

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian di Indonesia menghadapi tantangan dalam meningkatkan produksi pangan sekaligus menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK). Salah satu sumber utama emisi GRK non-CO₂ adalah dinitrogen oksida (N₂O), yang memiliki potensi pemanasan global hampir 300 kali lipat dibandingkan CO₂. Penelitian sebelumnya menunjukkan penggunaan pupuk nitrogen merupakan penyebab utama emisi N₂O. Terbukti bahwa pupuk sintetis berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan emisi, baik dalam pola penggunaan produk pupuk di lahan maupun di tingkat nasional (Ma & Wanyama, 2024; Putri et al., 2025; Rakhmadi et al., 2022). Selain itu, penelitian Abay et al. (2025) menunjukkan bahwa banyak negara, terutama negara berpendapatan rendah dan menengah yang sangat bergantung pada pupuk anorganik, mengalami tekanan besar pada sistem pemupukan akibat volatilitas harga pupuk global dan krisis pasar internasional.

Kebijakan pupuk menjadi fokus strategis dalam upaya Indonesia untuk mencapai *Nationally Determined Contribution* (NDC) 2030 dan sistem pangan rendah emisi. Tingkat dan komposisi pupuk secara signifikan mempengaruhi kualitas tanah, biaya produksi, serta dampak terhadap lingkungan dalam jangka panjang, meskipun penggunaan pupuk dapat meningkatkan produktivitas. Selama bertahun-tahun, penggunaan pupuk anorganik, terutama nitrogen (N), telah menjadi bagian penting dari metode pemupukan di Indonesia. Menurut beberapa penelitian, praktik pemupukan yang tidak terkendali dan dominasi nitrogen sintetis meningkatkan risiko emisi N₂O serta berkontribusi pada penurunan kualitas lingkungan (Kanthilanka et al., 2023; Putri et al., 2025), tetapi sistem kebijakan subsidi yang berfokus pada pupuk anorganik turut mempertahankan ketidakseimbangan dalam pola pemupukan ini. Ketidakseimbangan ini tidak hanya mencerminkan persoalan agronomis, tetapi juga menunjukkan bahwa desain kebijakan subsidi belum sepenuhnya selaras dengan prinsip pemupukan berkelanjutan.

Subsidi pupuk telah menjadi instrumen kebijakan utama dalam sektor pertanian Indonesia selama lebih dari lima dekade. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa petani memiliki akses ke sumber daya yang dibutuhkan. Namun demikian, pola alokasinya menunjukkan ketidakseimbangan struktural yang mencolok. Kerangka regulasi dan data realisasi anggaran dapat digunakan untuk memeriksa ketidaksesuaian dalam alokasi subsidi pupuk selama beberapa tahun terakhir. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 10 Tahun 2022 membatasi subsidi untuk dua jenis pupuk: urea dan NPK. Ini menurunkan total jenis pupuk yang disubsidi dari enam menjadi dua kategori. Seperti yang ditunjukkan oleh data Kementerian Pertanian (2024), subsidi untuk pupuk anorganik semakin terkonsentrasi karena pembatasan. Namun, pada tahun 2024, kebijakan mulai berubah. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01 Tahun 2024 kembali memasukkan pupuk organik, ke dalam program subsidi. Selain mendukung agenda pertanian berkelanjutan dan pembangunan lingkungan nasional, kebijakan ini menandai pergeseran menuju sistem pemupukan yang lebih seimbang.

Ketergantungan yang tinggi pada pupuk anorganik memengaruhi dinamika ekonomi dan sistem pertanian nasional. Dalam perspektif ketahanan pangan, kebijakan input pertanian tidak dapat dipahami semata-mata sebagai instrumen peningkatan produksi, tetapi juga sebagai faktor yang membentuk kondisi struktural akses dan distribusi input pertanian, yang paling rentan dialami oleh rumah tangga petani berpendapatan rendah (Arifin, 2004). Perubahan kebijakan subsidi pupuk berimplikasi langsung pada harga input yang dihadapi petani, beban anggaran pemerintah, dan daya beli petani. Kenaikan harga pupuk secara langsung meningkatkan porsi biaya pupuk dalam total biaya usahatani, sehingga mengubah struktur biaya produksi pertanian dan memengaruhi intensitas penggunaan pupuk serta kapasitas produksi, sebagaimana ditunjukkan oleh Rashid et al. (2024). Pada akhirnya, meskipun kebijakan subsidi input seperti pupuk berpotensi menimbulkan distorsi pasar dan ketidakseimbangan rantai pasokan, dalam jangka pendek kebijakan tersebut tetap dapat memberikan dukungan terhadap stabilitas produksi dan aktivitas pertanian (Mishra et al., 2024).

Sebaliknya, karena rantai pasokan pupuk sangat kompleks dan melibatkan sektor energi, distribusi, industri pupuk, dan agroindustri, perubahan pada satu bagian sistem dapat dengan cepat memengaruhi variabel lain di sepanjang rantai pasok tersebut (Katon et al., 2024). Dalam konteks kebijakan domestik, ketidaksesuaian desain subsidi pupuk dengan dinamika pasar input dapat memperbesar ketidakseimbangan antara daya beli petani dan ketersediaan pupuk di tingkat lapangan. Studi di Indonesia yang memusatkan perhatian pada implementasi subsidi pupuk menunjukkan bahwa berbagai kendala kelembagaan, seperti birokrasi, salah sasaran, serta distribusi yang tidak merata, masih sering terjadi. Kondisi ini berdampak langsung pada keberlanjutan aktivitas produksi petani kecil (Fatimah & Muhafidin, 2024; Putri, Karimi, et al., 2023). Karena praktik pemupukan umumnya bersifat musiman dan berjangka pendek, perubahan kebijakan subsidi tidak secara otomatis mengubah sistem teknis penggunaan pupuk organik maupun anorganik. Namun, perubahan harga pupuk tetap berpengaruh terhadap total konsumsi dan skala usaha tani, karena petani menyesuaikan intensitas produksi berdasarkan harga input utama yang dihadapi.

Di satu sisi, pupuk anorganik berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menurunkan tingkat serapan nutrisi oleh tanaman dan menyebabkan emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi, terutama dalam bentuk emisi dinitrogen oksida (N_2O). Penelitian di Asia juga menunjukkan penggunaan nitrogen yang sangat tinggi di lahan sawah (Martínez et al., 2022). Terbukti bahwa metode agroekologis seperti pengelolaan nutrisi berkelanjutan, penggunaan pupuk organik, dan biofertilizer dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia hingga 50%, mengurangi emisi, dan sekaligus meningkatkan produktivitas padi nasional (Susanti et al., 2024). Oleh karena itu, evaluasi kebijakan subsidi pupuk harus dilakukan dalam kerangka analisis yang mempertimbangkan hubungan antara struktur produksi pertanian dan dampak lingkungan yang ditimbulkannya.

Perubahan kebijakan subsidi membuka kemungkinan realokasi dukungan dari pupuk anorganik menuju pupuk organik secara parsial. Ini memberi ruang untuk penyesuaian struktur subsidi. Studi internasional tentang kebijakan subsidi

pertanian dan energi menunjukkan bahwa analisis realokasi umumnya menilai perubahan kebijakan dalam 10 hingga 30 persen. Ini karena nilai-nilai ini sesuai dengan praktik pemodelan GDP global dan menunjukkan perubahan kebijakan yang realistis secara politik (Benfica, 2022; Y. Li & Solaymani, 2021; Sawadogo, 2024; Warr & Yusuf, 2014). Skenario realokasi dalam penelitian ini dirancang untuk menilai dampak perubahan struktur subsidi, dengan total anggaran subsidi diasumsikan tetap, terhadap sektor pertanian, keterkaitan lintas sektor, dan tekanan lingkungan. Pendekatan empiris dan metodologis digunakan, termasuk analisis yang menangkap dampak kebijakan subsidi dari berbagai sudut dan hubungan ekonomi antar sektor serta transmisi harga input-output, didasarkan output dari simulasi model *Computable General Equilibrium (CGE) Recursive dynamic (RD)*. Perubahan harga input yang disebabkan oleh kebijakan subsidi antara tahun 2021 dan 2030 akan berdampak pada biaya produksi, output, permintaan input antarsektor, dan dinamika aktivitas ekonomi lintas sektor. Model ini memungkinkan analisis yang lebih mendalam tentang dampak perubahan kebijakan setiap tahun.

IPCC (2023) menyediakan faktor emisi standar yang digunakan sebagai parameter konversi dalam estimasi emisi N₂O dari aktivitas pemupukan. Simulasi model keseimbangan umum (CGE) digunakan untuk menghitung perubahan dalam konsumsi pupuk anorganik. Teknik ini telah digunakan dalam beberapa studi kebijakan lingkungan untuk membuat estimasi emisi tetap yang akurat (Allan et al., 2025; Bourne et al., 2012; Li et al., 2022; Li & Jia, 2016; Matus et al., 2008). Studi sebelumnya tentang kebijakan subsidi pupuk di Indonesia menunjukkan bahwa analisis seringkali berfokus pada faktor parsial, seperti pengaruh pada produksi atau kesejahteraan petani. Akibatnya, analisis tersebut belum memahami sepenuhnya hubungan antarsektor dan dampak dari perubahan penggunaan pupuk anorganik. Ini menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan. Dampak realokasi subsidi pupuk pada industri, fiskal, dan lingkungan harus diperiksa secara menyeluruh. Penelitian ini menganalisis bagaimana perubahan harga input pupuk memengaruhi struktur penggunaan input pertanian, output sektoral, aktivitas lintas sektor, serta emisi N₂O dalam periode 2021–2030.

1.2 Rumusan Masalah

Kebijakan subsidi pupuk di Indonesia menghadapi tantangan struktural yang semakin kompleks. Meskipun anggaran subsidi pupuk cenderung meningkat selama dekade terakhir, peningkatan tersebut tidak selalu diikuti oleh pertumbuhan produktivitas padi nasional yang sebanding pada periode tertentu. Pupuk memang merupakan input strategis dalam produksi pertanian, meskipun kontribusinya relatif kecil terhadap total biaya produksi. Namun, pola penggunaannya menunjukkan ketimpangan yang signifikan, ditandai oleh dominasi pupuk anorganik dalam total konsumsi. Ketimpangan ini memperkuat ketergantungan pada input sintetis, mendorong penggunaan pupuk secara berlebih, serta meningkatkan tekanan lingkungan, mengingat sebagian besar emisi berbasis nitrogen di lahan pertanian berasal dari aktivitas pemupukan.

Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan belanja subsidi pupuk tidak secara otomatis diterjemahkan menjadi peningkatan hasil pertanian yang sebanding. Dalam waktu yang sama, tekanan anggaran subsidi dan risiko lingkungan, terutama yang berkaitan dengan emisi N_2O , cenderung meningkat. Oleh karena itu, struktur subsidi yang sangat terpusat pada pupuk anorganik menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Fokusnya adalah menilai bagaimana realokasi subsidi pupuk memengaruhi harga efektif pupuk, pola konsumsi, struktur biaya produksi, dampak ekonomi lintas sektor, dan tekanan lingkungan dalam jangka menengah.

Dalam praktiknya, struktur teknis pemupukan di tingkat petani umumnya bersifat relatif kaku dalam jangka pendek, sehingga perubahan kebijakan subsidi tidak serta-merta mengubah proporsi penggunaan pupuk organik dan anorganik. Namun, perubahan harga input akibat realokasi subsidi tetap berdampak pada biaya produksi dan skala usaha tani, yang kemudian memengaruhi total konsumsi pupuk. Perubahan skala produksi tersebut memiliki implikasi yang lebih luas, termasuk terhadap output pertanian, penyerapan tenaga kerja, dan permintaan input antara dalam perekonomian. Selain itu, perubahan total konsumsi pupuk anorganik yang

disebabkan oleh skala aktivitas pertanian juga mempengaruhi tingkat emisi N_2O , sehingga aspek lingkungan menjadi komponen penting dalam penilaian kebijakan.

Pendekatan *Computable General Equilibrium* (CGE) tipe *recursive dynamic*, yang memodelkan ekonomi multisektor dan periode waktu tertentu, digunakan untuk memahami hubungan yang kompleks ini. Model memungkinkan pelacakan dampak realokasi subsidi terhadap harga input-output di pertanian, biaya produksi, kebutuhan input antar sektor, dan dinamika sektor lain selama 2021–2030. Penelitian ini menganalisis lima dimensi utama dampak kebijakan subsidi pupuk, yaitu konsumsi pupuk, struktur biaya produksi, output dan tenaga kerja sektor pertanian, dampak lintas sektor nonpertanian, serta emisi N_2O . Berdasarkan konteks tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa besar pengaruh realokasi subsidi pupuk terhadap perubahan harga efektif dan pola konsumsi pupuk anorganik serta organik, dengan mempertimbangkan mekanisme transmisi harga dan penyesuaian kegiatan produksi di sektor pertanian?
2. Sejauh mana realokasi subsidi pupuk mengubah struktur biaya produksi sektor pertanian, serta bagaimana variasi dampaknya pada subsektor dengan intensitas penggunaan pupuk yang berbeda?
3. Seberapa besar realokasi subsidi pupuk memengaruhi penyesuaian output dan penyerapan tenaga kerja di sektor pertanian, sebagaimana tercermin dari perbedaan sensitivitas antar-subsektor?
4. Seberapa besar realokasi subsidi pupuk menghasilkan dampak tidak langsung pada sektor-sektor nonpertanian melalui transmisi biaya produksi dan keterkaitan hulu–hilir, khususnya dalam memengaruhi output, biaya produksi, dan penyerapan tenaga kerja pada industri pupuk, agroindustri, energi–kimia, serta perdagangan dan distribusi?
5. Seberapa besar dampak realokasi subsidi pupuk terhadap perubahan emisi N_2O dan estimasi nilai sosial karbon, yang dihasilkan dari penyesuaian konsumsi pupuk anorganik dan organik serta dihitung menggunakan pendekatan konversi emisi berbasis intensitas karbon dan *Social cost of carbon* (SCC)?

6. Skenario realokasi subsidi pupuk mana yang menunjukkan keseimbangan paling kuat antara stabilitas ekonomi sektor pertanian dan penurunan tekanan lingkungan, berdasarkan hasil simulasi terpadu pada lima dimensi dampak kebijakan?

Pertanyaan-pertanyaan tersebut disusun sesuai dengan alur logis transmisi kebijakan subsidi. Ini dimulai dengan perubahan harga dan konsumsi pupuk sebagai pemicu pertama; kemudian, penyesuaian dalam penggunaan input dan output pertanian; dan akhirnya, analisis menyeluruh terhadap implikasi sektoral dan lingkungan dari skenario realokasi subsidi pupuk. Urutan ini memberikan dasar konseptual untuk memahami secara menyeluruh implikasi sektoral dan lingkungan dari skenario pembagian subsidi pupuk dari 2021 hingga 2030.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini menganalisis dampak realokasi subsidi pupuk terhadap sektor pertanian dan perekonomian Indonesia dalam periode 2021–2030. Analisis ini memungkinkan penelusuran perubahan harga input, penggunaan pupuk, struktur biaya produksi, output antarsektor, keterkaitan ekonomi lintas sektor, serta emisi gas rumah kaca, khususnya N_2O , dengan menggunakan kerangka simulasi CGE tipe *recursive dynamic*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar analitis bagi perumusan kebijakan subsidi pupuk yang lebih selaras dengan stabilitas sektor pertanian dan tujuan keberlanjutan lingkungan. Tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sejauh mana realokasi subsidi pupuk mengubah harga relatif pupuk anorganik dan organik, serta bagaimana perubahan harga tersebut mentransmisikan penyesuaian konsumsi pupuk melalui mekanisme aktivitas produksi di sektor pertanian.
2. Menganalisis sejauh mana realokasi subsidi pupuk mengubah struktur biaya produksi sektor pertanian, serta bagaimana perubahan tersebut tercermin pada penyesuaian penggunaan tenaga kerja, lahan, dan modal sesuai dengan intensitas penggunaan pupuk antar-subsektor.

3. Menganalisis dampak realokasi subsidi pupuk terhadap penyesuaian output dan penyerapan tenaga kerja di sektor pertanian sebagai konsekuensi dari perubahan struktur biaya produksi.
4. Menganalisis dampak tidak langsung realokasi subsidi pupuk terhadap sektor-sektor nonpertanian melalui transmisi biaya dan keterkaitan input–output, khususnya pada perubahan output, biaya produksi, dan penyerapan tenaga kerja di industri pupuk, agroindustri, energi–kimia, utilitas, serta perdagangan dan distribusi.
5. Mengestimasi perubahan emisi N_2O serta nilai sosial karbon (*Social cost of carbon/SCC*) yang muncul akibat penyesuaian konsumsi pupuk anorganik dan organik berdasarkan pendekatan konversi emisi berbasis intensitas karbon.
6. Menganalisis dan membandingkan kinerja berbagai skenario realokasi subsidi pupuk berdasarkan hasil simulasi pada lima tujuan penelitian, untuk mengidentifikasi skenario yang menunjukkan keseimbangan paling kuat antara stabilitas ekonomi sektor pertanian dan penurunan tekanan lingkungan.

1.4 Novelty (Kebaharuan) Penelitian

Penelitian ini menawarkan kebaruan ilmiah dengan mengintegrasikan analisis ekonomi dan lingkungan dalam evaluasi kuantitatif realokasi kebijakan subsidi pupuk pada kerangka ekonomi multisektoral. Dalam kerangka CGE, penelitian ini menganalisis realokasi subsidi antara pupuk anorganik dan pupuk organik serta implikasinya terhadap harga input, biaya produksi, output sektoral, dan emisi gas rumah kaca dalam satuan CO_2 -ekuivalen. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih memisahkan analisis kebijakan subsidi pupuk dari estimasi dampak emisi, sehingga hubungan antara realokasi subsidi dan mitigasi emisi belum banyak dikaji secara terpadu.

1. Kebaruan Teoritis

Penelitian ini memandang subsidi pupuk tidak hanya sebagai instrumen stabilisasi produksi, tetapi juga sebagai bagian dari kerangka kebijakan yang berpotensi memengaruhi lintasan emisi sektor pertanian. Analisis ini menunjukkan bahwa realokasi subsidi pupuk dapat dianalisis sebagai salah satu

mekanisme kebijakan yang memengaruhi struktur penggunaan input dan emisi sektor pertanian. Dengan demikian, penelitian ini mengaitkan kebijakan input pertanian dengan agenda transisi hijau nasional dan target *Nationally Determined Contribution* (NDC) melalui jalur analitis yang eksplisit. Metode ini memberikan kontribusi teoretis dengan memasukkan elemen lingkungan ke dalam kerangka analisis kebijakan subsidi yang biasanya berfokus pada harga relatif, konsumsi input, dan produksi.

2. Kebaruan Empiris

Penelitian ini menggunakan Tabel Input–Output 2020 sebagai struktur ekonomi nasional terbaru. Selain itu, pupuk dipisahkan secara eksplisit menjadi pupuk anorganik dan pupuk organik dalam struktur model. Pemisahan ini memudahkan analisis dampak realokasi subsidi pupuk pada sektor pertanian dan masalah terkait lainnya. Metode *bottom-up* digunakan untuk menghitung emisi N₂O secara *eks-ante*, mengubah perubahan konsumsi pupuk dari simulasi menjadi emisi fisik dengan faktor emisi IPCC. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran perubahan emisi yang dihasilkan oleh berbagai skenario realokasi subsidi pupuk, yang hingga kini masih terbatas dalam konteks Indonesia.

3. Kebaruan Metodologis

Dalam penelitian ini, kerangka CGE *Recursive dynamic* memodelkan realokasi subsidi pupuk sebagai *shock ad valorem* ($f0tax_s$) pada harga input pupuk. Jumlah konsumsi pupuk dipengaruhi oleh perubahan harga yang disebabkan oleh realokasi, meskipun proses produksi tetap proporsional. Estimasi emisi N₂O dilakukan secara *eks-ante* di luar sistem persamaan model (*linked modeling*). Kemudian, nilainya diubah menjadi CO₂-ekuivalen dan dihitung nilainya berdasarkan *Social cost of carbon* (SCC). Integrasi kuantitatif antara hasil ekonomi dan estimasi lingkungan memungkinkan analisis dampak kebijakan subsidi pupuk secara sektoral dan lingkungan dalam satu kerangka evaluasi. Kombinasi metode ini memberikan kontribusi metodologis penting dalam penelitian kebijakan subsidi pupuk di Indonesia yang belum digunakan.

Dengan mengintegrasikan dinamika ekonomi multisektor dan estimasi lingkungan dalam satu kerangka analitis yang konsisten, penelitian ini menawarkan dasar

ilmiah baru untuk kebijakan subsidi pupuk yang lebih seimbang dan berkelanjutan. Pendekatan ini memberikan dasar analitis bagi pengambil kebijakan dalam menilai implikasi sektoral dan lingkungan dari langkah realokasi subsidi pupuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi analitis dalam pengembangan kebijakan dan praktik pertanian berkelanjutan melalui kajian realokasi subsidi pupuk dan implikasinya terhadap sektor pertanian dan lingkungan. Melalui analisis ekonomi multisektoral dan estimasi emisi N₂O menggunakan model CGE *recursive dynamic*, penelitian ini memberikan pemahaman komprehensif mengenai keterkaitan antara stabilitas ekonomi sektor pertanian dan dinamika dampak lingkungan. Manfaat utama dari penelitian ini meliputi:

1. Bagi Pembuat Kebijakan

Penelitian ini menyediakan dasar empiris bagi pemerintah untuk memahami bagaimana tiga tingkat realokasi subsidi, realokasi ringan, realokasi moderat, dan realokasi dalam, memengaruhi struktur harga pupuk, biaya produksi pertanian, dan dinamika sektor terkait. Melalui kerangka analitis yang sistematis, penelitian ini membantu pembuat kebijakan membandingkan implikasi berbagai opsi realokasi terhadap stabilitas sektor pertanian dan tekanan emisi gas rumah kaca. Hasil analisis ini relevan sebagai bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan subsidi pupuk yang selaras dengan agenda transisi pertanian rendah emisi dan target NDC 2030.

2. Bagi Kalangan Akademisi dan Peneliti

Studi ini menyajikan kerangka metodologis untuk memperluas analisis kebijakan pertanian dan subsidi di negara berkembang. Kerangka tersebut mengintegrasikan model CGE *Recursive dynamic* dengan estimasi lingkungan secara *eks-ante*. Struktur skenario bertingkat digunakan untuk menganalisis dampak realokasi subsidi secara multisektoral. Pendekatan ini juga dapat diterapkan dalam pengembangan model kebijakan lingkungan, energi, atau pertanian.

3. Bagi Petani, Praktisi, dan Pelaku Agribisnis

Studi ini memberikan gambaran mengenai potensi pengaruh perubahan struktur subsidi terhadap harga pupuk, biaya usahatani, dan penyesuaian produksi. Petani dan pelaku agribisnis dapat memanfaatkan data ini untuk memprediksi fluktuasi biaya input dan menyusun strategi produksi yang lebih adaptif terhadap perubahan harga input dan kondisi pasar. Dengan simulasi model, perspektif jangka menengah yang dikembangkan dapat membantu dalam pengelolaan risiko, investasi agribisnis, dan perencanaan usaha yang berkelanjutan.

Dengan menyediakan gambaran sistemik mengenai hubungan antara aspek ekonomi dan lingkungan dalam kebijakan subsidi pupuk, penelitian ini memperkuat keterkaitan antara bukti empiris, pengembangan akademik, dan praktik lapangan. Pendekatan ini relevan untuk mendukung diskursus pengembangan sistem pertanian Indonesia yang tangguh dan konsisten dengan arah transformasi menuju ekonomi rendah karbon.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Fokus penelitian ini adalah menganalisis dampak realokasi subsidi pupuk terhadap sektor pertanian dan perekonomian Indonesia dalam periode 2021–2030. Analisis mencakup perubahan harga pupuk anorganik dan pupuk organik, penyesuaian konsumsi pupuk yang terjadi sebagai akibat perubahan skala produksi, serta respons sektor pertanian terhadap perubahan biaya input antara. Untuk memberikan gambaran analitis yang komprehensif, penelitian ini menelaah dinamika penggunaan tenaga kerja, lahan, dan modal di sektor pertanian, serta perubahan output dan biaya produksi pada berbagai subsektor pertanian yang berbeda tingkat intensitas pemupukannya.

Sektor nonpertanian seperti industri pupuk, kimia dasar, energi, makanan dan minuman, perdagangan, serta transportasi memiliki keterkaitan teknis dengan sektor pertanian. Sebagai bagian dari dampak tidak langsung realokasi subsidi pupuk, perubahan biaya dan output pada sektor-sektor tersebut dianalisis. Ini dilakukan melalui jalur keterkaitan input-output. Penelitian menggunakan pendekatan *Social cost of carbon* (SCC) untuk mengestimasi dampak lingkungan

dari perubahan konsumsi pupuk dan perubahan emisi dinitrogen oksida (N_2O). Untuk menjaga konsistensi dengan asumsi teknologi proporsional dalam model CGE, estimasi dampak lingkungan dilakukan secara *eks-ante* di luar sistem persamaan model.

Secara spasial, penelitian ini dilakukan pada tingkat nasional dengan menggunakan Tabel Input–Output (I–O) Indonesia tahun 2020 sebagai basis struktur ekonomi. Tiga skenario realokasi subsidi pupuk disimulasikan menggunakan model *Computable General Equilibrium* (CGE) tipe *recursive dynamic* ORANI-G(RD). Skenario S1 (+10/–10), S2 (+20/–20), dan S3 (+30/–30) merepresentasikan tingkat intensitas realokasi subsidi yang berbeda. Skenario tersebut dirancang untuk merealokasi komposisi subsidi antara pupuk anorganik dan pupuk organik dengan asumsi total nilai subsidi dijaga tetap (*budget-neutral*). Analisis antarwilayah, distribusi rumah tangga, ketimpangan pendapatan, serta perubahan teknologi endogen berada di luar ruang lingkup penelitian ini. Fokus penelitian dibatasi pada dampak makro-sektoral dari realokasi subsidi pupuk, dengan penekanan pada keterkaitan ekonomi dan implikasi lingkungan pada tingkat nasional.

1.7 Sistematika Penulisan

Disertasi ini disusun untuk menganalisis dampak realokasi subsidi pupuk anorganik dan pupuk organik terhadap sektor pertanian, struktur ekonomi nasional, dan emisi gas rumah kaca dalam periode 2021–2030. Penulisan disertasi mencakup tahapan pemberian konteks masalah, penyusunan kerangka teori, perancangan metodologi, penyajian hasil analisis, dan pembahasan implikasi kebijakan. **Bab I** memperkenalkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, kebaruan, ruang lingkup, serta sistematika penulisan. Uraian menekankan peran realokasi subsidi sebagai instrumen kebijakan yang memengaruhi struktur ekonomi sektoral dan dinamika dampak lingkungan, khususnya melalui perubahan emisi gas rumah kaca berbasis N_2O .

Dalam **Bab II**, literatur tentang teori ekonomi pertanian, konsep subsidi input, mekanisme transmisi harga terhadap struktur biaya produksi, dan kebijakan

mitigasi perubahan iklim disajikan. Bagian ini memasukkan penelitian sebelumnya yang menggunakan model *Computable General Equilibrium* (CGE), terutama yang menggabungkan analisis ekonomi dan lingkungan. Analisis literatur digunakan untuk menunjukkan posisi penelitian dalam literatur yang ada serta justifikasi pemilihan pendekatan metodologis.

Bab III membahas teknik penelitian. Ini mencakup pemisahan yang jelas antara pupuk organik dan anorganik, struktur model CGE tipe *recursive dynamic* ORANI-G(RD), dan penggunaan Tabel Input–Output (I–O) Indonesia tahun 2020 sebagai basis data. Bab ini menjelaskan mekanisme *shock* realokasi subsidi ($f0tax_s$), asumsi teknologi proporsional yang tetap, dan prosedur estimasi emisi N₂O secara *eks-ante* dengan menggunakan faktor emisi IPCC dan *Social cost of carbon* (SCC). Selain itu, bab ini membahas desain tiga skenario realokasi subsidi (S1–S3) yang digunakan untuk mengukur perbedaan dampak antara berbagai tingkat intensitas kebijakan.

Bab IV membahas kondisi saat ini di sektor pertanian Indonesia, perubahan dalam kebijakan subsidi pupuk, rencana konsumsi pupuk, serta kontribusi sektor pertanian terhadap emisi gas rumah kaca nasional. Bab ini juga membahas perilaku penggunaan pupuk anorganik yang paling umum, masalah keberlanjutan, dan pentingnya penggunaan pupuk organik dalam transisi pertanian ke emisi rendah. Konteks empiris ini diberikan untuk memahami relevansi skenario realokasi subsidi yang dikaji.

Bab V menjelaskan pembuatan basis data dan rekonstruksi model CGE Indonesia. Ini mencakup proses kalibrasi model, modifikasi matriks I–O untuk memisahkan sektor pupuk, serta skenario S1 (+10/–10), S2 (+20/–20), dan S3 (+30/–30) yang merepresentasikan tingkat intensitas realokasi subsidi yang berbeda. Bab ini juga memberi justifikasi metodologis untuk intensitas *shock* antara sepuluh dan tiga puluh persen sesuai kemampuan praktik dan kebijakan nasional.

Bab VI menampilkan hasil dan diskusi simulasi. Analisis mencakup perubahan harga dan konsumsi pupuk, dinamika struktur input dan biaya produksi, penyesuaian output dan tenaga kerja di sektor pertanian, dampak lintas sektor nonpertanian, serta estimasi perubahan emisi gas rumah kaca dalam satuan CO₂-

ekuivalen berbasis N_2O . Dalam diskusi ini, teori ekonomi, fakta empiris, dan pola respons model keseimbangan umum semuanya terlibat. Selain itu, evaluasi hasil dari skenario kebijakan juga dilakukan. Bab ini juga menyajikan perbandingan terpadu antarskenario berdasarkan dua dimensi utama, yaitu dampak ekonomi sektoral dan implikasi lingkungan.

Bab VII berisi kesimpulan utama tentang transmisi kebijakan, mulai dari perubahan harga pupuk hingga dampak makro-sektoral dan lingkungan. Selain itu, ini mencakup implikasi kebijakan yang dapat dipertimbangkan dalam perumusan realokasi subsidi pupuk yang lebih selaras dengan stabilitas sektor pertanian dan tujuan keberlanjutan lingkungan. Disertasi ini juga memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut tentang integrasi teknologi produksi dan analisis kesejahteraan mikro. Bab-babnya disusun secara sistematis dengan struktur yang koheren, logis, dan saling terkait, memastikan bahwa perumusan masalah, metodologi, dan analisis hasil tersusun secara koheren dan saling terkait.

