

PENGARUH KEBIJAKAN PUBLIK TERHADAP PENERAPAN TEKNOLOGI HIJAU DAN *BLUE INNOVATION* DALAM Mendukung Ekonomi Sirkular

THE INFLUENCE OF PUBLIC POLICY ON THE IMPLEMENTATION OF GREEN TECHNOLOGY AND BLUE INNOVATION IN SUPPORTING A CIRCULAR ECONOMY

Hastuti Handayani Harahap^{1*}, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk², Indra Welly Arifin³

Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Bina Karya Tebing Tinggi, Indonesia

E-mail: harahaphastutyhandayani@gmail.com^{1*}, rudyrajagukguk00241@gmail.com², indrawellyarifin66@gmail.com³

Abstract

This study aims to analyze the influence of public policy on the circular economy, both directly and through the mediating role of green technology adoption and blue innovation. The method employed is Partial Least Squares-Structural Equation Modeling (PLS-SEM), using primary data collected through a survey. The findings indicate that public policy has a positive and significant impact on the circular economy, both directly and indirectly through the application of green technology and blue innovation. The R-square value of 0.851 and the high T-statistics support these results. Therefore, implementing policies aligned with sustainable innovation is key to achieving a circular-based economic system. This study proves that public policy plays a significant role in encouraging the achievement of a sustainable circular economy system. The results of statistical tests show that public policy not only has a direct effect on the circular economy but also has an indirect effect through the mediating role of the application of green technology and blue innovation. The application of green technology and blue innovation has been shown to provide a significant contribution in strengthening the impact of public policy on the circular economy.

Keywords: Public Policy, Circular Economy, Green Technology, Blue Innovation, PLS-SEM.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kebijakan publik terhadap ekonomi sirkular, baik secara langsung maupun melalui penerapan teknologi hijau dan inovasi biru sebagai variabel mediasi. Metode yang digunakan adalah Partial Least Square-Structural Equation Modeling (PLS-SEM), dengan data primer yang diperoleh melalui survei. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebijakan publik berpengaruh positif dan signifikan terhadap ekonomi sirkular, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui penerapan teknologi hijau dan inovasi biru. Nilai R-square sebesar 0,851 dan nilai T-statistics yang tinggi memperkuat temuan ini. Dengan demikian, penerapan kebijakan yang selaras dengan inovasi berkelanjutan menjadi kunci dalam mewujudkan ekonomi yang berbasis sirkular. Penelitian ini membuktikan bahwa kebijakan publik memainkan peran yang signifikan dalam mendorong tercapainya sistem ekonomi sirkular yang berkelanjutan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa kebijakan publik tidak hanya berpengaruh langsung terhadap ekonomi sirkular, tetapi juga memiliki pengaruh tidak langsung melalui peran mediasi penerapan teknologi hijau dan inovasi biru. Penerapan teknologi hijau dan blue innovation terbukti berkontribusi signifikan dalam memperkuat dampak kebijakan publik terhadap ekonomi sirkular.

Kata kunci: Kebijakan Publik, Ekonomi Sirkular, Teknologi Hijau, Blue Innovation, PLS-SEM.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, isu perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan kelangkaan sumber daya alam mendorong transformasi mendasar dalam paradigma pembangunan ekonomi. Salah satu respon strategis terhadap tantangan ini adalah munculnya kebijakan publik yang mendukung penerapan teknologi hijau (green technology) dan blue

innovation sebagai instrumen utama untuk mewujudkan ekonomi sirkular yang berkelanjutan. Kebijakan publik, sebagai kerangka regulatif dan insentif, memainkan peran sentral dalam mempercepat adopsi teknologi ramah lingkungan dan mendorong inovasi di sektor kelautan, perairan, serta industri berbasis sumber daya terbarukan. Kebijakan yang mendukung teknologi hijau umumnya difokuskan pada efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, pengelolaan limbah, serta pemanfaatan energi terbarukan. Pemerintah, baik di tingkat nasional maupun daerah, mulai mengembangkan regulasi yang mendorong pelaku industri untuk mengadopsi teknologi rendah karbon melalui pemberian insentif fiskal, subsidi riset dan pengembangan, serta penerapan standar keberlanjutan lingkungan. Hal ini mempercepat transisi dari ekonomi linear yang eksploitatif ke model ekonomi sirkular yang mengedepankan prinsip "reduce, reuse, recycle".

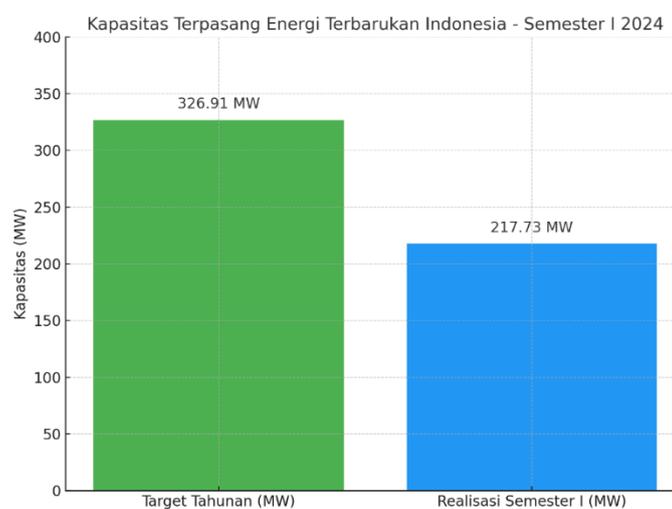
Sementara itu, konsep blue innovation berfokus pada optimalisasi sumber daya kelautan dan perairan secara berkelanjutan. Kebijakan publik dalam konteks ini diarahkan pada perlindungan ekosistem laut, pemanfaatan energi laut, bioteknologi kelautan, hingga pengelolaan limbah plastik di perairan. Inovasi biru juga mencakup upaya pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam sektor perikanan, transportasi laut, dan pariwisata bahari. Pemerintah dapat memfasilitasi ini melalui perizinan berbasis lingkungan, investasi infrastruktur pelabuhan hijau, dan kolaborasi riset dengan institusi akademik. Dorongan kebijakan terhadap penerapan teknologi hijau dan blue innovation tidak hanya berdampak pada pelestarian lingkungan, tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru. Ekonomi sirkular menjadi kerangka penting dalam menciptakan model bisnis yang lebih tangguh dan inklusif. Melalui kebijakan yang tepat, sektor swasta dapat terdorong untuk mengembangkan inovasi produk dan proses produksi yang berkelanjutan, mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku baru, dan memperluas nilai tambah dari limbah dan produk akhir yang selama ini terbuang.

Namun demikian, efektivitas kebijakan publik sangat ditentukan oleh sinergi antar pemangku kepentingan, termasuk sektor industri, lembaga penelitian, masyarakat sipil, dan komunitas lokal. Tanpa koordinasi yang baik dan pengawasan implementasi yang kuat, kebijakan hanya akan menjadi dokumen normatif tanpa dampak nyata di lapangan. Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan yang terintegrasi dan partisipatif dalam perumusan serta penerapan kebijakan terkait teknologi hijau dan blue innovation. Dengan demikian, kebijakan publik memegang peran strategis dalam mengarahkan transformasi menuju ekonomi sirkular yang berkelanjutan. Melalui dukungan regulasi, insentif inovasi, dan penguatan ekosistem kolaboratif, penerapan teknologi hijau dan blue innovation dapat menjadi motor penggerak ekonomi masa depan yang berwawasan lingkungan dan inklusif.

Perubahan iklim, degradasi lingkungan, serta ketergantungan yang tinggi terhadap sumber daya alam yang tidak terbarukan menjadi tantangan global yang tidak terhindarkan. Dalam konteks tersebut, penerapan teknologi hijau dan blue innovation muncul sebagai jawaban strategis dalam mengarahkan pembangunan menuju pola yang berkelanjutan dan berkeadilan. Namun, realitas di Indonesia menunjukkan bahwa meskipun kebijakan publik telah digulirkan dalam bentuk regulasi, insentif, dan program nasional, implementasinya

masih jauh dari harapan. Kesenjangan antara kebijakan dan praktik lapangan menjadi isu kritis yang perlu diteliti secara mendalam.

Grafik capaian energi terbarukan yang hanya mencapai 66,6% dari target nasional pada semester pertama tahun 2024 menjadi indikator nyata adanya hambatan struktural dan sistemik dalam pelaksanaan kebijakan ramah lingkungan. Rendahnya adopsi teknologi hijau di berbagai sektor menunjukkan bahwa kebijakan belum sepenuhnya mampu menggerakkan perubahan perilaku industri maupun masyarakat. Di sisi lain, pengembangan *blue innovation* atau inovasi kelautan yang sangat potensial di negara maritim seperti Indonesia masih bersifat parsial dan minim dukungan integratif dari sisi kebijakan.



Gambar 1. Target tahunan dan realisasi kapasitas terpasang energi terbarukan di Indonesia pada Semester I tahun 2024

Salah satu aspek krusial dalam mengkaji pengaruh kebijakan publik terhadap teknologi hijau dan inovasi biru adalah melihat capaian riil di lapangan. Grafik yang ditampilkan sebelumnya menggambarkan perbandingan antara target kapasitas terpasang energi terbarukan tahun 2024 sebesar 326,91 MW dan realisasi pada semester I yang baru mencapai 217,73 MW. Artinya, capaian baru berada di kisaran 66,6% dari target, yang mencerminkan bahwa implementasi kebijakan energi hijau masih menghadapi hambatan signifikan, baik dari sisi investasi, kesiapan teknologi, maupun birokrasi. Kesenjangan ini menjadi indikator bahwa meskipun kebijakan publik telah menetapkan arah yang progresif melalui berbagai strategi nasional seperti Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan regulasi insentif fiskal untuk energi baru dan terbarukan (EBT), tingkat adopsi teknologi hijau masih tertinggal dari ambisi kebijakan itu sendiri. Tantangan seperti keterbatasan pendanaan, ketergantungan pada energi fosil, dan kurangnya infrastruktur pendukung masih menjadi penghalang utama.

Kondisi ini juga berdampak langsung pada lambatnya transisi menuju ekonomi sirkular, karena sektor energi adalah salah satu pilar utama dalam keberlanjutan industri dan pengelolaan limbah. Tanpa transformasi yang signifikan di sektor energi, siklus produksi

dan konsumsi yang berkelanjutan sulit tercapai. Oleh karena itu, kebijakan publik perlu diarahkan tidak hanya pada regulasi normatif, tetapi juga pada langkah-langkah implementatif yang menyentuh level industri dan masyarakat secara langsung. Dari sisi blue innovation, kendala serupa juga terlihat. Meski inisiatif dan program akselerasi telah digalakkan, implementasinya belum menjangkau skala luas di sektor kelautan Indonesia yang sangat potensial. Keterbatasan investasi riset, kurangnya integrasi antara sektor maritim dan teknologi, serta minimnya dukungan kebijakan yang berpihak pada inovasi kelautan berkelanjutan menyebabkan kontribusi blue innovation terhadap ekonomi sirkular masih minim. Padahal, potensi ekonomi biru Indonesia sangat besar, mengingat Indonesia memiliki lebih dari dua pertiga wilayahnya berupa laut.

Dengan demikian, grafik realisasi energi terbarukan tersebut menjadi refleksi nyata dari kesenjangan antara kebijakan dan pelaksanaan, dan sekaligus menjadi alarm penting bagi pemerintah dan pemangku kepentingan untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan yang telah dibuat. Tanpa upaya konkret untuk mempercepat penerapan teknologi hijau dan inovasi biru, mimpi membangun ekonomi sirkular yang tangguh dan berkelanjutan akan sulit tercapai. Dalam kerangka pembangunan ekonomi sirkular, teknologi hijau dan inovasi biru bukan hanya sekadar alat bantu, tetapi merupakan fondasi utama dalam membentuk sistem produksi dan konsumsi yang regeneratif, minim limbah, dan efisien sumber daya. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat urgen untuk: Mengevaluasi efektivitas kebijakan publik yang telah diterapkan, baik di tingkat nasional maupun daerah. Mengidentifikasi hambatan dan celah implementasi di lapangan yang menghambat penetrasi teknologi hijau dan blue innovation. Memberikan masukan strategis bagi pembuat kebijakan, pelaku industri, dan komunitas inovasi agar pendekatan yang digunakan lebih adaptif dan kontekstual terhadap kebutuhan lokal. Memperkuat peran Indonesia dalam agenda global pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-9 (industri, inovasi, dan infrastruktur), ke-12 (konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab), dan ke-13 (penanganan perubahan iklim).

Saat ini, dunia sedang menghadapi tekanan multidimensi yang mengharuskan perubahan paradigma pembangunan, yaitu dari model ekonomi linear yang berfokus pada produksi, konsumsi, dan pembuangan menuju ekonomi sirkular yang menekankan efisiensi sumber daya, daur ulang, serta keberlanjutan jangka panjang. Dalam kerangka ini, teknologi hijau (green technology) dan inovasi biru (blue innovation) menjadi pilar utama transformasi menuju sistem ekonomi yang lebih regeneratif, khususnya dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, krisis energi, dan pencemaran lingkungan. Di Indonesia, urgensi pergeseran ini semakin nyata. Negara ini tengah berada dalam transisi penting menuju pembangunan rendah karbon, yang ditandai dengan berbagai kebijakan publik seperti Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Peraturan Presiden tentang Nilai Ekonomi Karbon, serta komitmen Net Zero Emission (NZE) pada 2060. Namun, meskipun terdapat payung kebijakan yang mendukung, implementasi teknologi hijau dan inovasi kelautan berkelanjutan masih terhambat oleh berbagai faktor, seperti birokrasi yang lamban, minimnya insentif konkret, serta kurangnya kolaborasi lintas sektor.

Sebagai contoh, hingga semester I tahun 2024, realisasi kapasitas energi terbarukan baru mencapai 217,73 MW dari target tahunan 326,91 MW, mencerminkan keterlambatan dalam adopsi energi bersih. Di sisi lain, sektor kelautan dan perikanan Indonesia yang merupakan tulang punggung ekonomi biru masih belum sepenuhnya terintegrasi dengan pendekatan *blue innovation* seperti bioekonomi laut, energi arus laut, atau bioteknologi perairan, padahal negara ini memiliki 2/3 wilayah berupa laut. Relevansi topik ini juga diperkuat dengan tren global yang menempatkan kebijakan sebagai katalisator utama perubahan teknologi dan inovasi. Di negara-negara seperti Belanda, Korea Selatan, dan Denmark, sinergi kuat antara kebijakan fiskal, regulasi lingkungan, dan investasi pada teknologi ramah lingkungan terbukti mampu mempercepat adopsi ekonomi sirkular secara sistemik.

Dalam konteks ekonomi global yang terus berkembang menuju arah keberlanjutan, penerapan teknologi hijau (*green technology*) dan inovasi biru (*blue innovation*) telah menjadi agenda prioritas dalam mendorong transformasi ekonomi yang ramah lingkungan. Namun demikian, keberhasilan dari penerapan teknologi ini tidak hanya bergantung pada kemajuan teknis dan kesiapan industri, tetapi juga sangat ditentukan oleh arah dan kualitas kebijakan publik yang mendukung ekosistem keberlanjutan secara menyeluruh. Penelitian ini relevan dengan berbagai studi terdahulu yang menunjukkan bahwa aspek kebijakan dan manajerial menjadi faktor krusial dalam transisi menuju ekonomi hijau dan sirkular. Misalnya, penelitian Rajagukguk, Arifin, dan Harahap (2023) dalam studi mereka "*Analysis of the Influence of the Green HR on Employee Job Satisfaction in Eco-Friendly Hotels in Lake Toba*" menekankan bahwa keberhasilan penerapan green human resource management di sektor perhotelan sangat ditentukan oleh komitmen manajerial dan dukungan struktural organisasi yang notabene sangat dipengaruhi oleh kerangka kebijakan dan regulasi yang diberlakukan. Dengan demikian, kebijakan publik di sektor pariwisata ramah lingkungan dapat memperkuat adopsi prinsip SDM hijau yang tidak hanya meningkatkan kepuasan kerja, tetapi juga berkontribusi terhadap pencapaian tujuan lingkungan perusahaan.

Selanjutnya, dalam penelitian Arifin, Harahap, dan Rajagukguk (2023) tentang "*The Impact of Green Marketing Techniques on Consumer Purchasing Decisions in Organic Products Companies in North Sumatra*", ditemukan bahwa keberhasilan strategi pemasaran hijau dalam mempengaruhi keputusan konsumen bergantung pada persepsi kualitas produk dan pendekatan edukatif terhadap konsumen. Dalam konteks ini, kebijakan publik yang mendorong pelabelan, edukasi konsumen, serta sertifikasi produk hijau memiliki peran strategis dalam memperkuat persepsi positif terhadap produk berkelanjutan dan memperluas pasar hijau. Dalam dimensi pembiayaan, Harahap, Rajagukguk, dan Arifin (2023) dalam studi "*The Role of Green Financing in Encouraging the Green Economy in MSMEs in North Sumatra*" mengungkap bahwa akses terhadap pembiayaan hijau sangat menentukan kemampuan UMKM untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan. Ini menunjukkan urgensi kebijakan fiskal dan perbankan yang mendukung program green financing, sebagai instrumen penguat penerapan teknologi hijau pada sektor riil.

Lebih lanjut, dalam penelitian mereka tentang "*Implementation of Green HR Practices to Reduce Carbon Traces in Industry*", para peneliti menyoroti bahwa penerapan praktik

SDM hijau berkontribusi langsung dalam pengurangan jejak karbon perusahaan. Hal ini memperkuat argumen bahwa kebijakan publik yang mengatur pelaporan emisi karbon, insentif untuk perusahaan ramah lingkungan, serta audit lingkungan, akan meningkatkan kesadaran dan penerapan prinsip hijau di sektor industri. Terakhir, relevansi juga dapat dilihat dari kajian Harahap (2023) dalam *"Implementation of the Green Economy Concept on Improving Revenue with Digital Literacy as Mediation in MSMEs"*, yang menggarisbawahi pentingnya transformasi digital dalam memperkuat implementasi ekonomi hijau, khususnya di sektor UMKM. Di sinilah letak urgensi kebijakan yang berpihak pada peningkatan literasi digital berbasis lingkungan sebagai landasan pemberdayaan ekonomi lokal yang berkelanjutan.

Berdasarkan temuan-temuan di atas, jelas bahwa kebijakan publik bukan hanya bertindak sebagai pendukung teknis, tetapi juga sebagai arsitek perubahan perilaku, struktur pasar, dan insentif ekonomi dalam mendukung ekosistem teknologi hijau dan inovasi biru. Tanpa kerangka kebijakan yang progresif, sistemik, dan adaptif, berbagai inisiatif hijau—baik di sektor pariwisata, industri, maupun UMKM—akan berjalan terfragmentasi dan tidak optimal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam menjawab pertanyaan penting: sejauh mana kebijakan publik mampu memfasilitasi integrasi teknologi hijau dan inovasi biru dalam kerangka ekonomi sirkular, serta bagaimana efektivitasnya di berbagai sektor? Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memperkuat hasil-hasil studi sebelumnya sekaligus memberikan rekomendasi yang lebih holistik dan aplikatif bagi pembuat kebijakan, pelaku usaha, dan masyarakat luas.

TINJAUAN PUSTAKA

Kebijakan Publik dan Teknologi Hijau

Kebijakan publik merupakan instrumen penting dalam mendorong inovasi teknologi, terutama dalam konteks keberlanjutan dan ekonomi sirkular. Menurut Smith et al. (2019), kebijakan publik yang efektif dapat mengarahkan investasi dan penelitian dalam pengembangan teknologi hijau yang ramah lingkungan, sekaligus mempercepat adopsi teknologi tersebut di sektor industri dan masyarakat. Selanjutnya, Jørgensen dan Sørensen (2020) menegaskan bahwa kebijakan berbasis insentif dan regulasi ketat terkait emisi karbon menjadi pendorong utama transformasi teknologi hijau yang dapat mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya.

Blue Innovation dalam Konteks Ekonomi Sirkular

Blue Innovation mengacu pada inovasi yang berfokus pada pemanfaatan sumber daya laut secara berkelanjutan melalui teknologi dan praktik inovatif. Khan et al. (2021) mengemukakan bahwa pengembangan blue innovation merupakan langkah strategis dalam mencapai tujuan ekonomi sirkular di sektor kelautan, dengan menitikberatkan pada pemanfaatan ulang sumber daya, pengurangan limbah, dan pemulihan ekosistem laut. Selain itu, Martinez-Alier et al. (2018) menyatakan bahwa integrasi kebijakan publik yang mendukung blue innovation sangat penting untuk memastikan keseimbangan antara eksploitasi dan konservasi sumber daya laut.

Ekonomi Sirkular dan Peran Teknologi Hijau serta Blue Innovation

Ekonomi sirkular menekankan pada prinsip pengurangan limbah, penggunaan kembali, dan daur ulang sumber daya secara berkelanjutan. Geissdoerfer et al. (2018) menjelaskan bahwa teknologi hijau dan blue innovation adalah kunci dalam merealisasikan model ekonomi sirkular dengan meminimalkan jejak lingkungan dan meningkatkan nilai tambah produk serta jasa melalui siklus hidup yang lebih panjang dan berkelanjutan. Kebijakan publik yang adaptif dan integratif berperan sebagai fasilitator utama dalam mendukung inovasi tersebut agar dapat diterapkan secara luas dan efektif di berbagai sektor ekonomi (Lacy & Rutqvist, 2020).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu pendekatan yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik untuk menguji hipotesis atau hubungan antar variabel secara statistik. Menurut Creswell dan Creswell (2018), penelitian kuantitatif bersifat objektif dan sistematis, serta memungkinkan generalisasi hasil dari sampel ke populasi yang lebih luas. Pendekatan ini sesuai untuk penelitian yang bertujuan menguji teori dan model yang sudah ada melalui data empiris.

Jenis penelitian yang digunakan adalah survei kuantitatif, yaitu pengumpulan data melalui instrumen kuesioner yang terstruktur untuk mendapatkan informasi dari responden secara sistematis. Survei ini dipilih karena memungkinkan pengumpulan data dalam jumlah besar dan analisis hubungan antar variabel menggunakan teknik statistik lanjutan, seperti Structural Equation Modeling (SEM) berbasis Partial Least Squares (PLS). Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, yaitu memilih responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Ukuran sampel mengacu pada aturan PLS-SEM yang menyarankan jumlah minimal sampel adalah 10 kali jumlah indikator variabel konstruk terbesar dalam model (Hair et al., 2019). Dengan demikian, sampel yang diambil dipastikan cukup untuk validitas dan reliabilitas analisis.

Instrumen penelitian berupa kuesioner tertutup yang dirancang dengan skala Likert 1–5 untuk mengukur variabel penelitian. Setiap variabel terdiri dari beberapa indikator yang sudah diuji validitas dan reliabilitasnya secara empiris berdasarkan kajian literatur. Validitas dan reliabilitas instrumen diuji kembali menggunakan SmartPLS melalui analisis model pengukuran dengan parameter loading factor, composite reliability, dan average variance extracted (Hair et al., 2019).

Data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner kepada responden secara langsung atau daring. Teknik ini memungkinkan pengumpulan data yang efisien dan terstandarisasi sehingga memudahkan proses pengolahan dan analisis data.

Analisis data dilakukan menggunakan Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) dengan software SmartPLS versi terbaru. PLS-SEM dipilih karena keunggulannya dalam menguji model kausalitas yang kompleks, mampu bekerja dengan data yang tidak harus berdistribusi normal, serta efektif untuk ukuran sampel yang kecil hingga sedang (Hair et al., 2019; Henseler et al., 2018).

Pengujian model pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa indikator-indikator pada setiap konstruk valid dan reliabel mengukur variabel laten yang dimaksud. Pengujian meliputi:

- Convergent Validity: nilai loading factor setiap indikator harus $> 0,7$ dan AVE $> 0,5$
- Composite Reliability (CR): nilai CR harus $> 0,7$ untuk menunjukkan reliabilitas konstruk
- Discriminant Validity: diuji menggunakan Fornell-Larcker criterion dan Heterotrait-Monotrait ratio (HTMT), dimana nilai HTMT harus $< 0,9$ (Hair et al., 2019).

Pengujian model struktural bertujuan untuk menguji hipotesis dan hubungan antar variabel. Analisis dilakukan dengan melihat:

- Path Coefficient: kekuatan pengaruh antar konstruk
- Signifikansi Path Coefficient: diuji menggunakan bootstrapping untuk mendapatkan nilai t-statistics; nilai $t > 1,96$ menunjukkan pengaruh signifikan pada tingkat kepercayaan 95%
- R-square: untuk mengetahui besarnya varians variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model (Henseler et al., 2018).

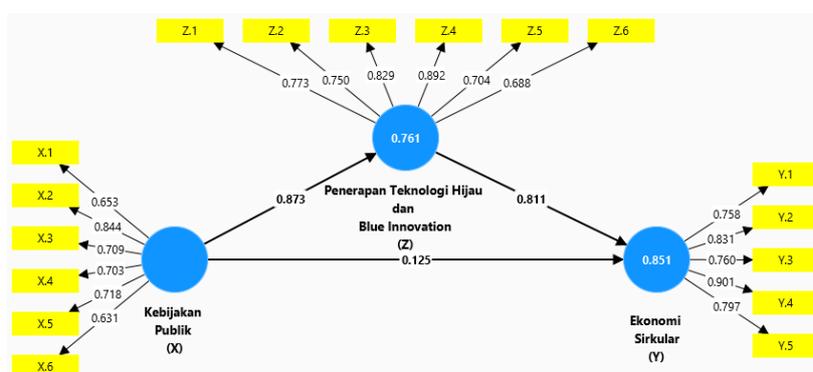
Langkah-langkah analisis meliputi:

- Memasukkan data hasil survei ke dalam software SmartPLS
- Melakukan evaluasi dan perbaikan model pengukuran berdasarkan hasil validitas dan reliabilitas
- Melakukan bootstrapping untuk menguji signifikansi hubungan antar variabel dalam model struktural
- Menafsirkan hasil output untuk menjawab pertanyaan penelitian dan pengujian hipotesis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*)

Model pengukuran (*outer model*) yaitu analisis faktor konfirmatori atau *confirmatory factor analysis* (CFA) dengan menguji validitas dan reliabilitas konstruk laten. Berikut merupakan hasil evaluasi *outer model* pada penelitian ini.



Gambar 2. *Outer Model*

Convergent Validity

Convergent validity dari model pengukuran dengan model reflektif indikator dinilai berdasarkan korelasi antara *item score/component score* dengan *construct score* yang

dihitung dengan PLS. Berikut hasil pengujian model pengukuran *convergent validity* menggunakan *loading factor* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Instrumen Menggunakan *Loading Factor*

	Ekonomi _Sirkular_(Y)	Kebijakan_Publik _(X)	Penerapan Teknologi Hijau _dan_ Blue Innovation_(Z)
X.1		0.753	
X.2		0.844	
X.3		0.709	
X.4		0.703	
X.5		0.718	
X.6		0.831	
Y.1	0.758		
Y.2	0.831		
Y.3	0.760		
Y.4	0.901		
Y.5	0.797		
Z.1			0.773
Z.2			0.750
Z.3			0.829
Z.4			0.892
Z.5			0.704
Z.6			0.788

Sumber: Data primer diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 1 diatas dapat diketahui seluruh nilai *loading factor* telah melewati batas 0,7 sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa masing-masing indikator pada penelitian ini adalah valid. Oleh karena itu, indikator-indikator tersebut dapat digunakan untuk mengukur variabel penelitian.

Uji Reliabilitas

Suatu instrumen dapat dikatakan reliabel dengan melihat nilai dari *Average Variance Extracted* lebih dari 0,5, *Cronbach Alpha* lebih dari 0,6 dan *Composite Reliability* lebih dari 0,7. Berikut hasil perhitungan reliabilitas melalui *Average Variance Extracted* (AVE), *Cronbach Alpha* dan *Composite Reliability* dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2. Perhitungan AVE, *Cronbach Alpha*, dan *Composite Reliability*

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)
Kebijakan_Publik _(X)	0.864	0.866	0.860	0.508

Penerapan Teknologi Hijau _dan_ Blue Innovation_(Z)	0.899	0.905	0.900	0.602
Ekonomi _Sirkular_(Y)	0.905	0.909	0.905	0.658

Sumber: Data primer diolah (2025)

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengukur konsistensi internal dari instrumen penelitian yang digunakan. Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengujian reliabilitas adalah Cronbach's Alpha. Nilai Cronbach's Alpha yang lebih besar dari 0,70 menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi, artinya item-item pertanyaan dalam variabel tersebut secara konsisten mengukur konsep yang dimaksud.

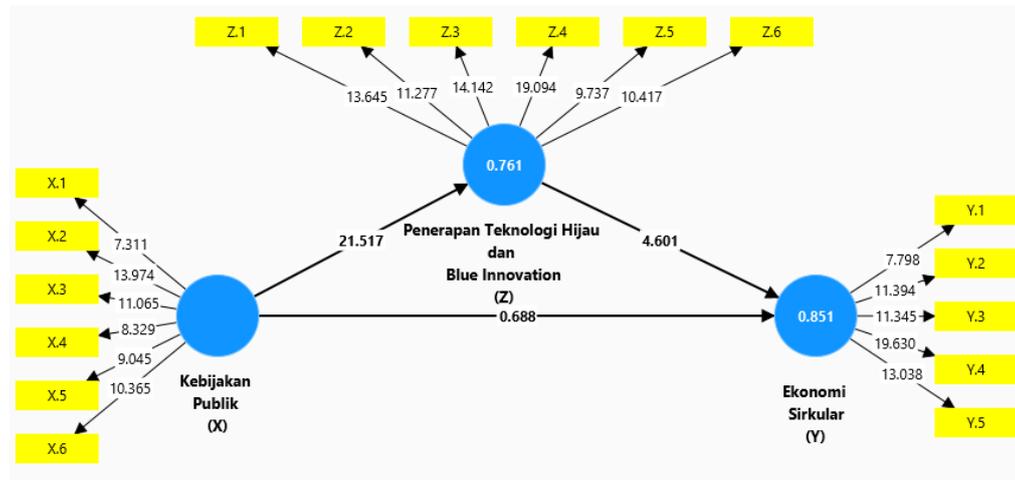
Berdasarkan hasil pengujian:

- a) Variabel Kebijakan Publik (X) memiliki nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.864. Nilai ini menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan untuk mengukur variabel kebijakan publik berada pada kategori sangat reliabel. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh item pernyataan yang menyusun variabel ini memiliki konsistensi internal yang kuat dalam merepresentasikan kebijakan publik.
- b) Variabel Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) memperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.899. Angka ini juga berada dalam kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa seluruh indikator pada variabel ini saling berkorelasi secara konsisten. Ini mengindikasikan bahwa responden memahami secara seragam item-item dalam variabel teknologi hijau dan inovasi biru yang diukur.
- c) Variabel Ekonomi Sirkular (Y) menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.905, yang merupakan nilai tertinggi di antara ketiga variabel. Nilai ini menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen untuk variabel ekonomi sirkular berada pada kategori sangat tinggi, dan dapat disimpulkan bahwa instrumen tersebut sangat andal dalam mengukur persepsi responden terhadap konsep ekonomi sirkular.

Secara keseluruhan, ketiga variabel dalam penelitian ini memiliki nilai Cronbach's Alpha di atas 0,8, yang berarti bahwa instrumen yang digunakan tergolong sangat reliabel. Oleh karena itu, instrumen yang disusun telah memenuhi syarat reliabilitas dan dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut.

Evaluasi Model Struktural (*Inner Model*)

Evaluasi *inner model* dapat dilihat dari beberapa indikator yang meliputi koefisien determinasi (R^2), *Predictive Relevance* (Q^2) dan *Goodnes of Fit Index* (GoF) (Hussein, 2015). Hasil model structural yang ditampilkan oleh Smart PLS 3.0 pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Model Struktural (*Inner Model*)

Hasil R² (R-square)

Dalam menilai model dengan PLS dimulai dengan melihat *R-square* untuk setiap variabel laten dependen. Hasil perhitungan r² pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Korelasi (r²)

	R-square	R-square adjusted
Ekonomi_Sirkular_(Y)	0.851	0.847
Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation_(Z)	0.761	0.759

Sumber: Data primer diolah (2025)

Dalam penelitian kuantitatif, nilai Adjusted R-Square (R² adjusted) digunakan untuk mengetahui sejauh mana variabel independen mampu menjelaskan variabel dependen. Nilai ini merupakan penyesuaian dari R-Square yang telah dikoreksi berdasarkan jumlah variabel bebas dalam model, sehingga lebih akurat untuk digunakan dalam model yang kompleks atau melibatkan lebih dari satu variabel independen.

Berdasarkan hasil analisis data:

- Variabel Ekonomi Sirkular (Y) memiliki nilai Adjusted R-Square sebesar 0.847. Hal ini menunjukkan bahwa 84,7% variasi pada Ekonomi Sirkular (Y) dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen dalam model, yaitu Kebijakan Publik (X) dan Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z). Sementara itu, sisanya sebesar 15,3% dijelaskan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini. Nilai ini mencerminkan bahwa model memiliki kekuatan penjelas yang sangat tinggi, serta bahwa hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat bersifat signifikan dan substansial.
- Variabel Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) memiliki nilai Adjusted R-Square sebesar 0.759. Ini berarti bahwa 75,9% variasi pada variabel Z dapat dijelaskan oleh variabel Kebijakan Publik (X), sedangkan 24,1% sisanya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain di luar model. Nilai ini juga mengindikasikan hubungan yang kuat dan signifikan, menandakan bahwa kebijakan publik memiliki pengaruh yang besar terhadap

penerapan teknologi hijau dan inovasi biru.

Secara umum, kedua nilai Adjusted R-Square yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa model penelitian memiliki daya prediktif yang sangat baik. Artinya, hubungan antar variabel dalam penelitian ini cukup kuat dan model yang dibangun mampu menjelaskan fenomena yang diteliti secara komprehensif.

Goodness of Fit Model

Goodness of Fit (GoF) dalam pendekatan Partial Least Squares (PLS) digunakan untuk menilai sejauh mana kesesuaian model secara keseluruhan serta kontribusi variabel eksogen dalam menjelaskan variabel endogen. Salah satu cara untuk mengukur GoF dalam PLS adalah dengan menggunakan Q-square predictive relevance (Q^2). Nilai Q^2 ini menunjukkan kemampuan prediktif model terhadap data observasi, dan dihitung berdasarkan nilai R-square dari variabel endogen dalam model struktural.

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil sebagai berikut:

- a) R-square variabel Ekonomi Sirkular (Y) = 0.851
- b) R-square variabel Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) = 0.761

Berdasarkan kedua nilai tersebut, dapat dihitung Q-square total (GoF model) dengan rumus:

$$Q^2 = 1 - (1 - RY^2) \times (1 - RZ^2)$$

$$Q^2 = 1 - (1 - 0.851) \times (1 - 0.761)$$

$$Q^2 = 1 - (0.149 \times 0.239) = 1 - 0.0356 = 0.964$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai Q-square sebesar 0.964, yang mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang sangat tinggi. Artinya, variabel eksogen dalam penelitian ini, yaitu Kebijakan Publik, mampu memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation, serta Ekonomi Sirkular sebagai variabel endogen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Goodness of Fit Model dalam penelitian ini tergolong sangat baik, dan model yang dibangun dapat diandalkan untuk menjelaskan fenomena yang diteliti secara komprehensif dan prediktif.

Pengujian Hipotesis

Berdasarkan hasil dari *outer model* yang dilakukan, seluruh hipotesis yang diujikan telah memenuhi persyaratan, sehingga dapat digunakan sebagai model analisis dalam penelitian ini. Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan alpha 5% yang berarti apabila nilai t-statistik $\geq 2,048$ atau nilai probabilitas \leq *level of significance* ($\alpha = 5\%$).

Tabel 4. Path Coefficients

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (O/STDEV)	P values
Kebijakan_Publik_(X) -> Ekonomi_Sirkular_(Y)	0.833	0.830	0.054	15.505	0.000

Kebijakan_Publik_(X) -> Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation_(Z)	0.873	0.874	0.041	21.517	0.000
Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation_(Z) -> Ekonomi_Sirkular_(Y)	0.811	0.816	0.176	4.601	0.000

Sumber: Data primer diolah (2025)

Path coefficients merupakan indikator penting dalam model struktural Partial Least Squares (PLS) yang menggambarkan besarnya pengaruh langsung antar variabel dalam model. Untuk menilai signifikansi pengaruh tersebut, digunakan nilai T-statistics dan P-values. Suatu hubungan dianggap signifikan secara statistik apabila nilai T-statistics lebih besar dari 1,96 (untuk $\alpha = 0,05$) dan nilai P-values $< 0,05$.

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pengaruh Kebijakan Publik (X) terhadap Ekonomi Sirkular (Y)

Nilai T-statistics = 15.505, P-value = 0.000

Hasil ini menunjukkan bahwa Kebijakan Publik berpengaruh positif dan signifikan terhadap Ekonomi Sirkular. Artinya, semakin baik dan konsisten kebijakan publik yang diterapkan, maka semakin tinggi pula pencapaian dalam pengembangan ekonomi sirkular. Nilai T yang sangat tinggi menunjukkan bahwa hubungan ini sangat kuat dan tidak terjadi secara kebetulan.

Berdasarkan hasil analisis model struktural menggunakan pendekatan PLS, diperoleh nilai T-statistics sebesar 15.505 dan P-value sebesar 0.000 untuk hubungan antara Kebijakan Publik (X) terhadap Ekonomi Sirkular (Y). Nilai ini mengindikasikan bahwa pengaruh kebijakan publik terhadap pengembangan ekonomi sirkular adalah positif dan signifikan secara statistik. Artinya, semakin baik kualitas dan implementasi kebijakan public terutama yang bersifat ekologis dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan maka semakin besar pula kontribusinya dalam mendorong transformasi ekonomi menuju sistem yang sirkular.

Hasil ini sejalan dengan temuan dari Geissdoerfer et al. (2017) yang menekankan bahwa keberhasilan ekonomi sirkular sangat tergantung pada kerangka kebijakan yang mendukung pengurangan limbah, efisiensi sumber daya, dan insentif terhadap inovasi hijau. Dalam kerangka ekonomi sirkular, peran negara menjadi penting sebagai pengatur dan fasilitator dalam menciptakan lingkungan regulasi yang memungkinkan sektor swasta dan masyarakat menerapkan prinsip sirkularitas.

Lebih lanjut, Rizos et al. (2016) juga menunjukkan bahwa kebijakan publik yang dirancang secara tepat mampu menghilangkan hambatan struktural dalam implementasi ekonomi sirkular, seperti kurangnya insentif fiskal, kesulitan akses teknologi daur ulang, hingga lemahnya literasi ekologi masyarakat. Dalam konteks ini, intervensi kebijakan memainkan peran kunci sebagai pendorong transisi dari ekonomi linear menuju sistem ekonomi yang regeneratif dan berkelanjutan.

Hasil penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa kebijakan publik bukan hanya instrumen administratif, melainkan sebagai katalisator perubahan ekonomi berbasis keberlanjutan. Dalam konteks Indonesia, terutama dengan semakin banyaknya inisiatif hijau dan komitmen pada pengurangan emisi karbon, maka desain kebijakan publik yang konsisten dan visioner menjadi semakin penting dalam mendorong penerapan ekonomi sirkular.

2. Pengaruh Kebijakan Publik (X) terhadap Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z)

Nilai T-statistics = 21.517, P-value = 0.000

Ini menunjukkan bahwa Kebijakan Publik juga memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap penerapan teknologi hijau dan inovasi biru. Hasil ini mengindikasikan bahwa arah dan isi kebijakan publik sangat menentukan sejauh mana teknologi hijau dan inovasi biru dapat diimplementasikan secara efektif. Nilai T yang sangat besar memperkuat keyakinan bahwa pengaruh ini sangat dominan dalam model.

Hasil analisis model struktural menunjukkan bahwa pengaruh Kebijakan Publik (X) terhadap Penerapan Teknologi Hijau dan Inovasi Biru (Z) menghasilkan nilai T-statistics sebesar 21.517 dan P-value sebesar 0.000. Nilai ini secara statistik sangat signifikan, yang berarti bahwa kebijakan publik memberikan pengaruh positif yang kuat terhadap implementasi teknologi hijau dan inovasi biru. Artinya, semakin jelas arah kebijakan dan semakin kuat komitmen pemerintah terhadap isu lingkungan dan keberlanjutan, maka semakin besar pula peluang keberhasilan penerapan inovasi berbasis ekologi dan maritim ini.

Temuan ini sejalan dengan hasil studi Sarkis, Zhu, & Lai (2011) yang menunjukkan bahwa dorongan regulasi dan dukungan kebijakan pemerintah merupakan faktor eksternal paling dominan yang memengaruhi adopsi green technologies dalam rantai pasok industri. Kebijakan seperti insentif pajak hijau, standar emisi, hingga pembiayaan riset berperan besar dalam memfasilitasi adopsi teknologi rendah karbon dan efisiensi energi.

Lebih lanjut, menurut Weng, Chen, & Chen (2015), kebijakan pemerintah yang pro-lingkungan dapat menciptakan iklim yang kondusif bagi inovasi, termasuk dalam pengembangan blue innovation seperti konservasi sumber daya kelautan, penggunaan energi terbarukan laut, dan teknologi pengolahan limbah laut. Inovasi biru merupakan bagian penting dari pembangunan berkelanjutan yang tidak hanya menyentuh aspek lingkungan, tetapi juga ketahanan ekonomi wilayah pesisir dan maritim.

Dalam konteks Indonesia yang memiliki wilayah laut yang sangat luas, kebijakan pemerintah seperti strategi ekonomi biru, pembangunan industri hijau, dan peta jalan net-zero emission menjadi sangat strategis dalam mendorong transformasi menuju ekonomi yang berbasis inovasi hijau dan biru. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kebijakan publik yang terarah dan progresif menjadi katalis utama dalam percepatan implementasi teknologi hijau dan blue innovation di sektor publik maupun swasta.

3. Pengaruh Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) terhadap Ekonomi Sirkular (Y)

Nilai T-statistics = 4.601, P-value = 0.000

Hasil ini juga signifikan, yang menunjukkan bahwa semakin optimal penerapan teknologi hijau dan inovasi biru, maka semakin baik pula pencapaian dalam sistem ekonomi sirkular. Pengaruh ini menjelaskan bahwa inovasi berkelanjutan menjadi penghubung yang penting antara kebijakan dan hasil ekonomi yang berorientasi pada keberlanjutan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Ekonomi Sirkular (Y) dengan nilai T-statistics sebesar 4.601 dan P-value sebesar 0.000. Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin optimal penerapan teknologi hijau dan inovasi biru dalam suatu sistem ekonomi atau industri, maka semakin tinggi pula efektivitas pencapaian ekonomi sirkular.

Secara substansial, temuan ini menunjukkan bahwa teknologi hijau dan inovasi biru bukan hanya instrumen teknis, tetapi juga merupakan motor penggerak utama dalam menciptakan sistem ekonomi yang minim limbah, efisien sumber daya, dan berkelanjutan. Teknologi hijau memungkinkan proses produksi dan konsumsi berjalan dengan lebih ramah lingkungan, sedangkan inovasi biru memperluas ranah inovasi ke sektor kelautan dan pesisir yang selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal dalam strategi keberlanjutan.

Penelitian ini sejalan dengan hasil studi Geissdoerfer et al. (2017) yang menjelaskan bahwa circular economy (ekonomi sirkular) hanya dapat terwujud secara efektif jika didukung oleh inovasi teknologi yang mampu memfasilitasi daur ulang, penggunaan ulang, dan perpanjangan umur produk. Teknologi hijau memainkan peran penting dalam mengubah model linier tradisional menjadi model siklus tertutup.

Selain itu, Bocken et al. (2016) menyatakan bahwa integrasi antara pendekatan inovasi berkelanjutan dan desain model bisnis sirkular sangat tergantung pada kesiapan teknologi serta kemampuan organisasi dalam mengadopsi prinsip-prinsip ekologis. Dalam konteks blue innovation, Pauli (2010) menekankan pentingnya memanfaatkan ekosistem laut dan sumber daya biru secara efisien sebagai bagian dari ekonomi regeneratif. Dengan demikian, temuan ini memperkuat argumen bahwa teknologi hijau dan blue innovation tidak hanya menjadi bagian dari respons terhadap kebijakan publik, tetapi juga menjadi penentu keberhasilan dalam mencapai transformasi ekonomi yang berorientasi pada keberlanjutan jangka panjang.

Pengujian Pengaruh Tidak Langsung

Uji pengaruh tidak langsung dilakukan dengan cara menguji kekuatan pengaruh tidak langsung variabel independen (variabel X) ke variabel dependen (variabel Y) melalui variabel intervening (variabel Z) dengan syarat nilai t-statistik > 1,96. Pengaruh tidak langsung dapat dinyatakan signifikan jika kedua pengaruh langsung yang membentuknya adalah signifikan. Hasil uji ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 5. Indirect Effect

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (O/STDEV)	P values
Kebijakan Publik (X) -> Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z) -> Ekonomi Sirkular (Y)	0.708	0.713	0.165	4.284	0.000

Sumber: Data primer diolah (2024)

Berdasarkan hasil analisis jalur tidak langsung, diketahui bahwa variabel Kebijakan Publik (X) berpengaruh signifikan terhadap Ekonomi Sirkular (Y) melalui variabel mediasi Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation (Z), dengan nilai T-statistics sebesar 4.284 dan P-value sebesar 0.000. Nilai ini secara statistik menunjukkan adanya pengaruh mediasi yang kuat dan signifikan, yang berarti bahwa kebijakan publik tidak hanya berperan langsung terhadap ekonomi sirkular, tetapi juga memengaruhi ekonomi sirkular secara tidak langsung melalui fasilitasi dan akselerasi adopsi teknologi berkelanjutan.

Temuan ini menunjukkan bahwa peran kebijakan publik menjadi lebih efektif ketika didukung oleh perangkat teknologi dan inovasi, khususnya yang berfokus pada efisiensi energi, daur ulang, pengurangan limbah, dan pemanfaatan sumber daya laut (blue innovation). Tanpa adanya dukungan teknologi dan inovasi, kebijakan sering kali hanya bersifat normatif dan tidak mampu menciptakan perubahan yang substansial di lapangan. Hasil ini didukung oleh penelitian D'Amato et al. (2017) yang menekankan bahwa keberhasilan implementasi ekonomi sirkular sangat bergantung pada dukungan kebijakan strategis yang bersinergi dengan inovasi teknologi ramah lingkungan. Kebijakan yang memfasilitasi riset, pengembangan, dan penerapan teknologi hijau akan meningkatkan efektivitas sistem produksi dan konsumsi sirkular.

Selanjutnya, Zhu & Sarkis (2007) juga menekankan bahwa kebijakan lingkungan pemerintah memiliki pengaruh signifikan terhadap keputusan perusahaan untuk mengadopsi inovasi teknologi hijau, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan kinerja lingkungan dan ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa peran kebijakan sebagai enabler (pendorong) sangat penting dalam mendorong ekosistem inovasi menuju arah yang berkelanjutan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kebijakan publik memberikan kontribusi ganda terhadap pengembangan ekonomi sirkular: secara langsung melalui regulasi dan insentif, serta secara tidak langsung melalui peningkatan kapasitas teknologi hijau dan blue innovation yang berperan sebagai jembatan antara kebijakan dan hasil ekonomi berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kebijakan publik memainkan peran yang signifikan dalam mendorong tercapainya sistem ekonomi sirkular yang berkelanjutan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa kebijakan publik tidak hanya berpengaruh langsung terhadap ekonomi sirkular, tetapi juga memiliki pengaruh tidak langsung melalui peran mediasi penerapan teknologi hijau dan inovasi biru. Penerapan teknologi hijau dan blue innovation terbukti berkontribusi signifikan dalam memperkuat dampak kebijakan publik terhadap ekonomi sirkular.

Nilai R-square sebesar 0,851 untuk variabel ekonomi sirkular menunjukkan bahwa model ini memiliki kekuatan prediktif yang sangat kuat. Demikian juga, nilai Cronbach's Alpha pada seluruh variabel menunjukkan reliabilitas yang tinggi, serta nilai T-statistics dan P-value pada semua jalur pengaruh berada dalam kategori signifikan. Ini mengindikasikan bahwa model penelitian ini valid dan dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam perumusan kebijakan pembangunan berkelanjutan.

1. Bagi Pembuat Kebijakan: Diperlukan perumusan kebijakan yang lebih strategis dan terintegrasi dengan agenda teknologi hijau dan blue innovation, agar kebijakan tidak bersifat normatif tetapi juga mampu menghasilkan dampak nyata dalam transformasi ekonomi.
2. Bagi Praktisi dan Industri: Diharapkan untuk lebih aktif mengadopsi dan mengembangkan teknologi ramah lingkungan sebagai bentuk kontribusi terhadap implementasi ekonomi sirkular yang berkelanjutan.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya: Disarankan untuk mengkaji variabel lain yang mungkin berperan sebagai moderator atau mediasi, seperti budaya organisasi, insentif fiskal, atau perilaku konsumen hijau, guna memperkaya perspektif dan memperluas model.

DAFTAR PUSTAKA

- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., ... & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
- de Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. *Ecological Economics*, 145, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>
- Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk, Indra Welly Arifin, Hastuti Handayani Harahap, 2025. Analysis of the Influence of Green HR on Employee Job Satisfaction in Eco-Friendly Hotels in Lake Toba with Work Environment as an Intervening Variable. *International Journal of Economics, Management and Accounting (IJEMA)*.
- Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk, Hastuti Handayani Harahap, Indra Welly Arifin. 2024. Implementasi Green Human Resource Practices dan Metode Menerapkan Praktik

- SDM Hijau untuk Mengurangi Jejak Karbon dalam Industri. *Economic Development Progress*.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2018). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Hastuti Handayani Harahap, 2023. Examining the Effect of Job Description on Employee Performance at PT. Karya Hevea, Indonesia: A Mediating Role of Compensation. <https://ejournals.scieglobal-academia.com/index.php/gjbesd/article/view/5>. *Global Journal of Business, economics & Social Development*.
- Hastuti Handayani Harahap, Mangation of Sinurat, 2022. Effect Of Financial Ratio On Return Shares On Manufacturing Companies Listed On The Indonesia Stock Exchange 2016-2019. *Journal Accounting Progress*. <https://journal.stie-binakarya.ac.id/index.php/ap/article/view/55/58>.
- Hastuti Handayani Harahap, Nikson Sitindaon, Ayu Zurlaini Damanik, Khairawati, Fuadi, 2022. Analysis of Work Environment on Employee Performance with Work Motivation as Intervening Variable at PT. Socfindo. *Journal of Accounting Research Utility Finance & Digital Assets*. <http://jaruda.org/index.php/go/article/view/6>
- Hastuti Handayani Harahap, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk, Indra Welly Arifin, 2025. Analysis of the Impact of Green Policy and Environmentally Friendly Supply Chain Management on Competitive Advantage through Green Technology Adaptation as an Intervening Variable in Manufacturing Companies in North Sumatra. *International Journal of Economics, Management and Accounting (IJEMA)*.
- Hastuti Handayani Harahap, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk, Indra Welly Arifin. 2024. The Role of Green Financing (Green Financing) in Encouraging Green Economy in the Micro, Small, and Medium Enterprises Sector in North Sumatra with Environmentally Friendly Products as Mediation Variables. *Economic Development Progress*.
- Hastuti Handayani Harahap. 2024. Implementation of the Green Economy Concept on Improving Revenue with Digital Literacy As Mediation in MSMEs in High Cliff Cities. *Economic Development Progress*.
- Indra Welly Arifin, Hastuti Handayani Harahap, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk, 2025. OPTIMALISASI PENGELOLAAN USAHA WISATA KAMPUNG TAHU DOLOK MANAMPANG MELALUI INOVASI PRODUK DAN PEMASARAN DIGITAL. *Publikasi Ilmiah Bidang Pengabdian Kepada Masyarakat (SIKEMAS)*.
- Indra Welly Arifin, Hastuti Handayani Harahap, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk. 2025. The Impact of Green Marketing Techniques on Consumer Purchasing Decisions in Organic Product Companies in North Sumatra through Product Quality Perception as an Intervening Variable. *International Journal of Economics, Management and Accounting (IJEMA)*.

- Indra Welly Arifin, Hastuti Handayani Harahap, Frederick Rudy Sentosa Rajagukguk. 2024. The Effect of Green Marketing Techniques on Consumer Loyalty on Environmentally Friendly Products with Green Pricing Techniques Evaluation as Mediation Variables. *Accounting Progress*.
- Jørgensen, T. H., & Sørensen, J. F. L. (2020). Public policy instruments for green innovation: An empirical analysis. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 226–239. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.12.005>
- Khan, S., Liu, X., & Wang, Y. (2021). Blue innovation for sustainable marine resources: Policies and prospects. *Marine Policy*, 124, 104295. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104295>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2020). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan.
- Lesdiana, A. ., & Hukom, A. . (2023). PENERAPAN GREEN ECONOMY DALAM MENGEMBANGKAN PENDIDIKAN, PARIWISATA SERTA REKREASI UNTUK MEWUJUDKAN PEMBANGUNAN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KOTA YOGYAKARTA. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 2(4), 1219–1226. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v2i4.780>
- Martinez-Alier, J., Pascual, U., Vivien, F. D., & Zaccai, E. (2018). Sustainable use of marine resources: Integrating environmental economics and ecology. *Ecological Economics*, 146, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.008>
- Pauli, G. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Taos: Paradigm Publications.
- Rennings, K. (2000). Redefining innovation—eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 32(2), 319–332. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3)
- Rizos, V., Behrens, A., Van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyeke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papadelis, S., Hirschnitz-Garbers, M., & Topi, C. (2016). Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. *Sustainability*, 8(11), 1212. <https://doi.org/10.3390/su8111212>
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. H. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.010>
- Smith, A., Stirling, A., & Berkhout, F. (2019). The governance of sustainable innovation: Policy interventions for green technologies. *Research Policy*, 48(3), 706–718.
- UNIDO. (2020). *Green Industry and Blue Innovation: Policy Frameworks for Sustainable Industrialization*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

- Weng, D. H., Chen, J. C., & Chen, P. S. (2015). The influence of environmental policy on innovation: The evidence from China's environmental protection industry. *Journal of Cleaner Production*, 92, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.075>
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2007). The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4333–4355. <https://doi.org/10.1080/00207540701440345>