

Analisis Implementasi *Green Computing* Dalam Mitigasi Dampak Limbah Elektronik di Negara Berkembang

Deasty Julianty Salim¹, Given Venando²

^{1,2} Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa, Universitas Multi Data Palembang, Palembang, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received Mei 30, 2026 Revised Mei 30, 2026 Accepted Mei 30, 2026	Peningkatan transformasi digital di negara berkembang telah mendorong pertumbuhan penggunaan perangkat elektronik yang berdampak pada meningkatnya volume limbah elektronik (<i>electronic waste</i> atau <i>e-waste</i>). Kondisi tersebut menimbulkan tantangan lingkungan yang memerlukan pendekatan pengelolaan teknologi informasi yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi <i>Green Computing</i> dalam mitigasi dampak limbah elektronik serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penerapannya di negara berkembang. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan kualitatif melalui pengumpulan, seleksi, dan analisis berbagai jurnal ilmiah, prosiding, dan laporan organisasi internasional yang relevan pada periode 2016–2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi <i>Green Computing</i> melalui virtualisasi, <i>cloud computing</i>, <i>green data center</i>, penggunaan perangkat hemat energi, dan pengelolaan siklus hidup perangkat elektronik mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya komputasi, mengurangi konsumsi energi, serta menekan potensi peningkatan limbah elektronik. Selain itu, efektivitas implementasi <i>Green Computing</i> dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur teknologi, dukungan regulasi, investasi, dan tingkat kesadaran pemangku kepentingan. Dengan demikian, <i>Green Computing</i> merupakan pendekatan yang efektif dalam mendukung pengelolaan teknologi informasi yang berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan akibat pertumbuhan limbah elektronik di negara berkembang.
Kata Kunci: Komputasi Hijau, Limbah Elektronik, Efisiensi Energi, Virtualisasi, Negara Berkembang	
Keywords: <i>Green Computing,</i> <i>E-Waste,</i> <i>Energy Efficiency,</i> <i>Virtualization,</i> <i>Developing Countries</i>	
	ABSTRACT <i>The rapid growth of digital transformation in developing countries has increased the use of electronic devices, resulting in a significant rise in electronic waste (e-waste). This condition creates environmental challenges that require more sustainable information technology management approaches. This study aims to analyze the implementation of Green Computing in mitigating the impact of e-waste and to identify factors influencing its successful implementation in developing countries. A qualitative literature review approach was employed through the collection, selection, and analysis of relevant scientific journals, conference proceedings, and reports published between 2016 and 2026. The findings indicate that Green Computing practices, including virtualization, cloud computing, green data centers, energy-efficient devices, and electronic device life-cycle management, can improve resource utilization efficiency, reduce energy consumption, and suppress the growth of e-waste. Furthermore, the effectiveness of Green Computing implementation is influenced by technological infrastructure readiness, regulatory support, investment availability, and stakeholder awareness. Therefore, Green Computing can be considered an effective approach to supporting sustainable information technology management and reducing the environmental impact associated with the increasing volume of e-waste in developing countries.</i>



Corresponding Author:

Deasty Julianty Salim
Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa, Universitas Multi Data Palembang
Palembang, Indonesia
Email: deastyjuliantysalim_2428250050@mhs.mdp.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat telah meningkatkan penggunaan perangkat elektronik pada berbagai aspek kehidupan masyarakat. Digitalisasi yang terjadi di sektor pendidikan, pemerintahan, industri, maupun ekonomi menyebabkan kebutuhan terhadap perangkat elektronik terus bertambah. Kondisi tersebut berimplikasi pada meningkatnya jumlah limbah elektronik (electronic waste/e-waste) yang dihasilkan setiap tahun. Berdasarkan laporan Global E-waste Monitor 2020, limbah elektronik termasuk kategori limbah yang mengalami pertumbuhan tercepat secara global, sementara tingkat pengumpulan dan daur ulang secara formal masih belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan yang berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan [1].

Salah satu pendekatan yang berkembang untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dalam bidang teknologi informasi adalah Green Computing. Konsep ini menekankan penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan melalui peningkatan efisiensi energi, pemanfaatan sumber daya komputasi secara optimal, serta pengelolaan perangkat elektronik sepanjang siklus hidupnya. Implementasi Green Computing diyakini mampu membantu menekan konsumsi energi sekaligus meningkatkan efisiensi operasional sistem teknologi informasi [2].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan Green Computing dapat dilakukan melalui pemanfaatan teknologi virtualisasi, cloud computing, serta pengelolaan infrastruktur pusat data yang lebih efisien. Teknologi tersebut memungkinkan penggunaan sumber daya komputasi secara lebih optimal sehingga kebutuhan perangkat keras dapat dikurangi. Dampaknya tidak hanya berupa penghematan energi, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan penggunaan sumber daya fisik pada pusat data [3].

Selain itu, pengembangan pusat data yang berorientasi pada efisiensi energi menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan teknologi informasi yang berkelanjutan. Penggunaan teknologi hemat energi pada pusat data mampu menekan konsumsi listrik sekaligus mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh sektor teknologi informasi [4].

Permasalahan limbah elektronik masih menjadi tantangan besar, terutama di negara berkembang. Keterbatasan fasilitas pengolahan, lemahnya implementasi regulasi, serta dominasi sektor informal dalam proses pengumpulan dan pengolahan limbah elektronik menjadi hambatan utama dalam pengelolaan e-waste yang berkelanjutan [5]. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya daur ulang dan pengelolaan limbah elektronik turut memengaruhi efektivitas upaya pengurangan limbah tersebut [6].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji Green Computing maupun pengelolaan limbah elektronik dari berbagai sudut pandang. Penelitian mengenai komputasi berkelanjutan umumnya berfokus pada efisiensi energi melalui penerapan virtualisasi, cloud computing, dan optimalisasi pusat data [7]. Sementara itu, kajian mengenai limbah elektronik lebih banyak membahas aspek pengelolaan, daur ulang, dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh peningkatan volume e-waste [8]. Pendekatan ekonomi sirkular juga mulai banyak diterapkan karena dinilai mampu memperpanjang masa pakai

perangkat elektronik melalui penggunaan kembali, perbaikan, dan pemanfaatan ulang material yang masih bernilai [9].

Penelitian terkini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi Green Computing tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur, dukungan kebijakan, serta keterlibatan berbagai pemangku kepentingan [10]. Meskipun berbagai penelitian telah membahas Green Computing maupun pengelolaan limbah elektronik, sebagian besar kajian masih menempatkan kedua topik tersebut secara terpisah. Penelitian mengenai Green Computing umumnya berfokus pada efisiensi energi dan optimalisasi sumber daya komputasi, sedangkan penelitian limbah elektronik lebih banyak membahas aspek pengelolaan dan daur ulang. Kondisi ini menunjukkan masih terbatasnya kajian yang mengintegrasikan efisiensi teknologi, pengelolaan limbah elektronik, serta tantangan implementasinya dalam konteks negara berkembang secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis keterkaitan antara implementasi Green Computing dan mitigasi dampak limbah elektronik dari perspektif teknologi, lingkungan, dan kebijakan. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji peran Green Computing dalam mendukung pengurangan limbah elektronik serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penerapannya di negara berkembang.

2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui metode literature review. Pendekatan tersebut dipilih untuk menelaah, mengevaluasi, serta mengintegrasikan berbagai hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penerapan Green Computing dalam mengurangi dampak limbah elektronik di negara berkembang. Melalui studi literatur, peneliti dapat memperoleh gambaran menyeluruh mengenai perkembangan penelitian, temuan utama, dan peluang penelitian yang masih perlu dikembangkan [11].

2.2 Sumber Data Penelitian

Data penelitian berasal dari sumber sekunder berupa artikel jurnal ilmiah, prosiding konferensi, dan laporan lembaga internasional yang relevan dengan topik penelitian. Literatur diperoleh dari beberapa basis data akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, IEEE Xplore, dan SpringerLink. Untuk menjaga relevansi informasi, publikasi yang digunakan dibatasi pada rentang tahun 2016–2026. Penggunaan berbagai sumber literatur tersebut bertujuan memperluas cakupan informasi dan meningkatkan kualitas kajian yang dilakukan [12].

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menelusuri literatur menggunakan kata kunci Green Computing, Sustainable Computing, E-Waste Management, dan Developing Countries. Selanjutnya dilakukan proses seleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas publikasi, tahun terbit, serta relevansi terhadap tujuan penelitian. Tahapan ini bertujuan memastikan bahwa sumber yang digunakan memiliki validitas dan kredibilitas yang memadai sebagai dasar analisis penelitian [13].

2.4 Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-analitis. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan berbagai hasil penelitian ke dalam beberapa tema utama, seperti perkembangan limbah elektronik, implementasi Green Computing, manfaat penerapan, dan tantangan yang dihadapi negara berkembang. Selanjutnya dilakukan interpretasi serta perbandingan antarhasil penelitian untuk menemukan pola, hubungan, dan kesenjangan penelitian yang masih ada [14].

2.5 Alur Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi permasalahan terkait peningkatan limbah elektronik dan penerapan Green Computing. Setelah itu dilakukan pengumpulan dan seleksi literatur yang relevan. Literatur yang lolos seleksi kemudian diklasifikasikan berdasarkan tema penelitian untuk mempermudah proses analisis. Tahap berikutnya adalah sintesis berbagai hasil penelitian guna memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai efektivitas Green Computing dalam mengurangi dampak limbah elektronik serta faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya. Keseluruhan tahapan tersebut mengikuti prosedur umum literature review yang menekankan proses identifikasi, evaluasi, dan sintesis literatur secara sistematis [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tren Limbah Elektronik di Negara Berkembang

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa volume limbah elektronik (*electronic waste* atau *e-waste*) mengalami peningkatan yang signifikan dalam satu dekade terakhir. Peningkatan tersebut terjadi seiring dengan berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi yang mendorong peningkatan penggunaan perangkat elektronik pada berbagai sektor, seperti pendidikan, industri, pemerintahan, dan rumah tangga. Ringkasan tren pertumbuhan limbah elektronik global disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tren Limbah Elektronik Global(2016-2026)

Tahun	Jumlah E-Waste (Juta Ton)	Status Data
2016	44,7	Data laporan
2018	49,8	Data laporan
2020	55,5	Data laporan
2022	59,4	Estimasi
2024	63,2	Proyeksi
2026	67,0	Proyeksi

Berdasarkan Tabel 1, jumlah limbah elektronik meningkat dari 44,7 juta ton pada tahun 2016 menjadi sekitar 67 juta ton pada tahun 2026. Peningkatan tersebut menunjukkan kenaikan lebih dari 50% dalam kurun waktu sepuluh tahun. Temuan ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan penggunaan perangkat elektronik berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan kemampuan sistem pengelolaan limbah untuk mengimbangnya [1].

Peningkatan volume limbah elektronik dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Pertama, meningkatnya jumlah pengguna perangkat digital di berbagai negara berkembang sebagai dampak transformasi digital yang semakin luas. Kedua, semakin pendeknya siklus hidup perangkat elektronik akibat perkembangan teknologi yang cepat, sehingga perangkat lama lebih cepat digantikan oleh perangkat baru. Ketiga, rendahnya tingkat perbaikan dan penggunaan kembali (*reuse*) perangkat elektronik yang masih layak pakai menyebabkan volume limbah terus bertambah setiap tahun [8].

Selain menjadi permasalahan lingkungan, limbah elektronik juga memiliki dampak terhadap kesehatan masyarakat. Berbagai perangkat elektronik mengandung bahan berbahaya seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), dan kadmium (Cd) yang dapat mencemari tanah, air, dan udara apabila tidak dikelola dengan baik. Kondisi tersebut banyak ditemukan di negara berkembang yang masih mengandalkan sektor informal dalam proses pengumpulan dan pengolahan limbah elektronik [5].

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi perangkat elektronik merupakan faktor utama yang mendorong pertumbuhan limbah elektronik di berbagai negara berkembang. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian [1] dan [8] yang menyatakan bahwa percepatan transformasi digital dan tingginya tingkat konsumsi perangkat elektronik berkontribusi langsung terhadap peningkatan volume *e-waste*. Selain itu, penelitian [6] menunjukkan bahwa rendahnya tingkat daur ulang formal

menyebabkan sebagian besar limbah elektronik berakhir di tempat pembuangan terbuka atau diproses tanpa memenuhi standar lingkungan yang memadai. Penelitian [10] juga menegaskan bahwa negara berkembang masih menghadapi berbagai tantangan dalam pengelolaan limbah elektronik, terutama terkait infrastruktur, regulasi, dan kapasitas pengolahan yang terbatas. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa permasalahan limbah elektronik tidak hanya berkaitan dengan peningkatan volume limbah, tetapi juga dengan kesiapan sistem pengelolaan yang mampu mengurangi dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada pengelolaan limbah elektronik setelah menjadi sampah, tetapi juga pada upaya pencegahan melalui penggunaan teknologi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, penerapan Green Computing menjadi salah satu strategi yang dapat mendukung pengurangan dampak lingkungan dari penggunaan teknologi informasi melalui efisiensi energi, optimalisasi penggunaan perangkat, dan pengelolaan siklus hidup perangkat elektronik secara lebih berkelanjutan.

3.2 Implementasi Green Computing dalam Mitigasi Limbah Elektronik

Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi *Green Computing* dilakukan melalui berbagai strategi yang bertujuan mengurangi konsumsi energi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya komputasi, serta memperpanjang siklus hidup perangkat elektronik. Strategi yang paling banyak diterapkan meliputi virtualisasi, komputasi awan (*cloud computing*), optimalisasi pusat data (*green data center*), dan penggunaan perangkat hemat energi. Ringkasan implementasi *Green Computing* yang ditemukan dalam berbagai penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Strategi Implementasi Green Computing

Strategi	Tujuan	Dampak Utama
Virtualisasi	Mengoptimalkan penggunaan perangkat keras	Mengurangi kebutuhan perangkat fisik
Cloud Computing	Konsolidasi sumber daya komputasi	Menekan konsumsi energi
Green Data Center	Efisiensi operasional pusat data	Mengurangi emisi karbon
Perangkat Hemat Energi	Menurunkan penggunaan daya listrik	Meningkatkan efisiensi energi
Manajemen Siklus Hidup Perangkat	Memperpanjang masa pakai perangkat	Mengurangi volume e-waste

Berdasarkan Tabel 2, virtualisasi dan *cloud computing* merupakan strategi yang paling banyak digunakan dalam implementasi *Green Computing*. Kedua teknologi tersebut memungkinkan beberapa layanan berjalan pada satu infrastruktur fisik sehingga kebutuhan perangkat keras dapat dikurangi. Pengurangan jumlah perangkat fisik secara langsung berkontribusi terhadap penurunan konsumsi energi dan pengurangan potensi limbah elektronik yang dihasilkan [3].

Selain itu, optimalisasi pusat data menjadi salah satu komponen penting dalam penerapan *Green Computing*. Pusat data merupakan salah satu sektor yang memiliki konsumsi energi tinggi karena beroperasi secara terus-menerus untuk mendukung berbagai layanan digital. Implementasi *green data center* dilakukan melalui penggunaan sistem pendingin yang lebih efisien, pemanfaatan energi terbarukan, serta optimalisasi beban kerja server. Strategi tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi sekaligus mengurangi jejak karbon sektor teknologi informasi [4].

Implementasi *Green Computing* tidak hanya berfokus pada efisiensi energi, tetapi juga mencakup pengelolaan siklus hidup perangkat elektronik. Pendekatan ini dilakukan melalui praktik penggunaan kembali (*reuse*), perbaikan (*repair*), dan daur ulang (*recycling*) perangkat yang masih memiliki nilai guna. Dengan memperpanjang masa pakai perangkat elektronik, jumlah limbah yang dihasilkan dapat ditekan sehingga memberikan manfaat lingkungan yang lebih besar [2].

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa penerapan *Green Computing* memiliki keterkaitan dengan prinsip ekonomi sirkular. Dalam pendekatan ini, perangkat elektronik tidak langsung dibuang setelah masa penggunaan berakhir, tetapi dimanfaatkan kembali melalui proses pemeliharaan, peningkatan fungsi, atau daur ulang material. Penerapan prinsip tersebut dapat membantu mengurangi volume limbah elektronik sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya yang masih bernilai [9].

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa virtualisasi dan *cloud computing* merupakan strategi yang paling efektif dalam mendukung implementasi *Green Computing* karena mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya komputasi sekaligus mengurangi kebutuhan perangkat keras. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian [3] yang menekankan peran virtualisasi dalam mengoptimalkan penggunaan infrastruktur komputasi. Temuan ini juga diperkuat oleh penelitian [4] yang menunjukkan bahwa optimalisasi pusat data modern dapat menekan konsumsi energi global tanpa mengurangi kualitas layanan digital. Namun, penelitian [7] memiliki fokus yang lebih luas dengan menekankan bahwa keberhasilan implementasi *Green Computing* tidak hanya ditentukan oleh penerapan teknologi hemat energi, tetapi juga oleh kesiapan infrastruktur dan strategi pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa meskipun berbagai penelitian sepakat mengenai manfaat efisiensi energi, terdapat perbedaan dalam faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap keberhasilan implementasi *Green Computing*.

Meskipun demikian, efektivitas implementasi *Green Computing* sangat dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur dan kebijakan yang mendukung. Negara yang memiliki infrastruktur teknologi yang memadai cenderung mampu menerapkan berbagai strategi *Green Computing* secara lebih optimal dibandingkan negara yang masih menghadapi keterbatasan sumber daya. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi *Green Computing* tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi, tetapi juga memerlukan dukungan regulasi, investasi, dan kesadaran seluruh pemangku kepentingan untuk mewujudkan pengelolaan teknologi informasi yang berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Peningkatan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong pertumbuhan limbah elektronik yang signifikan, khususnya di negara berkembang. Pertumbuhan volume limbah elektronik yang terus meningkat menunjukkan bahwa perkembangan teknologi digital memberikan dampak lingkungan yang perlu dikelola secara berkelanjutan agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan dan kesehatan masyarakat yang lebih besar.

Implementasi *Green Computing* menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan teknologi informasi. Penerapan strategi seperti virtualisasi, *cloud computing*, *green data center*, penggunaan perangkat hemat energi, serta pengelolaan siklus hidup perangkat elektronik mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya komputasi sekaligus menekan konsumsi energi dan emisi karbon.

Selain memberikan manfaat pada aspek efisiensi energi, penerapan *Green Computing* juga berkontribusi terhadap pengurangan potensi limbah elektronik melalui optimalisasi penggunaan perangkat dan perpanjangan masa pakai perangkat elektronik. Pendekatan tersebut mendukung pemanfaatan sumber daya yang lebih berkelanjutan dan membantu mengurangi kebutuhan pengadaan perangkat keras baru yang berpotensi menambah volume limbah elektronik.

Keberhasilan implementasi *Green Computing* dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur teknologi, dukungan regulasi, ketersediaan investasi, serta tingkat kesadaran pemangku kepentingan terhadap pentingnya pengelolaan teknologi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penguatan kebijakan, peningkatan kapasitas teknologi, dan penerapan praktik pengelolaan perangkat elektronik yang berorientasi pada keberlanjutan menjadi faktor penting dalam mendukung efektivitas implementasi *Green Computing* di negara berkembang.

REFERENSI

- [1] V. Forti, C. P. Baldé, R. Kuehr, and G. Bel, *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential*. Bonn, Germany: United Nations University, 2020.
- [2] W. T. Tsai, "Green Computing and Environmental Sustainability," *Environ. Dev.*, vol. 26, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1016/j.envdev.2018.03.003.
- [3] J. Shuja, A. Gani, S. Shamshirband, R. W. Ahmad, and K. Bilal, "Sustainable Cloud Data Centers: A Survey of Enabling Techniques and Technologies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 195–214, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.04.034.
- [4] E. Masanet, A. Shehabi, N. Lei, S. Smith, and J. Koomey, "Recalibrating Global Data Center Energy-Use Estimates," *Science*, vol. 367, no. 6481, pp. 984–986, 2020, doi: 10.1126/science.aba3758.
- [5] M. Vaccari, G. Vinti, and T. Tudor, "WEEE Treatment in Developing Countries: Environmental Pollution and Health Consequences," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 9, p. 1595, 2019, doi: 10.3390/ijerph16091595.
- [6] A. Borthakur and M. Govind, "Emerging Trends in Consumers' E-Waste Disposal Behaviour and Awareness: A Worldwide Overview with Special Focus on India," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 117, pp. 102–113, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.025.
- [7] S. Bharany, S. Sharma, and D. Gupta, "A Systematic Survey on Energy-Efficient Techniques in Sustainable Cloud Computing," *Sustainability*, vol. 14, no. 10, p. 6256, 2022, doi: 10.3390/su14106256.
- [8] A. Kumar, M. Holuszko, and D. C. R. Espinosa, "E-Waste: An Overview on Generation, Collection, Legislation and Recycling Practices," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 122, pp. 32–42, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.01.018.
- [9] M. T. Islam, N. Huda, M. A. P. Mahmud, and R. Saidur, "A Comprehensive Review of the Recent Progress in Recycling Technologies for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 137, 2021, Art. no. 110596, doi: 10.1016/j.rser.2020.110596.
- [10] A. K. Awasthi, X. Li, J. Koh, and J. Li, "Sustainable E-Waste Management in Developing Countries: Challenges and Opportunities," *Environ. Res.*, vol. 218, 2023, Art. no. 114873, doi: 10.1016/j.envres.2022.114873.
- [11] H. Snyder, "Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 104, pp. 333–339, 2019, doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
- [12] Y. Xiao and M. Watson, "Guidance on Conducting a Systematic Literature Review," *J. Plan. Educ. Res.*, vol. 39, no. 1, pp. 93–112, 2019, doi: 10.1177/0739456X17723971.
- [13] J. Paul and A. R. Criado, "The Art of Writing Literature Review: What Do We Know and What Do We Need to Know?," *Int. Bus. Rev.*, vol. 29, no. 4, 2020, Art. no. 101717, doi: 10.1016/j.ibusrev.2020.101717.
- [14] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to Conduct a Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 133, pp. 285–296, 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- [15] B. Kitchenham and S. Charters, *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. Keele, U.K.: Keele Univ., 2007.