

TRANSFORMASI SINTESIS DATA KUALITATIF MENJADI ANALISIS META DATA TENTANG MANAJEMEN AKUNTANSI LINGKUNGAN

Octavia Diana Monica Tuegeh^{1*}, Adrián Szilárd Nagy², Johan Reineer Tumiwa³

^{1,2,3}University of Debrecen, Institute of Economics Studies, Hungary.

¹Universitas Negeri Manado, Jurusan Akuntansi, Indonesia

²Universitas Sam Ratulangi, Jurusan Management, Indonesia

Email: * voctavia@gmail.com, nagy.adrian@unideb.hu, johan.tumiwa@econ.unideb.hu

Diterima: 02-08-2024 Disetujui: 12-11-2024

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengubah sintesis data kualitatif menjadi analisis kuantitatif melalui pendekatan meta-analisis dalam manajemen akuntansi lingkungan. Seiring meningkatnya perhatian global terhadap isu lingkungan, perusahaan menghadapi tantangan dalam mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi. Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis strategi perusahaan untuk mencapai tujuan tersebut serta mengevaluasi keberlanjutan jangka panjangnya. Selain itu, penelitian ini mengeksplorasi adopsi teknologi inovatif seperti Internet of Things dan Artificial Intelligence dalam manajemen akuntansi lingkungan dan dampak kebijakan lingkungan terhadap praktik akuntansi perusahaan. Melalui meta-analisis 359 artikel dari basis data Scopus dari tahun 2020 - 2024, ditemukan bahwa teknologi inovatif signifikan dalam meningkatkan manajemen lingkungan dan kebijakan lingkungan yang ketat mendorong praktik keberlanjutan perusahaan. Penelitian ini berkontribusi secara teoritis dengan mengintegrasikan inovasi teknologi dalam praktik akuntansi lingkungan dan mengembangkan model analisis baru. Arahan penelitian selanjutnya mencakup studi longitudinal, analisis kontekstual, dan pengembangan indikator kinerja keberlanjutan.

Kata Kunci: Akuntansi Manajemen Lingkungan, Internet Of Things, Analisis Meta Data

Abstract:

This study aims to transform the synthesis of qualitative data into quantitative analysis through a meta-analytic approach in environmental management accounting. With the growing global attention towards environmental issues, companies face challenges in reducing their carbon footprint and enhancing energy efficiency. This research identifies and analyzes corporate strategies to achieve these objectives and evaluates their long-term sustainability. Additionally, it explores the adoption of innovative technologies such as IoT and AI in environmental management accounting and examines the impact of environmental policies on corporate accounting practices. Through a meta-analysis of 359 articles from various academic databases, it was found that innovative technologies significantly enhance environmental management, and stringent environmental policies promote corporate sustainability practices. This study contributes theoretically by integrating technological innovations into environmental accounting practices and developing a new analytical model. Future research directions include longitudinal studies, contextual analysis, and the development of sustainability performance indicators.

Keyword: Environmental Management Accounting, Internet Of Things, Meta Analysis

Pendahuluan

Masalah lingkungan semakin menjadi pusat perhatian global seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan dalam berbagai sektor industry (Karuppiyah *et al.*, 2022; Khamisu *et al.*, 2024; Miehe *et al.*, 2022). Salah satu isu kritis dalam manajemen akuntansi lingkungan adalah bagaimana perusahaan dapat mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi dalam operasi bisnis mereka (Kasbun *et al.*, 2019; Kawulur *et al.*, 2024; Kulkarni *et al.*, 2017; Q. Li *et al.*, 2023; Qian *et al.*, 2018; Shan *et al.*, 2020). Meskipun terdapat berbagai inisiatif untuk mengurangi emisi karbon, tantangan tetap ada dalam mengembangkan strategi yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini berusaha untuk mengidentifikasi dan menganalisis pendekatan yang digunakan oleh perusahaan untuk mencapai efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon, serta mengevaluasi efektivitas strategi tersebut dalam konteks keberlanjutan jangka panjang.

Selain itu, inovasi teknologi memegang peranan penting dalam meningkatkan pengumpulan dan analisis data lingkungan. Teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) menawarkan potensi besar untuk memperbaiki manajemen lingkungan dengan menyediakan data yang lebih akurat dan *real-time* (Canaj *et al.*, 2022; Ma *et al.*, 2023; Mian *et al.*, 2020). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun banyak penelitian teoritis telah dilakukan mengenai integrasi teknologi IoT dan AI dalam sistem energi dan lingkungan, implementasi nyata di lapangan masih terbatas (Ma *et al.*, 2023; Mian *et al.*, 2020). Selain itu, literatur yang ada belum secara spesifik mengkaji bagaimana teknologi ini mempengaruhi praktik akuntansi lingkungan perusahaan (Canaj *et al.*, 2022). Kesenjangan ini mencakup aspek pengumpulan dan analisis data lingkungan yang lebih akurat dan *real-time*, serta bagaimana data tersebut diimplementasikan secara praktis untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbon. Penelitian ini juga mengidentifikasi kurangnya bukti empiris tentang efektivitas insentif yang diberikan melalui teknologi ini dan dampaknya terhadap keberlanjutan jangka panjang perusahaan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani gap ini dengan mengeksplorasi adopsi teknologi inovatif dalam manajemen akuntansi lingkungan dan dampaknya terhadap kinerja lingkungan perusahaan.

Lebih jauh, kebijakan dan regulasi lingkungan mempengaruhi secara signifikan praktik akuntansi dan manajemen lingkungan perusahaan (Maione *et al.*, 2023; Tokito *et al.*, 2023). Perubahan regulasi dapat memberikan tekanan tambahan pada perusahaan untuk meningkatkan pelaporan dan transparansi lingkungan mereka (Keith *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2023). Namun, terdapat gap penelitian mengenai bagaimana perusahaan menavigasi lanskap regulasi yang berubah-ubah ini dan strategi yang mereka gunakan untuk mematuhi kebijakan lingkungan. Penelitian ini berupaya untuk mengisi gap penelitian ini dengan mengkaji dampak kebijakan dan regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi lingkungan perusahaan dan strategi yang diterapkan untuk memenuhi tuntutan regulasi tersebut.

Dari tiga fokus utama tersebut, penelitian ini merumuskan masalah sebagai berikut: Bagaimana perusahaan dapat mengembangkan strategi yang efektif untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi, bagaimana teknologi inovatif mempengaruhi manajemen akuntansi lingkungan, dan bagaimana perusahaan menavigasi dan mematuhi regulasi lingkungan yang dinamis?

Untuk menjawab permasalahan penelitian, maka disusunlah tujuan penelitian untuk mengidentifikasi dan menganalisis strategi perusahaan dalam mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi, serta mengeksplorasi adopsi dan dampak teknologi inovatif seperti IoT dan AI dalam manajemen akuntansi lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji dampak kebijakan dan regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi lingkungan dan strategi perusahaan dalam mematuhi regulasi tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam literatur manajemen akuntansi lingkungan dengan menyediakan wawasan empiris dan

analitis mengenai tantangan dan peluang dalam mengintegrasikan praktik keberlanjutan, teknologi inovatif, dan regulasi lingkungan dalam operasi bisnis perusahaan.

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR) meta-analisis untuk menilai dan mengkaji literatur yang ada mengenai strategi perusahaan dalam mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif dalam manajemen akuntansi lingkungan, dan dampak kebijakan serta regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi perusahaan. Pendekatan ini sesuai dengan pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk memastikan sistematisitas dan transparansi dalam proses review (Mengist *et al.*, 2020).

Pencarian dan Seleksi Studi

Proses pencarian artikel dilakukan melalui basis data Scopus dengan menggunakan kata kunci "*Environmental Management Accounting*." Langkah-langkah seleksi artikel meliputi: pertama, identifikasi awal yang menghasilkan 1.647 artikel. Selanjutnya, dilakukan penyaringan berdasarkan rentang waktu dari tahun 2020 – 2024 dan relevansi topik, sehingga jumlah artikel yang disaring menjadi 468. Pada tahap kelayakan, penelitian ini menggunakan pendekatan *Title and Abstract Alignment* (TAA) (Tumiwa *et al.*, 2022) dengan topik-topik yang relevan seperti "manajemen akuntansi lingkungan," "pengurangan emisi karbon," "efisiensi energi," "teknologi inovatif," "IoT," "AI," dan "kebijakan lingkungan." Dari 468 artikel tersebut, 367 artikel memenuhi kriteria inklusi dan dievaluasi secara mendalam. Akhirnya, sebanyak 359 artikel berbahasa Inggris dipilih untuk analisis akhir.

Adapun kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Kriteria Inklusi meliputi artikel yang dipublikasikan dalam jurnal *peer-reviewed*, artikel yang menggunakan bahasa Inggris, artikel yang berfokus pada strategi pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif, dan dampak kebijakan lingkungan terhadap praktik akuntansi, serta studi empiris yang menyediakan data dan analisis kuantitatif atau kualitatif yang relevan. Sedangkan Kriteria Eksklusi mencakup artikel yang tidak berfokus pada topik penelitian, artikel yang bukan dalam bahasa Inggris, studi teoretis tanpa data empiris yang relevan, dan artikel yang tidak tersedia secara penuh atau hanya tersedia dalam bentuk abstrak.

Dengan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi tersebut, penelitian ini memastikan bahwa hanya artikel yang paling relevan dan berkualitas tinggi yang disertakan dalam analisis. Proses seleksi yang ketat ini membantu memastikan bahwa temuan penelitian didasarkan pada data yang valid dan relevan, serta memberikan wawasan yang akurat dan dapat diandalkan mengenai strategi pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif, dan dampak kebijakan lingkungan terhadap praktik akuntansi.

Data Extraction dan Quality Assessment

Data dari artikel yang terpilih diekstraksi menggunakan formulir standar yang mencakup informasi bibliografis (penulis, tahun publikasi, judul artikel, dan jurnal), metodologi penelitian yang digunakan, temuan utama terkait strategi pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif, dan dampak kebijakan lingkungan, serta data kualitatif dan kuantitatif yang relevan. Kualitas studi dinilai menggunakan SLR sebagai alat penilaian kritis untuk memastikan validitas dan reliabilitas temuan, dengan penilaian mencakup evaluasi desain studi, ukuran sampel, metode analisis, dan potensi bias.

Sintesis Hasil

Hasil dari analisis data disintesis untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai strategi efektif yang digunakan oleh perusahaan dalam mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi, dampak adopsi teknologi inovatif pada manajemen akuntansi lingkungan, dan pengaruh kebijakan serta regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi perusahaan.

Analisis Data Dengan Pendekatan Kuantitatif

Data yang diekstraksi dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Analisis statistik dilakukan untuk mengidentifikasi tren umum, hubungan, dan kesenjangan dalam literatur dengan menggunakan beberapa alat analisis teks atau *software qualitative data analysis* (QDA) seperti NVivo 12 plus, VOSviewer, dan Voyant Tools. Analisis penelitian ini dimulai dengan analisis simultan menggunakan pengelompokan atau *clustering* dengan analisis jaringan kata kunci yang terjadi bersamaan. Berdasarkan penelitian terdahulu, pengelompokan memberikan tampilan dua dimensi yang lebih rinci mengenai struktur jaringan dibandingkan dengan pemetaan, meskipun pengelompokan terbatas dalam menggambarkan hubungan multidimensi. Pengelompokan tidak dibatasi oleh batasan dimensi tetapi beroperasi pada dimensi biner, bukan dimensi kontinu. Algoritme pengelompokan ini melibatkan rumus khusus sebagai berikut:

$$V(C_1, \dots, C_n) = \frac{1}{2m} \sum_{i \leq j} \delta(C_i, C_j) \omega_{ij} (C_{ij} - \gamma \frac{C_i C_j}{2m}) \dots$$

(1)

- where C_i = element pengelompokan (*cluster*) i
- γ = ukuran resolusi pengelompokan (*clustering resolution*)
- m = jumlah bobot tepian (*total number of edges or sum of all edge weights*)
- $\omega_{ij} = \frac{2m}{C_i} C_j$

Sumber: (Vysochan *et al.*, 2021; Waltman *et al.*, 2010)

Alat yang paling umum untuk menganalisis lebih lanjut korelasi parsial dan signifikansi (nilai-p) dari analisis teks adalah korelasi orang dan signifikansi (nilai-p) berdasarkan uji-t. Koefisien korelasi mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara dua variabel dalam penelitian ini untuk term 1 dan term 2. Dihitung dengan menggunakan rumus korelasi Pearson sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \dots$$

(2)

Sumber: (Hetenyi *et al.*, 2019; Pearson, 1895; Spaska *et al.*, 2021)

Di mana:

- x_i dan y_i : titik sampel individual dari kedua variabel (dalam hal ini, frekuensi kata kunci).
- \bar{x} dan \bar{y} : rerata dari variabel/frekuensi kata kunci.

Selanjutnya untuk menguji signifikansi koefisien korelasi apakah korelasi yang diamati signifikan secara statistik, kami menggunakan uji-t dengan rumus statistik uji sebagai berikut:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

(3)

...

Sumber: (Hetenyi *et al.*, 2019; Snedecor & Cochran, 1989; Spaska *et al.*, 2021)

Di mana:

r^2 : koefisien korelasi Pearson.

n : jumlah observasi berpasangan.

nilai p kemudian diperoleh dari distribusi t dengan $n - 2$ degrees of freedom. derajat kebebasan. Ini menguji hipotesis *null* bahwa korelasi sebenarnya adalah nol.

Penafsiran:

Korelasi (r) : Nilai berkisar antara -1 hingga 1, dimana nilai yang mendekati 1 atau -1 menunjukkan hubungan yang kuat, dan nilai yang mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lemah.

Signifikansi (nilai p) : Nilai p yang rendah (biasanya $< 0,05$) menunjukkan bahwa korelasi tersebut signifikan secara statistik.

Analisa Data

Hasil Analisa Deskripsi

Pada bagian ini, akan dipaparkan hasil analisa deskriptif yang mencakup frekuensi dari berbagai elemen penting dalam penelitian yang telah dilakukan. Analisa ini mencakup total penulis (*author*), jumlah penulis tunggal, kata kunci (*keyword*), negara asal, sponsor pendanaan, jurnal, dan penerbit.



Gambar 1. Statistik Deskriptif Artikel Penelitian

Sumber: Data analisis penulis, 2024

Berdasarkan Gambar 1, terdapat total 359 artikel yang digunakan dalam penelitian ini. Jumlah ini menunjukkan cakupan yang luas dan representatif dari literatur yang dianalisis, memberikan dasar yang kuat untuk validitas hasil penelitian. Selain itu, gambar tersebut mengindikasikan bahwa ada 718 penulis yang terlibat dalam penulisan artikel-artikel tersebut.

Jumlah penulis yang signifikan ini mencerminkan kolaborasi yang luas dan beragam di antara para peneliti dalam bidang studi yang terkait. Kolaborasi seperti ini penting untuk meningkatkan kualitas penelitian melalui kontribusi berbagai perspektif dan keahlian.

Gambar 1 juga menyebutkan bahwa terdapat 3447 kata kunci yang digunakan dalam artikel-artikel yang dianalisis. Kata kunci ini berfungsi sebagai indikator topik-topik yang dominan dan fokus penelitian dalam bidang studi tersebut. Dengan jumlah kata kunci yang besar, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dianalisis memiliki cakupan topik yang luas dan beragam, mencakup berbagai aspek dan isu yang relevan dalam bidang studi manajemen akuntansi lingkungan.

Terdapat 138 jurnal yang menjadi sumber artikel-artikel dalam penelitian ini. Jumlah ini mencerminkan beragamnya sumber informasi dan menunjukkan bahwa penelitian ini mengambil referensi dari berbagai jurnal yang mungkin mencakup berbagai disiplin ilmu. Keberagaman jurnal ini penting untuk memberikan perspektif yang lebih komprehensif dan mengurangi bias yang mungkin timbul jika hanya beberapa jurnal yang dijadikan referensi.

Gambar tersebut menunjukkan bahwa ada 64 penerbit yang menerbitkan artikel-artikel yang dianalisis. Banyaknya penerbit yang terlibat menunjukkan bahwa penelitian ini didukung oleh berbagai institusi penerbitan, yang mungkin mencakup penerbit akademik, komersial, dan *non-profit*. Hal ini penting untuk memastikan bahwa penelitian tidak bergantung pada satu sumber penerbitan saja, yang dapat meningkatkan kredibilitas dan diversitas penelitian. Artikel-artikel yang dianalisis berasal dari rentang waktu 2020 hingga 2024. Rentang waktu ini menunjukkan bahwa penelitian ini cukup aktual dan relevan dengan perkembangan terbaru dalam bidang studi yang dianalisis. Analisis artikel dalam periode ini juga memungkinkan untuk menangkap tren dan perubahan terbaru yang mungkin terjadi dalam disiplin ilmu terkait.

Selanjutnya, Gambar 1 menunjukkan bahwa tidak ada artikel yang ditulis oleh penulis tunggal (jumlahnya adalah 0). Hal ini menandakan bahwa semua artikel dalam dataset ini adalah hasil kolaborasi antara dua penulis atau lebih. Kolaborasi dalam penelitian sering kali menghasilkan karya yang lebih komprehensif dan berkualitas tinggi karena melibatkan berbagai perspektif dan keahlian. Ini juga terbukti dengan terdapatnya 60 negara asal dari artikel-artikel yang dianalisis. Ini menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki cakupan internasional yang luas, mencakup kontribusi dari berbagai negara. Keberagaman geografis ini penting karena memberikan pandangan global dan memungkinkan pembahasan isu-isu yang relevan di berbagai konteks budaya dan regional.

Begitupun adanya 42 sponsor pendanaan yang mendukung penelitian-penelitian ini. Keberadaan berbagai sponsor pendanaan menunjukkan bahwa penelitian ini didukung oleh banyak pihak, yang dapat mencakup pemerintah, lembaga *non-profit*, universitas, dan sektor industri. Dukungan finansial yang luas ini memungkinkan penelitian untuk dijalankan dengan sumber daya yang memadai, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas dan relevansi hasil penelitian.

Uji Simultan Pengelompokan Komprehensif

Untuk melakukan korelasi kata kunci secara simultan dan menganalisis pengelompokan, kami menggunakan persamaan (1) dengan bantuan analisis perangkat lunak. Kami menetapkan ambang batas kemunculan bersama pada 5. Dari 3.447 kata kunci, 204 memenuhi ambang batas ini, dan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Untuk *data mining* *Cirrus*, *stopwords* kami atur menjadi otomatis dan menambahkan beberapa kata singkatan seperti AB, KW, TI, dll. Gambar berikut menyajikan hasil analisis kata kunci *co-occurrence* untuk analisis *clustering*.

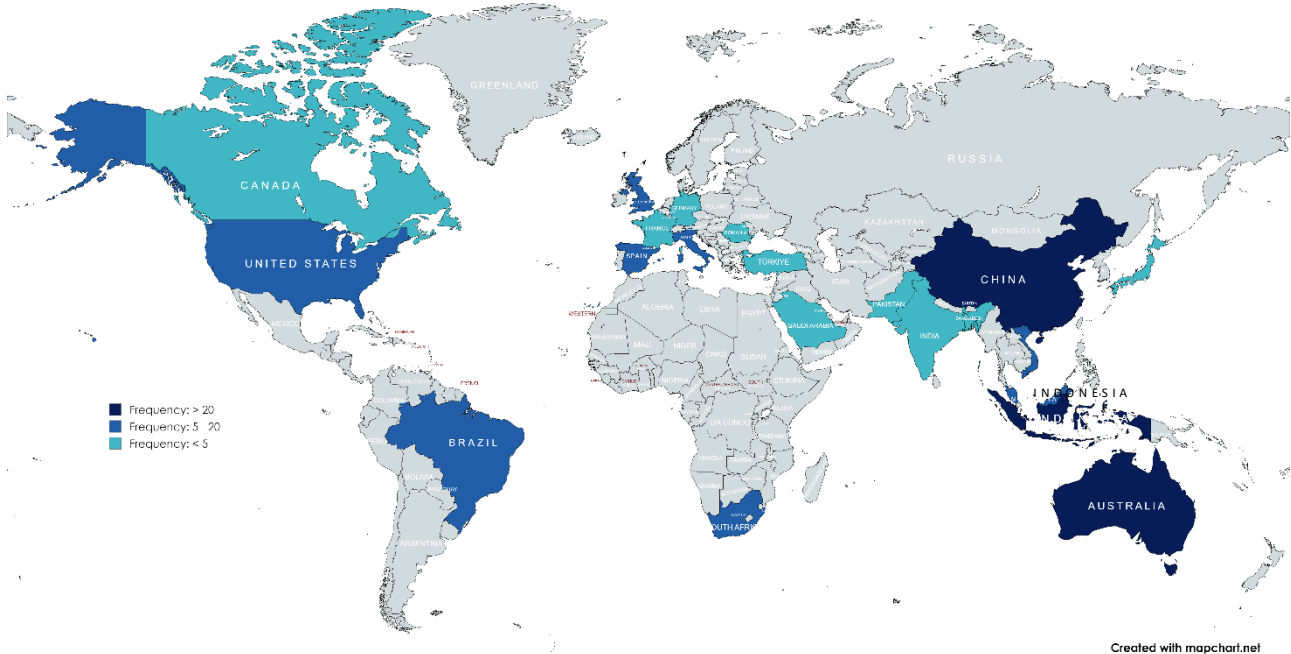
Tabel 1. Occurrence Kekuatan Tautan Total Kata Kunci

Keyword	Occurrences	Total link strength
<i>environmental management</i>	123	1053
<i>article</i>	57	877
<i>sustainable development</i>	77	737
<i>environmental economics</i>	65	567
<i>cost accounting</i>	44	503
<i>environmental impact</i>	44	498
<i>life cycle</i>	36	447
<i>cost benefit analysis</i>	34	413
<i>human</i>	26	394
<i>sustainability</i>	55	390
<i>life cycle assessment</i>	28	376
<i>china</i>	33	376
<i>decision making</i>	34	365
<i>environmental protection</i>	29	358
<i>waste management</i>	26	322
<i>ecosystems</i>	20	304
<i>ecosystem</i>	20	304
<i>life cycle analysis</i>	18	299
<i>carbon footprint</i>	21	294
<i>accounting</i>	25	292

Sumber: Data analisis penulis, 2024

Tabel 1 memberikan gambaran mengenai frekuensi kemunculan dan kekuatan tautan kata kunci dalam penelitian terkait EMA. Setiap baris dalam tabel ini menunjukkan kata kunci spesifik, jumlah kemunculan kata kunci tersebut dalam penelitian, serta kekuatan total tautan yang mengindikasikan seberapa sering kata kunci tersebut terkait dengan kata kunci lainnya dalam dataset. Kata kunci "*environmental management*" menonjol sebagai topik yang paling sering dibahas, muncul sebanyak 123 kali dengan kekuatan tautan total 1053. Ini menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan adalah fokus utama dalam penelitian ini dan memiliki banyak keterkaitan dengan topik lainnya. Kata kunci "*article*" dan "*sustainable development*" juga menonjol, dengan masing-masing muncul 57 dan 77 kali serta memiliki kekuatan tautan total 877 dan 737. Hal ini menandakan pentingnya artikel-artikel individual dan konsep pembangunan berkelanjutan dalam penelitian ini. Topik penting lainnya yang sering muncul adalah "*environmental economics*" dan "*cost accounting*," masing-masing muncul sebanyak 65 dan 44 kali dengan kekuatan tautan total 567 dan 503. Ini menunjukkan fokus yang signifikan pada ekonomi lingkungan dan akuntansi biaya dalam konteks manajemen lingkungan. Selain itu, kata kunci "*environmental impact*" dan "*life cycle*" muncul 44 dan 36 kali dengan kekuatan tautan total 498 dan 447, menyoroti pentingnya analisis dampak lingkungan dan siklus hidup dalam penelitian ini. Isu-isu spesifik lainnya seperti "*cost benefit analysis*" dan "*human*" muncul masing-masing 34 dan 26 kali dengan kekuatan tautan total 413 dan 394, menunjukkan perhatian yang signifikan pada analisis biaya-manfaat dan aspek manusia dalam manajemen lingkungan. Kata kunci "*sustainability*" juga muncul 55 kali dengan kekuatan tautan total 390, mempertegas pentingnya keberlanjutan dalam topik penelitian ini. Sejalan dengan Table 1 dan Gambar 1, Gambar 3 menunjukkan Negara dan pengambilan keputusan juga menjadi fokus penting dalam penelitian ini. Kata kunci "*china*" dan "*decision making*" muncul masing-masing 33 dan 34 kali dengan kekuatan tautan total

376 dan 365. Ini menunjukkan peran penting *China* dalam penelitian ini dan pentingnya proses pengambilan keputusan dalam konteks lingkungan.



Gambar 3. Peta Frekuensi Negara Asal Artikel Penelitian

Sumber: Data analisis penulis, 2024

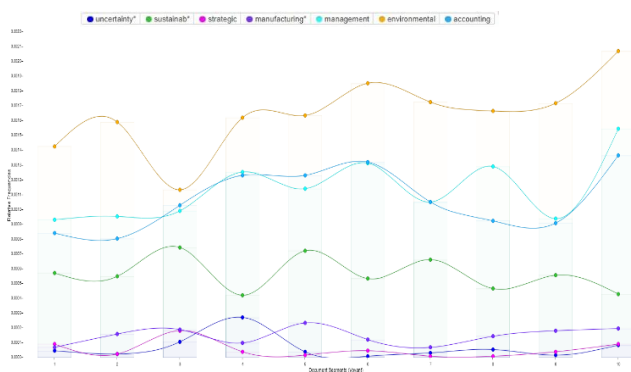
Gambar 3 memberikan gambaran visual mengenai distribusi geografis dari artikel-artikel yang dianalisis dalam penelitian ini. Warna pada peta menunjukkan frekuensi artikel yang berasal dari setiap negara, dengan tiga kategori utama: lebih dari 20 artikel (warna biru tua), 10-20 artikel (warna biru sedang), dan kurang dari 10 artikel (warna biru muda). Disini dapat dihighlight bahwa terdapat frekuensi tinggi di Indonesia dan *China* (Hendrati *et al.*, 2024; C. Liu *et al.*, 2021; Owsianiak *et al.*, 2021; Setiawan *et al.*, 2023). *Cina* merupakan negara dengan frekuensi artikel tertinggi dalam isu EMA, dengan jumlah artikel yang sangat signifikan (lebih dari 20 artikel). Hal ini menunjukkan bahwa *Cina* memiliki kontribusi yang besar dan aktif dalam penelitian terkait EMA (Cao *et al.*, 2024; Jiao *et al.*, 2023; Owsianiak *et al.*, 2021; J. Yang *et al.*, 2020; Zeng *et al.*, 2024). Kontribusi yang tinggi ini dapat disebabkan oleh perhatian yang serius terhadap masalah lingkungan dan pengelolaannya di negara tersebut. Indonesia juga menunjukkan frekuensi artikel yang tinggi dalam isu EMA, menempati kategori yang sama dengan *Cina* (lebih dari 20 artikel). Hal ini menandakan bahwa Indonesia juga memiliki peran penting dalam penelitian dan pengelolaan isu-isu lingkungan, mencerminkan kepedulian dan partisipasi aktif dalam mencari solusi terhadap tantangan lingkungan di tingkat nasional dan internasional (Mulyasari & Mayangsari, 2020; Putri & Soewarno, 2020; Ratnadi *et al.*, 2020; Ratnaningsih *et al.*, 2024; Yuniarti *et al.*, 2023).

Beberapa negara seperti Amerika Serikat, Kanada, Brazil, Australia, dan beberapa negara di Eropa seperti Spanyol dan Jerman menunjukkan kontribusi yang signifikan namun berada dalam kategori frekuensi sedang. Negara-negara ini tetap menunjukkan keterlibatan yang kuat dalam isu EMA meskipun tidak setinggi *Cina* dan Indonesia. Negara-negara lain di peta, yang ditandai dengan warna biru muda, memiliki kontribusi yang lebih kecil. Meskipun demikian, partisipasi dari berbagai negara ini tetap penting untuk mendapatkan perspektif global dalam penelitian EMA. Secara keseluruhan, peta ini memberikan wawasan yang penting tentang distribusi geografis dari kontribusi penelitian dalam isu EMA. Terutama,

kontribusi besar dari *Cina* dan Indonesia menyoroti peran penting kedua negara ini dalam penelitian dan pengelolaan isu lingkungan, yang bisa menjadi acuan bagi negara lain dalam meningkatkan partisipasi dan kontribusinya di masa depan.

Uji Parsial untuk Korelasi dan Signifikansi Hubungan Kata Kunci

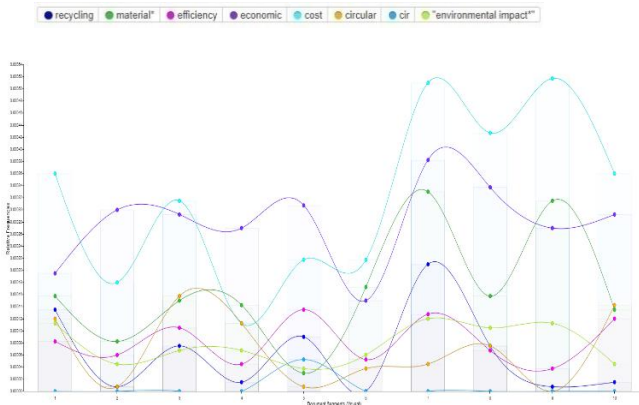
Berdasarkan Tabel 1, kedekatan co-occurrence antar kata kunci terlihat jelas dan diilustrasikan melalui visualisasi pada Gambar 2a. Selanjutnya, untuk memastikan hubungan antara kata kunci tersebut dengan istilah lain ketika menggabungkan kata kunci, judul, dan abstrak, dapat diperiksa kata kunci cloud yang digambarkan pada Gambar 2b. Visualisasi ini memungkinkan penghitungan korelasi kata kunci dengan istilah dalam judul dan abstrak, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini:



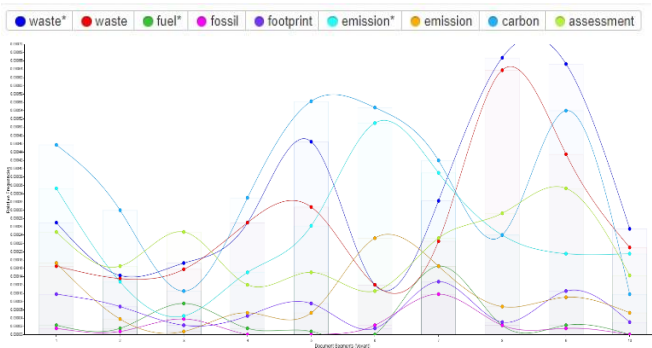
Gambar 4a. Tren Frekuensi Untuk Cluster Merah

Cluster merah mencakup konsep utama seperti "*uncertainty*," "*sustainab**," "*strategic*," "*manufacturing**," "*management*," "*environmental*," dan "*accounting*." *Cluster* ini menunjukkan fokus pada pengelolaan ketidakpastian dalam manajemen lingkungan, dengan penekanan pada keberlanjutan, strategi, dan implementasi praktis dalam sektor manufaktur (Oyewo *et al.*, 2024; Petera & Šoljaková, 2020; Rashid *et al.*, 2023; Tran, 2023). Kata kunci "*management*" dan "*environmental*" menyoroti pentingnya praktik dan proses manajemen dalam menangani isu-isu lingkungan, sementara "*accounting*" menunjukkan peran akuntansi dalam mengukur dan melaporkan kinerja lingkungan (Jaleel Jafer Al Mosaoy, 2023; Le *et al.*, 2020; H. Liu *et al.*, 2020; Yoshikuni *et al.*, 2024). Secara keseluruhan, *cluster* ini mencerminkan pendekatan multidisiplin yang menggabungkan strategi, manajemen, manufaktur, dan akuntansi untuk mencapai tujuan keberlanjutan dalam konteks ketidakpastian lingkungan.

Cluster kuning membahas topik-topik utama seperti "*recycling*," "*material**," "*efficiency*," "*economic*," "*cost*," "*circular*," dan "*environmental impact*." *Cluster* ini menunjukkan hubungan erat antara pengelolaan material, efisiensi, dan analisis ekonomi dalam konteks daur ulang



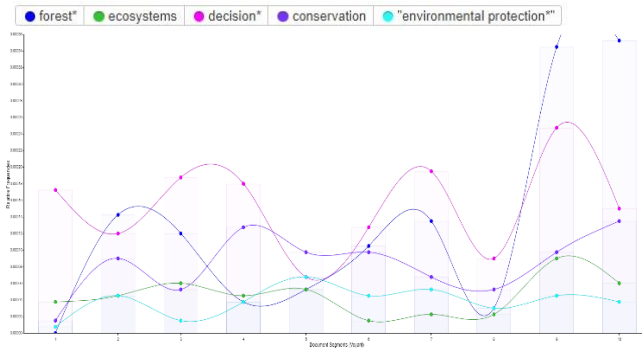
Gambar 4b. Tren Frekuensi Untuk Cluster Kuning



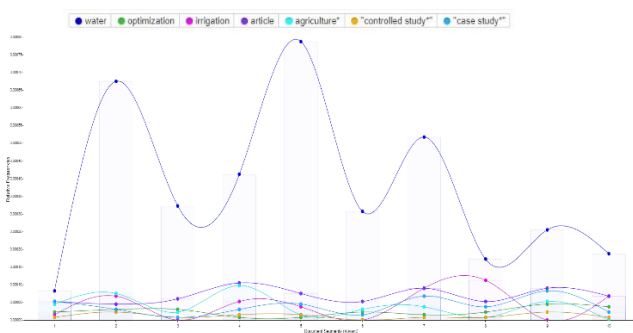
Gambar 4c. Tren Frekuensi Untuk Cluster Biru

dan dampak lingkungan (Aranda-Usón *et al.*, 2020; Bux & Amicarelli, 2022; Nishitani *et al.*, 2022; Taleb & Al Farooque, 2021; Volk *et al.*, 2021). Fokus pada "recycling" dan "material*" menyoroti pentingnya mengurangi limbah melalui proses daur ulang dan pengelolaan bahan secara efektif. Kata kunci "efficiency" dan "economic" mengindikasikan upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan analisis biaya dalam implementasi kebijakan lingkungan. Konsep "circular" menekankan ekonomi sirkular, yang bertujuan untuk memaksimalkan penggunaan kembali sumber daya dan mengurangi limbah. Sementara itu, "environmental impact" menunjukkan pentingnya mengevaluasi dampak lingkungan dari berbagai kegiatan ekonomi dan industri.

Cluster biru menunjukkan hubungan kata kunci utama seperti "waste*," "fuel*," "fossil," "footprint," "emission*," "carbon," dan "assessment." Cluster ini menunjukkan fokus yang kuat pada isu-isu terkait limbah, bahan bakar fosil, dan emisi karbon (Abdulkareem *et al.*, 2021; Dianati *et al.*, 2021; Dong *et al.*, 2022; Z. Liu *et al.*, 2024; L.-E. Wang *et al.*, 2023). Kata kunci "waste*" dan "fuel*" menyoroti pentingnya pengelolaan limbah dan penggunaan bahan bakar, terutama bahan bakar fosil, yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan. Kata "footprint" dan "emission*" mengindikasikan pengukuran jejak karbon dan emisi sebagai bagian dari upaya untuk memahami dan mengurangi dampak lingkungan. Selain itu, "carbon" dan "assessment" menunjukkan fokus pada evaluasi emisi karbon dan penilaian dampak lingkungan secara keseluruhan. Cluster biru ini mencerminkan pendekatan holistik



Gambar 4d. Tren Frekuensi Untuk Cluster Hijau



Gambar 4e. Tren Frekuensi Untuk Cluster Ungu

untuk menangani isu-isu lingkungan yang kritis, dengan penekanan pada pengurangan emisi dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

Cluster hijau dalam visualisasi kata kunci terkait EMA mencakup kata kunci utama seperti "forest*," "ecosystems," "decision*," "conservation," dan "environmental protection." Cluster ini menunjukkan fokus pada aspek ekologi dan konservasi dalam manajemen lingkungan (Bruzón *et al.*, 2023; Gacutan *et al.*, 2022; Keith *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2023). Kata kunci "forest*" dan "ecosystems" menyoroti pentingnya pelestarian hutan dan ekosistem sebagai komponen vital dari lingkungan yang sehat dan berkelanjutan. Kata "decision*" menunjukkan bahwa pengambilan keputusan yang tepat adalah kunci dalam melaksanakan inisiatif konservasi yang efektif. "Conservation" dan "environmental protection" menekankan upaya untuk melindungi lingkungan melalui praktik-praktik konservasi dan kebijakan yang mendukung perlindungan sumber daya alam.




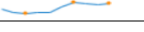











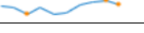






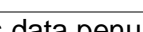



Cluster ungu dalam visualisasi kata kunci terkait Akuntansi Manajemen Lingkungan (EMA) mencakup kata kunci utama seperti "water," "optimization," "irrigation," "article," "agriculture*," "controlled study*," dan "case study*." Cluster ini menunjukkan fokus pada pengelolaan air dan praktik pertanian dalam konteks manajemen lingkungan (Z. Liu *et al.*, 2024; Maalouf & El-Fadel, 2020; X. Wang *et al.*, 2024; Y. Yang *et al.*, 2024; Zhao *et al.*, 2023). Kata kunci "water" dan "irrigation" menyoroti pentingnya sumber daya air dan teknik irigasi dalam praktik pertanian yang berkelanjutan. "Optimization" menunjukkan upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan

air dan sumber daya lainnya dalam pertanian. Kata kunci "*agriculture*" mengindikasikan bahwa banyak penelitian dalam *cluster* ini berkaitan dengan sektor pertanian. Selain itu, "*controlled study*" dan "*case study*" menunjukkan penggunaan metode penelitian yang ketat untuk mengevaluasi efektivitas berbagai praktik dan strategi dalam manajemen air dan pertanian. "Article" menunjukkan bahwa temuan-temuan ini sering dipublikasikan dalam bentuk artikel ilmiah, yang berkontribusi pada pengetahuan akademis di bidang ini.

Sumber: Data analisis penulis, 2024

Dari distribusi frekuensi, selanjutnya dilakukan analisis korelasi antara kata kunci parsial dan istilah yang memiliki korelasi tertinggi untuk menguji signifikansi antar korelasi. Tabel berikut menjelaskan korelasi dan kecenderungan antar suku, nilai korelasi berdasarkan Persamaan (2), dan uji signifikansi berdasarkan Persamaan (3).

Table 2. Korelasi dan Signifikansi Hubungan Kata Kunci

Term 1	←	→	Term 2	Correlation	Significance
environmental			management	0.7127797	0.020689
article			sustainability	0.9386627	0.000574
environmental			economics	0.8357671	0.000021
environmental			cost	0.7500922	0.012460
environmental			accounting	0.7432995	0.013748
ecosystems			life cycle	0.6422161	0.045264
carbon			footprint	0.9773223	0.000001
carbon			accounting	0.9229349	0.000140
waste			accounting	0.9256113	0.000122
cost			accounting	0.7110485	0.021144
impact			environmental	0.7412545	0.015565
decision			environmental	0.9585412	0.000001
china			environmental	0.7336954	0.013554
accounting			iot	0.9845221	0.000152
accounting			ai	0.6355571	0.655421

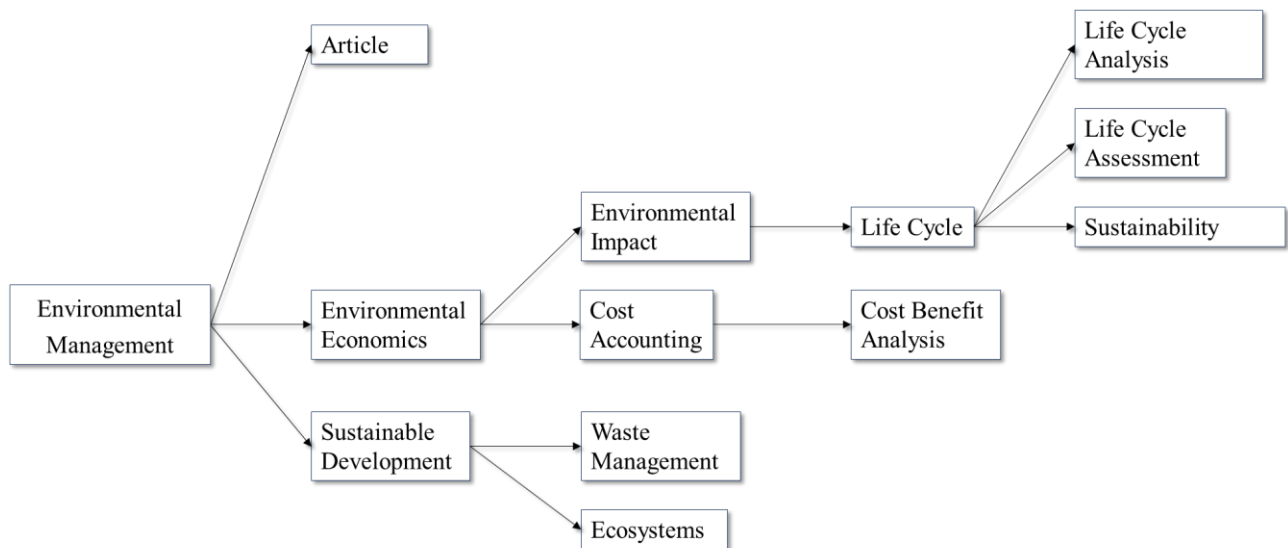
Sources: Analisis data penulis dimodifikasi dari Voyant Tools dan NVivo 12 Plus, 2024

Tabel 2 menunjukkan korelasi kata kunci dalam penelitian terkait Akuntansi Manajemen Lingkungan (EMA) serta memberikan wawasan yang mendalam tentang hubungan antara berbagai konsep kunci. Korelasi yang sangat tinggi antara "*carbon*" dan "*footprint*" (0.977, $p < 0.000001$) serta "*decision*" dan "*environmental*" (0.959, $p < 0.000001$) menunjukkan bahwa studi tentang karbon hampir selalu membahas jejak karbon dan bahwa pengambilan keputusan merupakan elemen kunci dalam isu lingkungan. Selain itu, korelasi tinggi antara "*waste*" dan "*accounting*" (0.926, $p < 0.000122$) serta "*carbon*" dan "*accounting*" (0.923, $p < 0.000140$) menekankan pentingnya praktik akuntansi dalam pengelolaan limbah dan emisi

karbon, menunjukkan bahwa akuntansi memainkan peran penting dalam strategi manajemen lingkungan yang efektif.

Korelasi sedang hingga tinggi lainnya seperti antara "article" dan "sustainability" (0.939, $p < 0.000574$), "environmental" dan "management" (0.713, $p < 0.020689$), serta "environmental" dan "cost" (0.750, $p < 0.012460$) menunjukkan bahwa keberlanjutan, manajemen lingkungan, dan biaya adalah topik-topik yang sering dibahas bersama dalam literatur. Ini menunjukkan bahwa penelitian sering kali berfokus pada bagaimana strategi manajemen dapat diterapkan untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan efisiensi biaya. Korelasi antara "environmental" dan "accounting" (0.743, $p < 0.013748$) juga signifikan, menunjukkan bahwa akuntansi lingkungan adalah area penelitian yang penting dan menunjukkan hubungan erat antara praktik akuntansi dan upaya manajemen lingkungan.

Selain itu, korelasi yang signifikan antara "ecosystems" dan "life cycle" (0.642, $p < 0.045264$) menunjukkan bahwa studi tentang ekosistem sering kali melibatkan analisis siklus hidup, yang menekankan pentingnya pendekatan holistik dalam penelitian ekosistem. Korelasi antara "environmental" dan "impact" (0.741, $p < 0.015565$) menunjukkan bahwa dampak lingkungan adalah topik utama yang sering dibahas dalam konteks studi lingkungan. Sementara itu, korelasi antara "china" dan "environmental" (0.734, $p < 0.013554$) mengindikasikan bahwa banyak penelitian lingkungan melibatkan konteks regional, khususnya di Cina, yang mungkin mencerminkan perhatian global terhadap isu lingkungan di negara tersebut. Namun, dapat diperhatikan bahwa isu tentang EMA masih belum memiliki keterkaitan dengan teknologi AI dengan nilai korelasi yang rendah dan tingkat signifikansi yang lemah. Selanjutnya, analisis korelasi ini secara keseluruhan menggambarkan hubungan erat antara berbagai konsep kunci dalam penelitian EMA dan menekankan pentingnya integrasi berbagai pendekatan untuk mencapai manajemen lingkungan yang berkelanjutan. Selanjutnya, dengan menggunakan perangkat lunak, untuk mensintesis setiap kata kunci kedalam kategori urutan pertama, tema urutan kedua, dan dimensi agregat, maka analisa korelasi ini dapat ditunjukkan dalam sebuah diagram jalur berikut ini:



Gambar 5. Diagram Jalur Akuntansi Manajemen Lingkungan (Scopus 2020 – 2024 English)
Sources: Analisis data penulis dimodifikasi dari Voyant Tools dan NVivo 12 Plus, 2024

Diskusi

Penelitian ini mengkaji strategi pengurangan emisi karbon dan peningkatan efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif seperti IoT dan AI, serta dampak kebijakan dan regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi lingkungan perusahaan. Berdasarkan hasil analisis data, beberapa temuan penting telah diidentifikasi yang memberikan wawasan mendalam tentang manajemen akuntansi lingkungan.

Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak seperti NVivo, VOSviewer, dan Voyant Tools untuk analisis data. NVivo digunakan untuk analisis kualitatif yang mendalam, membantu dalam pengkodean dan identifikasi tema utama dari data teks. VOSviewer digunakan untuk visualisasi jaringan kata kunci, membantu memahami hubungan dan kekuatan antar konsep dalam literatur. Voyant Tools digunakan untuk analisis teks yang lebih cepat dan mudah, memberikan gambaran umum tentang frekuensi dan pola kata kunci. Penggunaan ketiga alat ini memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dan mendalam, menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif.

Kolaborasi yang melibatkan 718 penulis dari 60 negara menunjukkan adanya kontribusi yang luas dan beragam dalam penelitian ini. Kolaborasi lintas negara ini memperkaya penelitian dengan berbagai perspektif dan keahlian yang berbeda, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas dan kedalaman analisis. Penelitian yang melibatkan banyak penulis dan kontribusi internasional cenderung lebih komprehensif, dengan pertimbangan yang lebih luas mengenai isu-isu lingkungan global dan solusi yang relevan. Salah satu masalah utama adalah pengelolaan limbah pertanian (Rodrigues *et al.*, 2024; L. Yang *et al.*, 2021), seperti kotoran ternak dan unggas, yang tidak dikelola dengan baik sehingga menyebabkan polusi lingkungan. Limbah ini sebenarnya bisa didaur ulang menjadi pupuk yang menguntungkan secara ekonomi dan lingkungan. Solusi yang diusulkan adalah penggunaan digester biogas pada peternakan keluarga, yang dapat mengubah limbah menjadi biogas sebagai sumber energi. Model daur ulang limbah pertanian berbasis *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) juga dapat digunakan untuk menghitung kerusakan lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan sistem pertanian. Penelitian lain oleh Yang *et al.* (2021) mengusulkan model daur ulang limbah pertanian berbasis MFCA yang diterapkan pada peternakan keluarga di Hunan, *China*. Model ini membantu peternakan keluarga dalam mengoptimalkan daur ulang limbah pertanian seperti kotoran ternak, yang tidak hanya mengurangi polusi lingkungan tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dengan mengurangi biaya input dan kerugian sumber daya. Analisis dua dimensi dari biaya sumber daya internal dan kerusakan lingkungan eksternal menunjukkan bahwa monetisasi visual dari kerugian sumber daya dapat mengoptimalkan daur ulang limbah melalui pengambilan keputusan yang lebih baik, yang pada gilirannya meningkatkan keberlanjutan peternakan keluarga.

Selain itu, penelitian ini mengungkapkan adanya efek *rebound*, di mana peningkatan efisiensi lingkungan dapat diimbangi oleh bentuk pemborosan atau ketidakefisienan lainnya (Egan & Schaltegger, 2023). Solusi untuk masalah ini adalah mengembangkan pendekatan akuntansi yang memadai untuk menginformasikan manajemen tentang potensi efek *rebound* dan memungkinkan pengejaran produksi yang lebih bersih dan pembangunan berkelanjutan. Ini melibatkan pemetaan pencapaian lingkungan terhadap efek *rebound* yang dihasilkan dan mendokumentasikan respons yang berkelanjutan.

Pengelolaan limbah *biochar* juga menjadi perhatian (Ghosh *et al.*, 2021; Owsianiak *et al.*, 2021), di mana penggunaan limbah *biowaste* untuk produksi *biochar* dalam pertanian dapat memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi yang signifikan. Namun, tantangan biaya investasi dan operasi tetap ada. Solusi yang diusulkan termasuk adopsi teknologi pirolisis sederhana di negara-negara dengan biaya tenaga kerja rendah, serta mengembangkan model daur ulang limbah *biochar* yang mempertimbangkan biaya dan manfaat lingkungan serta sosial.

Permasalahan kelangkaan air menjadi tantangan global yang mengancam keamanan air perkotaan (Clasen *et al.*, 2022; Y. Yang *et al.*, 2024). Penelitian ini menyoroti pentingnya kerangka akuntansi sumber daya air perkotaan yang komprehensif untuk memahami pemanfaatan air secara sistematis di kota-kota. Solusi yang diusulkan adalah menerapkan kerangka akuntansi ini berdasarkan tiga dimensi: seluruh kota, tingkat sektoral, dan interaksi antar sektor, serta mengembangkan metode untuk kompilasi tabel *Input-Output* (IO) di skala kota guna mendukung formulasi langkah-langkah penghematan air yang lebih spesifik.

Solusi-solusi ini memiliki potensi untuk diterapkan secara global dengan adaptasi lokal dan kondisi spesifik dari masing-masing negara. Misalnya, penggunaan teknologi *biogas* dan *biochar* dapat diadopsi oleh negara-negara berkembang yang memiliki tantangan serupa dalam pengelolaan limbah pertanian. Kerangka akuntansi sumber daya air perkotaan dapat diadopsi oleh kota-kota di seluruh dunia yang menghadapi masalah kelangkaan air. Implementasi solusi ini memerlukan kebijakan dan regulasi pemerintah yang mendukung, peningkatan kesadaran dan pendidikan masyarakat serta pelaku industri tentang pentingnya praktik berkelanjutan dan teknologi ramah lingkungan, dukungan untuk penelitian dan pengembangan teknologi baru, dan kerjasama internasional dalam berbagi pengetahuan, teknologi, dan praktik terbaik. Dengan langkah-langkah ini, solusi yang diusulkan dapat membantu mengatasi berbagai permasalahan lingkungan secara efektif dan berkelanjutan di seluruh dunia.

Untuk itu diharapkan munculnya teknologi baru dan alat yang berkaitan dengan EMA untuk menjawab tantangan dan permasalahan lingkungan. Salah satu contoh penting adalah kerangka HESS17 yang diperkenalkan oleh Ha *et al.* (2023). Kerangka ini menggunakan teknologi penginderaan jauh bersama dengan GIS dan model hidrologi untuk mengukur aliran air, fluks air, dan stok air. Penggunaan teknologi ini memungkinkan kuantifikasi yang lebih akurat dari layanan ekosistem hidrologi, yang penting untuk manajemen sumber daya air yang berkelanjutan. Implementasi global dari kerangka HESS17 dapat membantu negara-negara dalam mengelola sumber daya air mereka secara lebih efisien dan mengurangi dampak negatif perubahan penggunaan lahan.

Greene *et al.* (2020) mengembangkan metodologi baru untuk menghitung emisi karbon dari transportasi maritim minyak mentah dengan menggunakan dataset mikro lebih dari 28.000 sampel pengiriman individu. Metode ini memungkinkan penghitungan emisi karbon secara dinamis berdasarkan rute perdagangan dan kategori ukuran kapal. Metodologi ini memberikan kerangka kerja bagi konsumen minyak mentah untuk mempertimbangkan jejak karbon dari distribusi internasional minyak mentah, sehingga mendorong adopsi faktor emisi dinamis dalam akuntansi karbon perusahaan. Penerapan teknologi ini secara global dapat membantu negara-negara dan perusahaan dalam mengurangi jejak karbon mereka melalui kebijakan perdagangan dan logistik yang lebih hijau.

Qu *et al.* (2022) mengusulkan model baru yang mengintegrasikan *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) ke dalam proses anggaran berbasis aktivitas (*Activity-Based Budgeting*, ABB) untuk perusahaan manufaktur. Model ini diterapkan pada perusahaan pembuatan minuman keras di Cina dan membantu dalam meramalkan serta merencanakan konsumsi sumber daya, output produk positif, dan produksi limbah negatif. Dengan mengidentifikasi ketidakefisienan dalam proses produksi, model MFCA-ABB memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan proses produksi dan mengadopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan. Implementasi model ini secara global dapat meningkatkan efisiensi lingkungan dan ekonomi di sektor manufaktur.

Alat akuntansi MFCA juga dikembangkan oleh Mbedzi *et al.* (2020) mengatasi dampak lingkungan dari industri pertambangan batu bara di Afrika Selatan. Penelitian ini menyoroti pentingnya akuntansi manajemen lingkungan (EMA), alat seperti MFCA, dan analisis biaya siklus hidup (*Life Cycle Costing*, LCC). Kerangka ini juga menekankan pentingnya pendidikan dan pelatihan bagi pemangku kepentingan tentang nilai EMA dalam industri pertambangan. Dengan adopsi teknologi ini, perusahaan dapat mengelola risiko lingkungan mereka secara

lebih efektif dan meminimalkan dampak negatif pada ekosistem. Penerapan kerangka ini di berbagai negara dapat membantu dalam mengatasi tantangan lingkungan yang serupa di sektor pertambangan.

Cao *et al.* (2024) mengembangkan skema akuntansi inovatif yang didasarkan pada keuntungan kesejahteraan ekonomi dari eksternalitas lingkungan untuk alokasi tanggung jawab air virtual. Penelitian ini menunjukkan bahwa daerah yang kekurangan air di *Cina*, seperti Xinjiang, berkontribusi secara signifikan terhadap ekspor air *virtual* dan bertanggung jawab atas sebagian besar aliran air *virtual* keluar. Implementasi skema akuntansi ini dapat memberikan kerangka kerja yang transparan dan akuntabel untuk manajemen sumber daya air yang berkelanjutan dan membantu mengatasi tantangan air global. Dengan adopsi skema ini secara global, negara-negara dapat mengelola sumber daya air mereka dengan lebih baik dan mengurangi ketergantungan pada perdagangan air virtual yang tidak berkelanjutan.

Temuan berdasarkan analisa data, terdapat mayoritas artikel yang digunakan pada penelitian ini berfokus pada konteks regional di *Cina*, yang mencerminkan peran signifikan negara ini dalam isu-isu lingkungan global. Misalnya, dalam studi oleh Kong *et al.* (2022), implementasi EMA di perusahaan-perusahaan di Suzhou, *Cina*, dipengaruhi oleh tekanan institusional dan ketidakpastian lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa ketidakpastian lingkungan memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap adopsi praktik EMA dibandingkan tekanan institusional, tetapi strategi lingkungan perusahaan lebih dipengaruhi oleh tekanan institusional. Hal ini menekankan pentingnya dukungan manajemen atas dan manfaat yang dirasakan dalam meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan. Selain itu, penelitian oleh Li *et al.* (2024) tentang produksi *coal-to-olefins* (CTO) di *Cina* menunjukkan bagaimana kemajuan teknologi dan penggunaan energi terbarukan dapat menghasilkan manfaat lingkungan dan ekonomi yang substansial. Dengan kemajuan dari generasi pertama hingga ketiga teknologi *methanol-to-olefins*, konsumsi energi, penggunaan air, dan emisi karbon dapat dikurangi secara signifikan. Namun, meskipun ada manfaat dari kemajuan teknologi ini, penambahan energi terbarukan dalam bentuk hidrogen hijau dari tenaga surya dan angin meningkatkan konsumsi energi siklus hidup, yang menetralkan beberapa manfaat dari kemajuan teknologi tersebut. Hasil penelitian ini menyoroti pentingnya kemajuan teknologi dan penggunaan energi terbarukan dalam meningkatkan keberlanjutan industri CTO.

Kontribusi regional ini mempengaruhi diskusi global tentang EMA dengan menunjukkan bagaimana negara dengan skala industri besar seperti *Cina* dapat mengimplementasikan teknologi baru dan strategi manajemen lingkungan yang efektif untuk mengatasi tantangan lingkungan. Pengalaman dan praktik terbaik dari *Cina* dapat menjadi referensi bagi negara-negara lain yang menghadapi tantangan serupa, sehingga memperkaya diskusi global tentang EMA. Dengan adaptasi lokal dan kondisi spesifik, teknologi dan model akuntansi lingkungan yang inovatif yang diterapkan di *Cina* dapat membantu negara-negara lain dalam mengelola sumber daya mereka secara lebih efisien, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan di seluruh dunia.

Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis strategi pengurangan emisi karbon dan peningkatan efisiensi energi, adopsi teknologi inovatif seperti IoT dan AI, serta dampak kebijakan dan regulasi lingkungan terhadap praktik akuntansi lingkungan perusahaan. Berdasarkan meta-analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa adopsi teknologi inovatif dapat signifikan meningkatkan manajemen akuntansi lingkungan perusahaan. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkat lunak analisis data seperti NVivo, VOSviewer, dan Voyant Tools memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dan mendalam, menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Kolaborasi yang melibatkan banyak penulis dan kontribusi internasional memperkaya penelitian dengan berbagai perspektif dan keahlian yang berbeda, meningkatkan kualitas dan kedalaman analisis. Penelitian ini mengidentifikasi

masalah utama dalam pengelolaan limbah pertanian, penggunaan *biochar*, dan kelangkaan air, serta menawarkan solusi inovatif yang dapat diterapkan secara global dengan adaptasi lokal. Efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon secara signifikan terkait dengan kebijakan regulasi lingkungan yang ketat dan implementasi teknologi canggih. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang kuat antara berbagai konsep seperti manajemen lingkungan, keberlanjutan, dan analisis siklus hidup, menunjukkan pentingnya integrasi berbagai pendekatan dalam mencapai tujuan keberlanjutan. Tetapi, keterkaitan akuntansi manajemen lingkungan terhadap teknologi AI (*artificial intelligent*) masih belum bisa dibuktikan secara statistik.

Kontribusi Teoritis

Kontribusi penelitian ini untuk penelitian selanjutnya sangat signifikan. Pertama, penggunaan digester biogas pada peternakan keluarga dan model daur ulang limbah pertanian berbasis *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) menunjukkan cara-cara inovatif untuk mengelola limbah pertanian secara lebih berkelanjutan. Kedua, penelitian ini mengungkap adanya efek rebound dalam peningkatan efisiensi lingkungan dan pentingnya pendekatan akuntansi yang memadai untuk mengatasi masalah ini. Ketiga, solusi pengelolaan limbah *biochar* melalui teknologi *pirolisis* sederhana dan model daur ulang yang mempertimbangkan biaya dan manfaat lingkungan serta sosial memberikan kerangka kerja yang dapat diadopsi oleh negara-negara berkembang. Keempat, penelitian ini menyoroti pentingnya kerangka akuntansi sumber daya air perkotaan yang komprehensif untuk mengatasi kelangkaan air di perkotaan, yang dapat diadopsi oleh kota-kota di seluruh dunia.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa konteks regional di *Cina* memainkan peran penting dalam isu-isu lingkungan global. Misalnya, studi oleh Kong *et al.* (2022) menunjukkan bahwa ketidakpastian lingkungan memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap adopsi praktik EMA dibandingkan tekanan institusional. Penelitian oleh Li *et al.* (2024) menunjukkan bagaimana kemajuan teknologi dan penggunaan energi terbarukan dapat mengurangi konsumsi energi, penggunaan air, dan emisi karbon dalam produksi *coal-to-olefins* (CTO). Kontribusi regional ini mempengaruhi diskusi global tentang EMA dengan menunjukkan bagaimana negara dengan skala industri besar seperti *Cina* dapat mengimplementasikan teknologi baru dan strategi manajemen lingkungan yang efektif untuk mengatasi tantangan lingkungan. Pengalaman dan praktik terbaik dari *Cina* dapat menjadi referensi bagi negara-negara lain yang menghadapi tantangan serupa, sehingga memperkaya diskusi global tentang EMA.

Penelitian selanjutnya dapat fokus pada pengembangan teknologi baru dan alat yang berkaitan dengan EMA untuk menjawab tantangan dan permasalahan lingkungan. Misalnya, kerangka HESS17 yang diperkenalkan oleh Ha *et al.* (2023) menggunakan teknologi penginderaan jauh bersama dengan *Geographic Information System* (GIS) dan model hidrologi untuk mengukur aliran air, fluks air, dan stok air, yang penting untuk manajemen sumber daya air yang berkelanjutan. Metodologi baru untuk menghitung emisi karbon dari transportasi maritim minyak mentah yang dikembangkan oleh Greene *et al.* (2020) memberikan kerangka kerja bagi konsumen minyak mentah untuk mempertimbangkan jejak karbon dari distribusi internasional minyak mentah. Model baru yang mengintegrasikan MFCA ke dalam proses anggaran berbasis aktivitas (ABB) yang diusulkan oleh Qu *et al.* (2022) membantu perusahaan manufaktur dalam mengoptimalkan proses produksi dan mengadopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar yang kuat bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang manajemen akuntansi lingkungan dan keberlanjutan perusahaan, serta mendorong pengembangan strategi yang lebih efektif dan inovatif dalam menghadapi tantangan lingkungan global.

Referensi

- Abdulkareem, M., Havukainen, J., Nuortila-Jokinen, J., & Horttanainen, M. (2021). Environmental and economic perspective of waste-derived activators on alkali-activated mortars. *Journal of Cleaner Production*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124651>
- Alhumoudi, H., Alakkas, A. A., Khan, S., Imam, A., Baig, A., Omer, A. M., & Khan, I. A. (2024). Carbon Management Accounting Considerations for Corporate Carbon Reduction: The Limitations and Future of Integrating Life Cycle Assessment and Material Flow Cost Accounting. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(5), 1971–1979. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190536>
- Aranda-Usón, A., Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., & Llena-Macarulla, F. (2020). The progressive adoption of a circular economy by businesses for cleaner production: An approach from a regional study in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119648>
- Asad, M., Bait Ali Sulaiman, M. A., Ba Awain, A. M. S., Alsoud, M., Allam, Z., & Asif, M. U. (2024). Green entrepreneurial leadership, and performance of entrepreneurial firms: does green product innovation mediate? *Cogent Business and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2355685>
- Bruzón, A. G., Arrogante-Funes, P., & Santos-Martín, F. (2023). Modelling and testing forest ecosystems condition account. *Journal of Environmental Management*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118676>
- Bux, C., & Amicarelli, V. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) to enhance environmental entrepreneurship in the meat sector: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Management*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115001>
- Canaj, K., Parente, A., D'imperio, M., Boari, F., Buono, V., Toriello, M., Mehmeti, A., & Montesano, F. F. (2022). Can precise irrigation support the sustainability of protected cultivation? A life-cycle assessment and life-cycle cost analysis. *Water (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/w14010006>
- Cao, Y., She, Y., Wang, Q., Lin, J., Chen, W., Qu, S., & Liu, Z. (2024). Redefining virtual water allocation in China based on economic welfare gains from environmental externalities. *Journal of Cleaner Production*, 434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140243>
- Chaudhry, N. I., Asad, H., Ch, M. A., & Hussian, R. I. (2020). Environmental innovation and financial performance: Mediating role of environmental management accounting and firm's environmental strategy. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 14(3), 715–737. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092038889&partnerID=40&md5=d07496fb611d3c7a9ff023c8809a96b6>
- Chen, Y., Vardon, M., Keith, H., Van Dijk, A., & Doran, B. (2023). Linking ecosystem accounting to environmental planning and management: Opportunities and barriers using a case study from the Australian Capital Territory. *Environmental Science and Policy*, 142, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.02.014>
- Clasen, A. P., Agostinho, F., Teodosiu, C., Almeida, C. M. V. B., & Giannetti, B. F. (2022). Shaping cities: A proposal for an integrative FEW nexus model. *Environmental Science and Policy*, 136, 326–336. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.013>
- Dianati, K., Schäfer, L., Milner, J., Gómez-Sanabria, A., Gitau, H., Hale, J., Langmaack, H., Kiesewetter, G., Muindi, K., Mberu, B., Zimmermann, N., Michie, S., Wilkinson, P., & Davies, M. (2021). A system dynamics-based scenario analysis of residential solid waste management in Kisumu, Kenya. *Science of the Total Environment*, 777. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146200>
- Dong, Y., Zhao, Y., Zhang, J., & Liu, P. (2022). Development of a framework of carbon accounting and management on the township level in China. *Journal of Environmental*

- Management*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115609>
- Egan, M., & Schaltegger, S. (2023). Accounting for corporate environmental rebounds. A conceptual approach. *Journal of Cleaner Production*, 419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138175>
- Fernández-Ríos, A., Butnar, I., Margallo, M., Laso, J., Borrión, A., & Aldaco, R. (2023). Carbon accounting of negative emissions technologies integrated in the life cycle of spirulina supplements. *Science of the Total Environment*, 890. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164362>
- Gacutan, J., Pınarbaşı, K., Agbaglah, M., Bradley, C., Galparsoro, I., Murillas, A., Adewumi, I., Praphotjanaporn, T., Bordt, M., Findlay, K., Lantz, C., & Milligan, B. M. (2022). The emerging intersection between marine spatial planning and ocean accounting: A global review and case studies. *Marine Policy*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105055>
- Ghosh, S., Greiserman, S., Chemodanov, A., Slegers, P. M., Belgorodsky, B., Epstein, M., Kribus, A., Gozin, M., Chen, G.-Q., & Golberg, A. (2021). Polyhydroxyalkanoates and biochar from green macroalgal *Ulva* sp. biomass subcritical hydrolysates: Process optimization and a priori economic and greenhouse emissions break-even analysis. *Science of the Total Environment*, 770. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145281>
- Greene, S., Jia, H., & Rubio-Domingo, G. (2020). Well-to-tank carbon emissions from crude oil maritime transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102587>
- Ha, L. T., Bastiaanssen, W. G. M., Simons, G. W. H., & Poortinga, A. (2023). A New Framework of 17 Hydrological Ecosystem Services (HESS17) for Supporting River Basin Planning and Environmental Monitoring. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076182>
- Hendrati, I. M., Esquivias, M. A., Perdana, P., Yuhertiana, I., & Rusdiyanto, R. (2024). US-China trade war on ASEAN region: oligopoly or systemic market structure? *Cogent Business and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2306686>
- Hetenyi, G., Dr. Lengyel, A., & Dr. Szilasi, M. (2019). Quantitative analysis of qualitative data: Using voyant tools to investigate the sales-marketing interface. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(3), 393. <https://doi.org/10.3926/jiem.2929>
- Jaleel Jafer Al Mosaoy, D. (2023). The role of environmental management accounting information in the design process of environmental and sustainable products. *International Journal of Engineering Business Management*, 15. <https://doi.org/10.1177/18479790231183511>
- Jiao, X., Zhang, P., He, L., & Li, Z. (2023). Business sustainability for competitive advantage: identifying the role of green intellectual capital, environmental management accounting and energy efficiency. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 36(2). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2125035>
- Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., & Ali, S. M. (2022). Evaluation of suppliers in the tannery industry based on emergy accounting analysis: implications for resource conservation in emerging economies. *International Journal of Sustainable Engineering*, 15(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1982066>
- Kasbun, N. F., Ong, T. S., Muhamad, H., & Said, R. M. (2019). Conceptual framework to improve carbon performance via carbon strategies and carbon accounting. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 10(8), 1918–1923. [https://doi.org/10.14505/jemt.v10.8\(40\).21](https://doi.org/10.14505/jemt.v10.8(40).21)
- Kawulur, H. R., Saraswati, E., Ghofar, A., & Prastiwi, A. (2024). Carbon Strategy, Political Connection and Carbon Performance: Evidence from Polluting Industries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(4), 251–264. <https://doi.org/10.32479/ijeep.16182>
- Keith, H., Vardon, M., Obst, C., Young, V., Houghton, R. A., & Mackey, B. (2021). Evaluating

- nature-based solutions for climate mitigation and conservation requires comprehensive carbon accounting. *Science of the Total Environment*, 769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144341>
- Khamisu, M. S., Paluri, R. A., & Sonwaney, V. (2024). Environmental social and governance (ESG) disclosure motives for environmentally sensitive industry: an emerging economy perspective. *Cogent Business and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2322027>
- Kong, Y., Javed, F., Sultan, J., Hanif, M. S., & Khan, N. (2022). EMA Implementation and Corporate Environmental Firm Performance: A Comparison of Institutional Pressures and Environmental Uncertainty. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095662>
- Kulkarni, A. P., Giddey, S., & Badwal, S. P. S. (2017). Efficient conversion of CO₂ in solid oxide electrolytic cells with Pd doped perovskite cathode on ceria nanofilm interlayer. *Journal of CO₂ Utilization*, 17, 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2016.11.014>
- Le, T. M. H., Dang, L. A., & Le, T. H. (2020). Factors affecting the environmental management accounting implementation and the quality of environmental information for making decisions of fishery processing enterprises in Vietnam. *Accounting*, 6(4), 401–412. <https://doi.org/10.5267/j.ac.2020.5.001>
- Li, J., Peng, L., Yan, Y., Wang, Y., Zhang, J., Li, M., & Xie, K. (2024). Technological progress and coupling renewables enable substantial environmental and economic benefits from coal-to-olefins. *Journal of Environmental Management*, 353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120225>
- Li, L., Zhang, S., Cao, X., & Zhang, Y. (2021). Assessing economic and environmental performance of multi-energy sharing communities considering different carbon emission responsibilities under carbon tax policy. *Journal of Cleaner Production*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129466>
- Li, Q., Monticelli, C., Kutlu, A., & Zanelli, A. (2023). Feasibility of textile envelope integrated flexible photovoltaic in Europe: Carbon footprint assessment and life cycle cost analysis. *Journal of Cleaner Production*, 430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139716>
- Liu, C., Liu, G., Yang, Q., Luo, T., He, P., Franzese, P. P., & Lombardi, G. V. (2021). Emery-based evaluation of world coastal ecosystem services. *Water Research*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117656>
- Liu, H., Gu, J., Wang, S., Zhang, M., & Liu, Y. (2020). Performance, membrane fouling control and cost analysis of an integrated anaerobic fixed-film MBR and reverse osmosis process for municipal wastewater reclamation to NEWater-like product water. *Journal of Membrane Science*, 593. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117442>
- Liu, Z., Xu, Z., Zhu, X., Yin, L., Yin, Z., Li, X., & Zheng, W. (2024). Calculation of carbon emissions in wastewater treatment and its neutralization measures: A review. *Science of the Total Environment*, 912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169356>
- Ma, N., Waegel, A., Hakkarainen, M., Braham, W. W., Glass, L., & Aviv, D. (2023). Blockchain + IoT sensor network to measure, evaluate and incentivize personal environmental accounting and efficient energy use in indoor spaces. *Applied Energy*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120443>
- Maalouf, A., & El-Fadel, M. (2020). Optimizing emissions and carbon credit from integrated solid waste and wastewater management: A MATLAB-based model with a Graphical User Interface (v1). *MethodsX*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100839>
- Macellari, M., Yuriev, A., Testa, F., & Boiral, O. (2021). Exploring bluewashing practices of alleged sustainability leaders through a counter-accounting analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106489>
- Maione, A., Massarotti, N., Santagata, R., Ulgiati, S., & Vanoli, L. (2023). Integrated environmental accounting of a geothermal grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113613>

- Mbedzi, M. D., van der Poll, H. M., & van der Poll, J. A. (2020). Enhancing a decision-making framework to address environmental impacts of the south african coalmining industry. *Energies*, 13(18), 1–23. <https://doi.org/10.3390/en13184897>
- Mengist, W., Soromessa, T., & Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, 7, 100777. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>
- Mian, I. S., Twisleton, D., & Timm, D. A. (2020). What is the resource footprint of a computer science department? Place, people, and Pedagogy. *Data and Policy*, 2(36). <https://doi.org/10.1017/dap.2020.12>
- Miehe, R., Finkbeiner, M., Sauer, A., & Bauernhansl, T. (2022). A System Thinking Normative Approach towards Integrating the Environment into Value-Added Accounting—Paving the Way from Carbon to Environmental Neutrality. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013603>
- Mulyasari, W., & Mayangsari, S. (2020). Environmental management accounting, islamic social reporting, and corporate governance mechanism on sharia-approved companies in Indonesia. *International Journal of Financial Research*, 11(1), 284–292. <https://doi.org/10.5430/IJFR.V11N1P284>
- Nishitani, K., Kokubu, K., Wu, Q., Kitada, H., Guenther, E., & Guenther, T. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) for the circular economy: An empirical study of the triadic relationship between MFCA, environmental performance, and the economic performance of Japanese companies. *Journal of Environmental Management*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114219>
- Normyle, A., Doran, B., Vardon, M., Mathews, D., & Melbourne, J. (2022). Land cover and fire accounts to support Indigenous land management: A pilot study of Yawuru Country. *Journal of Environmental Management*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115003>
- Osorio-Tejada, J. L., Varón-Hoyos, M., & Morales-Pinzón, T. (2022). Comprehensive Water Footprint of a University Campus in Colombia: Impact of Wastewater Treatment Modeling. *Water, Air, and Soil Pollution*, 233(5). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05644-3>
- Owsianiak, M., Lindhjem, H., Cornelissen, G., Hale, S. E., Sørmo, E., & Sparrevik, M. (2021). Environmental and economic impacts of biochar production and agricultural use in six developing and middle-income countries. *Science of the Total Environment*, 755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142455>
- Oyewo, B., Tawiah, V., & Alta'any, M. (2024). Determinants and impact of strategy-driven manufacturing accounting techniques on organisational competitiveness: a structural equation modelling approach. *Journal of Accounting and Organizational Change*. <https://doi.org/10.1108/JAOC-10-2022-0165>
- Pearson, K. (1895). Note on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58(1895), 240–242.
- Petera, P., & Šoljaková, L. (2020). Use of strategic management accounting techniques by companies in the Czech Republic. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33(1), 46–67. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1697719>
- Putri, D. A., & Soewarno, N. (2020). Firm performance in environmentally-friendly firms in Indonesia: The effects of green innovation. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 13(4), 464–481. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85087063558&partnerID=40&md5=19d73de0b51b1879ade10efe8801ea47>
- Qian, W., Hörisch, J., & Schaltegger, S. (2018). Environmental management accounting and its effects on carbon management and disclosure quality. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1608–1619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.092>
- Qu, L., Wang, Z., Sun, C., & Yin, L. (2022). Application of ABB in environmental management accounting: Incorporating MFCA into the budget process. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.963903>

- Rashid, M. M., Hossain, D. M., & Alam, M. S. (2023). The external organizational environment and its impact on strategic management accounting practices: an empirical investigation. *Asian Review of Accounting*. <https://doi.org/10.1108/ARA-02-2023-0041>
- Ratnadi, N. M. D., Ariyanto, D., & Putra, I. N. W. A. (2020). The vitality of employee based pharmaceutical brands' equity in Indonesia: Relationship between environmental management accounting and organization performance. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(1), 554–563. <https://doi.org/10.5530/srp.2020.1.69>
- Ratnaningsih, S. D. A., Ghozali, I., & Harto, P. (2024). Antecedents of students' intention to be sustainable accountants: evidence from Indonesia. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-08-2023-0366>
- Rodrigues, V. D. V., Wander, A. E., & da Silva Rosa, F. (2024). Indicators to analyze environmental performance and eco-controls for a poultry production chain: a methodological proposal based on the EMA system. *Environment Systems and Decisions*, 44(1), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s10669-023-09918-x>
- Setiawan, D., Rahmawati, I. P., & Santoso, A. (2023). A bibliometric analysis of evolving trends in climate change and accounting research. *Cogent Business and Management*, 10(3). <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2267233>
- Shan, W., Jin, X., Yang, X., Gu, Z., Han, B., Li, H., & Zhou, Y. (2020). A framework for assessing carbon effect of land consolidation with life cycle assessment: A case study in China. *Journal of Environmental Management*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110557>
- Shrestha, K., Shah, I. H., Liu, Z., & Park, H.-S. (2022). Regional sustainability assessment using emergy accounting approach: The case of Nepal in South Asia. *Environmental Engineering Research*, 27(5). <https://doi.org/10.4491/eer.2021.329>
- Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1989). *Statistical Methods, 8th Edition*.
- Spaska, A. M., Savishchenko, V. M., Komar, O. A., Hritchenko, T. Y., & Maidanyk, O. V. (2021). Enhancing Analytical Thinking in Tertiary Students Using Debates. *European Journal of Educational Research*, volume-10-(volume-10-issue-2-april-2021), 879–889. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.2.879>
- Sun, L., Liu, W., Li, Z., Cai, B., Fujii, M., Luo, X., Chen, W., Geng, Y., Fujita, T., & Le, Y. (2021). Spatial and structural characteristics of CO₂ emissions in East Asian megacities and its indication for low-carbon city development. *Applied Energy*, 284. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116400>
- Taleb, M. A., & Al Farooque, O. (2021). Towards a circular economy for sustainable development: An application of full cost accounting to municipal waste recyclables. *Journal of Cleaner Production*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124047>
- Tokito, S., Hanaka, T., & Nagashima, F. (2023). Structural attribution of emissions along the global supply chain and implications for climate policy. *Journal of Industrial Ecology*, 27(6), 1488–1499. <https://doi.org/10.1111/jiec.13428>
- Tran, N. H. (2023). Factors impacting strategic management accounting adoption: Empirical evidence from an emerging market. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 6(3), 710–717. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v6i3.1877>
- Tumiwa, J. R., Tuegeh, O., Bittner, B., & Nagy, A. (2022). The Challenges To Developing Smart Agricultural Village In The Industrial Revolution 4.0. *Torun International Studies*, 1(15), 0–2. <https://doi.org/10.12775/TIS.2022.002>
- Volk, R., Stallkamp, C., Steins, J. J., Yogish, S. P., Müller, R. C., Stapf, D., & Schultmann, F. (2021). Techno-economic assessment and comparison of different plastic recycling pathways: A German case study. *Journal of Industrial Ecology*, 25(5), 1318–1337. <https://doi.org/10.1111/jiec.13145>
- Vysochan, O., Hyk, V., Vysochan, O., & Olshanska, M. (2021). Sustainability Accounting: A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Quality - Access to Success*, 22(185), 95–102. <https://doi.org/10.47750/QAS/22.185.14>

- Waltman, L., van Eck, N. J., & Noyons, E. C. M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.002>
- Wang, L.-E., Ni, X., Li, Y., Li, J., & Cheng, S. (2023). Framework proposal for estimating tourist food waste and its carbon footprint in China: Sampling from four main tourist destinations. *Resources, Conservation and Recycling*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107107>
- Wang, T., Ismail, K., & Abas Azmi, K. S. (2022). The Rise of MCS and EMA in the Sustainable Field: A Systematic Literature Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416532>
- Wang, X., Liu, S., Ruan, B., Luo, Y., & Wu, L. (2024). A spatial optimal allocation method considering multi-attribute decision making and multiple BMPs random combination in sub-watersheds. *Journal of Environmental Management*, 350. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119655>
- Yang, J., Li, X., Xiong, Z., Wang, M., & Liu, Q. (2020). Environmental pollution effect analysis of lead compounds in China based on life cycle. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph17072184>
- Yang, L., Xiao, X., & Gu, K. (2021). Agricultural waste recycling optimization of family farms based on environmental management accounting in rural China. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105515>
- Yang, Y., Yu, H., Su, M., Chen, Q., Wen, J., & Hu, Y. (2024). Urban water resources accounting based on industrial interaction perspective: Data preparation, accounting framework, and case study. *Journal of Environmental Management*, 349. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119532>
- Yoshikuni, A. C., Dwivedi, R., dos Santos, M. Q. L., Fragoso, R., de Souza, A. C., de Sousa, F. H., dos Santos, W. A. P., & Romboli, D. S. (2024). Effects of Knowledge Management Processes by Strategic Management Accounting on Organizational Ambidexterity: Mediation of Operational Processes Under Environmental Dynamism. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25(3), 513–532. <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00398-9>
- Yuniarti, E., Nurmala, N., Asliana, E., Mursalin, M., Satpathy, M., Attiya, A. A., & Secelean, N. A. (2023). Environmental innovation and financial performance: A case study of mediating role of environmental management. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 4(1), 38–42. <https://doi.org/10.33122/ejeset.v4i1.83>
- Zeng, Y., Katsumata, S., Li, X., & Zhang, Q. (2024). Supplier–buyer (in)congruence in environmental management accounting for sustainable development in the context of Japan. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.3085>
- Zhao, Y., Sun, H., Tang, J., Li, Y., Sun, Z., Tao, Z., Guo, L., & Chang, S. (2023). Environmental Risk Assessment of the Harbin Section of the Songhua River Basin Based on Multi-Source Data Fusion. *Water (Switzerland)*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/w15244293>
- Zheng, H., Wu, T., Ouyang, Z., Polasky, S., Ruckelshaus, M., Wang, L., Xiao, Y., Gao, X., Li, C., & Daily, G. C. (2023). Gross ecosystem product (GEP): Quantifying nature for environmental and economic policy innovation. *Ambio*, 52(12), 1952–1967. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01948-8>