

## Analisis Praktik Ekonomi Sirkular Menggunakan Teknologi Digital pada Restoran di Batam, Indonesia: Pendekatan PLS-SEM

Eryc<sup>1</sup>, Wenky<sup>\*2</sup>

<sup>1,2</sup>Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Internasional Batam, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>eryc.lec@uib.ac.id, <sup>2</sup>2131038.wenky@uib.edu

---

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh inovasi teknologi terhadap ekonomi sirkular di restoran yang berlokasi di Kota Batam, Indonesia. Dengan menggunakan model PLS-SEM (*Partial Least Squares Structural Equation Modeling*), penelitian ini mengevaluasi hubungan antar variabel utama, termasuk inovasi teknologi (TI), aplikasi sirkular (CA), transformasi digital sirkular (CDT), kinerja lingkungan (EP), dan kinerja ekonomi (EcP). Data diperoleh melalui survei yang melibatkan 404 responden dari berbagai restoran di Kota Batam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inovasi teknologi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aplikasi sirkular dan transformasi digital sirkular. Selain itu, aplikasi sirkular dan transformasi digital sirkular memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kinerja lingkungan dan ekonomi restoran. Studi ini menyoroti peran penting teknologi dalam mendukung implementasi ekonomi sirkular di sektor restoran, termasuk strategi untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan operasional. Penelitian ini juga memberikan dasar untuk mengadopsi model serupa di sektor lain, seperti manufaktur dan jasa, guna mendukung agenda pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Kontribusi dari penelitian ini terletak pada fokusnya yang spesifik dalam mengkaji hubungan antara inovasi teknologi dan ekonomi sirkular di sektor restoran di Kota Batam—konteks yang masih belum ada dibahas dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian ini penting untuk membantu pemilik restoran memahami peran strategis teknologi dalam mendukung transisi menuju praktik ekonomi sirkular, serta memberikan dasar penerapan model serupa di sektor lain guna mempercepat agenda pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

**Kata kunci:** ekonomi sirkular, inovasi teknologi, kinerja lingkungan, kinerja ekonomi, PLS-SEM, transformasi digital

---

### Abstract

*This study aims to analyze the impact of technology innovation on the circular economy in restaurants located in Batam City, Indonesia. Using the PLS-SEM (Partial Least Squares Structural Equation Modeling) model, the study evaluates the relationships between key variables, including technology innovation (TI), circular application (CA), circular digital transformation (CDT), environmental performance (EP), and economic performance (EcP). Data were collected through a survey of 404 respondents representing various restaurants across Batam City. The findings reveal that technology innovation significantly influences circular application and circular digital transformation. Furthermore, circular application and circular digital transformation contribute positively to improving restaurants' environmental and economic performance. This study highlights the critical role of technology in facilitating the adoption of the circular economy in the restaurant sector, including strategies to enhance resource efficiency and operational sustainability. It also provides a foundation for applying similar models in other sectors, such as manufacturing and services, to support sustainable development agendas in Indonesia. The contribution of this study lies in its specific focus on examining the relationship between technological innovation and the circular economy in the restaurant sector in Batam City—a context that has not been discussed in previous studies. This study is important to help restaurant owners understand the strategic role of technology in supporting the transition to circular economy practices, as well as providing a basis for implementing similar models in other sectors to accelerate the sustainable development agenda in Indonesia.*

**Keywords:** circular economy, digital transformation, environmental performance, economic performance, PLS-SEM, technology innovation

---

*This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)*



## 1. PENDAHULUAN

Teknologi digital telah menjadi landasan bagi pertumbuhan dan keberlanjutan usaha kecil dan menengah (UKM), yang memainkan peran penting dalam penciptaan lapangan kerja dan pembangunan ekonomi [1]. UKM menyumbang sebagian besar lapangan kerja dan produk domestik bruto (PDB) di banyak negara, termasuk Indonesia [2]. Misalnya, mereka mewakili lebih dari 90% populasi bisnis secara global dan berkontribusi sekitar 50% dari total lapangan kerja [3], menjadikannya penting bagi stabilitas dan pertumbuhan ekonomi. Di Indonesia, kontribusi UKM terhadap PDB dan pertumbuhan ekonomi Indonesia juga diperhatikan serta di dukung oleh kementerian serta pemerintah [4]. Salah satu contoh UKM yang menonjol adalah sektor restoran, yang memiliki potensi besar untuk digitalisasi. Dengan mengadopsi teknologi digital, restoran dapat meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan keterlibatan pelanggan, mendorong pertumbuhan pendapatan, dan mendukung praktik ekonomi sirkular [5].

Konsep ekonomi sirkular (CE) semakin diakui sebagai kerangka kerja penting untuk pembangunan berkelanjutan, terutama ketika didukung oleh digitalisasi [6]. CE menekankan efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah dengan mendorong praktik yang memungkinkan bahan digunakan kembali dan didaur ulang daripada dibuang setelah satu kali penggunaan [7]. Di Indonesia, limbah makanan menjadi masalah yang mendesak, dengan negara ini menduduki peringkat kedua secara global dalam hal limbah makanan yang dihasilkan [8]. Kehilangan ini tidak hanya berdampak pada lingkungan tetapi juga mewakili biaya ekonomi yang signifikan [9]. Kondisi ini juga tercermin di Batam, di mana volume limbah organik dari sektor restoran menunjukkan tren peningkatan. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup Batam (jika tersedia atau bisa disimulasikan), limbah makanan mendominasi komposisi sampah dari kawasan komersial dan rumah makan.

Beralih dari model ekonomi linier—yang dicirikan oleh pendekatan "ambil-buat-gunakan-buang"—ke ekonomi sirkular dapat mengurangi kerugian ini. Meski implementasi ekonomi sirkular di Indonesia menghadapi tantangan seperti rendahnya kesadaran Masyarakat [10], teknologi digital diharapkan dapat memfasilitasi transisi ini dengan menyediakan wawasan berbasis data yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meminimalkan limbah, dan mengurangi penggunaan kertas [11].

Dalam industri restoran, teknologi digital memainkan peran transformasi dalam meningkatkan proses operasional dan pengalaman pelanggan. Adopsi alat digital seperti sistem *point-of-sale* (POS), manajemen inventaris cerdas, dan transformasi digital memungkinkan restoran untuk menyederhanakan operasi dan meningkatkan efisiensi [12]. Misalnya, menu digital dapat memberikan pembaruan waktu nyata tentang ketersediaan makanan, sementara sistem pembayaran online meningkatkan kenyamanan bagi pelanggan. Selain itu, teknologi ini memungkinkan restoran untuk mengumpulkan data berharga tentang preferensi dan perilaku konsumen, yang dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan strategis dan mendorong praktik yang lebih berkelanjutan.

Teknologi digital dan AI adalah opsi yang dapat digunakan untuk memperkuat kolaborasi dan komunikasi karena potensinya untuk melakukan perencanaan dan perkiraan [13]. Teknologi digital spesifik yang dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam operasional restoran meliputi sistem POS dan inisiatif transformasi digital seperti menu elektronik dan pembayaran tanpa kontak. Inovasi-inovasi ini tidak hanya meningkatkan layanan pelanggan tetapi juga berkontribusi pada pencegahan kerusakan dengan memungkinkan manajemen inventaris yang lebih baik. Dengan melacak tingkat stok secara waktu nyata, restoran dapat mengurangi limbah makanan—aspek penting dari praktik ekonomi sirkular. Selain itu, penerapan teknologi ini mendukung tujuan yang lebih luas dalam keberlanjutan dengan meminimalkan dampak lingkungan melalui pengelolaan sumber daya yang efisien.

Sejumlah studi terdahulu telah membahas manfaat digitalisasi untuk UKM atau implementasi ekonomi sirkular di sektor makanan. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat umum dan belum banyak yang secara spesifik mengeksplorasi penerapan kedua konsep ini secara bersamaan di wilayah-wilayah tertentu seperti Batam. Berbagai penelitian menekankan pentingnya UKM untuk mengadopsi digitalisasi sebagai jalur menuju pembangunan berkelanjutan. Adopsi digitalisasi ini penting dikarenakan UKM harus selalu berinovasi agar dapat tetap bersaing dan terus berkembang dalam lingkungan global ini [14]. Makalah ini akan mengeksplorasi Praktik Ekonomi Sirkular Menggunakan Teknologi Digital di Restoran di Batam, Indonesia. Dengan meneliti persimpangan antara digitalisasi dan prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam sektor restoran secara lokal, penelitian ini

bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih kontekstual dan aplikatif tentang bagaimana UKM dapat memanfaatkan teknologi digital tidak hanya untuk meningkatkan efisiensi, tetapi juga mendorong praktik berkelanjutan yang relevan dengan tantangan operasional yang ada di Batam.

## 2. KERANGKA TEORI

### a. Teknologi Digital

Teknologi digital mengacu pada perangkat, sistem, perangkat, dan sumber daya elektronik yang menghasilkan, menyimpan, atau memproses data. Teknologi ini telah mengubah cara individu bekerja, berkomunikasi, dan mengakses informasi secara signifikan. Teknologi ini mencakup berbagai komponen termasuk perangkat keras (komputer, laptop, telepon pintar), perangkat lunak (sistem operasi, program aplikasi), dan teknologi jaringan (internet, infrastruktur telekomunikasi) [15]

### b. Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular adalah model ekonomi yang bertujuan untuk mengurangi limbah dan mendorong konsumsi berkelanjutan dengan merancang sistem produksi yang bersifat restoratif dan regeneratif. Model ini menekankan perbaikan berkelanjutan dan bertujuan untuk menjaga bahan tetap beredar tanpa batas waktu daripada membuangnya setelah sekali pakai. Pendekatan ini mendorong daur ulang, penggunaan kembali, dan bahan yang dapat terurai secara hayati untuk meminimalkan dampak lingkungan [16]

### c. *Point of Sales (POS)*

Sistem *Point of Sale (POS)* adalah solusi teknologi yang digunakan di toko ritel untuk mengelola transaksi, kontrol inventaris, dan interaksi pelanggan [12]. Sistem POS modern biasanya mengintegrasikan mesin kasir, mesin kartu kredit, pemindai kode batang, dan solusi perangkat lunak untuk menyederhanakan proses pembayaran, melacak data penjualan, dan mengoptimalkan tingkat inventaris.

### d. Manajemen Inventaris Cerdas/*Smart Inventory Management*

Manajemen inventaris cerdas menggunakan teknologi canggih seperti tag RFID, kode batang, dan sistem pelacakan otomatis untuk memantau dan mengelola tingkat inventaris secara akurat. Metode ini memanfaatkan analisis data dan pemantauan waktu nyata untuk mencegah kehabisan stok dan kelebihan stok, sehingga meningkatkan efisiensi rantai pasokan dan mengurangi biaya yang terkait dengan pemeriksaan inventaris manual. [17]

### e. *PLS-SEM (Partial Least Squares Structural Equation Modeling)*

Structural Equation Modeling (SEM) adalah metode analisis multivariat yang digunakan untuk menggambarkan hubungan linier secara simultan antara variabel terukur (indikator) dan variabel yang tidak dapat diukur secara langsung (variabel laten). Variabel laten mengacu pada variabel yang tidak dapat diamati atau diukur secara langsung, sehingga pengukurannya dilakukan melalui sejumlah indikator. Dalam SEM, terdapat dua jenis variabel laten, yaitu variabel endogen dan variabel eksogen. [18]

### f. *SmartPLS (Smart Partial Least Square)*

*SmartPLS*, atau *Smart Partial Least Square*, adalah perangkat lunak statistik yang dirancang untuk menganalisis hubungan antar variabel, baik antara variabel laten maupun antara variabel indikator. *SmartPLS* sangat direkomendasikan untuk digunakan ketika terdapat keterbatasan jumlah sampel, tetapi model yang dianalisis memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Keunggulan utama *SmartPLS* adalah kemudahan penggunaannya serta harga perangkat lunak yang lebih terjangkau dibandingkan dengan alternatif lainnya. Namun, kekurangannya terletak pada keterbatasannya dalam menangani semua jenis analisis SEM. Perangkat lunak ini dirancang khusus

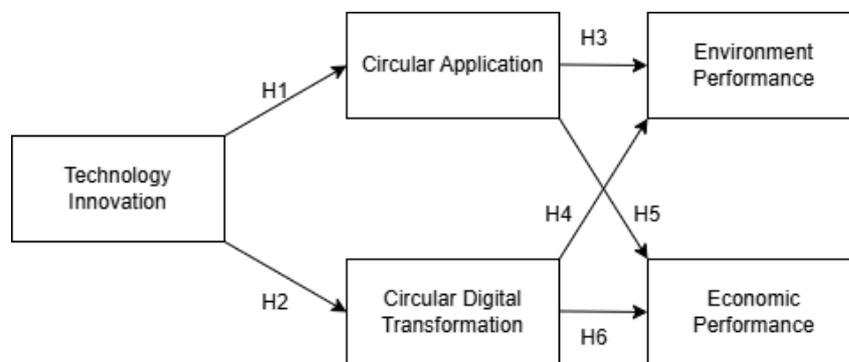
untuk mengolah data SEM dengan sampel kecil, sehingga kurang ideal untuk digunakan dalam penelitian yang melibatkan jumlah sampel besar. [19]

**g. Transformasi Digital**

Transformasi digital mengintegrasikan teknologi digital ke dalam semua aspek operasi bisnis, yang mengarah pada perubahan signifikan dalam cara perusahaan beroperasi dan memberikan nilai kepada pelanggan. Dalam konteks restoran, transformasi digital mungkin melibatkan penerapan menu digital yang memungkinkan pelanggan memesan langsung melalui perangkat mereka, sehingga meningkatkan pengalaman memesan. Selain itu, mengintegrasikan pembayaran digital mengurangi waktu tunggu selama proses pembayaran dengan memfasilitasi transaksi tanpa kontak. [20]

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian kuantitatif ini mengikuti model penelitian [21]. Gambar 1 menunjukkan model yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. *Research Model*

Oleh karena itu ditetapkan 6 hipotesis:

- H1: Inovasi teknologi secara signifikan memengaruhi praktik penerapan sirkular
- H2: Inovasi teknologi secara signifikan memengaruhi praktik transformasi digital sirkular
- H3: Praktik penerapan sirkular berhubungan positif dengan kinerja lingkungan UKM
- H4: Praktik transformasi digital sirkular berhubungan positif dengan kinerja lingkungan UKM
- H5: Praktik penerapan sirkular berhubungan positif dengan kinerja ekonomi UKM
- H6: Praktik transformasi digital sirkular berhubungan positif dengan kinerja ekonomi UKM

Definisi Operasional variabel yang digunakan untuk mengembangkan instrumen penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Tabel Variable Definisi Operasional

No	Variabel	Indikator
1	<i>Technology Innovation (TI)</i>	TI1: Perusahaan kami secara aktif mengadopsi teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi operasional TI2: Investasi dalam inovasi teknologi merupakan prioritas utama dalam strategi bisnis kami. TI3: Kami secara rutin mengevaluasi teknologi baru untuk meningkatkan daya saing bisnis kami.

2	<i>Circular Application (CA)</i>	<p>CA1: Perusahaan kami mengintegrasikan teknologi untuk memfasilitasi penggunaan kembali atau daur ulang bahan baku.</p> <p>CA2: Kami menggunakan aplikasi berbasis teknologi untuk memantau dan mengelola limbah secara efisien.</p> <p>CA3: Perusahaan kami telah menerapkan solusi digital untuk mendukung praktik ekonomi sirkular.</p>
3	<i>Circular Digital Transformation (CDT)</i>	<p>CDT1: Transformasi digital di perusahaan kami mempermudah implementasi prinsip-prinsip ekonomi sirkular.</p> <p>CDT2: Kami menggunakan teknologi digital untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya secara berkelanjutan.</p> <p>CDT3: Transformasi digital memungkinkan kami untuk mengurangi ketergantungan pada praktik ekonomi linear.</p>
4	<i>Environment Performance (EP)</i>	<p>EP1: Teknologi yang kami gunakan membantu mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas operasional kami.</p> <p>EP2: Kami secara efektif menggunakan sumber daya yang lebih sedikit melalui inovasi teknologi.</p> <p>EP3: Teknologi kami membantu menurunkan jumlah limbah yang dihasilkan perusahaan.</p>
5	<i>Economic Performance (EcP)</i>	<p>EcP1: Inovasi teknologi yang diterapkan meningkatkan keuntungan perusahaan secara keseluruhan.</p> <p>EcP2: Transformasi digital kami berdampak positif pada efisiensi biaya operasional. Saya merekomendasikan aplikasi MyPertamina.</p> <p>EcP3: Kami melihat peningkatan kinerja keuangan sebagai hasil dari pengadopsian teknologi berbasis sirkular.</p>

Kuesioner adalah metode pengumpulan data yang digunakan untuk mengajukan pertanyaan kepada responden terkait penelitian yang sedang dilakukan. Peneliti akan menyusun kuesioner dalam format *Google Form* dengan 18 pertanyaan, yang akan didistribusikan kepada 404 UMKM restoran di kota Batam. Penelitian ini menggunakan kuesioner dengan model skala *Likert*. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian eksplanatori, yang bertujuan untuk menguji hubungan kausal antar variabel berdasarkan teori yang telah ada. Menurut Sugiyono [22], skala *Likert* digunakan untuk mengungkapkan sifat, pendapat, atau pandangan seseorang atau kelompok mengenai fenomena sosial tertentu. Variabel yang diukur dijabarkan menjadi indikator, yang kemudian dijadikan dasar untuk menyusun item instrumen dalam bentuk pertanyaan.

Untuk menyelidiki interaksi rumit antara ekonomi sirkular dan teknologi digital, dan untuk menilai dampak gabungannya terhadap kinerja lingkungan dan ekonomi, digunakan teknik *Partial Least*

*Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM), dengan menggunakan perangkat lunak *SmartPLS*. Metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan yang kuat dalam menganalisis model yang kompleks dengan banyak variabel laten. PLS-SEM sangat sesuai untuk mengevaluasi hubungan antara variabel-variabel yang tidak dapat diukur secara langsung, seperti inovasi teknologi, aplikasi sirkular, dan transformasi digital sirkular. Sejak berkembang pesat pada awal tahun 2000-an, metode ini telah menjadi populer di kalangan peneliti bisnis dan ilmu sosial karena kemudahannya serta antarmuka visual yang intuitif.

PLS-SEM juga memungkinkan analisis hubungan antara variabel teramati dan laten secara simultan, serta mendukung pengujian ketahanan model seperti uji endogenitas. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya dalam menangani data yang tidak berdistribusi normal dan ukuran sampel yang sedang hingga besar—dua kondisi yang umum ditemukan dalam penelitian sosial berbasis survei seperti ini. [23]. Oleh karena itu, PLS-SEM dipilih sebagai metode analisis yang paling tepat untuk mengkaji pengaruh inovasi teknologi terhadap praktik ekonomi sirkular di sektor restoran di Kota Batam.

Pilihan *SmartPLS* didasarkan pada kapasitasnya yang kuat untuk menangani kompleksitas yang melekat pada model dengan banyak variabel laten dan yang dapat diamati. Pendekatan metodologis ini sangat menguntungkan untuk skenario penelitian yang melibatkan data yang terdistribusi tidak normal atau ukuran sampel yang lebih kecil, sehingga sangat cocok untuk penelitian ini.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Responden

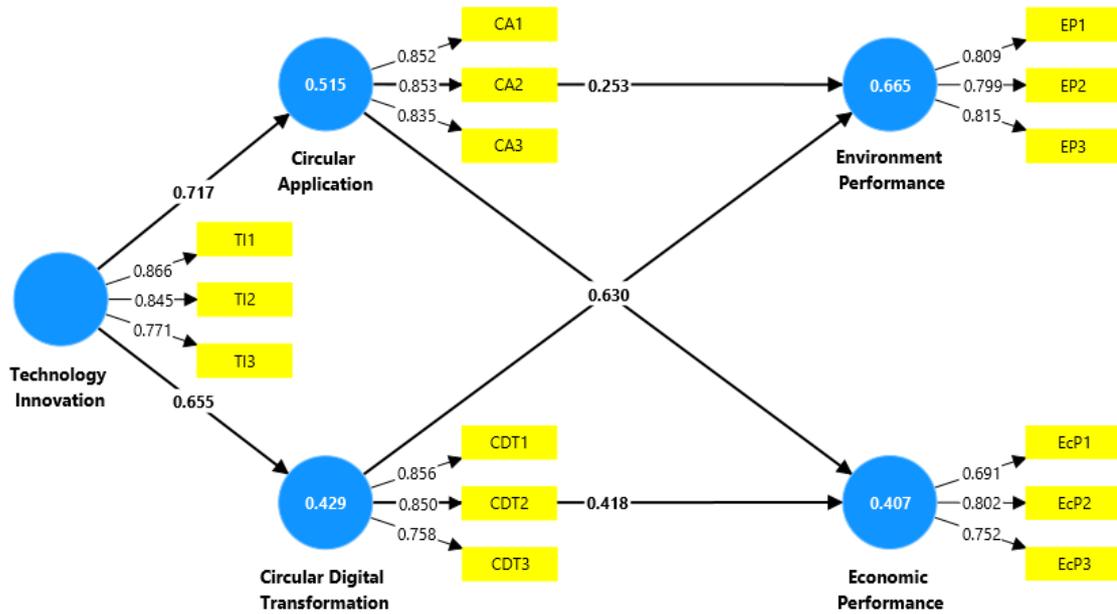
Data penelitian ini diperoleh dari responden di Kota Batam yang bersangkutan di restoran, mulai dari pemilik hingga pekerja. Penelitian ini akan memberikan wawasan yang relevan bagi sektor restoran di Batam, mengingat tantangan unik yang dihadapi wilayah ini. Batam memiliki peluang untuk berkembang pesat sebagai pusat bisnis dan pariwisata. Namun, keterbatasan infrastruktur seperti distribusi teknologi digital yang tidak merata dan budaya konsumen yang belum sepenuhnya mengadopsi teknologi modern menjadi hambatan bagi adopsi ekonomi sirkular. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner berbasis *Google Form*, yang disebarluaskan melalui media sosial dan pertemuan langsung dengan. Dari kuesioner tersebut, terkumpul 404 responden, yang terdiri dari 150 responden pria dan 254 responden wanita. Karakteristik responden ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Karakteristik Responden

Karakteristik	Kelompok	Jumlah	%
Umur	18 - 30 Tahun	219	54.2%
	30 - 50 Tahun	171	42.3%
	>50 Tahun	14	3.5%
Jenis Kelamin	Laki-laki	150	37.1%
	Perempuan	254	62.9%
Pendidikan Terakhir	SMP/Sederajat	40	9.8%
	SMA/Sederajat	253	62.7%
	Kuliah S1/di atasnya	111	27.5%
Posisi dalam Restoran	Pemilik	35	8.7%
	Pekerja Part Time	183	45.3%
	Pekerja Full Time	186	46%

### 4.2. Hasil Analisis Kuantitatif

Hasil dari pengujiannya berdasarkan tabel 4, semua variabel bernilai signifikan *Cronbach's Alpha* di atas 0.6. Maka dari itu, semua variabel dapat dikatakan bersifat valid dan reliabel. Setelah uji validitas dan uji reliabilitas, peneliti merancang model *SmartPLS*. Hasil perancangan model *SmartPLS* dapat ditemukan pada Gambar 4.



Gambar 2. Uji SmartPLS

Tabel 3. Tabel *Outer Loading*

Indikator	Outer Loading	Keterangan
TI1	0.866	Diterima
TI2	0.845	Diterima
TI3	0.771	Diterima
EP1	0.809	Diterima
EP2	0.799	Diterima
EP3	0.815	Diterima
EcP1	0.691	Diterima
EcP2	0.802	Diterima
EcP3	0.752	Diterima
CA1	0.852	Diterima
CA2	0.853	Diterima
CA3	0.835	Diterima
CDT1	0.850	Diterima
CDT2	0.856	Diterima
CDT3	0.758	Diterima

Berdasarkan hasil *factor loading* pada Tabel 3, terdapat 0 indikator yang ditolak dan 15 indikator yang diterima. Penolakan terhadap indikator terjadi karena nilai outer loading tidak mencapai ambang batas 0.6, yang dapat memengaruhi pengujian selanjutnya. Namun, berdasarkan hasil pengujian outer loading yang disajikan, seluruh variabel memiliki nilai di atas 0.6. Sehingga seluruh variabel dapat diterima.

Selanjutnya, pada Tabel 4 disajikan hasil pengujian validitas yang dilakukan melalui analisis *Cronbach's Alpha*.

Tabel 4. Tabel Pengujian *Cronbach's Alpha*

Variabel	Cronbach's alpha	Keterangan
CDT	0.761	Diterima
CA	0.802	Diterima

EcP	0.607	Diterima
EP	0.735	Diterima
TI	0.771	Diterima

Berdasarkan hasil pengujian *Cronbach's Alpha* yang disajikan, seluruh variabel memiliki nilai di atas 0.6. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa validitas terpenuhi, sehingga variabel *Technology Innovation*, *Circular Application*, *Circular Digital Transformation*, *Environment Performance*, *Economic Performance* dapat menjelaskan indikator masing-masing secara memadai.

Selanjutnya, pada Tabel 5 disajikan hasil pengujian validitas konvergen yang dilakukan melalui analisis AVE.

Tabel 5. Tabel Pengujian AVE

Variabel	AVE	Keterangan
CDT	0.677	Diterima
CA	0.717	Diterima
EcP	0.562	Diterima
EP	0.652	Diterima
TI	0.686	Diterima

Berdasarkan hasil pengujian AVE yang disajikan, seluruh variabel memiliki nilai di atas 0.5. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa validitas konvergen terpenuhi, sehingga variabel *Technology Innovation*, *Circular Application*, *Circular Digital Transformation*, *Environment Performance*, *Economic Performance* dapat menjelaskan indikator masing-masing secara memadai.

Hasil analisis kuantitatif pada table 3, 4, dan 5 menunjukkan bahwa konsep-konsep seperti *Technology Innovation* dan *Circular Application* memang relevan dengan situasi restoran di Batam. Ini mendukung asumsi dalam latar belakang bahwa adopsi teknologi dan kesadaran terhadap ekonomi sirkular mulai berkembang meskipun belum merata.

Setelah melakukan pengujian sebelumnya, langkah berikutnya adalah pengujian validitas diskriminan melalui analisis *Cross-Loading*. Hasil pengujian *Cross-Loading* disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan tabel tersebut, nilai yang dicetak tebal merupakan nilai *Cross-Loading* dari masing-masing indikator, dimana nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai pada variabel lain di baris vertikalnya. Nilai *Cross-Loading* yang dicetak tebal menunjukkan data yang signifikan dan valid, sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap indikator telah merepresentasikan variabelnya masing-masing.

Tabel 6. Tabel Pengujian *Cross-Loading*

	TI	CA	CDT	EP	EcP
TI1	<b>0.866</b>	0.643	0.502	0.478	0.585
TI2	<b>0.845</b>	0.614	0.616	0.557	0.556
TI3	<b>0.771</b>	0.519	0.503	0.489	0.534
CA1	0.569	<b>0.852</b>	0.497	0.542	0.449
CA2	0.634	<b>0.853</b>	0.594	0.592	0.482
CA3	0.616	<b>0.835</b>	0.538	0.534	0.470
CDT1	0.614	0.633	<b>0.850</b>	0.662	0.516
CDT2	0.568	0.483	<b>0.856</b>	0.694	0.514
CDT3	0.418	0.465	<b>0.758</b>	0.596	0.448
EP1	0.534	0.474	0.658	<b>0.809</b>	0.480
EP2	0.440	0.483	0.572	<b>0.799</b>	0.439
EP3	0.509	0.624	0.681	<b>0.815</b>	0.450
EcP1	0.460	0.403	0.464	0.505	<b>0.691</b>
EcP2	0.526	0.408	0.473	0.374	<b>0.802</b>
EcP3	0.529	0.431	0.409	0.389	<b>0.752</b>

Setelah melakukan pengujian sebelumnya, langkah berikutnya adalah menguji validitas diskriminan menggunakan kriteria *Fornell-Larcker*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan tabel tersebut, nilai yang dicetak tebal menunjukkan akar kuadrat AVE (*Average Variance Extracted*) dari setiap konstruk, dimana nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan korelasi konstruk lainnya pada baris dan kolom yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa setiap konstruk memiliki lebih banyak varians yang dijelaskan oleh indikatornya sendiri dibandingkan dengan konstruk lainnya, sehingga memenuhi kriteria validitas diskriminan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap konstruk telah direpresentasikan dengan baik oleh indikator-indikatornya masing-masing.

Tabel 7. Tabel Pengujian *Fornell-Larcker*

	<b>CDT</b>	<b>CA</b>	<b>EcP</b>	<b>EP</b>	<b>TI</b>
CDT	<b>0.823</b>				
CA	0.643	<b>0.847</b>			
EcP	0.600	0.552	<b>0.750</b>		
EP	0.792	0.658	0.565	<b>0.808</b>	
TI	0.655	0.717	0.674	0.614	<b>0.828</b>

Berdasarkan cross-loading dan nilai Fornell-Larcker, setiap indikator menunjukkan validitas diskriminan yang baik. Ini menandakan bahwa setiap konstruk memiliki keunikan sendiri dan tidak saling tumpang tindih. Kondisi ini penting untuk melihat seberapa spesifik peran tiap aspek — misalnya, peran teknologi dalam transformasi digital — yang sesuai dengan kebutuhan sektor restoran di Batam.

Berdasarkan hasil analisis pada outer model yang telah dinyatakan valid, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis inner model. Analisis inner model dilakukan melalui sebuah tahapan, yaitu pengujian *R-Square*.

Tahap pertama adalah pengujian *R-Square*, yang bertujuan untuk melihat sejauh mana variabel laten eksogen memengaruhi variabel laten endogen. Hasil pengujian pada Tabel 8 menunjukkan bahwa variabel eksogen memiliki pengaruh sebesar 42,8% terhadap CDT (*Circular Digital Transformation*), 51,3% terhadap CA (*Circular Application*), 40,4% terhadap EcP (*Economic Performance*), dan 66,4% terhadap EP (*Environment Performance*) yang menunjukkan hubungan antarvariabel berada pada kategori moderat atau sedang.

Tabel 8. Tabel Pengujian *R-Square*

	<b>R-square</b>	<b>R-square adjusted</b>	<b>Keterangan</b>
CDT	0.429	0.428	Moderat
CA	0.515	0.513	Moderat
EcP	0.407	0.404	Moderat
EP	0.665	0.664	Moderat

Temuan ini selaras dengan teori ekonomi sirkular yang menekankan pentingnya teknologi digital dalam mendorong efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah [7]. Dengan kontribusi CDT sebesar 42,9%, transformasi digital sirkular dipengaruhi oleh adopsi teknologi baru yang memungkinkan restoran untuk mengintegrasikan prinsip keberlanjutan melalui sistem digital, seperti menu elektronik dan pembayaran nontunai. Teknologi seperti sistem manajemen inventaris cerdas dan aplikasi pemantauan limbah memberikan solusi konkret dalam konteks restoran. Misalnya, restoran di Batam dapat mengadopsi teknologi berbasis data untuk memantau sisa makanan secara *real-time*, yang pada akhirnya dapat mengurangi limbah makanan dan menekan biaya operasional. Efek moderat EcP menunjukkan bahwa teknologi berbasis sirkular, seperti sistem prediksi stok bahan baku, membantu restoran mengurangi biaya pembelian bahan Lebih jauh, hasil ini menggarisbawahi potensi teknologi

digital dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip ekonomi sirkular ke dalam operasi bisnis sehari-hari, mendukung keberlanjutan lingkungan sekaligus meningkatkan keuntungan finansial.

#### 4.3. Pembahasan

Hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut.

##### **a. *Technology Innovation (TI) → Circular Application (CA)***

Teknologi inovasi secara positif dan signifikan memengaruhi penerapan aplikasi sirkular. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi baru dalam pengelolaan limbah dan daur ulang bahan baku berkontribusi terhadap optimalisasi sumber daya serta mendukung implementasi ekonomi sirkular. Hasil ini menegaskan bahwa adopsi teknologi baru tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga mendorong pelaku usaha untuk menerapkan prinsip daur ulang dalam ekonomi sirkular. Pengaruh signifikan ini disebabkan oleh kemampuan teknologi untuk mempercepat adopsi praktik sirkular melalui pemrosesan data secara real-time, sehingga membantu restoran mengurangi limbah secara efisien. Hasil ini mendukung temuan Vial (2021) yang menekankan bahwa digitalisasi memainkan peran kunci dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dengan operasional bisnis. [20]

##### **b. *Technology Innovation (TI) → Circular Digital Transformation (CDT)***

Inovasi teknologi berdampak signifikan pada transformasi digital sirkular. Teknologi digital mempermudah integrasi prinsip ekonomi sirkular dalam operasional perusahaan, memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan mengurangi ketergantungan pada ekonomi linear. Pengaruh signifikan ini disebabkan oleh kemampuan teknologi untuk mengadopsi teknologi digital terbaru. Hasil ini sejalan dengan studi Khan et al. (2022) yang menunjukkan bahwa teknologi digital mendukung penerapan ekonomi sirkular dengan meningkatkan efisiensi operasional dan memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data. [21]

##### **c. *Circular Application (CA) → Environmental Performance (EP)***

Penerapan aplikasi sirkular memiliki hubungan positif dengan kinerja lingkungan. Hal ini mencerminkan bahwa perusahaan yang mengelola limbah secara efisien melalui teknologi dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mendukung keberlanjutan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi sirkular berbasis teknologi membantu mengurangi dampak lingkungan. Pengaruh ini disebabkan oleh kemampuan aplikasi sirkular yang dapat mempengaruhi performa lingkungan dimana aplikasi sirkular dapat mengurangi sampah serta sumber daya yang tidak dimaksimalkan. Temuan ini konsisten dengan Morsetto (2020), yang menekankan pentingnya aplikasi berbasis teknologi dalam mengurangi dampak lingkungan melalui efisiensi sumber daya. [16]

##### **d. *Circular Application (CA) → Economic Performance (EcP)***

Aplikasi sirkular menunjukkan dampak signifikan terhadap kinerja ekonomi perusahaan. Dengan memanfaatkan teknologi untuk daur ulang bahan baku dan pengurangan limbah, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi biaya operasional dan keuntungan finansial. Pengaruh signifikan ini disebabkan oleh kemampuan teknologi untuk memberikan data yang lebih akurat terkait jumlah bahan baku yang dapat digunakan kembali dan mengurangi kebutuhan pembelian bahan baru. Selain itu, dengan pengelolaan limbah yang lebih efisien, biaya pengolahan limbah dapat ditekan, memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Hasil ini mendukung temuan Khong (2023), yang menyatakan bahwa ekonomi sirkular dapat meningkatkan efisiensi operasional, meskipun tantangan lokal seperti regulasi pemerintah tetap menjadi hambatan. [6]

##### **e. *Circular Digital Transformation (CDT) → Environmental Performance (EP)***

Transformasi digital sirkular berkontribusi positif pada kinerja lingkungan. Penggunaan teknologi digital membantu mengurangi limbah, mengoptimalkan sumber daya, dan mendukung inisiatif keberlanjutan perusahaan. Pengaruh signifikan ini disebabkan oleh integrasi sistem digital yang memungkinkan perusahaan memantau jejak lingkungan secara real-time, mengidentifikasi area dengan penggunaan sumber daya yang berlebihan, dan segera mengimplementasikan langkah-langkah perbaikan. Hal ini memastikan pengelolaan yang lebih berkelanjutan dan berdampak positif pada lingkungan. Hasil ini selaras dengan temuan Wynn dan Jones (2022), yang menyoroti peran penting transformasi digital dalam mendorong efisiensi lingkungan pada berbagai sektor. [11]

##### **f. *Circular Digital Transformation (CDT) → Economic Performance (EcP)***

Transformasi digital sirkular secara signifikan meningkatkan kinerja ekonomi. Integrasi teknologi dalam operasional tidak hanya mendorong efisiensi tetapi juga meningkatkan daya saing dan keuntungan perusahaan. Pengaruh signifikan ini disebabkan oleh kemampuan transformasi digital untuk mengurangi biaya operasional melalui otomatisasi proses, meningkatkan akurasi prediksi permintaan, dan mengurangi risiko kesalahan manusia. Dengan sistem digital yang lebih efisien, perusahaan dapat fokus pada inovasi yang mendorong pertumbuhan ekonomi jangka panjang. Hasil ini mendukung penelitian Vo-Thanh et al. (2022), yang menyebutkan bahwa digitalisasi dapat memberikan keuntungan ekonomi signifikan dengan meminimalkan pemborosan dan meningkatkan produktivitas.[5]

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menggunakan metode *PLS-SEM* dengan *SmartPLS* menunjukkan bahwa semua variabel yang diuji memiliki pengaruh yang signifikan. *Technology Innovation* (TI) secara positif memengaruhi *Circular Application* (CA) dan *Circular Digital Transformation* (CDT), menegaskan bahwa adopsi teknologi baru menjadi faktor penting dalam mendukung praktik ekonomi sirkular. Selain itu, *Circular Application* (CA) memiliki hubungan yang signifikan dengan *Environmental Performance* (EP) dan *Economic Performance* (EcP). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi dalam pengelolaan limbah dan daur ulang bahan baku tidak hanya berdampak pada pengurangan dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi dan keuntungan perusahaan.

Demikian pula, *Circular Digital Transformation* (CDT) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *Environmental Performance* (EP) dan *Economic Performance* (EcP). Integrasi teknologi digital memungkinkan perusahaan untuk mengelola sumber daya secara efisien, mengurangi limbah, dan mendorong kinerja ekonomi yang lebih baik. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi teknologi digital tidak hanya mempermudah adopsi ekonomi sirkular tetapi juga memperkuat keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi limbah operasional. Transformasi digital terbukti menjadi elemen penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan pencapaian target ekonomi perusahaan. Penelitian ini memberikan wawasan baru tentang pentingnya teknologi serta edukasi konsumen dalam mendukung praktik ekonomi sirkular, khususnya di sektor restoran di Kota Batam. Penemuan ini relevan bagi pembuat kebijakan dan pelaku industri untuk memperkuat adopsi teknologi di sektor restoran, yang dapat menjadi model untuk sektor lain dalam mendukung ekonomi sirkular di Indonesia.

Dari sudut pandang praktis, pemilik restoran di Batam disarankan untuk mengadopsi teknologi seperti aplikasi pemantauan limbah berbasis IoT guna mengurangi kerugian bahan baku. Pemilik restoran dapat memanfaatkan aplikasi berbasis IoT untuk melacak limbah secara real-time. Hal ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga menekan biaya pengelolaan hingga 20%. Contohnya, integrasi teknologi seperti sistem inventaris cerdas dapat menjadi solusi efektif untuk mengelola bahan baku. Pemerintah dapat berkontribusi mendukung dengan menyediakan pelatihan literasi digital untuk UKM, sehingga mempercepat transformasi digital di sektor ini. Pemerintah Batam diharapkan dapat menyediakan insentif fiskal dan pelatihan literasi digital bagi pelaku UMKM restoran. Langkah ini bertujuan untuk mempercepat transformasi digital dan mendorong adopsi prinsip ekonomi sirkular

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan karena cakupannya yang terbatas pada restoran di Batam. Faktor seperti cakupan geografis yang sempit dan metode sampling yang terbatas memengaruhi generalisasi hasil. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi sektor lain dan wilayah dengan infrastruktur digital yang berbeda. Selain itu, penelitian selanjutnya juga disarankan untuk mengeksplorasi integrasi teknologi blockchain dalam transparansi pengelolaan limbah atau mengevaluasi peran regulasi pemerintah dalam mendukung transformasi digital di sektor makanan dan minuman. Selain itu, cakupan geografis yang lebih luas dengan beragam infrastruktur digital dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Vrontis, R. Chaudhuri, and S. Chatterjee, "Adoption of Digital Technologies by SMEs for Sustainability and Value Creation: Moderating Role of Entrepreneurial Orientation," *Sustainability*, 2022, doi: 10.3390/su14137949.
- [2] T. T. H. Tambunan, "Recent Development of Micro, Small and Medium Enterprises in Indonesia," *Int. J. Soc. Sci. Manag. Rev.*, 2023, doi: 10.37602/IJSSMR.2022.6112.

- [3] A. K. Sana, S. Poddar, and B. Paul, "Contribution of Small and Medium Enterprises (SMEs) Towards Malaysian Economic Growth: An Empirical Study," *Int. J. Recent Trends Bus. Tour.*, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.lucp.net/index.php/ijrtbt/article/view/1030>
- [4] Eryc, "Pengaruh Dampak Digitalisasi dan Pemanfaatan Teknologi Informasi terhadap Kinerja UMKM," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 4, no. 4, pp. 1693–1704, 2022, [Online]. Available: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=id&user=Csc1NyAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation\\_for\\_view=Csc1NyAAAAAJ:IjCSPb-OGe4C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=Csc1NyAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=Csc1NyAAAAAJ:IjCSPb-OGe4C)
- [5] T. Vo-Thanh, M. Zaman, R. Hasan, S. Akter, and T. Dang-Van, "The Service Digitalization in Fine-dining Restaurants: a Cost-Benefit Perspective," *Int. J. Contemp. Hosp. Manag.*, 2022, doi: 10.1108/IJCHM-09-2021-1130.
- [6] I. Khong, "The Circular Economy's Performance and the Impact of Digitalization," *Int. Trans. Educ. Technol.*, 2023, doi: 10.33050/itee.v2i1.389.
- [7] M. A. Berawi, "Managing Nature 5.0: The Role of Digital Technologies in the Circular Economy," *Int. J. Technol.*, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i4.4385.
- [8] A. Munir and Fadhilah, "Climate Change and Food Insecurities: The Importance of Food Loss and Waste Reduction in Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1134/1/012040.
- [9] J. Cramer, "How Circular Economy and Digital Technologies Can Support the Building Sector to Cope with its Worldwide Environmental Challenge?," *npj Urban Sustain.*, 2023, doi: 10.1038/s42949-023-00109-w.
- [10] Eryc and Avasleska, "Digital Marketing and Information System in Circular Economy," *Technol. J. Ilm.*, vol. 16, no. 1, pp. 206–212, 2025, doi: 10.31602/tji.v16i1.17536.
- [11] M. Wynn and P. Jones, "Digital Technology Deployment and the Circular Economy," *Sustainability*, 2022, doi: 10.3390/su14159077.
- [12] V. Santos and L. M. Bacalhau, "Digital Transformation of the Retail Point of Sale in the Artificial Intelligence Era," *Manag. Mark. Improv. Retail Compet. Perform.*, 2023, doi: 10.4018/978-1-6684-8574-3.ch010.
- [13] Eryc and I. Deu, "Integrasi Teknologi Digital dan AI dalam Memperkuat Akuntabilitas pada Operasi Manajemen Rantai Pasokan: Analisis Literatur Sistematis," *TEKNIMEDIA*, vol. 5, 2024, [Online]. Available: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=id&user=Csc1NyAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation\\_for\\_view=Csc1NyAAAAAJ:TQgYirikUcIC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=Csc1NyAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=Csc1NyAAAAAJ:TQgYirikUcIC)
- [14] Eryc and Cindy, "Adoption of Eco-Innovation and Digitalization Influence on the Business Performance of Umkm in Batam City," *J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 14, no. 1, pp. 67–77, 2023, doi: 10.51903/jtikp.v14i1.468.
- [15] T. I. Mtshali, S. M. Ramaligela, and M. Makgato, "Usage of Digital Resources in Civil Technology: A Case of Teaching Tools and Equipment," *African J. Sci. Technol. Innov. Dev.*, 2020, doi: 10.1080/20421338.2019.1609782.
- [16] P. Morseletto, "Restorative and Regenerative: Exploring the Concepts in the Circular Economy," *J. Ind. Ecol.*, 2020, doi: 10.1111/jiec.12987.
- [17] A. Alwadi, A. Gawanmeh, S. Parvin, and J. N. Al-Karaki, "Smart solutions for RFID based inventory management systems: A survey," *Scalable Comput.*, vol. 18, no. 4, pp. 347–360, 2017, doi: 10.12694/scpe.v18i4.1333.
- [18] A. Y. Kuntoro, M. A. Hasan, D. D. Saputra, and D. Riana, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kepuasan Pelanggan Fixpay Menggunakan SEM Dengan PLS," *J. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 122–133, 2019, doi: 10.31311/ji.v6i1.5527.
- [19] A. Purwanto, M. Asbari, and T. I. Santoso, "Analisis Data Penelitian Marketing: Perbandingan Hasil antara Amos, SmartPLS, WarpPLS, dan SPSS Untuk Jumlah Sampel Besar," *J. Ind. Eng. Manag. Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 216–227, 2021, [Online]. Available: <https://ijospl.org/index.php/ijospl/article/view/64>
- [20] G. Vial, "Understanding digital transformation: A review and a research agenda," *Manag. Digit.*

- Transform.*, pp. 13–66, 2021, doi: 10.4324/9781003008637-4.
- [21] S. A. R. Khan, A. Z. Piprani, and Z. Yu, “Digital technology and circular economy practices: future of supply chains,” *Oper. Manag. Res.*, vol. 15, no. 3–4, pp. 676–688, 2022, doi: 10.1007/s12063-021-00247-3.
- [22] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. 2020.
- [23] M. A. Memon, T. Ramayah, J. H. Cheah, H. Ting, F. Chuah, and T. H. Cham, “Pls-Sem Statistical Programs: a Review,” *J. Appl. Struct. Equ. Model.*, vol. 5, no. 1, pp. i–xiv, 2021, doi: 10.47263/JASEM.5(1)06.