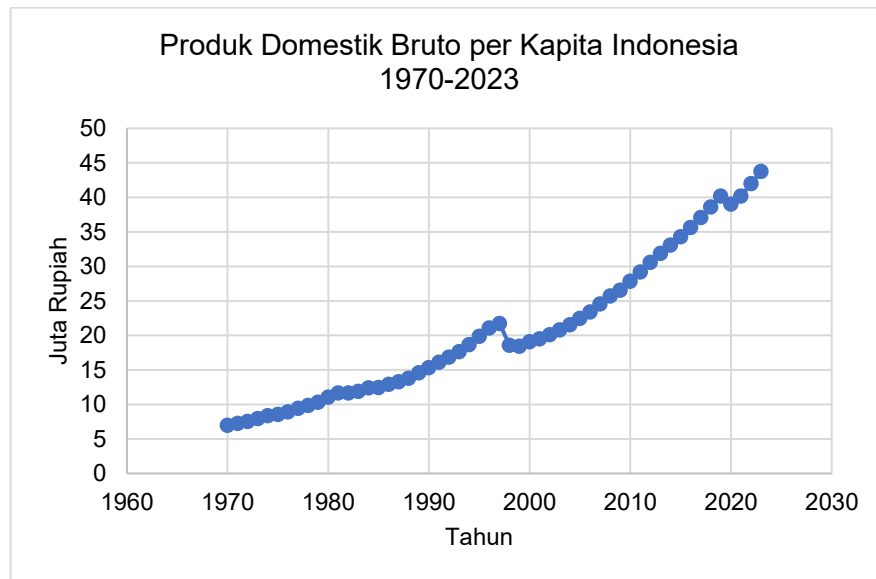


Gambar 1. 1 Total Emisi Gas Rumah Kaca per Kapita Indonesia

Sumber : Emissions Database for Global Atmospheric Research (2025), diolah

Tren peningkatan emisi gas rumah kaca tidak hanya terjadi secara global, tetapi juga tercermin di tingkat nasional. Indonesia, sebagai negara berkembang dengan pertumbuhan ekonomi yang stabil dalam beberapa dekade terakhir, turut mengalami peningkatan emisi. Laporan Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), menunjukkan emisi gas rumah kaca per kapita Indonesia meningkat dari 1,8 ton pada tahun 1970 menjadi 4,3 ton pada tahun 2023. Dalam 53 tahun terakhir emisi gas rumah kaca per kapita Indonesia telah naik sebesar 2,5 ton atau sekitar 138,89%. Penyebab utama meningkatnya emisi gas rumah kaca adalah pertumbuhan ekonomi yang pesat di negara-negara ang. Pertumbuhan ini mendorong peningkatan signifikan dalam aktivitas pembangunan infrastruktur, serta konsumsi energi, terutama yang masih si oleh sumber energi fosil (Liu et al., 2019)





Gambar 1. 2 Produk Domestik Bruto per Kapita Indonesia

Sumber : World Bank (2025), diolah

Selaras dengan tren peningkatan emisi, pertumbuhan ekonomi Indonesia juga menunjukkan pola yang sama dalam enam dekade terakhir. Meskipun menghadapi berbagai tantangan seperti krisis ekonomi dan fluktuasi harga komoditas, Indonesia tetap mencatat pertumbuhan ekonomi yang stabil. berdasarkan pencatatan data yang diperoleh dari World Bank, GDP per kapita Indonesia secara keseluruhan menunjukkan peningkatan. PDB per kapita Indonesia meningkat dari Rp 6,966,539.94 pada tahun 1970 menjadi Rp 44,323,896.14 pada tahun 2023. Indonesia mengalami pertumbuhan ekonomi yang cukup stabil dalam beberapa dekade terakhir, namun tantangan untuk menyeimbangkan pembangunan ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan masih menjadi isu krusial mengingat komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 31,89% pada tahun 2030 serta target mencapai net-zero emission pada 2060.

Pertumbuhan ekonomi adalah salah satu indikator utama yang digunakan untuk mengukur kemajuan dan kesejahteraan suatu negara. Di banyak negara, termasuk Indonesia, pertumbuhan ekonomi telah menjadi fokus utama dalam kebijakan publik dan strategi pembangunan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat, menciptakan lapangan kerja, dan mengurangi tingkat



kemiskinan. Namun, pertumbuhan ekonomi yang pesat sering kali disertai dengan dampak negatif terhadap lingkungan, yang pada akhirnya dapat mengancam keberlanjutan sumber daya alam dan kualitas hidup masyarakat itu sendiri. Menurut Dasgupta et al. (2002), pertumbuhan yang tidak terencana dan tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan, pencemaran, serta kerusakan ekosistem. Sehingga penting untuk menyoroti urgensi pembangunan berkelanjutan sebagai landasan dalam menyusun strategi pembangunan nasional. Pembangunan berkelanjutan menekankan perlunya menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial agar kebutuhan generasi saat ini dapat terpenuhi tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang (WCED, 1987)

Untuk memahami hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan, banyak studi telah menggunakan pendekatan teoritis kurva lingkungan Kuznets. Hipotesis kurva lingkungan Kuznets, pertama kali diperkenalkan oleh Simon Kuznets yang menyatakan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan ketimpangan pendapatan, kemudian diadaptasi untuk menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Hipotesis Kurva Lingkungan menyatakan bahwa ketika sebuah negara mulai berkembang, polusi dan kerusakan lingkungan akan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonominya. Namun, setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, situasinya akan berubah, dan kualitas lingkungan akan membaik meskipun ekonomi terus berkembang (Grossman & Krueger, 1991)

Hipotesis EKC telah menjadi dasar berbagai penelitian empiris untuk menguji apakah pertumbuhan ekonomi pada akhirnya dapat memperbaiki kondisi lingkungan. Untuk studi kasus Indonesia, beberapa studi empiris sebelumnya, seperti studi Sugiawan & Managi (2016), Alam et al. (2016), Darwanto et al. (2019), Fong et al. (2020), Adebayo (2021), Massagony & Budiono (2023), serta Effendi et al. (2024), telah mengkaji hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets. Hasil penelitian di hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan beragam, beberapa studi memvalidasi hipotesis, namun sebagian lainnya akan hasil yang tidak signifikan atau bahkan sebaliknya.



Selain pertumbuhan ekonomi, perubahan emisi gas rumah kaca juga dipengaruhi oleh faktor struktural lain, di antaranya komposisi bauran energi dan struktur sektor ekonomi. Peningkatan proporsi energi terbarukan berpotensi menekan intensitas emisi karena memiliki jejak karbon yang jauh lebih rendah dibandingkan sumber energi fosil. Energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan biomassa umumnya ramah lingkungan dengan dampak yang jauh lebih kecil dibandingkan bahan bakar fosil, terutama panel surya dan turbin angin yang dampaknya sangat minim jika ditempatkan di lokasi yang tepat (Osman et al., 2023). Transisi menuju energi bersih ini telah menjadi komitmen Indonesia, tercermin dari target bauran energi terbarukan minimal 23% pada tahun 2025 sebagaimana ditetapkan oleh Kementerian ESDM.

Di sisi lain, kontribusi sektor industri terhadap PDB juga memiliki kaitan erat dengan emisi gas rumah kaca. Aktivitas industri umumnya sangat bergantung pada penggunaan energi, terutama dari bahan bakar fosil, yang menghasilkan emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar. Ketergantungan ini menjadi salah satu kontributor utama terhadap emisi gas rumah kaca (Sikder et al., 2022). Perubahan proporsi sektor industri dalam struktur ekonomi dapat mempengaruhi tingkat emisi secara signifikan, baik melalui intensitas penggunaan energi maupun adopsi teknologi ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, proporsi energi terbarukan dan nilai tambah sektor industri terhadap PDB dimasukkan sebagai variabel kontrol. Dengan mengontrol kedua variabel ini, analisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi GHG dapat dilakukan secara lebih komprehensif, sehingga hasil estimasi mencerminkan pengaruh murni pertumbuhan ekonomi sekaligus mempertimbangkan pengaruh transisi energi dan perubahan struktur ekonomi.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets di Indonesia menggunakan indikator lingkungan total emisi gas rumah kaca per kapita dengan memasukkan proporsi energi terbarukan dan nilai tambah sektor industri terhadap PDB sebagai variabel kontrol untuk mempertimbangkan transisi energi dan perubahan struktur ekonomi.. Tujuan penelitian ini mengingat hasil temuan studi empiris terdahulu masih menunjukkan Selain itu, sebagian besar penelitian Kurva Lingkungan Kuznets di



Indonesia hanya menguji hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂, sementara penelitian yang mengkaji validitas EKC terhadap total emisi gas rumah kaca masih terbatas. Pemilihan total emisi gas rumah kaca per kapita digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap kualitas lingkungan di Indonesia.

Dalam penelitian ini, penulis akan menguji validitas hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) di Indonesia dengan menggunakan data time series selama 54 tahun. Dengan menggunakan model ekonometrika seperti yang sesuai, diharapkan dapat ditemukan bukti empiris yang memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang lebih efektif, dengan mempertimbangkan dinamika ekonomi dan lingkungan yang ada.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah terdapat hubungan non-linear berbentuk kurva-U terbalik antara PDB per kapita dan total emisi gas rumah kaca per kapita di Indonesia selama periode 1970 hingga 2023, sesuai dengan hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets, dengan mempertimbangkan pengaruh variabel kontrol proporsi energi terbarukan dan nilai tambah sektor industri terhadap PDB?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah terdapat hubungan non-linear berbentuk kurva-U terbalik antara PDB per kapita dan total emisi gas rumah kaca per kapita di Indonesia selama periode 1970 hingga 2023, sesuai dengan hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets, dengan mempertimbangkan pengaruh variabel kontrol berupa proporsi energi terbarukan dan nilai tambah sektor industri terhadap PDB.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1) Penelitian ini dapat memperkaya literatur tentang hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan serta memberikan dasar bagi penelitian lanjutan yang mengkaji interaksi kompleks antara faktor-faktor ekonomi dan lingkungan.
- 2) Penelitian ini dapat memberikan wawasan kepada pembuat kebijakan mengenai hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan, sehingga dapat merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mencapai keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis

2.1.1 Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Konsep pembangunan berkelanjutan diperkenalkan oleh World Commission on Environment and Development (WCED) yang dibentuk oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) melalui laporan berjudul "Our Common Future" pada tahun 1987. Dalam laporan tersebut, pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Definisi ini menekankan pentingnya keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, sosial, dan lingkungan (WCED, 1987).

Latar belakang munculnya konsep ini sangat kompleks dan melibatkan berbagai faktor yang saling terkait, seperti kemiskinan, kerusakan lingkungan, dan pertumbuhan ekonomi yang tidak merata. Meskipun terdapat kemajuan dalam meningkatkan standar hidup secara global, ketimpangan yang signifikan masih ada, di mana banyak individu dan komunitas tetap hidup dalam kondisi kemiskinan dan menghadapi tekanan lingkungan yang semakin meningkat.

Laporan WCED juga menyoroti berbagai ancaman lingkungan yang mendesak, termasuk penipisan lapisan ozon, polusi udara, dan deforestasi. Ancaman-ancaman ini tidak hanya berdampak pada ekosistem, tetapi juga pada kesehatan manusia dan kualitas hidup secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru dalam pembangunan yang mencakup pemberdayaan politik, distribusi sumber daya yang adil, dan praktik berkelanjutan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan bagi semua lapisan masyarakat.

Konsep pembangunan berkelanjutan telah diadopsi secara luas oleh s internasional dan menjadi dasar bagi berbagai agenda serta inisiatif unan global. Salah satu contoh pentingnya adalah Konferensi PBB ingkungan dan Pembangunan (UNCED) yang diadakan di Rio de Janeiro



pada tahun 1992, yang menjadi tonggak sejarah dalam perumusan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Selain itu, Agenda 21, yang dihasilkan dari konferensi tersebut, merupakan rencana aksi global yang memandu berbagai negara dalam upaya mencapai pembangunan berkelanjutan. Deklarasi Rio, yang juga lahir dari konferensi itu, menekankan pentingnya prinsip-prinsip dasar yang harus diikuti dalam proses pembangunan berkelanjutan.

Selanjutnya, berbagai konvensi internasional telah dibentuk untuk mendukung tujuan ini, seperti Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC) yang bertujuan untuk mengatasi tantangan perubahan iklim, serta Konvensi Keanekaragaman Hayati (CBD) yang fokus pada perlindungan keanekaragaman hayati di seluruh dunia. Tidak kalah penting, Konvensi PBB untuk Melawan Desertifikasi (UNCCD) berupaya mengatasi masalah desertifikasi dan degradasi lahan yang menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan lingkungan global.

Selain itu, tujuan-tujuan seperti Millennium Development Goals (MDGs) dan Sustainable Development Goals (SDGs) juga merupakan bagian integral dari upaya global untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. SDGs, yang diadopsi pada tahun 2015, terdiri dari 17 tujuan yang mencakup berbagai aspek pembangunan sosial, ekonomi, dan lingkungan, dengan harapan untuk mengakhiri kemiskinan dan melindungi bumi pada tahun 2030.

2.1.2 Eksternalitas

Setiap aktivitas ekonomi, mulai dari pembangunan infrastruktur hingga ekspansi industri, menciptakan dampak yang beragam, baik positif maupun negatif. Meskipun aktivitas tersebut memiliki potensi untuk menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan akses terhadap layanan, sering kali kita juga menghadapi masalah serius seperti pencemaran, hilangnya habitat, serta penurunan kualitas udara dan air. Menurut Baumol dan Blinder (2011) eksternalitas adalah konsekuensi dari aktivitas ekonomi yang tidak tercermin dalam harga pasar, yang dapat mengakibatkan alokasi sumber daya yang tidak efisien, sedangkan menurut

an Rosengard (2015) eksternalitas adalah istilah yang digunakan untuk narkan situasi di mana tindakan individu atau perusahaan memiliki efek



pada individu atau perusahaan lain yang tidak mendapatkan kompensasi atau tidak terlibat dalam transaksi tersebut.

Eksternalitas dapat muncul dalam dua bentuk, yakni eksternalitas positif maupun negatif. Eksternalitas positif memberikan manfaat kepada individu atau perusahaan lain tanpa adanya kompensasi. Contohnya adalah ketika seorang pemilik rumah merawat kebunnya dengan menanam bunga yang indah, yang pada gilirannya menciptakan nilai estetika bagi tetangga dan masyarakat sekitar. Meskipun pemilik rumah tidak menerima pembayaran untuk manfaat ini, dampak positifnya dapat meningkatkan kualitas lingkungan dan kesejahteraan komunitas. Sebaliknya, eksternalitas negatif terjadi ketika tindakan suatu individu atau perusahaan merugikan pihak lain tanpa adanya kompensasi. Contoh yang umum adalah polusi udara dan air yang dihasilkan oleh industri. Dampak dari polusi ini dapat merusak kesehatan masyarakat dan lingkungan, sementara perusahaan yang menyebabkan pencemaran tersebut tidak menanggung biaya kerugian yang ditimbulkan. Hal ini mengarah pada ketidakseimbangan dalam alokasi sumber daya dan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Kedua jenis eksternalitas ini memiliki implikasi terhadap alokasi sumber daya dan tingkat produksi dalam pasar. Eksternalitas ini menjadi penyebab kegagalan mekanisme pasar (Boumol & Blinder, 2011).

2.1.3 Kurva Lingkungan Kuznets

Kurva lingkungan Kuznets (EKC) menunjukkan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, kerusakan lingkungan meningkat, tetapi setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, kualitas lingkungan mulai membaik (Stern et al., 1996). Hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets adalah sebuah konsep yang diperkenalkan diperkenalkan oleh ekonom Simon Kuznets pada tahun 1955, yang awalnya digunakan untuk menggambarkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan ketimpangan pendapatan. Konsep ini kemudian diadaptasi untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan, yang dikembangkan lebih lanjut oleh Grossman dan Krueger pada tahun 1991.



teori EKC pertama kali diperkenalkan dalam penelitian Grossman dan yang berjudul "The Environmental Impacts of the North American Free reement." Penelitian ini berfokus pada dampak lingkungan dari perjanjian

perdagangan bebas NAFTA dengan mengaplikasikan hipotesis Kuznets untuk mengeksplorasi hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan fungsi kubik dari GDP per kapita. Variabel kontrol yang digunakan mencakup kepadatan populasi dan intensitas perdagangan. Variabel intensitas perdagangan dipilih berdasarkan anggapan bahwa tingkat polusi di suatu negara mungkin berkaitan erat dengan tingkat keterbukaan perdagangan internasional. Dalam penelitian ini, ditemukan bukti empiris yang mendukung keberadaan EKC, yang menunjukkan korelasi antara pendapatan dan degradasi lingkungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat polusi, khususnya sulfur dioksida (SO_2) dan partikel tersuspensi, awalnya meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan per kapita pada tingkat pendapatan rendah. Namun, pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, terjadi perubahan arah, dengan titik belok (turning point) yang teridentifikasi antara \$4,000 dan \$5,000 dalam dolar AS tahun 1985 (Grossman & Krueger, 1991).

Setelah konsep awal EKC diperkenalkan, beberapa kajian lanjutan memperkuat pemahaman teoretis mengenai hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Salah satunya adalah studi Shafik & Bandyopadhyay (1992) yang memperluas pendekatan analisis dengan mempertimbangkan faktor-faktor ekonomi, politik, serta kemajuan teknologi dalam mempengaruhi kondisi lingkungan di berbagai negara. Melalui kerangka pemikiran ini, hubungan antara pendapatan dan degradasi lingkungan dipahami sebagai suatu proses yang kompleks dan tidak selalu linier. Mereka menekankan bahwa peningkatan pendapatan pada tahap awal pembangunan sering kali disertai dengan peningkatan tekanan terhadap lingkungan, seperti polusi udara, deforestasi, dan penurunan kualitas air. Namun, pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, pergeseran preferensi masyarakat, peningkatan kesadaran lingkungan, serta penerapan teknologi yang lebih bersih dapat mendorong perbaikan kondisi lingkungan. Hasil studi ini mendukung asumsi dasar dalam hipotesis EKC, bahwa degradasi lingkungan dapat berbalik menurun setelah mencapai titik balik tertentu dalam perkembangan ekonomi.



teori EKC menyatakan bahwa dalam fase awal pembangunan ekonomi, peningkatan pendapatan per kapita sering kali disertai dengan peningkatan polusi dan degradasi lingkungan. Namun, setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu,

yang dikenal sebagai titik belok, kualitas lingkungan mulai membaik meskipun pertumbuhan ekonomi terus berlanjut. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor, termasuk kemajuan teknologi, peningkatan kesadaran masyarakat terhadap isu-isu lingkungan, dan pergeseran dari ekonomi berbasis industri menuju ekonomi berbasis jasa (Grossman & Krueger, 1991).

Tahapan kurva lingkungan Kuznets menggambarkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan yang dapat berubah seiring dengan tingkat perkembangan ekonomi suatu negara. Kerusakan lingkungan terbatas oleh aktivitas ekonomi subsisten, tetapi meningkat seiring dengan intensifikasi pertanian, ekstraksi sumber daya, dan industrialisasi. Di sisi lain, pada tingkat perkembangan yang lebih tinggi, pergeseran ke industri berbasis informasi, penggunaan teknologi yang lebih efisien, dan permintaan yang lebih besar untuk kualitas lingkungan berkontribusi pada stabilisasi dan penurunan kerusakan lingkungan (Panayotou, 1993)

Tahap Pertama dimulai dengan industrialisasi yang pesat, di mana polusi meningkat dengan cepat karena masyarakat lebih memprioritaskan pekerjaan dan pendapatan daripada menjaga lingkungan. Di fase ini, banyak komunitas terjebak dalam kemiskinan, sehingga mereka tidak mampu membiayai upaya pengurangan polusi, dan regulasi lingkungan pun cenderung lemah. Tahap Pertengahan terjadi ketika pendapatan masyarakat mulai meningkat. Pada fase ini, sektor industri utama mulai bertransformasi menjadi lebih bersih, dan masyarakat mulai menghargai pentingnya lingkungan. Institusi regulasi juga menjadi lebih efektif, yang berpengaruh pada pengelolaan polusi. Di titik ini, polusi mencapai puncaknya sebelum stabil di rentang pendapatan menengah. Tahap Akhir ditandai dengan peningkatan pendapatan yang lebih tinggi, di mana polusi mulai menurun secara signifikan. Masyarakat yang kaya berusaha mengembalikan kondisi lingkungan ke tingkat yang lebih baik, mendekati situasi sebelum industrialisasi (Dasgupta et al., 2002). Pada tahap inilah disebut yang sebagai titik balik (turning point) di mana pertumbuhan ekonomi akan menurunkan degradasi lingkungan. Sehingga dalam



va Lingkungan Kuznets, suatu negara akan melalui tiga tahap struktur yang berbeda untuk mencapai tahap akhir. Pertama, negara tersebut memiliki struktur ekonomi agraris, kemudian bertransformasi menjadi industri, dan akhirnya beralih ke ekonomi berbasis jasa.

Titik balik pada Kurva Lingkungan secara teoritis dapat dihitung dengan pendekatan matematis, nilai tersebut diperoleh dari pembagian antara koefisien pendapatan per kapita dengan dua kali koefisien dari pendapatan per kapita kuadrat, lalu dikalikan dengan bilangan negatif. Nilai ini menunjukkan level pendapatan per kapita saat pencemaran lingkungan mencapai puncaknya sebelum mulai menurun (Dinda, 2004). Setelah melewati titik balik ini, pembangunan ekonomi cenderung disertai dengan penurunan tingkat kerusakan lingkungan. Fenomena ini mencerminkan perubahan dalam kesadaran masyarakat dan pemerintah terhadap pentingnya perlindungan lingkungan. Seiring waktu, kebijakan pembangunan mulai diarahkan pada kegiatan ekonomi yang lebih bersih dan ramah lingkungan. Pemerintah juga cenderung memperketat regulasi lingkungan, sehingga mendorong transformasi struktural dari sektor industri yang padat polusi menuju sektor jasa yang relatif lebih bersih. Pergeseran ini tidak hanya mencerminkan respon terhadap tekanan lingkungan, tetapi juga menjadi bagian dari strategi pertumbuhan ekonomi berkelanjutan.

Banyak studi empiris telah dilakukan untuk menguji keberadaan Kurva Lingkungan Kuznets di berbagai negara dan sektor. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan memang mengikuti pola yang dijelaskan oleh kurva ini. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Selden dan Song (1994) menunjukkan bahwa untuk beberapa polutan, seperti sulfur dioksida (SO_2), terdapat hubungan yang konsisten dengan Kurva Lingkungan Kuznets. Penelitian yang dilakukan oleh Holtz-Eakin dan Selden (1995) menunjukkan bahwa untuk 130 negara dengan menggunakan emisi CO_2 , terdapat hubungan yang konsisten dengan Kurva Lingkungan Kuznets. Demikian juga, penelitian oleh Cole et al. (1997) mendukung temuan ini dengan menganalisis 7 negara dan menemukan pola U terbalik yang serupa. Tetapi tidak semua penelitian mendukung hipotesis EKC seperti penelitian yang dilakukan oleh Magnani (2001) yang menunjukkan bahwa penelitian pada 152 negara dari tahun 1970 hingga 1990, tidak ditemukan bukti yang mendukung Kurva Lingkungan Kuznets (EKC), menggunakan regresi panel kubik. Selain itu,

oleh Roca et al. (2001) yang menganalisis data Spanyol dari tahun 1973-1996, menggunakan analisis deret waktu dengan metode OLS juga tidak menemukan pola EKC.



Hipotesis EKC menawarkan kerangka kerja yang menarik untuk memahami hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan lingkungan. Meskipun demikian terdapat beberapa kritik terhadap hipotesis ini. Salah satu kritiknya adalah EKC tidak berlaku untuk semua polusi atau sumber daya alam, dan tidak dapat dijadikan model universal. Seperti pada paper Stern (1998) yang menyatakan bukti empiris hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) tidak konsisten dan terbatas pada beberapa polutan tertentu, sehingga model ini tidak dapat dianggap sebagai representasi yang andal dari proses pembangunan dan lingkungan secara umum. Studi Dasgupta et al. (2002) juga membahas bentuk dan posisi Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) tidak tetap dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti regulasi lingkungan, perubahan teknologi, dan kapasitas institusi. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan pencemaran berubah-ubah.

2.1.4 The Green Solow Model

The Green Solow Model dikembangkan oleh William A. Brock dan M. Scott Taylor. Model ini mengintegrasikan konsep pertumbuhan ekonomi dengan faktor lingkungan, memperkenalkan hubungan erat antara Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) dan model pertumbuhan Solow. Model ini mengembangkan model Solow klasik, yang berfokus pada akumulasi modal, tenaga kerja, dan kemajuan teknologi sebagai pendorong utama pertumbuhan ekonomi (Solow, 1956), dengan menambahkan dimensi lingkungan yang menghubungkan pertumbuhan ekonomi dengan polusi (Brock & Taylor, 2010)

Dalam model pertumbuhan Solow klasik, pertumbuhan ekonomi didorong oleh tiga faktor utama yakni modal, tenaga kerja, dan teknologi. Model ini mengasumsikan bahwa output dihasilkan dari kombinasi modal dan tenaga kerja yang dipengaruhi oleh kemajuan teknologi. Konsep dasar dalam model ini menunjukkan bahwa akumulasi modal dipengaruhi oleh tingkat tabungan dan depresiasi modal. Brock dan Taylor kemudian memodifikasi model ini dengan menambahkan faktor teknologi yang berfokus pada pengurangan polusi, lainnya lebih relevan dengan isu-isu lingkungan. Model ini mengadopsi an dari Copeland dan Taylor (1994), yang berfokus pada bagaimana ekonomi menghasilkan polusi dan bagaimana teknologi dapat



mengurangi dampak tersebut. Dalam kerangka The Green Solow Model, setiap unit aktivitas ekonomi (FF) menghasilkan Ω unit polusi, namun upaya untuk mengurangi polusi, yang disebut 'abatement,' dapat mengurangi tingkat polusi. Polusi yang berhasil dikurangi tergantung pada total skala aktivitas ekonomi (F) dan tingkat upaya yang dilakukan untuk mengurangi polusi (FA).

Jumlah polusi yang berhasil dikurangi tergantung pada tingkat upaya yang dilakukan untuk pengurangan polusi dan total aktivitas ekonomi yang ada. Brock dan Taylor menekankan bahwa meskipun pengurangan polusi memiliki dampak positif, setiap tambahan unit usaha untuk mengurangi polusi akan memberikan manfaat yang semakin kecil seiring dengan peningkatan usaha pengurangan (Brock & Taylor, 2010). Asumsi ini mencerminkan adanya kendala teknis dan biaya yang semakin meningkat pada upaya pengurangan polusi yang lebih besar, yang mempengaruhi efisiensi upaya pengurangan seiring berjalannya waktu.

Salah satu kontribusi utama dari model ini adalah memasukkan dampak lingkungan dalam analisis pertumbuhan ekonomi. Setiap unit aktivitas ekonomi menghasilkan polusi sebagai produk sampingan, namun dengan upaya yang tepat, polusi ini dapat dikurangi. Fungsi pengurangan polusi dalam model ini menunjukkan bahwa alokasi sumber daya untuk pengurangan polusi dapat mempengaruhi kualitas lingkungan seiring dengan pertumbuhan ekonomi.

The Green Solow Model menunjukkan bahwa pertumbuhan yang berkelanjutan hanya dapat dicapai jika kemajuan teknologi dalam pengendalian polusi dapat mengimbangi atau melampaui laju pertumbuhan output ekonomi. Oleh karena itu, investasi pada inovasi teknologi bersih menjadi sangat penting. Salah satu prediksi penting dari The Green Solow Model adalah bahwa meskipun negara-negara memiliki tingkat pendapatan dan profil polusi yang berbeda, mereka cenderung menunjukkan konvergensi dalam emisi per kapita seiring dengan pertumbuhan ekonomi, asalkan parameter-parameter seperti tingkat tabungan dan upaya pengurangan emisi serupa. Ini menunjukkan bahwa meskipun kondisi awal negara-negara berbeda, mereka dapat mencapai pola yang

p dalam emisi per kapita seiring berjalannya waktu dan dengan kebijakan yang tepat (Brock & Taylor, 2010).



2.2 Kajian Empiris

Penelitian Sugiawan & Managi (2016) menguji validitas hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets dengan emisi CO₂ di Indonesia dengan menggunakan data tahunan periode 1971–2010. Melalui pendekatan Autoregressive Distributed Lag (ARDL), penelitian ini menganalisis hubungan jangka panjang antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan produksi energi terbarukan. Hasilnya menunjukkan pola hubungan U-terbalik antara pendapatan per kapita dan emisi CO₂, dengan titik balik sebesar USD 7.729 per kapita yang berada di luar cakupan periode pengamatan. Energi terbarukan ditemukan berperan signifikan dalam menurunkan emisi, baik dalam jangka pendek maupun panjang, meskipun kontribusinya yang masih rendah (3,8% dari total pasokan energi) membatasi efektivitasnya. Temuan ini mengimplikasikan perlunya kebijakan yang mendorong efisiensi energi dan transisi menuju sumber energi bersih, termasuk pengurangan subsidi energi fosil serta peningkatan investasi pada infrastruktur dan teknologi ramah lingkungan guna mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Penelitian Alam et al. (2016) mengkaji hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dinamika populasi, dan emisi CO₂ di negara-negara berkembang seperti China, India, Indonesia, dan Brasil menggunakan pendekatan ARDL dengan fokus khusus pada hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets. Temuan utama menunjukkan bahwa di negara-negara seperti Indonesia, China, dan Brasil, emisi CO₂ cenderung meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan pada awalnya, tetapi menurun setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, yang mendukung EKC. Sebaliknya, di India, pendapatan yang lebih tinggi berkorelasi dengan peningkatan emisi, menunjukkan degradasi lingkungan yang terus berlanjut seiring pertumbuhan ekonomi. Analisis ini menyoroti adanya perubahan struktural dan dinamika spesifik negara, serta pentingnya kebijakan yang disesuaikan, seperti efisiensi energi, bahan bakar yang lebih bersih, dan pajak karbon, untuk menyeimbangkan pembangunan ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan.



Penelitian Nasir et al. (2019) menyelidiki hubungan jangka panjang antara pertumbuhan ekonomi, pengembangan keuangan, investasi asing langsung (FDI), kualitas lingkungan, khususnya emisi CO₂, di negara-negara ASEAN dari

tahun 1982 hingga 2014 menggunakan metode estimasi FMOLS dan DOLS. studi ini mengonfirmasi adanya asosiasi jangka panjang antara variabel-variabel tersebut. Temuan utama menunjukkan bahwa peningkatan pengembangan keuangan, FDI, dan pertumbuhan ekonomi umumnya menyebabkan peningkatan emisi CO₂, mendukung Hipotesis Tempat Pencemaran. Namun, beberapa aspek pengembangan keuangan, seperti indikator pasar modal, dapat mengurangi dampak lingkungan. Bukti juga menunjukkan potensi validitas Kurva Lingkungan Kuznets, meskipun hasilnya tidak signifikan secara statistik. Implikasi kebijakan dari penelitian ini adalah perlunya penerapan kebijakan yang mendukung pertumbuhan ekonomi yang lebih ramah lingkungan, seperti pengalokasian sumber daya ke sektor yang berkelanjutan, pengendalian emisi, dan promosi energi terbarukan. Selain itu, penting untuk mengatur investasi asing langsung agar tidak memperburuk kondisi ekologis dan mendorong pengembangan keuangan yang lebih hijau dan inklusif

Penelitian Darwanto et al. (2019) menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan degradasi lingkungan di Indonesia selama periode 1990–2016 dengan menggunakan pendekatan ARDL untuk kointegrasi serta model VECM berbasis Granger. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun hipotesis Environmental Kuznets Curve tidak terbukti secara statistik untuk seluruh periode, terdapat indikasi pola U-terbalik antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂, dengan titik balik pada pendapatan per kapita sebesar USD 7.819. Pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi per kapita terbukti meningkatkan emisi CO₂, terutama pada tahap awal pembangunan. Tanpa intervensi kebijakan, pertumbuhan ekonomi tidak mampu menurunkan emisi baik dalam jangka pendek maupun panjang. Temuan ini menegaskan perlunya evaluasi serius terhadap kebijakan energi dan lingkungan di Indonesia, dengan penekanan pada pengembangan energi terbarukan dan pengelolaan konsumsi energi secara berkelanjutan.

Penelitian Fong et al. (2020) menganalisis hubungan antara pertumbuhan dan pencemaran lingkungan di Asia Tenggara, dengan fokus pada Kurva Kuznets menggunakan model ekonometrika spasial dan data dari negara-negara dari tahun 1993-2012, penelitian ini mengevaluasi polutan NO_x, PM_{2.5} dengan variabel sosial ekonomi seperti pendapatan, urbanisasi,



penggunaan energi terbarukan, dan komposisi sektor. Temuan penelitian ini mendukung adanya hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets. Implikasi kebijakan dari hasil studi ini menekankan peningkatan penggunaan energi terbarukan dan memperketat standar emisi kendaraan bermotor. Hal ini dapat membantu mempercepat pergeseran dari tahap peningkatan emisi ke tahap penurunan dalam kurva EKC, sehingga emisi NO_x dan SO₂ dapat dikurangi.

Penelitian Sarkodie & Ozturk (2020) mengkaji hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan emisi CO₂ di Kenya selama periode 1971–2013 dengan menggunakan model autoregressive distributed lag (ARDL) serta metode Utest untuk menguji keberadaan kurva berbentuk U atau U terbalik. Analisis menunjukkan pola U-terbalik yang mendukung hipotesis EKC, di mana pertumbuhan ekonomi awalnya meningkatkan emisi CO₂, lalu menurun setelah melewati titik balik. Konsumsi energi meningkatkan emisi dalam jangka panjang, sedangkan listrik dari energi terbarukan membantu menurunkannya. PDB per kapita dan konsumsi rumah tangga mendorong konsumsi energi, sementara impor energi tidak berdampak signifikan karena potensi energi domestik. Implikasi kebijakan mencakup dorongan penggunaan energi terbarukan, konservasi energi, peningkatan kesadaran publik, serta pengembangan teknologi ramah lingkungan untuk keberlanjutan energi dan lingkungan di Kenya.

Penelitian Suki et al. (2020) menganalisis dampak globalisasi terhadap kerusakan lingkungan di Malaysia selama periode 1970–2018, sekaligus menguji validitas hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) dengan menggunakan metode Quantile Autoregressive Distributed Lag (QARDL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi secara signifikan meningkatkan jejak ekologi di berbagai kuantil, dan mendukung keberadaan kurva berbentuk U terbalik, di mana pada tahap awal pertumbuhan ekonomi memperburuk lingkungan sebelum mencapai titik balik. Temuan lainnya mengungkap bahwa globalisasi, khususnya globalisasi ekonomi, berkontribusi signifikan terhadap degradasi lingkungan, bertentangan dengan sejumlah studi sebelumnya yang



kan dampak globalisasi cenderung positif terhadap keberlanjutan an. Implikasi kebijakan dari hasil studi ini adalah meningkatkan efisiensi an diversifikasi sumber energi, serta mengurangi ketergantungan pada kar fosil. Selain itu, pemerintah disarankan untuk memperkuat regulasi

lingkungan dan mendorong adopsi teknologi hijau serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya gaya hidup ramah lingkungan

Penelitian Usama et al. (2020) menguji validitas hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets di Ethiopia selama periode 1981–2015 dengan mempertimbangkan peran pembangkit listrik dari energi terbarukan dan non-terbarukan, menggunakan metode ARDL bounds testing untuk estimasi data. Hasilnya mendukung hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets. Implikasi kebijakan dari studi ini menunjukkan bahwa pengembangan energi terbarukan dapat berperan penting dalam mengurangi emisi CO₂ dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Pemerintah harus meningkatkan investasi dalam infrastruktur energi terbarukan seperti hidro, surya, angin, dan biofuel, serta memperkuat jaringan transmisi dan distribusi untuk memastikan pasokan listrik yang andal dan efisien. Kebijakan ini tidak hanya membantu memenuhi standar internasional tetapi juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim

Penelitian Mehmood & Tariq (2020) menyelidiki hubungan antara globalisasi dan emisi CO₂ di negara-negara Asia Selatan selama periode 1972–2013 dengan menggunakan pendekatan ARDL dan model koreksi kesalahan tak terbatas (UECM) dalam kerangka hipotesis Kurva Lingkungan. Hasil menunjukkan bahwa hipotesis EKC tidak berlaku di Nepal, Afghanistan, Bangladesh, dan Sri Lanka, namun valid di Pakistan dan Bhutan. Rendahnya tingkat pembangunan dan ketergantungan pada energi fosil menyebabkan emisi tetap tinggi seiring pertumbuhan ekonomi. Ditemukan pula kausalitas dua arah antara globalisasi dan emisi CO₂ di Pakistan, Bangladesh, dan Nepal. Implikasi kebijakan menekankan pentingnya pengelolaan globalisasi secara strategis, adopsi teknologi bersih, dan energi terbarukan. Negara dengan pola U-shape seperti Bangladesh dan Sri Lanka perlu menerapkan kebijakan lingkungan yang lebih ketat, didukung oleh inovasi hijau, penguatan institusi, dan pendekatan yang sesuai dengan kondisi masing-masing negara.



Penelitian Adebayo (2021) mengeksplorasi hubungan jangka panjang dan s antara pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, konsumsi dan emisi CO₂ di Indonesia selama periode 1980–2016, dengan

menggunakan metode ARDL dan Wavelet Coherence. Hasil penelitian mengonfirmasi hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC), menunjukkan korelasi positif antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂, serta antara konsumsi energi dan emisi CO₂, sementara keterbukaan perdagangan memiliki korelasi negatif terhadap emisi. Temuan ini menyiratkan bahwa kebijakan pengurangan emisi, peningkatan efisiensi energi, dan penerapan pajak karbon perlu diprioritaskan untuk menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Implikasi kebijakan dari studi ini menekankan perlunya pengembangan dan penerapan kebijakan yang mendukung efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon di Indonesia. Pemerintah disarankan untuk memperkenalkan pajak karbon dan memperkuat regulasi terkait penggunaan energi agar dapat mengurangi emisi CO₂ tanpa menghambat pertumbuhan ekonomi. Selain itu, kebijakan yang mendorong efisiensi energi dan pengelolaan perdagangan yang berkelanjutan dapat membantu menurunkan dampak lingkungan sekaligus menjaga pertumbuhan ekonomi

Studi Lamb et al., (2021) menyajikan analisis komprehensif mengenai emisi gas rumah kaca global dari tahun 1990 hingga 2018, dengan fokus pada lima sektor utama yaitu energi, industri, bangunan, transportasi, serta pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan (AFOLU). Studi ini merangkum hasil penelitian dan data terkini untuk mengidentifikasi tren, perbedaan regional, serta faktor-faktor utama yang mendorong kenaikan atau penurunan emisi. Hasil menunjukkan bahwa meskipun terdapat kemajuan dalam proses dekarbonisasi, khususnya di Eropa dan Amerika Utara, emisi secara keseluruhan terus meningkat yang dipicu oleh industrialisasi cepat, urbanisasi, dan peningkatan permintaan di wilayah berkembang seperti Asia. Studi ini menekankan keterkaitan antar sektor serta pentingnya kebijakan terpadu lintas sektor, transisi teknologi, dan langkah-langkah pengendalian permintaan untuk mengurangi emisi secara efektif. Selain itu, perubahan penggunaan lahan, deforestasi, dan praktik pertanian memiliki dampak signifikan terhadap total emisi GRK dengan variasi regional yang dipengaruhi oleh tingkat pembangunan ekonomi, perdagangan, dan pengelolaan lahan.



ian tujuan iklim global membutuhkan tindakan kebijakan yang segera dan rasional, inovasi teknologi, serta pendekatan sistemik untuk memutuskan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan dampak lingkungan.

Penelitian Ahmad et al. (2021) menguji Hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets di 11 negara berkembang selama periode 1992–2014 dengan menggunakan data panel tahunan dan mempertimbangkan konsumsi listrik. Estimasi parameter dilakukan melalui metode Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) dan Pooled Mean Group (PMG), serta uji kausalitas Dumitrescu-Hurlin. Penelitian ini mendukung hipotesis EKC dengan menunjukkan pola U-terbalik antara PDB per kapita, konsumsi listrik, dan emisi CO₂ dalam jangka panjang di negara seperti Brasil, Cina, India, Malaysia, Rusia, Thailand, dan Turki. Sebaliknya, pola tersebut tidak ditemukan di Meksiko, Filipina, Indonesia, dan Afrika Selatan akibat lemahnya regulasi lingkungan dan ketidakseimbangan pembangunan. Negara yang mengikuti pola disarankan mendorong transisi energi bersih, sementara negara yang tidak, perlu fokus pada pengendalian emisi melalui regulasi ketat, teknologi bersih, dan promosi energi terbarukan. Secara umum, integrasi antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan menjadi kunci melalui kebijakan hijau yang komprehensif.

Penelitian Prasetyanto & Sari (2021) menguji hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) di Indonesia dengan menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan, khususnya emisi CO₂, selama periode 1994–2018, menggunakan Model Koreksi Kesalahan (ECM) dan teknik estimasi Engel-Granger. Hasilnya menunjukkan bahwa hipotesis EKC terbukti berlaku baik dalam jangka pendek maupun panjang, dengan pola hubungan berbentuk U terbalik. Pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi primer berdampak positif dan signifikan terhadap kerusakan lingkungan, sementara ketimpangan pendapatan menunjukkan dampak negatif yang tidak signifikan. Tingkat pendidikan tidak berpengaruh signifikan dalam jangka pendek, namun berdampak positif signifikan dalam jangka panjang. Selain itu, ekspor turut berkontribusi terhadap peningkatan kerusakan lingkungan dalam jangka pendek. Implikasi kebijakan dari temuan studi ini menekankan perlunya penguatan kebijakan pengendalian emisi setelah titik balik Kurva Lingkungan Kuznets didukung oleh transisi ke energi terbarukan, efisiensi energi, dan ramah lingkungan. Regulasi ketat sektor industri dan peningkatan



edukasi lingkungan juga penting, serta perhatian terhadap aspek sosial demi mendukung pembangunan berkelanjutan.

Studi Rahman et al., (2022) menganalisis dampak konsumsi energi, energi terbarukan dan tidak terbarukan, industrialisasi, urbanisasi, serta perdagangan internasional terhadap emisi karbon di 25 negara berkembang selama 1960–2018 menggunakan model ARDL dan NARDL dengan pendekatan PMG dan DFE untuk hubungan jangka pendek dan panjang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi terbarukan secara umum menurunkan emisi karbon, meskipun ada variasi di beberapa kasus, sedangkan industrialisasi cenderung meningkatkan emisi akibat aktivitas industri yang intensif. Urbanisasi memberikan dampak beragam, di beberapa negara berkembang meningkatkan emisi, namun di beberapa negara menurunkannya melalui infrastruktur dan teknologi bersih. Perdagangan internasional juga berpengaruh ganda tergantung kebijakan dan tingkat pembangunan. Studi ini menegaskan perlunya kebijakan terpadu yang menggabungkan promosi energi terbarukan, inovasi teknologi, perencanaan kota berkelanjutan, dan reformasi struktural yang disesuaikan dengan kondisi tiap negara untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dan target iklim

Studi Yuan et al. (2022) menganalisis hubungan dinamis dan kausal antara pengembangan energi terbarukan (RE) dan emisi karbon dioksida (CO₂) dengan menggunakan data bulanan periode Januari 1973 hingga Juni 2021. Metode yang diterapkan meliputi analisis kausalitas dinamis dan uji stabilitas parameter melalui teknik bootstrap sub-sample rolling window serta residual bootstrap. Hasil penelitian mengungkap adanya hubungan kausal dua arah antara konsumsi energi terbarukan dan emisi CO₂, meskipun karakter hubungan ini bervariasi antar periode dan wilayah. Secara umum, peningkatan konsumsi energi terbarukan berkontribusi pada penurunan emisi CO₂, yang didukung oleh kemajuan teknologi dan transisi menuju energi bersih. Selain itu, peningkatan emisi CO₂ juga mendorong pengembangan energi terbarukan, menunjukkan peran penting kesadaran lingkungan dalam mendorong pembangunan hijau. Temuan ini

kan posisi krusial energi terbarukan dalam upaya mitigasi perubahan pencapaian netralitas karbon.



Penelitian Massagony & Budiono (2023) menguji validitas hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) terkait emisi karbon dioksida (CO_2) di Indonesia, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti pendapatan, konsumsi energi fosil, konsumsi energi terbarukan, serta kebijakan moratorium dan restorasi hutan, menggunakan model Autoregressive Distributed Lags (ARDL) untuk periode 1965 hingga 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hipotesis EKC tidak valid di Indonesia karena emisi CO_2 terus meningkat seiring dengan kenaikan pendapatan dalam jangka panjang. Konsumsi energi fosil berpengaruh positif terhadap emisi CO_2 , sementara konsumsi energi terbarukan, kebijakan moratorium hutan, dan restorasi hutan berdampak negatif terhadap emisi CO_2 . Faktor penyebab tidak validnya hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets di Indonesia meliputi peningkatan konsumsi energi fosil yang berkontribusi positif terhadap emisi CO_2 , faktor lain seperti deforestasi dan kebijakan pengelolaan hutan yang belum efektif juga mempengaruhi peningkatan emisi secara berkelanjutan. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya mengurangi ketergantungan pada energi fosil, meningkatkan penggunaan energi terbarukan, dan melestarikan hutan sebagai langkah strategis untuk mengurangi emisi CO_2 . Selain itu, konservasi hutan melalui kebijakan moratorium dan restorasi hutan harus terus didukung karena memiliki dampak negatif terhadap peningkatan emisi. Kebijakan yang efektif harus fokus pada pengembangan energi bersih dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian Takashi (2023) menguji validitas hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) di Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand selama periode 1971–2014, menggunakan metode ARDL dan FMOLS. Hasilnya menunjukkan bahwa EKC hanya terbukti di Thailand, sedangkan di Indonesia, Malaysia, dan Filipina tidak ditemukan pola U-terbalik secara statistik. Ketidakberlakuan hipotesis EKC di tiga negara tersebut disebabkan oleh faktor struktural seperti krisis ekonomi dan lemahnya kebijakan energi yang mendukung transisi ke energi bersih. Ketergantungan tinggi pada energi fosil dan rendahnya investasi pada energi terbarukan turut memperlemah hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan penurunan emisi karbon. Penelitian ini menyarankan agar negara-negara tersebut memperkuat kebijakan



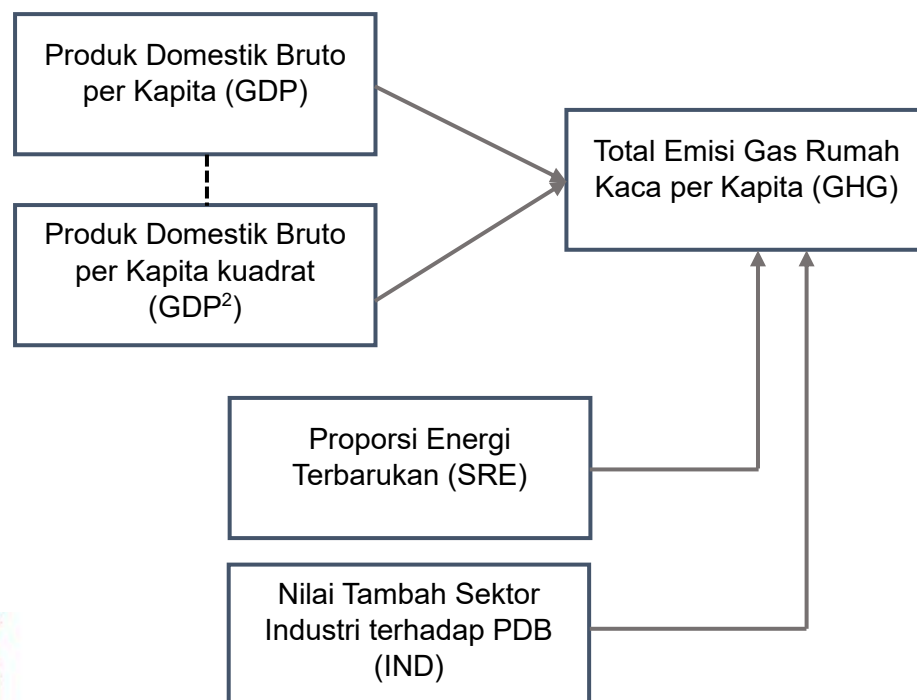
keberlanjutan melalui pengembangan energi terbarukan, efisiensi energi, serta pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Dukungan politik dan kerangka kebijakan yang kuat sangat dibutuhkan untuk menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan perlindungan lingkungan.

Penelitian Effendi et al. (2024) menyelidiki hipotesis Kurva Kuznets Lingkungan (EKC) di Indonesia, dengan fokus pada pengaruh investasi langsung asing (FDI) dan perdagangan terbuka terhadap emisi karbon, serta faktor-faktor yang mempengaruhi emisi karbon di Indonesia selama periode 1990 hingga 2020. Metode yang digunakan adalah Autoregressive Distributed Lag (ARDL) untuk menganalisis hubungan jangka pendek dan jangka panjang antara variabel-variabel tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FDI meningkatkan emisi karbon baik dalam jangka pendek maupun panjang, sementara perdagangan terbuka hanya berdampak positif dalam jangka panjang. Pertumbuhan ekonomi menunjukkan pola U, sehingga hipotesis tidak terbukti di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh rendahnya adopsi teknologi ramah lingkungan, pertumbuhan ekonomi yang belum berkelanjutan, serta kontribusi negatif dari FDI, perdagangan, dan urbanisasi yang tidak terkendali. Implikasi kebijakan mencakup perlunya mendorong investasi pada teknologi hijau, penguatan regulasi lingkungan dalam perdagangan dan FDI, serta pengendalian urbanisasi melalui pembangunan berbasis energi bersih di wilayah rural dan integrasi kebijakan ekonomi yang berorientasi pada



2.3 Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk menguji Hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets selama periode 1970–2023. Dalam penelitian ini, degradasi lingkungan diukur melalui tingkat emisi gas rumah kaca (Green House Gas Emssion GHG), sementara pertumbuhan ekonomi direpresentasikan oleh Produk Domestik Bruto per Kapita (Gross Domestic Product per Capita GDP). Selain itu, proporsi energi terbarukan (Share of Renewable Energy SRE), dan Nilai Tambah Sektor Industri terhadap PDB (IND) turut diperhitungkan sebagai variabel kontrol. Setelah menetapkan hubungan antarvariabel, data sekunder dikumpulkan dari sumber-sumber kredibel seperti World Bank dan Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan uji stasioneritas, uji kointegrasi untuk menentukan estimasi model yang akan digunakan untuk menguji hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets. Dilakukan pula uji asumsi klasik yang mencakup uji normalitas, multikolinearitas, autokorelasi, heteroskedastisitas, dan stabilitas guna memastikan validitas hasil estimasi. Hasil akhir dari analisis ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai validitas Kurva Lingkungan Kuznets di Indonesia.



Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir



2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teoritis dan empiris yang telah diuraikan sebelumnya, hipotesis penelitian yang dirumuskan adalah bahwa terdapat hubungan non-linear berbentuk kurva-U terbalik antara PDB per kapita dan total emisi gas rumah kaca per kapita di Indonesia selama periode 1970 hingga 2023, sebagaimana yang dinyatakan dalam hipotesis Kurva Lingkungan Kuznets, dengan mempertimbangkan pengaruh variabel kontrol berupa proporsi energi terbarukan dan nilai tambah sektor industri terhadap PDB

