



Semarak International Journal of Entrepreneurship, Economics and Business Development

Journal homepage:
<https://semarakilmu.online/index.php/sijeebd/index>
ISSN: 3083-8053



Pembangunan Mampan melalui Ekonomi Kitaran dan Inovasi Hijau: Cabaran, Strategi dan Peluang

Sustainable Development through Circular Economy and Green Innovation: Challenges, Strategies and Opportunities

Norzaharah Ab Hamid^{1,4}, Fathiyah Mohd Kamaruzaman^{1,*}, Mohamad Zuber Abd Majid¹, Liu Zhi Yi^{1,2}, Bayu R. Fajri^{1,3}

¹ STEM Enculturation Research Centre, Faculty of Education, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

² Urban Vocational College of Sichuan, 385 Honghe Avenue, Longquanyi District, Chengdu, Sichuan 610000, China

³ Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25171, Indonesia

⁴ Kementerian Pendidikan Malaysia, Kompleks E, Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan, 62604 Wilayah Persekutuan Putrajaya

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 August 2025

Received in revised form 25 August 2025

Accepted 7 September 2025

Available online 14 September 2025

ABSTRACT

Minat global yang semakin meningkat terhadap penggunaan sumber secara lestari mencerminkan komitmen yang lebih kukuh terhadap pembangunan mampan. Walau bagaimanapun, kefahaman menyeluruh mengenai hubungan antara inovasi hijau dan ekonomi kitaran masih terhad. Kajian ini mengisi jurang pengetahuan tersebut dengan menganalisis secara kritikal pelbagai cabaran, strategi dan peluang yang dapat memperkuat pelaksanaan ekonomi kitaran daripada perspektif akademik pelbagai disiplin. Ulasan berskop ini meneliti perkaitan antara ekonomi kitaran dan inovasi hijau sebagai pemangkin utama pembangunan mampan, berdasarkan analisis menyeluruh terhadap 50 kajian berkaitan. Melalui sintesis literatur terkini (2020 – 2025), kajian ini menjelaskan konsep asas serta keserasian kedua-duanya dengan Matlamat Pembangunan Mampan (SDG). Kajian ini turut mengenal pasti pelbagai cabaran yang bersifat multidimensi seperti ketidaksejajaran dasar, kekangan teknologi dan kewangan, serta cabaran norma sosial dan budaya. Seterusnya, artikel ini membincangkan strategi yang telah diambil, termasuk penggunaan dasar dan sokongan perundangan, inovasi teknologi dan model perniagaan, sokongan kewangan, dan penglibatan masyarakat untuk menggalakkan pelaksanaan ekonomi kitaran dan inovasi hijau. Penggunaan teknologi digital dan kecerdasan buatan, aplikasi dalam pelbagai sektor, dan integrasi dengan bioekonomi dilihat membuka peluang baharu untuk memperluas pelaksanaan penyelesaian yang mampan. Kajian ini meneliti pendekatan penyelidikan yang telah digunakan serta mengenal pasti jurang pengetahuan dalam bidang ini. Dapatan kajian mencadangkan keperluan pelaksanaan yang menyeluruh dan melibatkan kerjasama antara pelbagai pemegang taruh. Kajian ini menyerlahkan kepentingan kerjasama merentas bidang dan pendekatan yang tersusun bagi merealisasikan matlamat pembangunan mampan.

* Fathiyah Mohd Kamaruzaman.
E-mail address: fathiyah@ukm.edu.my

Keywords:

Ekonomi kitaran; inovasi hijau; pembangunan mampan; cabaran dasar; inovasi teknologi; mekanisme kewangan; penglibatan sosial; transformasi digital

Circular economy; green innovation; sustainable development; policy challenges; technological innovation; financial mechanisms; social engagement; digital transformation

The growing global interest in sustainable resource use reflects a stronger commitment to sustainable development. However, a comprehensive understanding of the relationship between green innovation and the circular economy is still limited. This study fills this knowledge gap by critically analyzing the various challenges, strategies, and opportunities that can strengthen the implementation of the circular economy from a multidisciplinary academic perspective. This scoping review examines the relationship between the circular economy and green innovation as key enablers of sustainable development, based on a comprehensive analysis of 50 relevant studies. Through a synthesis of the latest literature (2020 – 2025), this study clarifies the basic concepts and their compatibility with the Sustainable Development Goals (SDGs). The study also identifies various multidimensional challenges such as policy misalignment, technological and financial constraints, and challenges of social and cultural norms. Next, this article discusses the strategies that have been taken, including the use of policy and legal support, technological innovation and business models, financial support, and community engagement to promote the implementation of the circular economy and green innovation. The use of digital technologies and artificial intelligence, applications in various sectors, and integration with the bioeconomy are seen to open up new opportunities to expand the implementation of sustainable solutions. This study examines the research approaches that have been used and identifies knowledge gaps in this field. The findings suggest the need for comprehensive implementation involving collaboration between various stakeholders. The study highlights the importance of cross-disciplinary collaboration and a structured approach to realizing sustainable development goals.

1. Pengenalan

Pembangunan mampan bertujuan mengimbangi pertumbuhan ekonomi, perlindungan alam sekitar dan keadilan sosial bagi memenuhi keperluan semasa tanpa menjejaskan generasi akan datang. Keperluan ini menjadi semakin mendesak disebabkan perubahan iklim, pencemaran, kehilangan biodiversiti dan penyusutan sumber [1]. Amalan tidak lestari mengabaikan pembangunan yang bertanggungjawab dari segi ekologi dan sosial. Walaupun Matlamat Pembangunan Mampan (*Sustainable Development Goals*, SDG) menyokong kemajuan bersepadu merentas pelbagai sektor, halangan seperti ketidaksejajaran dasar dan halangan budaya masih wujud [2]. Negara membangun turut berdepan cabaran dalam pembaharuan institusi, pembiayaan dan dasar alam sekitar yang inklusif [3].

Ekonomi kitaran (*Circular Economy*, CE) dan inovasi hijau (*Green Innovation*, GI) selari dengan pelbagai SDG, khususnya SDG 12 (penggunaan dan pengeluaran mampan), SDG 13 (tindakan terhadap perubahan iklim), dan SDG 8 (pertumbuhan ekonomi). Integrasi kedua-dua konsep ini menawarkan strategi pelbagai dimensi untuk kelestarian alam sekitar, ketahanan ekonomi dan keterangkuman sosial. Aplikasi CE dalam konteks bandar dan wilayah menunjukkan kepentingannya untuk pembandaran mampan dan pembangunan infrastruktur [4]. Tambahan pula, integrasi teknologi seperti Industri 4.0, transformasi digital dan *blockchain* kini memainkan peranan penting dalam memperkukuh strategi inovasi kitaran dan hijau dengan meningkatkan ketelusan, kebolehsasaran dan kecekapan [5,6].

Namun, kajian terdahulu lebih menumpukan kepada aplikasi ekonomi kitaran atau inovasi hijau secara berasingan, sedangkan kajian yang menggabungkan kedua-duanya dalam kerangka pembangunan mampan masih terhad. Jurang penyelidikan ini menunjukkan keperluan untuk memahami secara lebih mendalam bagaimana integrasi ekonomi kitaran dan inovasi hijau dapat saling melengkapi dalam menyokong SDG. Sehubungan itu, objektif kajian ini adalah untuk: (1) menjelaskan hubungan konseptual antara CE dan GI; (2) mengenal pasti halangan utama pelaksanaannya; (3) mencadangkan penyelesaian strategik; dan (4) menyerlahkan perkembangan baharu termasuk penggunaan teknologi digital dan integrasi bioekonomi. Kajian ini meliputi negara

maju dan membangun serta menggunakan pendekatan antara disiplin meliputi bidang ekonomi, sains alam sekitar, sains sosial dan dasar [3]. Ia menyediakan panduan berasaskan bukti kepada penyelidik, penggubal dasar, dan pengamal industri dalam merangka strategi pembangunan mampan yang lebih holistik, bersepadu, dan relevan dengan cabaran semasa.

2. Metodologi

Kajian ini menggunakan pendekatan ulasan berskop. Menurut Arksey dan O'malley [7], ulasan berskop sesuai untuk meneroka kepelbagaian dan sifat kajian terdahulu, khususnya dalam hubungan antara ekonomi kitaran dan inovasi hijau. Dokumen dikumpulkan daripada pangkalan data Scopus, Web of Science (WoS), Education Resources Information Centre (ERIC), dan Google Scholar melalui empat peringkat: pencarian sumber, saringan, penilaian kelayakan dan penilaian kualiti artikel.

2.1 Pencarian Sumber

Peringkat ini melibatkan pencarian sumber secara sistematik menggunakan teknik carian manual dan lanjutan. Kajian ini menggunakan simbol (*), carian frasa, dan operator Boolean (OR, AND) untuk mendapatkan hasil carian yang komprehensif. Syarat carian ditunjukkan dalam Jadual 1, dan kriteria pemilihan dan penyingkiran disenaraikan dalam Jadual 2.

Jadual 1

Carian dalam pangkalan data

Pangkalan Data	Kata Kunci	Dikenal Pasti
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("circular economy" AND "green innovation") AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (OA, "all")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))	122
WoS	"circular economy" (All Fields) AND "green innovation" (All Fields) AND Article (Document Types)	144
ERIC	Menggunakan kata kunci yang tepat dari Scopus dan WoS, serta operator Boolean, carian frasa, dan kod medan yang bersesuaian	38
Google Scholar	allintitle: green innovation "circular economy"	48
Jumlah	—	352

Jadual 2

Kriteria pemilihan dan penyingkiran

Kriteria	Dipilih	Disingkir
Jenis literatur	Artikel penyelidikan	Buku, siri buku
Bahasa	Bahasa Inggeris	Bukan Bahasa Inggeris
Tahun	2020 hingga 2025	Penerbitan sebelum 2019
Negara	Seluruh dunia	—

2.2 Saringan

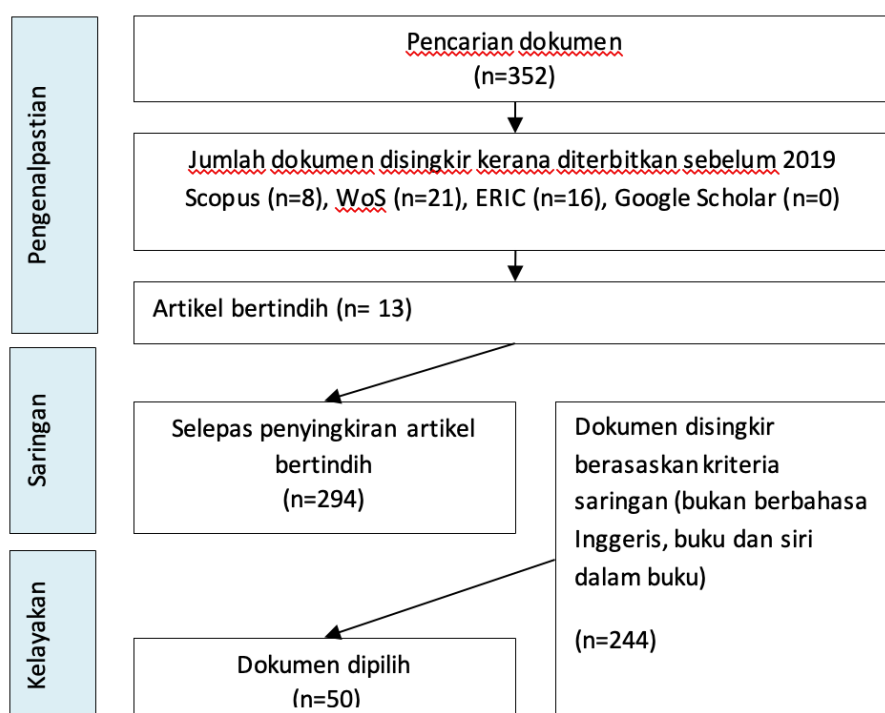
Langkah kedua melibatkan penyaringan berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Ia penting bagi mengurangkan bilangan sumber dan memastikan hanya artikel yang relevan dipilih untuk dianalisis.

2.3 Penilaian Kelayakan

Proses ini menilai kesesuaian artikel yang telah disaring. Sebanyak 50 artikel yang berkualiti tinggi dan relevan dipilih selepas proses ini, memastikan dapatan dan kesimpulan kajian adalah tepat dan boleh dipercayai.

2.4 Penilaian Kualiti Artikel

Penilaian kualiti bertujuan memastikan artikel yang digunakan menyumbang bukti yang kukuh. Sebanyak 352 artikel diperoleh; 13 disingkirkan kerana pertindihan, 244 lagi disingkirkan kerana tidak memenuhi kriteria (bukan artikel, bukan dalam Bahasa Inggeris). Akhirnya, hanya 50 artikel memenuhi objektif kajian dan dianalisis. Carta alir proses pemilihan artikel kajian ditunjukkan dalam Rajah 1 berikut.



Rajah 1. Carta alir proses pemilihan artikel kajian

3. Dapatan dan Perbincangan

3.1 Konsep Ekonomi Kitaran dan Inovasi Hijau

Ekonomi kitaran (CE) adalah pendekatan bersistem yang memisahkan pertumbuhan ekonomi daripada penggunaan sumber dan kerosakan alam sekitar. Ia menyokong pembangunan mampan dengan memberi manfaat kepada perniagaan, masyarakat dan alam sekitar. Pelaksanaan CE memerlukan perubahan dalam tadbir urus dan institusi, termasuk reformasi pentadbiran tempatan bagi memacu matlamat ekonomi dan sosial tempatan [3]. Zhang [8] melihat CE sebagai peringkat pertumbuhan dalam perkembangan ekonomi hijau, memberi tumpuan kepada model 3R—kurangkan, guna semula, kitar semula, serta menggabungkan pengeluaran yang lebih bersih, ekonomi perkongsian dan amalan rendah karbon.

Inovasi hijau merujuk kepada pembangunan dan pelaksanaan produk, proses dan model perniagaan yang mengurangkan impak alam sekitar serta mempromosikan kelestarian. Siedschlag *et al.*, [9] menyatakan bahawa peraturan alam sekitar yang ketat, kajian dan pembangunan (R&D) dalaman dan pelaburan modal adalah faktor utama bagi inovasi hijau dalam sesebuah firma. Faktor ini meningkatkan kecenderungan syarikat untuk mengurangkan kesan alam sekitar. Rodrigues dan Franco [10] pula mencadangkan bahawa dalam perniagaan kecil dan sederhana, pelaksanaan inovasi hijau sering terbatas kepada kitar semula sahaja, dan tidak meliputi transformasi holistik kepada model perniagaan kitaran. Ini menegaskan keperluan bagi pembangunan kapasiti dan sokongan kerangka untuk meningkatkan inovasi hijau melebihi pengurusan sisa sahaja.

3.2 Integrasi dengan Matlamat Pembangunan Mampan (SDGs)

Ekonomi kitaran dan inovasi hijau merupakan elemen penting dalam mencapai Matlamat Pembangunan Mampan (SDG), terutamanya SDG 12 (penggunaan dan pengeluaran yang bertanggungjawab), SDG 9 (industri, inovasi dan infrastruktur), serta SDG 11 (bandar dan komuniti lestari). Kajian oleh Chen *et al.*, [11] mendapati bahawa keupayaan inovasi bandar (*Urban Innovation Capability*, UIC) mempunyai hubungan langsung dengan peningkatan prestasi ekonomi kitaran di 280 buah bandar di China, di mana kewangan inklusif memperkukuh kesan tersebut. Inovasi hijau dalam konteks bandar memberi impak yang lebih ketara terhadap hasil ekonomi kitaran berbanding aktiviti inovasi umum. Sadik-Zada dan Gatto [12] pula memperluas dimensi sosial dengan menilai bagaimana penggunaan teknologi hijau dan perbelanjaan alam sekitar menyumbang secara positif kepada jangka hayat penduduk di negara ASEAN.

Sementara itu, Pegorin *et al.*, [4] meneliti ciri-ciri bandar kitaran dan mendapati bahawa bandar ini mengaplikasikan rangka kerja 10R untuk menjana semula dan mengoptimumkan kitaran sumber. Zhang *et al.*, [13] pula menyorot ketidakseimbangan serantau dalam transformasi hijau industri di China, dengan prestasi lebih tinggi dicatatkan di wilayah timur berbanding wilayah tengah dan barat. Kajian-kajian ini menekankan kepentingan mengintegrasikan ekonomi kitaran dan inovasi hijau ke dalam dasar dan amalan, yang memerlukan usaha bersepadu merentas peringkat pentadbiran, sektor perniagaan dan komuniti, berdasarkan konteks tempatan dan matlamat kelestarian global.

3.3 Cabaran Memajukan Ekonomi Kitaran dan Inovasi Hijau

a. Ketidaksejajaran dasar

Kemajuan ekonomi kitaran dan inovasi hijau sering terhalang oleh dasar yang tidak selaras dan tidak menyeluruh. Di Emiriah Arab Bersatu, pengurusan sisa elektronik melalui tanggungjawab pengeluar yang diperluas menghadapi kekangan peraturan [14]. Di Algeria pula, dasar berkaitan pengurusan sisa tidak selari dengan prinsip ekonomi kitaran sehinggalah strategi nasional diperkenalkan pada tahun 2016 [15]. Di Eropah Timur, tadbir urus yang lemah dan peraturan yang tidak seragam menyukarkan pelaksanaan Industri 4.0 dan ekonomi kitaran [5]. Kekangan peraturan juga menjejaskan usaha inovasi seperti penukaran sisa plastik kepada bahan akustik [16]. Di Maghribi, jurang antara sektor formal dan tidak formal serta kekosongan dasar menimbulkan isu keadilan sosial dan melambatkan kemajuan ekonomi kitaran [17]. Kesemua contoh ini menunjukkan keperluan dasar yang lebih seragam, terbuka dan sesuai dengan konteks setempat.

b. Kekangan Teknologi dan Kewangan

Tahap kesediaan teknologi dan penggunaan inovasi masih menjadi halangan utama dalam pelaksanaan ekonomi kitaran dan inovasi hijau. Dalam sektor elektronik, tahap kesiapsiagaan teknologi yang rendah menyukarkan peluasan penyelesaian mampan seperti platform penjana tenaga sendiri [18]. Dalam sektor makanan Arab Saudi, keadaan persekitaran yang ekstrem dan jurang teknologi menyukarkan pelaksanaan strategi kitaran [19]. Kekangan kewangan turut mengehadkan pelaksanaan ekonomi kitaran (CE). Di Rusia, kenaikan tarif mengurangkan sokongan awam terhadap projek biogas [20]. Di India, syarikat kecil dalam industri barangan pengguna berasaskan cepat guna berskala kecil menghadapi kesukaran untuk mengguna pakai teknologi hijau disebabkan oleh kekangan dana [21]. Begitu juga, pertumbuhan bioekonomi kitaran terbantut disebabkan modal yang terhad dan ketidakimbangan terhadap kos operasi, menunjukkan keperluan insentif ekonomi yang lebih kukuh [22].

c. Cabaran norma sosial dan budaya

Kesedaran masyarakat, persepsi dan tingkah laku memberi impak besar terhadap penerimaan ekonomi kitaran (CE) dan inovasi hijau (GI). Antoniadou *et al.*, [23] mendapati bahawa walaupun pelajar dan profesional pergigian di Greece aktif dalam aktiviti kitar semula, mereka masih kurang pengetahuan tentang prinsip dan peraturan CE. Ini menunjukkan keperluan memperkukuh pendidikan berkaitan CE. Di Vietnam, Khuc *et al.*, [24] melaporkan bahawa kesedaran alam sekitar mendorong pengasingan sisa plastik di peringkat isi rumah, namun konsistensi tingkah laku masih menjadi cabaran.

Faktor sosial dan budaya turut mempengaruhi penyebaran CE. Di Indonesia, Megawati *et al.*, [25] menyatakan bahawa kelembapan budaya mengehadkan kesan dasar digital terhadap inovasi hijau dalam perusahaan kecil dan sederhana kulinari. Nolan *et al.*, [26] pula menjelaskan bahawa masa depan CE dibentuk oleh norma sosial yang kompleks dan kadangkala bercanggah. Di Eropah, Yalçın *et al.*, [27] melaporkan bahawa perbincangan CE lebih menumpukan pada naratif tekno-ekonomi dan mengabaikan isu sosial serta ekologi. Dapatan ini menunjukkan bahawa strategi CE perlu disesuaikan dengan konteks budaya yang pelbagai.

3.4 Strategi Memperkukuh Pelaksanaan Ekonomi Kitaran dan Inovasi Hijau

a. Penggunaan dasar dan sokongan perundangan

Kerangka dasar yang kukuh amat penting untuk menyokong kemajuan ekonomi kitaran dan inovasi hijau. Melalui analisis bibliometrik, Juracka *et al.*, [2] menekankan bahawa peraturan yang menyokong ekoinovasi memainkan peranan utama dalam mendorong peralihan ekonomi yang mampan. Salah satu instrumen dasar yang sering digunakan ialah Tanggungjawab Pengeluar yang Diperluas (EPR). Namun, menurut Alqodsi [14], pelaksanaan EPR dalam sektor e-sisa di Emiriah Arab Bersatu adalah kompleks dan perlu disesuaikan dengan konteks sosio-politik tempatan. Di Jepun, Corbier *et al.*, [28] mendapati bahawa peningkatan yuran EPR dapat menggalakkan penggunaan secara kitaran, namun kesannya terhadap kelestarian jangka pendek masih terhad. Dapatan ini menunjukkan bahawa walaupun EPR mampu menyokong amalan ekonomi kitaran, pelaksanaannya memerlukan sokongan dasar yang lebih menyeluruh agar lebih berkesan.

b. Inovasi teknologi dan model perniagaan

Inovasi teknologi dan model perniagaan baharu menjadi pemangkin utama kepada pelaksanaan ekonomi kitaran. Teknologi Industri 4.0 seperti *Internet of things* (IoT), data raya dan automasi telah membantu syarikat automotif meningkatkan amalan kitar semula serta menambah baik prestasi alam sekitar dan operasi [5]. Dalam kalangan perusahaan kecil dan sederhana (PKS) di Eropah, transformasi digital menggalakkan pelaksanaan strategi ekonomi kitaran dan memacu inovasi. Namun, tahap kesediaan digital dan pemahaman konsep kitar semula yang berbeza-beza menunjukkan perlunya pendekatan yang disesuaikan mengikut keperluan [29].

Model perniagaan berasaskan perkhidmatan seperti baik pulih produk dapat menjimatkan sumber dan memanjangkan jangka hayat barang [30]. Kemahiran berkaitan alam sekitar juga penting dalam memastikan kejayaan pelaksanaan amalan ekonomi kitaran di perusahaan kecil dan sederhana Eropah [31]. Inovasi hijau pula digerakkan oleh semangat keusahawanan dan kepekaan terhadap pasaran, di mana keusahawanan berperikemanusiaan terbukti meningkatkan kelestarian apabila fokus diberikan kepada pasaran hijau, terutama dalam keadaan teknologi yang cepat berubah [32]. Kajian Bozkurt *et al.*, [33] menunjukkan bagaimana seorang usahawan wanita berjaya menggunakan bahan kitar semula dalam pakaian renang, sekali gus menggambarkan peranan individu, identiti dan sokongan institusi dalam mendorong perubahan ekonomi kitaran dari akar umbi.

c. Sokongan kewangan

Pembiayaan hijau dan insentif kewangan amat penting untuk menyokong pelaksanaan inisiatif ekonomi kitaran. Dalam sektor pelancongan di China, sistem pengurusan alam sekitar dapat meningkatkan inovasi hijau apabila disokong oleh pembiayaan hijau [34]. Teknologi kewangan (fintech) turut memainkan peranan dalam menggalakkan kelestarian dan akses kewangan, sekali gus membantu menyalurkan pelaburan ke arah model ekonomi kitaran [35]. Penilaian ekonomi juga menyokong perancangan dasar, seperti yang ditunjukkan oleh Maolanont dan Pochanart [36] melalui penggunaan model *Bio-Circular-Green* untuk pembangunan industri yang mesra alam. Selain itu, Laureti *et al.*, [37] membuktikan bahawa ramalan perkembangan tenaga boleh diperbaharui menggunakan teknologi pembelajaran mesin dapat membantu peralihan tenaga mampan yang selaras dengan matlamat ekonomi kitaran.

d. Penglibatan masyarakat

Penglibatan masyarakat dan pihak berkepentingan sangat penting untuk memajukan ekonomi kitaran dan inovasi hijau. Di Jawa Barat, kerjasama tempatan telah membantu pelaksanaan amalan ekonomi kitaran secara lestari dalam bidang pertanian, akuakultur dan perhutanan [38]. Kajian terhadap tingkah laku pengguna menunjukkan bahawa tanggapan positif terhadap nilai produk dan sikap mesra alam dapat menggalakkan tabiat membaiki dan guna semula barangan [39]. Pendidikan juga memainkan peranan penting. Di Vietnam, pengetahuan tentang ekonomi kitaran dan nilai alam sekitar mendorong remaja bertindak secara lebih mesra alam [40]. Namun, di Greece, kurangnya kefahaman dasar ekonomi kitaran dalam kalangan profesional pergigian menunjukkan keperluan kepada pendidikan yang lebih menyasarkan golongan tertentu serta penyelidikan antara bidang [23]. Dapatan ini menegaskan kepentingan menggabungkan penglibatan sosial dengan dasar, teknologi dan kewangan untuk memperluas amalan ekonomi kitaran.

3.5 Peluang Memperluas Pelaksanaan Ekonomi Kitaran dan Inovasi Hijau

a. Penggunaan teknologi digital dan kecerdasan buatan

Teknologi digital dan kecerdasan buatan memainkan peranan penting dalam memajukan amalan ekonomi kitaran dengan meningkatkan ketelusan, penjejakan, dan pengurusan data. Dalam sektor automotif, penggunaan *blockchain* membantu meningkatkan pelaksanaan ekonomi kitaran dan prestasi syarikat [6]. Teknologi ini juga menyokong aplikasi alam sekitar seperti pembiayaan pemuliharaan dan pemantauan ekosistem [41]. Kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin pula membolehkan keputusan yang berasaskan data, sekali gus mempercepatkan pelaksanaan ekonomi kitaran dalam kalangan syarikat di Eropah [42]. Dalam industri pembinaan, fungsi digital seperti penilaian, perancangan automatik, dan pengumpulan data menyokong amalan guna semula dan kitar semula sepanjang kitar hayat projek [43]. Kajian-kajian ini menunjukkan bahawa pendigitalan sangat penting dalam mempercepatkan peralihan kepada pembangunan mampan dan ekonomi kitaran.

b. Aplikasi pelbagai sektor

Amalan ekonomi kitaran semakin berkembang dalam pelbagai sektor melalui penggunaan teknologi dan penglibatan pihak berkepentingan. Dalam industri pembinaan, model yang melibatkan pihak berkepentingan menekankan pengurusan sisa yang lestari dan penggunaan semula bahan binaan [44]. Model *Bio-Circular-Green* (BCG) pula menyokong kelestarian industri melalui pemantauan dan perkongsian pengetahuan [45]. Dalam industri tekstil di Pakistan, pelaksanaan ekonomi kitaran digerakkan oleh kecekapan, inovasi dan peraturan, namun masih berdepan halangan tingkah laku dan rantai bekalan [46]. Rangka kerja yang dibangunkan oleh Coscieme *et al.*, [47] mengenal pasti inovasi teknikal, sosial dan dasar sebagai pemacu utama dalam peralihan sektor fesyen. Dalam bidang tenaga dan pemulihan sumber, penanaman mikroalga membantu mengurangkan karbon industri Andersson *et al.*, [48], manakala teknologi SCRIPT membolehkan pemulihan indium secara cekap daripada sisa skrin LCD, selari dengan matlamat penggunaan sumber secara kitaran [49].

c. Integrasi dengan bioekonomi

Menggabungkan ekonomi kitaran, bioekonomi dan ekonomi hijau adalah penting untuk pembangunan mampan yang menyeluruh. Di Ukraine, pembaharuan pentadbiran tempatan menunjukkan keperluan menggabungkan model hijau-kitaran dalam perancangan komuniti [3]. Di Eropah, indikator pembangunan mampan mempengaruhi dasar cukai hijau yang menyelaras insentif ekonomi dengan matlamat alam sekitar [50]. Perusahaan ekonomi sosial juga menyokong peralihan hijau secara inklusif. Menurut Barna *et al.*, [51], kajian di Romania menunjukkan prinsip kitaran digunakan secara berkesan untuk menangani isu sosial, manakala komuniti di Amerika Latin memajukan usaha mengitar semula bahan buangan dalam sektor pembinaan [52]. Contoh-contoh ini menegaskan kepentingan integrasi teknologi, sektor dan masyarakat dalam memajukan masa depan yang mampan dan berasaskan ekonomi kitaran.

3.6 Pendekatan Penyelidikan dan Jurang Pengetahuan

Pemahaman terhadap ekonomi kitaran dan inovasi hijau semakin diperkukuh melalui pelbagai kaedah penyelidikan. Analisis bibliometrik seperti yang dijalankan oleh Mo *et al.*, [53] telah mengenal

pasti arah aliran dan tema utama dalam kajian ekonomi hijau, termasuk peranan dasar kerajaan dan isu pelepasan karbon. Sementara itu, pendekatan ekonometrik oleh Siedschlag *et al.*, [9] menekankan kepentingan peraturan, penyelidikan dan pembangunan (*Research and Development*, R&D) dan ciri syarikat dalam mendorong inovasi alam sekitar. Kaedah kualitatif juga menyumbang pemahaman mendalam terhadap dimensi sosial dan budaya, seperti yang dibuktikan oleh Zakharova *et al.*, [54] serta Farrukh dan Sajjad [46] yang mengkaji konteks komuniti dan industri di Rusia dan Pakistan. Pendekatan gabungan ini penting bagi merangka dasar yang lebih sesuai dan berkesan.

Terdapat jurang pengetahuan yang penting dalam ekonomi kitaran dan Inovasi hijau, khususnya berkaitan penyertaan sosial dan biodiversiti. Stephenson dan Damerell [55] menyatakan bahawa kerangka sedia ada gagal menyepadukan keadilan sosial dan biodiversiti secara berkesan. Yalçın *et al.*, [27] pula menunjukkan bahawa wujud perbezaan pandangan dalam ekonomi kitaran plastik di Eropah, menekankan keperluan perspektif yang lebih pelbagai dan inklusif. Niero *et al.*, [56] menegaskan bahawa penilaian kitar hayat (LCA) tidak mampu menilai kesan sampingan yang kompleks, dan mencadangkan gabungan dengan teori sosial seperti *Practice Theory* dan *Actor-Network Theory*. Sementara itu, Zavos dan Pyyhtinen [57] mengkritik pendekatan lama yang melihat sisa hanya sebagai sumber, dan mencadangkan pendekatan baharu yang merangkumi pelbagai hubungan sosial dan ruang untuk memahami sistem secara lebih menyeluruh.

Implikasi terhadap dasar dan amalan jelas menunjukkan bahawa pelaksanaan ekonomi kitaran memerlukan kerjasama pelbagai pihak. Ordoñez-Iturralde *et al.*, [58] mencadangkan Model Ekonomi Tahan Lasak yang menggabungkan perancangan bandar dengan prinsip kelestarian. Dalam sektor makanan, integrasi teknologi dan organisasi menjadi kunci kejayaan [59]. Walau bagaimanapun, Arroyabe *et al.*, [29] mendapati wujud isu dalam menyelaraskan transformasi digital dan strategi ekonomi kitaran dalam kalangan perusahaan kecil dan sederhana. Hal ini menunjukkan bahawa pelaksanaan memerlukan pendekatan rentas disiplin dan tindakan bersistem yang lebih terancang.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, pelaksanaan ekonomi kitaran dan inovasi hijau dalam pembangunan mampan memerlukan strategi menyeluruh yang merangkumi dasar, teknologi, insentif kewangan, dan penglibatan sosial. Halangan seperti perbezaan budaya, tahap teknologi yang tidak seimbang, dan dasar yang tidak selaras masih wujud. Teknologi baharu seperti pendigitalan dan kecerdasan buatan membuka peluang baharu, namun jurang seperti keadilan sosial dan biodiversiti masih kurang diterokai. Justeru, penyelidikan dan amalan masa depan perlu berfokus kepada tadbir urus yang kolaboratif, pendekatan antara disiplin, dan penglibatan pelbagai pihak bagi menjayakan peralihan bersistem yang inklusif dan lestari.

Penghargaan

Penyelidikan ini tidak dibiayai oleh mana-mana geran.

Rujukan

- [1] Yukhymenko, Petro, Svitlana Batazhok, Nadiia Rybak, Olha Tkachenko, Olha Bilyk, Viktoriia Panasiuk, and Tamara Prykhodko. "Problems of the transition of the Ukrainian economy to a "green economy" based on sustainable technological change." (2024).
- [2] Juracka, Denis, Katarina Valaskova, and Elvira Nica. "Sustainable public policy instruments: revealing global interest in circular economy and eco-innovations." *Administration & Public Management Review* 43 (2024). <https://doi.org/10.24818/amp/2024.43-01>
- [3] Zakharchenko, V. I., and S. V. Zakharchenko. "Decentralization reform in ukraine as a factor and institutional component of sustainable development of territorial communities." *Ukrainian Geographical Journal*. 2024. Vol. 1 (125). P. 49-62. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.049>

- [4] Pegorin, Maria Cristina, Armando Caldeira-Pires, and Emilia Faria. "Interactions between a circular city and other sustainable urban typologies: A review." *Discover Sustainability* 5, no. 1 (2024): 14. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00184-8>
- [5] Khan, Syed Abdul Rehman, Muhammad Umar, Alam Asadov, Muhammad Tanveer, and Zhang Yu. "Technological revolution and circular economy practices: a mechanism of green economy." *Sustainability* 14, no. 8 (2022): 4524. <https://doi.org/10.3390/su14084524>
- [6] Lin, Woon Leong, Nelvin Xe Chung Leow, Wai Mun Lim, Ming Kang Ho, Jing Yi Yong, and Chuen Khee Pek. "The influence of blockchain technology on circular economy implementation in the automotive sector: From a GMM model to a new machine learning algorithm." *Business Strategy and the Environment* 34, no. 1 (2025): 1043-1061. <https://doi.org/10.1002/bse.4003>
- [7] Arksey, Hilary, and Lisa O'malley. "Scoping studies: towards a methodological framework." *International journal of social research methodology* 8, no. 1 (2005): 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- [8] Zhang, Zhiguang. "Evolution paths of green economy modes and their trend of hypercycle economy." *Chinese Journal of Population, Resources and Environment* 20, no. 1 (2022): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.03.001>
- [9] Siedschlag, Iulia, Stefano Meneto, and Manuel Tong Koecklin. "Enabling green innovations for the circular economy: what factors matter?." *Sustainability* 14, no. 19 (2022): 12314. <https://doi.org/10.3390/su141912314>
- [10] Rodrigues, Margarida, and Mário Franco. "Green innovation in small and medium-sized enterprises (SMEs): A qualitative approach." *Sustainability* 15, no. 5 (2023): 4510. <https://doi.org/10.3390/su15054510>
- [11] Chen, Pengyu, Zhongzhu Chu, Yuhao Zhao, and Yiming Li. "Is urban innovation capacity shaping new models of economic development? Evidence from the circular economy." *Sustainable Development* 33, no. 1 (2025): 758-770. <https://doi.org/10.1002/sd.3134>
- [12] Sadik-Zada, Elkhann Richard, and Andrea Gatto. "Grow first, clean up later? Dropping old paradigms and opening up new horizons of sustainable development." *Sustainability* 15, no. 4 (2023): 3595. <https://doi.org/10.3390/su15043595>
- [13] Zhang, Chi, Wenjia Cai, Zhu Liu, Yi-Ming Wei, Dabo Guan, Zheng Li, Jinyue Yan, and Peng Gong. "Five tips for China to realize its co-targets of climate mitigation and Sustainable Development Goals (SDGs)." *Geography and Sustainability* 1, no. 3 (2020): 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.09.001>
- [14] Alqodsi, Enas Mohammed. "Extended producer responsibility in e-waste recycling: A secure path to a sustainable future for UAE." *Sustainable Development* 33, no. 1 (2025): 309-318. <https://doi.org/10.1002/sd.3107>
- [15] Hassaine, Mahfoudh, and Belaid Abrika. "Challenges and prospects for activating a circular economy in the context of sustainable waste management in Algeria." *Revista Galega de Economía* 33, no. 2 (2024): 1-21. <https://doi.org/10.15304/rge.33.2.9284>
- [16] Naimušin, Andrej, and Tomas Januševičius. "Development and research of recyclable composite metamaterial structures made of plastic and rubber waste to reduce indoor noise and reverberation." *Sustainability* 15, no. 2 (2023): 1731. <https://doi.org/10.3390/su15021731>
- [17] Vásquez-Merchán, Irma Liliana, and Javier de Rivera Outomuro. "Plastic Waste Management in Morocco: A Sociological Reflection about the Informal Sector in the Circular Economy." *Revista galega de economía: Publicación Interdisciplinar da Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais* 33, no. 2 (2024): 180-201.
- [18] Doyle, Lucía, German Caverro, and Mircea Modreanu. "Applying the 12 Principles of Green Engineering in Low TRL Electronics: A Case Study of an Energy-Harvesting Platform." *Sustainability* 15, no. 14 (2023): 11227. <https://doi.org/10.3390/su151411227>
- [19] Almulhim, Abdulaziz I. "Toward a Greener Future: Applying Circular Economy Principles to Saudi Arabia's Food Sector for Environmental Sustainability." *Sustainability* 16, no. 2 (2024): 786. <https://doi.org/10.3390/su16020786>
- [20] Kiselev, Andrey, and Elena Magaril. "Tariff financing of biogas projects at wastewater treatment plants: A comparative study of Russian Federation." (2023): 2411-2419. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180812>
- [21] Chishty, Syed Khuro. "Economic and environmental efficiencies of organizations: role of technological advancements and circular economy practices." *Sustainability* 15, no. 22 (2023): 15935. <https://doi.org/10.3390/su152215935>
- [22] Sondhi, Sundeep Singh, Prashant Salwan, Suman Niranjani, Timothy Hawkins, Abhishek Behl, Vijay Pereira, and Manlio del Giudice. "Exploring open innovation dynamics: service and delivery interplay in circular economy." *IEEE Transactions on Engineering Management* (2024). <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3483750>
- [23] Antoniadou, Maria, Georgios Chrysochoou, Rafael Tzanetopoulos, and Elena Riza. "Green dental environmentalism among students and dentists in Greece." *Sustainability* 15, no. 12 (2023): 9508. <https://doi.org/10.3390/su15129508>

- [24] Khuc, Quy Van, Thao Dang, Mai Tran, Dinh Tien Nguyen, Thuy Nguyen, Phu Pham, and Trung Tran. "Household-level strategies to tackle plastic waste pollution in a transitional country." *Urban Science* 7, no. 1 (2023): 20. <https://doi.org/10.3390/urbansci7010020>
- [25] Megawati, Suci, Herdis Herdiansyah, Amir Machmud, E. Antriyandari, and Sud Sudirman. "Integrating circular economy, digital economy, and social protection policies to drive green business innovation: Insights from Indonesia's culinary SMEs." *Problems and Perspectives in Management* 22, no. 4 (2024): 368-381. [https://doi.org/10.21511/ppm.22\(4\).2024.28](https://doi.org/10.21511/ppm.22(4).2024.28)
- [26] Nolan, Ryan, Esmaeil Khedmati Morasae, and Mike Michael. "From schools of thought to an ecology of practices: Categorizing circular economy's futures." *Journal of Industrial Ecology* 28, no. 6 (2024): 1730-1742. <https://doi.org/10.1111/jiec.13564>
- [27] Yalçın, Nur Gizem, Erik Paredis, and Melanie Jaeger-Erben. "Contested discourses of a circular plastics economy in Europe: prioritizing material, economy, or society?." *Environmental Politics* 33, no. 2 (2024): 219-239. <https://doi.org/10.1080/09644016.2023.2192145>
- [28] Corbier, Darius, Hazel Pettifor, Maureen Agnew, and Laurent Drouet. "CIRCEE, the CIRCular Energy Economy model: Bridging the gap between economic and industrial ecology concepts." *Journal of Industrial Ecology* 28, no. 6 (2024): 1996-2011. <https://doi.org/10.1111/jiec.13587>
- [29] Arroyabe, Marta F., Carlos FA Arranz, and Juan Carlos Fernandez de Arroyabe. "The integration of circular economy and digital transformation as a catalyst for small and medium enterprise innovation." *Business Strategy and the Environment* 33, no. 7 (2024): 7162-7181. <https://doi.org/10.1002/bse.3858>
- [30] Chiarot, Christian, Robert Eduardo Cooper Ordoñez, and Carlos Lahura. "Evaluation of the applicability of the circular economy and the product-service system model in a bearing supplier company." *Sustainability* 14, no. 19 (2022): 12834. <https://doi.org/10.3390/su141912834>
- [31] Abad-Segura, Emilio, Ana Batlles-de-laFuente, Mariana-Daniela González-Zamar, and Luis Jesús Belmonte-Ureña. "Implications for sustainability of the joint application of bioeconomy and circular economy: A worldwide trend study." *Sustainability* 13, no. 13 (2021): 7182. <https://doi.org/10.3390/su13137182>
- [32] Aboalhoon, Tariq, Ahmad Alzubi, and Kolawole Iyiola. "Humane entrepreneurship in the circular economy: The role of green market orientation and green technology turbulence for sustainable corporate performance." *Sustainability* 16, no. 6 (2024): 2517. <https://doi.org/10.3390/su16062517>
- [33] Bozkurt, Ödül, Mirela Xheneti, and Vicky. "On the front line of the circular economy: the entrepreneurial, identity and institutional work of a female entrepreneur towards the circular transition." *Work, employment and society* 36, no. 1 (2022): 156-166. <https://doi.org/10.1177/09500170211043005>
- [34] Ji, Xiang, Shiqi Zhang, and Yuan Lu. "Does an environmental management system affect green innovation: The role of green financing in China's tourism sector in a circular economy." *Sustainability* 15, no. 8 (2023): 6411. <https://doi.org/10.3390/su15086411>
- [35] Kesavan, Varun, and Aruna Polisetty. "An extensive examination of the influence of financial technology (Fintech) on advancing financial inclusion: a bibliometric investigation." *Discover Sustainability* 6, no. 1 (2025): 72. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00823-8>
- [36] Maolanont, Tanapol, and Pakpong Pochanart. "The BCG Economic Model in Practice: A Case Study of Thai Eastern Eco-Industrial Land." *International Journal of Sustainable Development & Planning* 18, no. 12 (2023). <https://doi.org/10.18280/ijdsdp.181213>
- [37] Laureti, Lucio, Alessandro Massaro, Alberto Costantiello, and Angelo Leogrande. "The impact of renewable electricity output on sustainability in the context of circular economy: a global perspective." *Sustainability* 15, no. 3 (2023): 2160. <https://doi.org/10.3390/su15032160>
- [38] Wirawan, Rudolf, Jane Judy McIntyre-Mills, R. Riswanda, Ida Widianingsih, and Indra Gunawan. "Pathways to well-being in Tarumajaya, West Java: Post-COVID 19 supporting better access to the commons through engagement and a critical systemic reflection on stories." *Systems Research and Behavioral Science* 41, no. 4 (2024): 681-704. <https://doi.org/10.1002/sres.2983>
- [39] Arias, Claudia, Javier Bernardo Cadena Lozano, and Miguel Angel Bello Bernal. "The role of value in extending the lifetime of products: An analysis of perceived value and green consumption values on pro-circular behaviors of repair and reuse." *Sustainability* 16, no. 4 (2024): 1567. <https://doi.org/10.3390/su16041567>
- [40] Tran, Phuong Mai, Thuy Nguyen, Huu-Dung Nguyen, Nguyen An Thinh, Nguyen Duc Lam, Nguyen Thi Huyen, and Van Quy Khuc. "Improving green literacy and environmental culture associated with youth participation in the circular economy: a case study of Vietnam." *Urban Science* 8, no. 2 (2024): 63. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020063>
- [41] Yadav, Anuradha, Shivani Shivani, Vijaya Kittu Manda, Vikramaditya Sangwan, and Anna Demkiv. "Blockchain technology for ecological and environmental applications." *Ecological Questions* 35, no. 4 (2024): 1-20. <https://doi.org/10.12775/EQ.2024.050>

- [42] Aiello, Francesco, Paolo C. Cozzucoli, Lidia Mannarino, and Valeria Pupo. "Bayesian insights on digitalization and environmental sustainability practices. Towards the twin transition in the EU." *Business Strategy and the Environment* 34, no. 1 (2025): 417-432. <https://doi.org/10.1002/bse.3985>
- [43] Awodele, Imoleayo A., Emmanuel C. Eze, Angel M. Gento Municio, Molusiwa S. Ramabodu, and Nathaniel A. Olatunde. "Advancing circular economy transition in the Nigeria construction industry through digital twin technology adoption." *Green Technologies and Sustainability* 3, no. 3 (2025): 100201. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100201>
- [44] Almeida, Filipe, Castorina S. Vieira, José Ricardo Carneiro, and Maria de Lurdes Lopes. "Drawing a path towards circular construction: an approach to engage stakeholders." *Sustainability* 14, no. 9 (2022): 5314. <https://doi.org/10.3390/su14095314>
- [45] Marcombe, Anne-Charlotte, and Behzod Tagaev. "The Diversity of the Circular Economy in the City of Tashkent, Uzbekistan." *Journal of International Development* 37, no. 1 (2025): 300-313. <https://doi.org/10.1002/jid.3962>
- [46] Farrukh, Amna, and Aymen Sajjad. "Drivers for and barriers to circular economy transition in the textile industry: A developing economy perspective." *Sustainable Development* 32, no. 6 (2024): 7309-7329. <https://doi.org/10.1002/sd.3088>
- [47] Coscieme, Luca, Saskia Manshoven, Jeroen Gillabel, Francesca Grossi, and Lars F. Mortensen. "A framework of circular business models for fashion and textiles: the role of business-model, technical, and social innovation." *Sustainability: science, practice and policy* 18, no. 1 (2022): 451-462. <https://doi.org/10.1080/15487733.2022.2083792>
- [48] Andersson, Anna-Karin Margareta, Øyvind Stokke, Ukeje Jacob Agwu, Erik Westad Strømsheim, Richard Andre Ingebrigtsen, Geir-Henning Wintervoll, Terje Aspen, and Hans Christian Eilertsen. "Mass cultivation of microalgae III: a philosophical and economic exploration of carbon capture and utilization." *Sustainability* 15, no. 24 (2023): 16826. <https://doi.org/10.3390/su152416826>
- [49] Becci, Alessandro, Alessia Amato, Giulia Merli, and Francesca Beolchini. "The Green Indium Patented Technology SCRIPT, for Indium Recovery from Liquid Crystal Displays: Bench Scale Validation Driven by Sustainability Assessment." *Sustainability* 16, no. 20 (2024): 8917. <https://doi.org/10.3390/su16208917>
- [50] Sabău-Popa, Claudia Diana, Alexandra Maria Bele, Adrian Negrea, Dorin Cristian Coita, and Adriana Giurgiu. "Do energy consumption and CO2 emissions significantly influence green tax levels in European countries?." *Energies* 17, no. 9 (2024): 2186. <https://doi.org/10.3390/en17092186>
- [51] Barna, Cristina, Alexandra Zbucnea, and Simona Maria Stănescu. "Social economy enterprises contributing to the circular economy and the green transition in Romania." *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa* 107 (2023): 47-69. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.107.21738>
- [52] Lizárraga-Mendiola, Liliana, Luis D. López-León, and Gabriela A. Vázquez-Rodríguez. "Municipal solid waste as a substitute for virgin materials in the construction industry: A review." *Sustainability* 14, no. 24 (2022): 16343. <https://doi.org/10.3390/su142416343>
- [53] Mo, Rigen, Xian-hong Peng, Shao-bu Wang, and Justin Zuopeng Zhang. "Knowledge Mapping of Green Economy Research: A Bibliometric Analysis." *SAGE Open* 14, no. 4 (2024): 21582440241293581. <https://doi.org/10.1177/21582440241293581>
- [54] Zakharova, Olga, Anna Glazkova, and Lyudmila Suvorova. "Online equipment repair community in Russia: searching for environmental discourse." *Sustainability* 15, no. 17 (2023): 12990. <https://doi.org/10.3390/su151712990>
- [55] Stephenson, P. J., and Anca Damerell. "Bioeconomy and circular economy approaches need to enhance the focus on biodiversity to achieve sustainability." *Sustainability* 14, no. 17 (2022): 10643. <https://doi.org/10.3390/su141710643>
- [56] Niero, Monia, Charlotte L. Jensen, Chiara Farné Fratini, Jens Dorland, Michael S. Jørgensen, and Susse Georg. "Is life cycle assessment enough to address unintended side effects from Circular Economy initiatives?." *Journal of Industrial Ecology* 25, no. 5 (2021): 1111-1120. <https://doi.org/10.1111/jiec.13134>
- [57] Zavos, Stylianos, and Olli Pyyhtinen. "The limits of waste as a resource: a critique and a proposition towards a new scalar imagination for the circular economy model." *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 17, no. 3 (2024): 683-697. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsae013>
- [58] Ordoñez-Iturralde, D. D., C. P. Proaño-Piedra, and C. L. Villegas-Sánchez. 2024. "Unveiling the Nexus: Urban Planning, Circular Economy and Sustainable Development." *Revista Venezolana de Gerencia* 29 (107): 1025–1039. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.2>
- [59] Donner, Mechthild, and Hugo de Vries. "How to innovate business models for a circular bio-economy?." *Business Strategy and the Environment* 30, no. 4 (2021): 1932-1947. <https://doi.org/10.1002/bse.2725>