

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN, DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Emisi CO₂

2.1.1.1 Pengertian Emisi CO₂

Karbon dioksida (CO₂) adalah gas tidak berwarna dan tidak berbau yang terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. Gas ini dihasilkan dari berbagai aktivitas alami maupun antropogenik. BAPPENAS (2014) menjelaskan bahwa emisi CO₂ adalah proses pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer, terutama melalui pembakaran atau penguraian bahan organik. Selain berasal dari alam, gas ini juga merupakan efek samping dari penggunaan energi fosil. Saraswati (2021) mendefinisikan emisi CO₂ sebagai zat, energi, senyawa, atau komponen yang dihasilkan dari aktivitas tertentu, sehingga menimbulkan unsur-unsur pencemar di udara.

Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (2024) sumber utama emisi CO₂ adalah pembakaran bahan bakar fosil di sektor energi, industri, dan transportasi, disamping itu juga berasal dari kebakaran hutan, kegiatan pertanian, serta proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Ge (2024) menyatakan bahwa sebagian besar emisi GHG manusia berasal dari sektor energi, pertanian, industri, dan perubahan penggunaan lahan, termasuk energi dan transportasi sebagai sumber utama. Menurut Sasana & Aminata (2019) CO₂ hadir

secara alami di atmosfer bumi dan diproduksi oleh semua organisme hidup, termasuk hewan, tumbuhan, jamur, dan mikroorganisme.

2.1.1.2 Faktor – faktor utama penyebab Emisi CO₂

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014), berbagai aktivitas manusia menjadi penyebab utama emisi CO₂. Beberapa aktivitas kuncinya adalah:

1. Pembakaran bahan bakar fosil

Sumber terbesar emisi CO₂ secara global adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas bumi, yang digunakan di pembangkit listrik, mobil, fasilitas industri, serta untuk kebutuhan energi di rumah dan bangunan komersial. Proses pembakaran ini melepaskan sebagian besar atau seluruh karbon yang terkandung dalam bahan bakar menjadi CO₂.

2. Proses menghasilkan energi listrik

Seluruh teknologi pembangkit listrik juga menghasilkan emisi CO₂ dan gas rumah kaca lainnya, baik secara langsung dari proses operasional maupun secara tidak langsung dari proses non-operasional. Pembangkit listrik berbahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak, dan gas alam, memiliki jejak karbon yang besar karena proses pembakarannya selama operasi.

3. Industri

Sektor industri, termasuk manufaktur, konstruksi, dan pertambangan, turut menyumbang emisi CO₂. Dalam manufaktur, enam industri utama yang paling banyak menggunakan energi adalah penyulingan minyak bumi,

produksi kimia, produksi logam primer, kertas, makanan, dan produksi mineral. Selain itu, proses produksi industri tertentu dan penggunaan produk berbasis minyak bumi juga berkontribusi terhadap emisi CO₂.

4. Hunian dan komersial

Sektor hunian dan komersial sangat bergantung pada listrik untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama untuk penerangan, pemanasan, pendinginan, dan peralatan. Sumber utama emisi CO₂ langsung berasal dari pembakaran gas alam dan minyak untuk pemanasan dan pendinginan bangunan.

5. Transportasi

Di sektor transportasi, hampir seluruh energi yang digunakan berasal dari minyak bumi, termasuk bensin, diesel, dan bahan bakar lainnya. Jumlah emisi dari transportasi bergantung pada volume perjalanan atau jarak tempuh kendaraan setiap tahun, yang dipengaruhi oleh tren ekonomi dan perilaku konsumen. Dalam jangka panjang, perubahan efisiensi bahan bakar kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan juga dapat memengaruhi tingkat emisi CO₂.

2.1.1.3 Upaya Mengurangi Emisi CO₂

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) upaya – upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi emisi CO₂ antara lain:

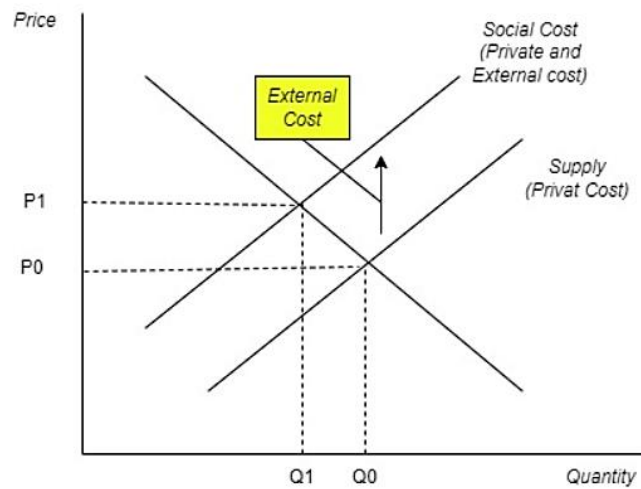
1. Transisi ke sumber energi terbarukan, penghematan energi, dan efisiensi energi.

2. Pengembangan teknologi ramah lingkungan, seperti mobil listrik dan energi surya, juga berperan dalam mengurangi emisi CO₂.
3. Penanaman pohon dan perlindungan hutan juga dapat membantu mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer.

2.1.1.4 Teori Emisi CO₂

1. Teori Eksternalitas

Menurut Pigou (1920) Eksternalitas merujuk pada dampak terhadap kesejahteraan yang timbul akibat produksi suatu barang atau jasa yang tidak tercermin sepenuhnya dalam harganya, atau hanya dihargai secara parsial. Konsep ini dapat dipahami sebagai dampak limpahan transaksi (*transaction spillovers*), yakni biaya atau manfaat yang tidak terinternalisasi dalam nilai barang atau jasa terkait. Menurut Smith (2011) Eksternalitas didefinisikan sebagai kondisi di mana tindakan individu atau perusahaan menimbulkan dampak terhadap pihak lain yang tidak terlibat langsung dalam aktivitas tersebut. Menurut Mankiw (2017), eksternalitas adalah dampak dari aktivitas ekonomi yang memengaruhi pihak lain di luar pasar tanpa adanya kompensasi. Berdasarkan pandangan- pandangan tersebut, eksternalitas dapat dipahami sebagai kondisi ketika mekanisme pasar gagal mengalokasikan sumber daya secara efisien akibat tidak diperhitungkannya dampak eksternal.



(Mankiw, 2017)

Gambar 2.1 Internalisasi Biaya Eksternal

Dalam konteks eksternalitas negatif, emisi CO₂ menimbulkan biaya sosial yang tidak sepenuhnya tercermin dalam biaya produksi pelaku usaha. tanpa internalisasi biaya eksternal, harga keseimbangan (P_0) cenderung lebih rendah dan jumlah output (Q_0) lebih tinggi. Sebaliknya, ketika biaya eksternal diinternalisasikan ke dalam struktur biaya, harga keseimbangan meningkat menjadi (P_1) dan kuantitas keseimbangan menurun menjadi (Q_1). Perubahan ini mencerminkan upaya mencapai tingkat produksi yang lebih efisien secara sosial. Namun, internalisasi biaya eksternal sering kali menurunkan keuntungan pelaku usaha, sehingga insentif untuk melakukan internalisasi secara sukarela menjadi rendah. Oleh karena itu, peran pemerintah melalui regulasi, pajak pigouvian, dan instrumen ekonomi lainnya menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa biaya eksternal benar-benar tercermin dalam harga pasar.

a. Klasifikasi eksternalitas

- 1) Eksternalitas positif terjadi ketika suatu aktivitas menghasilkan manfaat tambahan bagi pihak lain, seperti inovasi dan penemuan yang menciptakan pengetahuan baru yang dapat dimanfaatkan secara luas untuk kepentingan sosial maupun ekonomi (Boudreaux & Meiners, 2019).
- 2) Eksternalitas negatif muncul ketika aktivitas ekonomi menimbulkan kerugian bagi pihak lain, misalnya dalam bentuk polusi dan limbah yang menyebabkan degradasi lingkungan. Dampak negatif tersebut sering kali bersumber dari proses industrialisasi yang semakin intensif, tingginya mobilitas transportasi berbasis bahan bakar fosil, serta eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan tanpa diiringi kebijakan yang mendukung prinsip keberlanjutan (Pratama et al., 2025).

b. Menurut Mangkusubroto (1997) bentuk eksternalitas berdasarkan pelaku:

- 1) eksternalitas produsen–produsen terjadi ketika kegiatan produksi suatu perusahaan memengaruhi proses produksi perusahaan lain. Kondisi ini muncul ketika input atau output dari satu produsen memberikan dampak negatif maupun positif terhadap produsen lainnya.
- 2) eksternalitas produsen–konsumen muncul ketika output yang dihasilkan produsen berdampak langsung pada kesejahteraan konsumen
- 3) eksternalitas konsumen–produsen terjadi apabila aktivitas konsumsi masyarakat mengganggu proses produksi suatu usaha.

- 4) eksternalitas konsumen–konsumen timbul ketika perilaku konsumsi seseorang memengaruhi kenyamanan atau kesejahteraan konsumen lain.

c. Sumber eksternalitas

Eksternalitas umumnya dipicu oleh:

- 1) Keberadaan barang publik

Barang publik merupakan barang atau jasa yang dapat dikonsumsi secara bersama-sama tanpa mengurangi manfaat bagi pengguna lainnya. Barang ini memiliki dua karakteristik utama, yaitu bersifat non-rival, di mana konsumsi oleh satu individu tidak mengurangi kesempatan individu lain untuk menikmatinya, serta non-eksklusif, yaitu sulit membatasi siapa saja yang dapat mengakses dan memanfaatkan barang tersebut.

- 2) Selain itu, eksternalitas juga timbul akibat pemanfaatan sumber daya milik bersama, yakni sumber daya yang dapat digunakan secara bebas tanpa biaya. Karena tidak adanya mekanisme harga yang mengatur pemanfaatannya, sumber daya ini cenderung dieksploitasi secara berlebihan. Air dan udara merupakan contoh paling umum dari sumber daya milik bersama yang rentan menimbulkan eksternalitas negatif.

d. Untuk mengatasi eksternalitas, khususnya yang bersifat negatif, diperlukan upaya:

- 1) Internalisasi eksternalitas, yaitu memasukkan biaya atau manfaat eksternal ke dalam struktur biaya dan harga pasar.

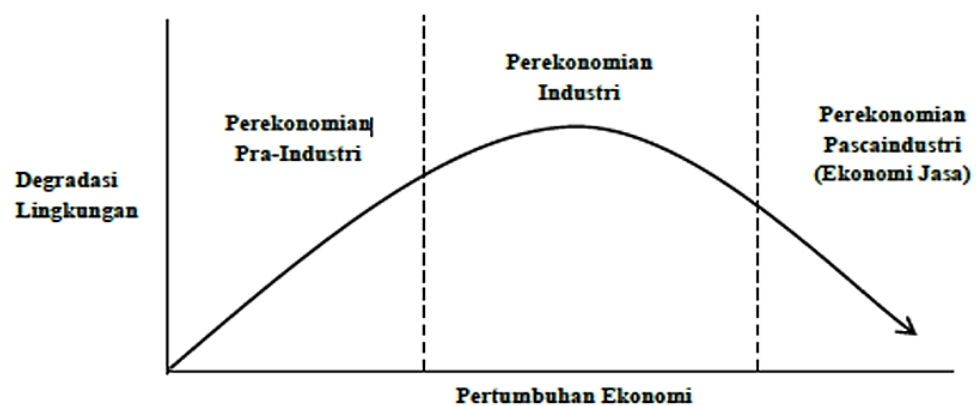
- 2) Regulasi atau peraturan pemerintah digunakan untuk membatasi atau melarang aktivitas yang berpotensi menimbulkan eksternalitas negatif.
- 3) Pajak Pigouvian merupakan instrumen fiskal yang dikenakan sebesar nilai kerugian eksternal yang ditimbulkan oleh produsen atau konsumen.
- 4) Subsidi diberikan oleh pemerintah kepada produsen agar mereka terdorong mengurangi dampak eksternalitas negatif atau meningkatkan eksternalitas positif.

2. Teori *Environmental Kuznets Curve*

Tietenberg & Lewis (2023) menjelaskan bahwa hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menggambarkan hubungan dinamis antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Pada tahap awal pembangunan ekonomi, peningkatan aktivitas produksi dan konsumsi energi cenderung memperburuk kondisi lingkungan. Namun, seiring meningkatnya tingkat pendapatan dan kemajuan ekonomi, tekanan terhadap lingkungan dapat berkurang karena adanya perubahan orientasi pembangunan menuju keberlanjutan. Konsep ini berakar dari pemikiran Simon Kuznets pada dekade 1950-an yang mengemukakan adanya hubungan berbentuk *U terbalik* antara pendapatan per kapita dan degradasi lingkungan. Hipotesis tersebut kemudian diuji secara empiris oleh Grossman dan Krueger pada tahun 1991, yang menemukan bahwa kualitas lingkungan pada awalnya menurun seiring pertumbuhan ekonomi, tetapi membaik setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu. Stern (2003) juga menegaskan bahwa pada fase awal pembangunan, emisi polutan meningkat

karena fokus utama ekonomi masih pada industrialisasi dan penyerapan tenaga kerja. Sebaliknya, ketika pendapatan per kapita meningkat, perhatian terhadap perlindungan lingkungan dan efisiensi produksi menjadi lebih besar, sehingga emisi polutan cenderung menurun.

Hipotesis EKC menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi pada awalnya berkaitan dengan peningkatan emisi CO₂, pertumbuhan tersebut juga memiliki potensi untuk mendorong perbaikan kualitas lingkungan dalam jangka panjang. Negara dengan tingkat pendapatan yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan finansial dan teknologi untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan serta menerapkan kebijakan lingkungan yang lebih ketat, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan.



(Shaharir, 2013)

Gambar 2.2 *Environmental Kuznet Curve (EKC)*

Lebih lanjut, hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan dalam kerangka EKC dapat dijelaskan melalui tiga tahapan utama, yaitu *scale effect*, *structural effect*, dan *technological effect* (Darwanto et al., 2019).

Tahap pertama, *scale effect*, ditandai dengan peralihan dari ekonomi berbasis pertanian menuju industrialisasi. Pada fase ini, peningkatan skala produksi menyebabkan tekanan lingkungan yang tinggi, karena penggunaan teknologi masih terbatas dan kepedulian terhadap lingkungan relatif rendah. Masyarakat dan pemerintah lebih memprioritaskan penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan dibandingkan perlindungan lingkungan.

Tahap kedua, *structural effect*, terjadi ketika struktur ekonomi mulai bergeser dari sektor industri intensif energi menuju sektor jasa dan industri berbasis teknologi. Pada fase ini, pertumbuhan ekonomi mulai memberikan dampak yang lebih positif terhadap lingkungan, seiring meningkatnya kesadaran dan perhatian terhadap keberlanjutan. Pendapatan nasional yang lebih tinggi membuka peluang untuk mengurangi degradasi lingkungan melalui perubahan pola produksi dan konsumsi yang lebih efisien.

Tahap ketiga, *technological effect*, ditandai dengan pemanfaatan teknologi yang lebih maju dan ramah lingkungan. Pada tahap ini, negara dengan tingkat PDB yang tinggi memiliki kapasitas yang lebih besar untuk mengatasi permasalahan degradasi lingkungan melalui inovasi teknologi, efisiensi energi, dan kebijakan lingkungan yang efektif. Dengan demikian, pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan berpotensi menjadi sarana penting dalam mengurangi kerusakan lingkungan dan emisi CO₂ (Nikensari et al., 2014).

3. Teori Ekonomi Hijau (*Green Economy*)

Menurut *United Nations Environment Programme* (UNEP), 2015). Ekonomi hijau (*green economy*) didefinisikan sebagai suatu sistem perekonomian yang berorientasi pada tiga pilar utama:

- 1) Rendah karbon (*low carbon*) dan tidak menghasilkan emisi atau polusi lingkungan
- 2) Efisien dalam penggunaan sumber daya alam
- 3) Berkeadilan sosial, yang tercermin dari peningkatan pendapatan per kapita dan pengurangan kemiskinan

Secara fundamental, ekonomi hijau bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dan mendorong pertumbuhan ekonomi, namun dengan syarat bahwa pencapaian tersebut berjalan selaras dengan keberlanjutan lingkungan hidup dan pembangunan manusia. Cakupan ekonomi hijau lebih luas dibandingkan dengan konsep Ekonomi Rendah Karbon (*Low Carbon Economy/LCE*) yang hanya berfokus pada aktivitas ekonomi dengan emisi Gas Rumah Kaca (*Greenhouse Gas/GHG*) yang minimal. Ekonomi hijau merupakan sebuah model ekonomi baru yang berkembang pesat dan secara paradigmatis beralih dari ketergantungan pada bahan bakar fosil. Model ini didasarkan pada ilmu ekologi ekonomi, yang mengkaji ketergantungan sistem ekonomi manusia terhadap ekosistem alam, serta menganalisis dampak aktivitas ekonomi terhadap perubahan iklim (*climate change*) dan pemanasan global (*global warming*).

Lebih lanjut, UNEP mengidentifikasi bahwa keberhasilan penerapan ekonomi hijau dapat diukur melalui sejumlah indikator berikut:

1. Peningkatan investasi, baik dari sektor publik maupun swasta, pada bidang-bidang yang berwawasan lingkungan (*green sector*).
2. Peningkatan kuantitas dan kualitas lapangan kerja di sektor hijau.
3. Pertumbuhan kontribusi sektor hijau terhadap Produk Domestik Bruto (PDB).
4. Penurunan intensitas penggunaan energi dan sumber daya alam per unit output industri.
5. Penurunan rasio emisi CO₂ dan polusi terhadap PDB.
6. Pengurangan pola konsumsi yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar.

2.1.2 Konsumsi Energi Fosil

2.1.2.1 Pengertian Konsumsi Energi Fosil

Energi fosil merupakan sumber energi tidak terbarukan yang terbentuk dari sisa-sisa organisme purba melalui proses geologi yang berlangsung selama jutaan tahun (Zagita et al., 2025). Menurut Liberty (dalam Sasana & Aminata, 2019) energi fosil pada akhirnya akan habis dan penggunaannya melalui proses pembakaran menghasilkan gas rumah kaca, sehingga berkontribusi terhadap permasalahan lingkungan global. Oleh karena itu, energi fosil dinilai kurang berkelanjutan sebagai sumber energi jangka panjang dan mendorong kebutuhan akan pengembangan energi terbarukan yang dapat digunakan secara berkelanjutan.

Secara historis, batu bara, minyak bumi, dan gas alam telah mendominasi konsumsi energi global selama lebih dari dua abad. Ketergantungan terhadap energi fosil ini telah menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi dunia, termasuk mempercepat proses industrialisasi, urbanisasi, mobilitas, serta perkembangan teknologi. Selain itu, energi fosil masih menjadi sumber energi utama dalam berbagai sektor, seperti industri, transportasi, dan rumah tangga, karena ketersediaannya yang relatif mudah diakses, teknologi pemanfaatan yang telah mapan, serta biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan energi alternatif.

Namun demikian, ketergantungan jangka panjang terhadap energi fosil menimbulkan berbagai risiko, baik dari sisi lingkungan maupun ketahanan energi. Dari sisi lingkungan, penggunaan energi fosil menghasilkan emisi karbon yang tinggi, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Sementara itu, dari sisi ekonomi, sifatnya yang tidak terbarukan menyebabkan potensi keterbatasan pasokan di masa depan, sehingga dapat mengganggu stabilitas energi suatu negara.

2.1.2.2 Jenis – Jenis Energi Fosil

Energi fosil terdiri dari tiga jenis utama, yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas alam.

1. Batu bara merupakan bahan bakar fosil padat yang terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengalami proses pembatubaraan (coalification) selama jutaan tahun. Sumber energi ini relatif murah dan mampu menghasilkan energi dalam jumlah besar, sehingga banyak digunakan terutama dalam sektor industri seperti pembangkit listrik, semen, dan baja.

Namun, seluruh siklus pemanfaatannya, mulai dari penambangan hingga pembakaran, menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan

2. Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang banyak digunakan, khususnya di sektor transportasi dan industri. Eksplorasi dan eksploitasi minyak dilakukan melalui proses survei geologi dan pengeboran, baik di darat maupun lepas pantai.
3. Sementara itu, gas alam adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang sebagian besar terdiri dari metana (CH_4). Dibandingkan dengan batu bara dan minyak bumi, gas alam relatif lebih efisien dan menghasilkan emisi yang lebih rendah, sehingga sering dianggap sebagai energi transisi menuju sistem energi yang lebih bersih.

2.1.2.3 Indikator Konsumsi Energi Fosil

Konsumsi energi fosil dalam penelitian ini diukur menggunakan rasio konsumsi energi fosil terhadap total konsumsi energi, yang dinyatakan dalam satuan terawatt-hour (TWh). Rasio ini diperoleh dari penjumlahan konsumsi energi fosil yang terdiri dari batu bara, minyak bumi, dan gas alam, kemudian dibagi dengan total konsumsi energi suatu negara. Penggunaan rasio ini bertujuan untuk menggambarkan tingkat ketergantungan suatu negara terhadap energi fosil dalam memenuhi kebutuhan energinya.

Pengukuran dalam bentuk rasio tidak hanya mencerminkan besarnya penggunaan energi, tetapi juga menunjukkan struktur bauran energi serta sejauh mana dominasi energi fosil dalam sistem energi suatu negara. Semakin tinggi nilai rasio tersebut, maka semakin besar ketergantungan negara terhadap energi

fosil, yang berpotensi meningkatkan emisi CO₂ dan tekanan terhadap lingkungan.

2.1.3 Industrialisasi

2.1.3.1 Pengertian Industrialisasi

Industrialisasi merupakan salah satu strategi kunci dalam memacu pembangunan serta mendorong pertumbuhan ekonomi suatu Negara (Sutrisna, 2008). Proses industrialisasi tidak hanya mencerminkan pertumbuhan sektor industri semata, tetapi juga merupakan hasil dari interaksi antara kemajuan teknologi, inovasi, spesialisasi produksi, serta peningkatan aktivitas perdagangan antarnegara. Secara konseptual, industrialisasi menggambarkan suatu proses perubahan kondisi sosial dan ekonomi dari masyarakat yang masih berada pada tahap praindustri dengan tingkat pendapatan rendah menuju struktur ekonomi berbasis industri yang ditandai oleh tingkat pendapatan yang relatif lebih tinggi (Susila, 2018). Pergeseran ini mencerminkan proses pembangunan ekonomi modern, di mana produktivitas, efisiensi, dan skala produksi menjadi faktor utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional.

Boediono (1997) menjelaskan bahwa industrialisasi adalah proses peningkatan produksi barang industri yang disertai dengan pertumbuhan permintaan, baik dari dalam maupun luar negeri. Proses produksi industri memerlukan kombinasi tenaga kerja, teknologi, metode produksi, serta sistem kerja yang terorganisasi. Perkembangan industri umumnya sejalan dengan kemajuan teknologi, yang memungkinkan peningkatan kapasitas produksi dan efisiensi penggunaan faktor-faktor produksi. Namun demikian, dinamika pertumbuhan

industri tidak hanya membawa dampak positif bagi perekonomian, tetapi juga menimbulkan konsekuensi terhadap lingkungan hidup. Aktivitas industri yang intensif energi dan berbasis bahan bakar fosil berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂). Penggunaan teknologi dalam sektor industri, terutama pada tahap awal industrialisasi, sering kali belum mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan sehingga mempercepat proses pemanasan global. Dengan demikian, meskipun industrialisasi berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, peningkatan aktivitas industri berpotensi menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak diimbangi dengan kebijakan dan teknologi yang ramah lingkungan.

2.1.3.2 Jenis Industri

Industri dapat dikategorikan melalui berbagai pendekatan.

1. Apabila dilihat dari sumber bahan baku, terdapat tiga kelompok utama:
 - a. Industri ekstraktif, industri yang mengambil bahan baku secara langsung dari alam, contohnya adalah sektor pertanian, perikanan, serta kehutanan.
 - b. Industri non ekstraktif, industri yang mengolah hasil dari industri lain menjadi produk baru, misalnya industri tekstil dan pemintalan.
 - c. Industri tersier, industri yang berfokus pada penyediaan jasa, seperti perbankan, perdagangan, dan pariwisata.
2. Apabila dilihat dari jumlah tenaga kerja, terdapat tiga kelompok utama:
 - a. Industri kecil menyerap tenaga kerja dalam jumlah terbatas, tenaga kerja berkisar antara 5-10 orang.

- b. Industri menengah melibatkan pekerja yang lebih banyak, tenaga kerja antara 20-99 orang.
 - c. Industri besar memiliki skala tenaga kerja yang sangat signifikan dengan lebih dari 100 orang tenaga kerja.
3. Apabila dilihat dari jenis bahan baku yang diolah, industri dapat dibedakan menjadi:
- a. Industri pertanian
 - b. Industri pertambangan
 - c. Industri jasa.

Karakteristik proses produksi dan tingkat kebutuhan energi setiap jenis industri ini berbeda-beda, yang pada akhirnya menyebabkan variasi dalam kontribusi masing-masing sektor terhadap pelepasan emisi CO₂.

2.1.3.3 Indikator Industrialisasi

Untuk mengukur tingkat industrialisasi, penelitian ini menggunakan indikator rasio nilai tambah sektor industri terhadap PDB (*industry value added % of GDP*). Indikator ini digunakan karena mampu merepresentasikan peran relatif sektor industri dalam struktur perekonomian, sehingga dapat mencerminkan tingkat perkembangan industrialisasi suatu negara. Menurut World Bank (2024), nilai tambah industri merupakan salah satu ukuran utama dalam menilai perkembangan sektor industri karena mampu menggambarkan tingkat produktivitas, kapasitas produksi, serta peran sektor industri dalam pembentukan PDB. Selain itu, indikator ini dapat secara langsung mencerminkan output ekonomi yang telah dihasilkan

dari aktivitas industrialisasi. Dengan demikian, semakin tinggi nilai tambah sektor industri, semakin tinggi pula tingkat industrialisasi suatu negara.

2.1.4 Jumlah Penduduk

2.1.4.1 Pengertian Jumlah Penduduk

Menurut United Nations (2017) jumlah penduduk adalah keseluruhan orang yang termasuk dalam cakupan sensus suatu negara, baik berdasarkan tempat tinggal tetap (*de jure population*) maupun berdasarkan keberadaan seseorang pada saat sensus dilakukan (*de facto population*). Perubahan jumlah penduduk, baik dalam bentuk pertumbuhan maupun penurunan, memiliki implikasi yang luas terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Secara teoretis, peningkatan jumlah penduduk akan mendorong kenaikan permintaan terhadap berbagai sumber daya, seperti energi, pangan, dan lahan, yang pada akhirnya berpotensi meningkatkan emisi CO₂ sebagai salah satu indikator degradasi lingkungan. Reverend Thomas Malthus pada tahun 1798 menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali dapat menimbulkan tekanan terhadap ketersediaan sumber daya alam, sehingga berpotensi menyebabkan kelangkaan dan penurunan kualitas hidup.

Selain itu, peningkatan jumlah penduduk juga berkaitan erat dengan meningkatnya aktivitas ekonomi, urbanisasi, serta kebutuhan transportasi dan industri.

2.1.4.2 Faktor yang Memengaruhi Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk suatu wilayah dipengaruhi oleh tiga komponen utama:

1. Fertilitas (Kelahiran)

Fertilitas merujuk pada jumlah kelahiran hidup dalam suatu populasi. Kelahiran hidup ditandai dengan adanya tanda-tanda kehidupan pada bayi setelah dilahirkan, seperti bernapas, menangis, atau adanya detak jantung. Tingkat fertilitas mencerminkan kemampuan reproduksi suatu populasi dan menjadi faktor utama dalam peningkatan jumlah penduduk. Selain itu, fertilitas juga dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi seperti tingkat pendidikan, pendapatan, serta akses terhadap layanan kesehatan dan keluarga berencana.

2. Mortalitas (Kematian)

Mortalitas adalah jumlah kematian dalam suatu populasi, yang ditandai dengan berhentinya seluruh fungsi kehidupan secara permanen setelah kelahiran. Tingkat kematian dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kualitas layanan kesehatan, kondisi lingkungan, tingkat kesejahteraan, serta pola hidup masyarakat. Penurunan angka mortalitas umumnya berkontribusi pada peningkatan jumlah penduduk.

3. Migrasi (Perpindahan Penduduk)

Migrasi merupakan perpindahan penduduk dari satu wilayah ke wilayah lain dengan tujuan menetap secara relatif permanen. Individu yang melakukan perpindahan ini disebut migran. Migrasi dapat bersifat masuk (imigrasi) maupun keluar (emigrasi), dan berperan penting dalam mengubah jumlah serta struktur penduduk di suatu wilayah. Faktor pendorong migrasi antara lain peluang ekonomi, kondisi sosial, serta faktor lingkungan.

2.1.4.3 Indikator Jumlah Penduduk

Dalam penelitian ini, populasi penduduk diukur berdasarkan konsep *de facto population*, yaitu seluruh individu yang berada di suatu wilayah tanpa membedakan status kewarganegaraan atau legalitasnya. Data yang digunakan merupakan estimasi jumlah penduduk di 5 negara ASEAN selama periode 2016–2024, yang dinyatakan dalam satuan jiwa.

2.1.5 Keuangan Hijau

2.1.5.1 Pengertian Keuangan Hijau

United Nations Environment Programme (UNEP, 2023) mendefinisikan keuangan hijau sebagai bagian dari sistem aktivitas ekonomi yang berorientasi pada investasi untuk menekan emisi dan polusi, meningkatkan efisiensi energi, serta menjaga kelestarian keanekaragaman hayati. Sementara itu, World Bank (2023) memandang keuangan hijau sebagai pendekatan dalam sektor perbankan yang bertujuan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dengan mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam operasional dan pengambilan keputusan keuangan. Menurut Reichelt (2010) Keuangan hijau merupakan pendekatan dalam sistem keuangan yang menempatkan aspek keberlanjutan lingkungan sebagai pertimbangan utama dalam penentuan kebijakan dan keputusan investasi. Pendekatan ini mencakup beragam instrumen pembiayaan, antara lain obligasi hijau, pembiayaan kredit ramah lingkungan, serta investasi ekuitas yang diarahkan untuk mendukung pelaksanaan proyek-proyek berorientasi lingkungan. Munculnya konsep keuangan hijau tidak terlepas dari meningkatnya perhatian

global terhadap perubahan iklim dan berbagai dampak ekologis yang ditimbulkannya.

Dalam laporan khususnya, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2016) menegaskan perlunya upaya penurunan emisi gas rumah kaca secara signifikan guna menahan kenaikan suhu global agar tidak melampaui ambang batas 1,5°C dibandingkan dengan tingkat praindustri. Sejalan dengan rekomendasi tersebut, keuangan hijau memainkan peran strategis dalam menyediakan sumber pembiayaan bagi proses transisi menuju perekonomian rendah karbon. Melalui pengalihan aliran modal ke kegiatan ekonomi yang mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim, keuangan hijau berkontribusi langsung terhadap pencapaian pembangunan berkelanjutan.

Secara umum, keuangan hijau dapat dipahami sebagai penyediaan layanan dan instrumen keuangan yang diarahkan untuk mendukung proyek-proyek yang berfokus pada perlindungan lingkungan. Konsep ini mencakup berbagai aktivitas ekonomi yang bertujuan memperbaiki kualitas lingkungan sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam. Bentuk penerapannya antara lain mencakup pengembangan energi berkelanjutan, energi bersih dan aman, sistem transportasi ramah lingkungan, serta pembangunan infrastruktur dan bangunan hijau (Peng & Zheng, 2021).

2.1.5.2 Jenis – Jenis Instrumen Keuangan Hijau

Menurut Simamora (2024) perkembangan instrumen keuangan berkelanjutan menjadi salah satu terobosan penting dalam upaya mengintegrasikan sistem keuangan dengan agenda ekonomi hijau. Dalam beberapa tahun terakhir,

berbagai instrumen pembiayaan ramah lingkungan menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, seiring meningkatnya kesadaran investor terhadap isu keberlanjutan, meliputi:

1. Obligasi hijau

Obligasi hijau merupakan instrumen yang paling menonjol dalam keuangan berkelanjutan. Pasar obligasi hijau mencatat pertumbuhan yang sangat pesat hingga melampaui nilai kumulatif USD 1 triliun pada tahun 2023. Pencapaian ini mencerminkan meningkatnya minat investor terhadap instrumen pembiayaan yang secara eksplisit diarahkan untuk mendukung proyek-proyek berwawasan lingkungan.

Secara umum, obligasi hijau memiliki sejumlah karakteristik utama, antara lain: alokasi dana yang secara khusus diperuntukkan bagi kegiatan lingkungan, mekanisme seleksi dan evaluasi proyek yang jelas dan terbuka, pemisahan pengelolaan dana dari sumber pembiayaan lain, serta kewajiban pelaporan berkala mengenai penggunaan dana dan dampak ekologis yang dihasilkan. Meskipun demikian, tantangan dalam proses verifikasi serta pengukuran dampak lingkungan masih menjadi isu krusial.

Penerbitan obligasi hijau cenderung berkorelasi dengan peningkatan kinerja lingkungan perusahaan, namun tingkat efektivitasnya sangat bervariasi. Selain itu, praktik *greenwashing*, yaitu kecenderungan perusahaan untuk melebihkan klaim manfaat lingkungan suatu proyek, masih menjadi perhatian serius dalam pengembangan pasar ini.

2. Investasi berdampak (*impact investing*)

Investasi berdampak (*impact investing*) dan dana berbasis ESG juga mengalami ekspansi yang signifikan. Investasi berdampak berfokus pada pencapaian manfaat sosial dan lingkungan yang terukur sekaligus memberikan imbal hasil finansial. *Global Impact Investing Network* melaporkan bahwa nilai pasar investasi jenis ini telah mencapai sekitar USD 715 miliar pada tahun 2019. Di sisi lain, dana ESG yang mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola perusahaan dalam strategi investasinya terus mengalami peningkatan aset kelolaan.

3. Pinjaman terkait keberlanjutan

Instrumen pembiayaan yang mengaitkan besaran suku bunga dengan capaian target keberlanjutan yang ditetapkan bagi peminjam. Apabila target tersebut berhasil dicapai, peminjam berhak memperoleh insentif berupa penurunan tingkat bunga.

4. Derivatif berkelanjutan

Instrumen ini mencakup pengembangan produk derivatif yang berkaitan dengan risiko iklim, seperti *credit default swaps* yang mempertimbangkan eksposur risiko iklim serta *weather derivatives* yang dirancang untuk melindungi nilai ekonomi dari dampak cuaca ekstrem.

2.1.5.3 Indikator Keuangan Hijau

Dalam penelitian ini, keuangan hijau diukur menggunakan nilai obligasi hijau (*green bonds issuance consolidation*) yang merepresentasikan total nilai penerbitan obligasi hijau setelah dikonsolidasikan dalam suatu periode. Pemilihan didasarkan pada ketersediaan data serta perannya yang signifikan dalam mendorong

investasi rendah karbon. Semakin besar nilai obligasi hijau yang diterbitkan, maka semakin besar pula potensi pembiayaan terhadap proyek-proyek berkelanjutan yang dapat berkontribusi dalam menekan emisi CO₂.

Meskipun demikian, efektivitas obligasi hijau dalam mengurangi emisi masih menghadapi tantangan, seperti perbedaan standar penilaian dan potensi praktik *greenwashing*. Oleh karena itu, dampak keuangan hijau terhadap lingkungan sangat bergantung pada kualitas implementasi serta konsistensi kebijakan yang mendukung.

2.1.6 Penelitian Terdahulu

Kajian empiris merupakan tahapan penting dalam penyusunan kerangka pemikiran karena berfungsi memperkuat dasar konseptual penelitian. Melalui kajian ini, peneliti menelaah berbagai temuan empiris dari penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang dikaji. Penelitian terdahulu tersebut digunakan sebagai acuan untuk membangun alur pemikiran yang sistematis dan berlandaskan bukti ilmiah. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang sesuai dengan penelitian:

Tabel 2.1

Penelitian Terdahulu

No	Peneliti, Tahun, dan Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	(Mahmood et al., 2020). <i>Industrialization urbanization and CO₂ emissions in</i>	Industrialisasi	- Urbanisasi	Industrialisasi berpengaruh signifikan terhadap emisi CO ₂	<i>Elsevier energy reports</i> 6 (2020) 1553-1560

No	Peneliti, Tahun, dan Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Saudi Arabia: Asymmetry analysis</i>			dengan efek inelastis	
2	(Patel & Mehta, 2023) <i>The asymmetry effect of industrialization financial development and globalization on CO₂ emissions in India</i>	Industrialisasi	-Pengembangan keuangan -globalisasi	Industrialisasi memiliki dampak positif yang besar dan jangka panjang terhadap Emisi CO ₂	<i>International Journal of Thermofluids</i> 20 (2023) 1397
3	Aslam et al. (2021) <i>The Nexus of Industrialization GDP per Capita and CO₂ Emissions in China</i>	industrialisasi	- PDB per kapita	Industrialisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO ₂ .	<i>Environment Technology & Innovation</i> Vol 23 (2021)
4	Tran (2022) <i>The impact of green finance, economic growth and energy usage on CO₂ emission in Vietnam – a multivariate time series analysis</i>	keuangan hijau	- Pertumbuhan ekonomi - Konsumsi energi	Keuangan hijau memiliki pengaruh negatif terhadap emisi CO ₂ .	<i>China Finance Review International</i> (2022)
5	Sikder et al., (2022) <i>The integrated impact of GDP growth, industrialization energy use, and urbanization on CO₂ emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach</i>	Industrialisasi	- Pertumbuhan PDB - konsumsi energi - urbanisasi	Industrialisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO ₂ .	<i>Science of The Total Environment</i> Volume 837, 1 September 2022

No	Peneliti, Tahun, dan Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
6	Rahmawati & Robertus (2021) Pengaruh Konsumsi Listrik, Pertumbuhan Ekonomi, Industrialisasi, dan Keterbukaan Perdagangan terhadap Emisi CO ₂ di Indonesia tahun 1983-2019	Industrialisasi	- Konsumsi listrik - pertumbuhan ekonomi - keterbukaan perdagangan	Industrialisasi memiliki dampak positif yang signifikan terhadap emisi karbon CO ₂ .	<i>Diponegoro Journal of Economics</i> Vol. 12 No. 3 (2023)
7	(Juliani et al., 2021) Analisis Kausalitas Pariwisata, Konsumsi Energi Fosil, Pertumbuhan Ekonomi Dan Emisi CO ₂ Di Indonesia	Konsumsi energi fosil	- Pariwisata - Pertumbuhan ekonomi	variabel energi fosil menunjukkan pengaruh hubungan yang tidak signifikan baik pada jangka panjang maupun jangka pendek terhadap emisi CO ₂	Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan Vol. 4 No. 2 (2021) hlm. 124-139
8	Prinadi et al. (2022) Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Nilai Tambah Industri, dan Populasi terhadap emisi karbon dioksida di kawasan ASEAN	Industrialisasi & populasi	- Pertumbuhan ekonomi	Populasi memengaruhi peningkatan emisi CO ₂ . Namun, tidak terdapat pengaruh nilai tambah industri terhadap emisi CO ₂ .	Jurnal Prosiding Seminar Nasional, vol 1 no 1 (2022)
9	Mu'min et al. (2023) <i>Nexus Between Economic Growth, Renewable Energy, Industry Value Added and CO₂</i>	Industrialisasi	- Pertumbuhan ekonomi - energi terbarukan	Nilai tambah industri secara signifikan berdampak negatif terhadap emisi CO ₂ dalam jangka panjang.	Jurnal Ekonomi Pembangunan Vol 24, No. (2023)

No	Peneliti, Tahun, dan Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Emissions in ASEAN</i>				
10	(Fattah & Nailufar, 2025) Analisis Pengaruh Luas Kawasan Hutan, Konsumsi Energi Fosil, dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi CO ₂ Di Indonesia	Konsumsi energi fosil	- Luas kawasan hutan - Pertumbuhan ekonomi	Konsumsi energi fosil berdampak negatif dan signifikan terhadap emisi CO ₂	Jurnal ekonomi pertanian UNIMAL Vol 08, No. 02, November 2025
11	Wahyudi (2024) <i>The effect of GDP per capita, population, and income inequality on CO₂ emissions in Indonesia</i>	Jumlah penduduk	- PDB per kapita - Ketimpangan pendapatan	Jumlah penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO ₂ , baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.	<i>International Journal of Energy Economics and Policy</i> (2024)
12	(Sari & Karimi, 2023) Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk dan Konsumsi Energi Terhadap Degradasi Lingkungan Di Indonesia	Jumlah penduduk	- Pertumbuhan ekonomi - Konsumsi energi	Jumlah penduduk memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap degradasi lingkungan di Indonesia.	<i>Jurnal Economic Development</i> Vol. 1 No. 1 Deembe 2023
13	(B. Li & Haneklaus, 2021) <i>The role of renewable energy, fossil fuel</i>	Konsumsi energi fosil	- Konsumsi energi terbarukan - urbanisasi	Penggunaan energi fosil sebesar 1% meningkatkan emisi CO ₂ di Tiongkok.	<i>Elsevier Energy reports</i> 7 (2021) 783-791

No	Peneliti, Tahun, dan Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>consumption, urbanization and economic growth on CO₂ emissions in China</i>				
14	(Yadav et al., 2024) <i>The role of green finance and governance effectiveness in the impact of renewable energy investment on CO₂ emissions in BRICS economies</i>	Keuangan hijau	- efektivitas tata kelola - investasi energi terbarukan	Keuangan hijau mengurangi emisi CO ₂ & berkontribusi pada pembangunan ekonomi berkelanjutan.	<i>Journal of Environmental Management</i> 358 (2024) 120906
15	(Adam & Pujiati, 2025) Analisis Pengaruh GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan Foreign Direct Investment Terhadap Emisi CO ₂ di ASEAN	Industrialisasi	- GDP - Urbanisasi - FDI	Industrialisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO ₂ dalam jangka panjang	<i>Journal of Business and Economics Research (JBE)</i> Vol. 6 No. 2 Juni 2025

2.2 Kerangka Pemikiran

Menurut Sugiyono (2019) kerangka pemikiran adalah suatu rancangan konseptual yang digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antar variabel dalam penelitian. Melalui kerangka ini, peneliti dapat menyusun alur logis dari topik yang

dikaji, sehingga membantu dalam perumusan masalah, penyusunan hipotesis, serta penafsiran hasil penelitian secara sistematis.

2.2.1 Hubungan konsumsi energi fosil dengan Emisi CO₂

Hubungan antara konsumsi energi fosil dan emisi CO₂ dapat dijelaskan melalui teori eksternalitas, di mana penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil menghasilkan dampak lingkungan berupa emisi karbon yang tidak sepenuhnya diperhitungkan dalam biaya produksi. Hingga saat ini, bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam masih menjadi sumber utama dalam memenuhi kebutuhan energi global. Ketergantungan yang tinggi terhadap energi fosil tersebut terutama didorong oleh kemampuannya dalam menyediakan energi dalam skala besar dengan biaya relatif rendah.

Namun demikian, dominasi energi fosil menimbulkan konsekuensi serius terhadap lingkungan. Proses pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi CO₂ dalam jumlah besar yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Secara empiris, hubungan positif antara konsumsi energi fosil dan emisi CO₂ telah banyak dibuktikan dalam berbagai penelitian. Studi yang dilakukan oleh Begum et al. (2015) menunjukkan bahwa konsumsi energi fosil per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂, yang mengindikasikan bahwa peningkatan penggunaan energi akan diikuti oleh peningkatan emisi karbon.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi fosil merupakan determinan utama dalam peningkatan emisi CO₂. Dengan demikian, semakin tinggi tingkat konsumsi energi fosil dalam suatu negara, maka

semakin besar pula kontribusinya terhadap peningkatan emisi karbon, terutama apabila tidak diimbangi dengan kebijakan transisi energi dan penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan.

2.2.2 Hubungan Industrialisasi dengan CO₂

Industrialisasi mencerminkan perluasan sektor manufaktur dan produksi industri dalam perekonomian dan merupakan salah satu determinan utama peningkatan emisi CO₂, terutama pada negara berkembang yang sedang berada dalam tahap transformasi struktural ekonomi. Secara konseptual, industrialisasi mencerminkan pergeseran dari sektor tradisional menuju sektor manufaktur dan industri yang lebih intensif terhadap penggunaan energi. Proses ini umumnya diikuti oleh peningkatan konsumsi energi, khususnya energi berbasis fosil, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon.

Dalam perspektif *Environmental Kuznets Curve (EKC)*, industrialisasi berada pada fase awal pembangunan ekonomi yang ditandai dengan peningkatan degradasi lingkungan. Pada tahap ini, ekspansi sektor industri cenderung mengandalkan teknologi yang belum efisien dan energi yang masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Oleh karena itu, peningkatan nilai tambah industri (*industrial value added*) umumnya berkorelasi positif dengan peningkatan emisi CO₂ sebelum mencapai titik balik (*turning point*) di mana negara mulai beralih ke teknologi yang lebih bersih.

Beberapa studi empiris menunjukkan hubungan positif antara industrialisasi dan emisi CO₂. Penelitian Majeed & Tauqir (2020) mengungkap bahwa industrialisasi berasosiasi secara signifikan dengan peningkatan emisi karbon

dioksida karena pertumbuhan aktivitas manufaktur dan konsumsi energi terkait dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Selain itu, studi Idowu et al (2023) mengindikasikan bahwa di negara dengan industrialisasi tinggi, konsumsi energi dari sektor industri merupakan salah satu determinan utama peningkatan emisi CO₂.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tanpa adanya transformasi menuju industrialisasi yang lebih hijau, peningkatan aktivitas industri akan terus menjadi pendorong utama peningkatan emisi karbon. Dalam kondisi di mana adopsi teknologi ramah lingkungan masih terbatas, peningkatan aktivitas industri cenderung memperbesar tekanan terhadap lingkungan melalui peningkatan emisi karbon, khususnya di negara berkembang yang masih mengandalkan energi berbasis bahan bakar fosil.

2.2.3 Hubungan jumlah penduduk dengan CO₂

Jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi tingkat konsumsi energi dan tekanan terhadap lingkungan. Peningkatan populasi cenderung diikuti oleh peningkatan kebutuhan energi, baik untuk konsumsi rumah tangga maupun aktivitas produksi. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan perubahan gaya hidup, permintaan terhadap energi, khususnya energi berbasis fosil, juga meningkat (Agostinho & Pereira, 2013). Kondisi ini menunjukkan adanya keterkaitan antara pertumbuhan penduduk dan peningkatan emisi CO₂ sebagai salah satu indikator pemanasan global.

Secara empiris, pertumbuhan populasi memberikan dampak signifikan terhadap keberlanjutan lingkungan. Ekspansi jumlah penduduk meningkatkan kebutuhan akan lahan, pangan, energi, dan infrastruktur, sehingga memperbesar

tekanan terhadap sumber daya alam dan mempercepat degradasi lingkungan (Suparmoko, 1989). Selain itu, peningkatan populasi juga mendorong kenaikan permintaan barang dan jasa, yang pada akhirnya meningkatkan aktivitas produksi dan konsumsi energi, terutama energi fosil, sehingga memperbesar emisi CO₂. Penduduk sebagai pelaku ekonomi baik sebagai produsen maupun konsumen secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan penggunaan sumber daya dan pencemaran lingkungan (Mahendra et al., 2022)

Hubungan antara populasi dan emisi CO₂ juga telah didukung oleh berbagai penelitian empiris. Lawal & Abubakar (2019) menemukan bahwa populasi memiliki pengaruh positif terhadap emisi CO₂ di Nigeria. Perwithosuci et al. (2020) yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah penduduk secara signifikan meningkatkan emisi CO₂, termasuk di negara-negara ASEAN. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi menjadi salah satu determinan utama peningkatan emisi karbon, terutama di negara berkembang dengan ketergantungan tinggi terhadap energi fosil.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa jumlah penduduk memiliki hubungan yang positif dengan emisi CO₂. Oleh karena itu, peningkatan jumlah penduduk diasumsikan akan mendorong peningkatan konsumsi energi dan aktivitas ekonomi yang pada akhirnya meningkatkan emisi karbon, terutama apabila tidak diimbangi dengan kebijakan pengendalian populasi, efisiensi energi, serta transisi menuju energi yang lebih ramah lingkungan.

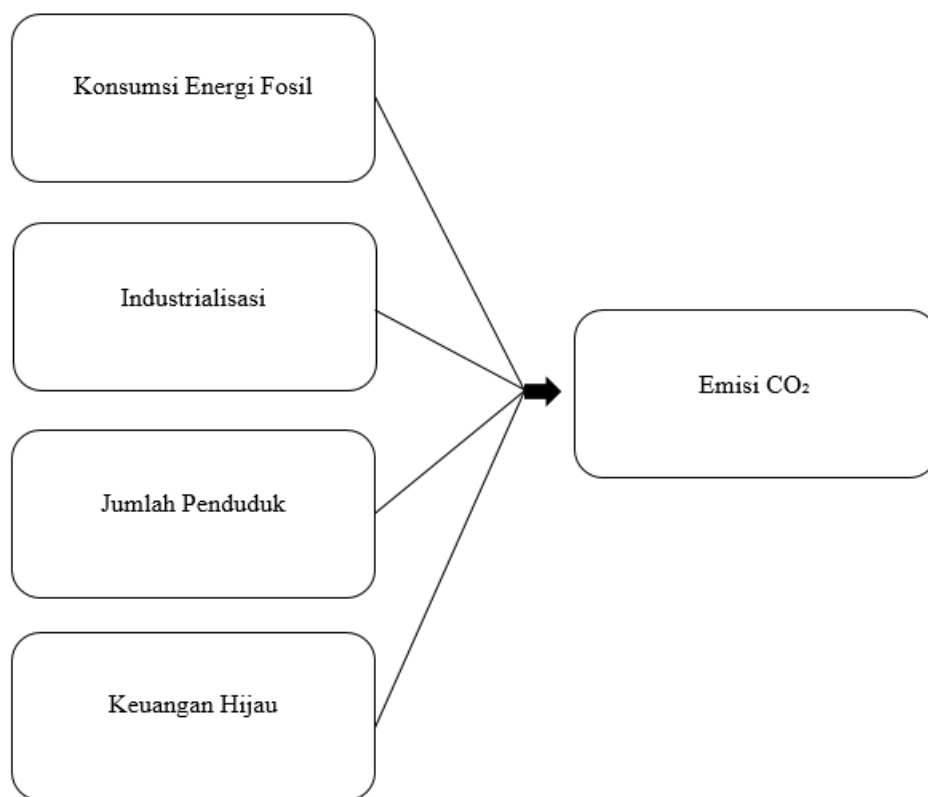
2.2.4 Hubungan Keuangan Hijau dengan CO₂

Hubungan antara keuangan hijau (*green finance*) dan emisi CO₂ didasarkan pada konsep bahwa sistem pembiayaan yang diarahkan untuk mendukung aktivitas ekonomi rendah karbon dapat mempengaruhi intensitas dan total emisi karbon. Teori dasar yang sering dipakai dalam literatur adalah bahwa aliran modal ke proyek-proyek berteknologi bersih dan berkelanjutan mendorong inovasi teknologi, peningkatan efisiensi energi, dan transformasi struktur industri, sehingga menekan emisi CO₂. Keuangan hijau dapat dilihat sebagai instrumen kebijakan dan pasar yang memperluas pembiayaan untuk teknologi ramah lingkungan dan investasi rendah emisi dalam rangka mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

Penelitian Liu & Zhu (2024) menunjukkan dampak keuangan hijau terhadap intensitas emisi menemukan bahwa peningkatan green finance terkait dengan reduksi intensitas karbon melalui mekanisme peningkatan inovasi hijau, total faktor produktivitas hijau, dan transformasi struktur industri. Studi ini juga menunjukkan bahwa keuangan hijau memperbaiki efisiensi emisi karbon, yang berarti sistem pembiayaan yang baik dapat membantu menurunkan rasio emisi terhadap output ekonomi.

Keuangan hijau berperan sebagai instrumen penting dalam mengurangi emisi karbon melalui mekanisme alokasi modal yang lebih selektif terhadap aktivitas ekonomi. Keuangan hijau tidak hanya mendorong investasi pada teknologi rendah karbon, tetapi juga menciptakan insentif bagi pelaku ekonomi untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan demikian, semakin berkembangnya sistem keuangan hijau, semakin

besar pula potensi penurunan emisi CO₂, terutama di negara yang secara aktif mengintegrasikan kebijakan lingkungan dalam sistem keuangan dan investasinya. Penjelasan pelaksanaan penelitian ini, membutuhkan kerangka berpikir agar dapat mempermudah dan memahami penelitian yang akan dilakukan. Kerangka penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Kerangka Pemikiran

2.3 Hipotesis

Hipotesis merupakan suatu pernyataan atau asumsi awal yang dianggap paling masuk akal, yang kemudian berfungsi sebagai landasan untuk pengambilan keputusan, pemecahan masalah, atau panduan dalam suatu penelitian (Junaedi & Wahab, 2023). Meskipun hipotesis dapat diperlakukan sebagai informasi awal, statusnya yang masih berupa dugaan mengharuskan dilakukan pengujian empiris terhadap data hasil observasi sebelum dapat digunakan secara definitif. Dalam prosedur pengujian statistik, dikenal dua jenis hipotesis utama, yaitu hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1).

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dibangun, peneliti merumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Diduga secara parsial konsumsi energi fosil, industrialisasi, dan jumlah penduduk berpengaruh positif sedangkan keuangan hijau berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂ di 5 Negara ASEAN tahun 2016-2024
2. Diduga secara simultan konsumsi energi fosil, industrialisasi, jumlah penduduk, dan keuangan hijau secara bersama-sama (simultan) berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂.