

Review Paper

Dimensi Sosial Dalam Pengurusan Sisa Pepejal Global: Pendekatan Penilaian Kitar Hayat Sosial
(*Social Dimensions in Global Solid Waste Management: A Social Life Cycle Assessment Approach*)

Siti Norliyana Harun^{1*}, Nadrah Ahmad Damanhuri¹, Nurul Farhana Nasri¹,
Marlia Mohd Hanafiah^{1,2} & Zaini Sakawi¹

¹Institut Perubahan Iklim, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

²Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

*Pengarang Koresponden: sitinorliyana@ukm.edu.my

Diserah: 05 Oktober 2025 / Diterima: 27 Januari 2025

Abstrak: Pengurusan sisa pepejal merupakan cabaran global yang semakin kritikal seiring dengan pertumbuhan populasi, urbanisasi pesat dan pola penggunaan yang berubah dengan pantas. Walaupun pelbagai kajian memberi tumpuan kepada aspek teknikal, ekonomi dan alam sekitar, dimensi sosial masih kurang diteliti secara mendalam. Kajian ini menggunakan data sekunder antarabangsa daripada *World Bank* dan laporan *What a Waste 2.0*, melibatkan 218 buah negara dengan kategori pendapatan berbeza (tinggi, sederhana-tinggi, sederhana-rendah, rendah). Analisis mendapati wujud perbezaan ketara dalam kaedah rawatan sisa antara negara: negara berpendapatan tinggi (HIC) lebih mengutamakan kitar semula dan insinerasi, manakala negara berpendapatan rendah (LIC) masih bergantung pada pelupusan terbuka. Negara berpendapatan sederhana pula memperlihatkan pola peralihan dengan gabungan sistem moden dan tradisional. Penemuan ini menegaskan bahawa pengurusan sisa bukan sahaja isu teknikal, tetapi turut mencerminkan ketidaksamaan sosial global. Komuniti miskin di negara berpendapatan rendah menanggung beban sosial dan kesihatan awam yang lebih berat walaupun hanya menyumbang sebahagian kecil daripada jumlah sisa dunia. Prinsip Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA) digunakan sebagai kerangka konseptual untuk menafsir data ini, khususnya dalam menilai kesan sosial terhadap pekerja, komuniti setempat dan keadilan sosial. Kajian ini menyarankan keperluan memformalkan sektor kitar semula tidak formal, melaksanakan pemindahan teknologi yang adil dan mengintegrasikan indikator sosial dalam dasar pengurusan sisa. Hasilnya diharapkan dapat menyumbang kepada strategi pengurusan sisa yang lebih inklusif, adil dan selari dengan Matlamat Pembangunan Mampan (SDG 8, 11 dan 12).

Kata kunci: Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA); pengurusan sisa pepejal; keadilan sosial; kitar semula; kesihatan awam

Abstract: Solid waste management has become an increasingly critical global challenge, driven by rapid population growth, urbanization, and changing consumption patterns. While most studies emphasize the technical, economic, and environmental aspects, the social dimension of waste management remains underexplored. This study draws on international secondary datasets from the World Bank and What a Waste 2.0 report, covering 218 countries across different income categories (high, upper-middle, lower-middle, and low income). The analysis reveals stark disparities in waste treatment methods: high-income countries (HICs) prioritize recycling (25.6%) and incineration (31.5%), whereas low-income countries (LICs) remain heavily dependent on open dumping (71.9%). Middle-income countries show transitional patterns, combining both modern and traditional systems. These findings highlight that waste management is not merely a technical issue but also reflects global social inequalities. Poor communities in low-income countries bear heavier social

and public health burdens despite contributing only a small share of global waste generation. The principles of Social Life Cycle Assessment (S-LCA) are applied as a conceptual lens to interpret these data, particularly in assessing impacts on workers, local communities, and social justice. The study calls for the formalization of informal recycling sectors, equitable technology transfer, and integration of social indicators into waste management policies. Ultimately, the findings contribute to more inclusive and socially just waste management strategies aligned with the Sustainable Development Goals (SDG 8, 11, and 12).

Keywords: Social Life Cycle Assessment (S-LCA); solid waste management; social justice; recycling; public health

Pengenalan

Isu pengurusan sisa pepejal kini menjadi cabaran global yang semakin kompleks. Pertambahan populasi, kadar urbanisasi yang pesat serta pola penggunaan yang berterusan mendorong peningkatan jumlah sisa yang dihasilkan setiap hari. Penghasilan sisa pepejal dunia kini dianggarkan lebih daripada 2 bilion tan setiap tahun dan angka ini dijangka meningkat kepada 3.4 bilion tan menjelang tahun 2050 sekiranya tiada perubahan ketara dilaksanakan dalam sistem pengurusan sisa (Kaza et al., 2018). Malaysia misalnya menghasilkan kira-kira 38,000 tan sisa sehari, manakala negara-negara berpendapatan rendah menghadapi cabaran besar dari sudut infrastruktur asas dan kesedaran masyarakat (Muhammad et al., 2023; Razman et al., 2023). Walaupun banyak perbincangan dan dasar sedia ada memberi penekanan kepada aspek teknikal dan alam sekitar seperti rawatan insinerasi, kitar semula dan pengurangan pelepasan gas rumah kaca, dimensi sosial masih kurang diteliti (Kaita & Harun 2023). Realitinya, sistem pengurusan sisa turut membawa kesan langsung kepada pekerja, komuniti setempat, pengguna dan masyarakat umum, sama ada dalam bentuk risiko kesihatan awam, peluang pekerjaan, atau isu keadilan sosial. Keadaan ini menimbulkan keperluan untuk menilai sistem pengurusan sisa bukan sahaja dari perspektif teknikal dan ekonomi, tetapi juga dari sudut sosial.

Kajian-kajian terdahulu menunjukkan wujud jurang ketara antara negara berpendapatan tinggi dan rendah dalam pendekatan pengurusan sisa. Negara berpendapatan tinggi biasanya mempunyai sistem kitar semula dan insinerasi yang lebih moden, disokong oleh dasar ketat serta pelaburan dalam infrastruktur formal (Roy & Tarafdar 2022; Massoud et al., 2021). Sebaliknya, negara berpendapatan rendah masih bergantung pada pelupusan terbuka, yang meningkatkan risiko pencemaran dan menjejaskan kesejahteraan komuniti berpendapatan rendah. Fenomena ini memperlihatkan bahawa jurang teknikal dalam kaedah rawatan sisa sebenarnya mencerminkan jurang sosial global. Negara maju dapat mengurangkan beban sosial dan alam sekitar melalui teknologi moden, manakala negara membangun terus berdepan dengan beban sosial akibat pelupusan terbuka dan sektor pekerjaan tidak formal.

Sehubungan itu, kajian ini memberi tumpuan kepada analisis peringkat global menggunakan set data terbuka antarabangsa, termasuk World Bank dan laporan What a Waste 2.0, yang melibatkan 218 buah negara dengan tahap pendapatan berbeza. Dataset ini merangkumi pemboleh ubah utama seperti kadar kitar semula, insinerasi, pelupusan terbuka dan pelupusan terkawal, selain indikator sosio-ekonomi seperti KDNK per kapita dan klasifikasi tahap pendapatan negara. Dengan menghubungkan data teknikal rawatan sisa kepada tafsiran sosial, kajian ini dapat memberi gambaran tentang bagaimana pilihan rawatan sisa mencipta implikasi sosial yang berbeza merentas tahap pembangunan ekonomi negara.

Perbandingan global menunjukkan bahawa pengurusan sisa bukan hanya isu teknikal, tetapi juga mencerminkan ketidaksamaan sosial. Negara berpendapatan tinggi lebih berpeluang mewujudkan pekerjaan formal dengan perlindungan sosial yang lebih baik, selain menggunakan sistem rawatan moden yang mengurangkan risiko kesihatan awam (Selek et al., 2025). Sebaliknya, negara berpendapatan rendah masih bergantung kepada pelupusan terbuka, melibatkan pekerja sektor tidak formal tanpa perlindungan undang-undang dan komuniti yang terdedah kepada pencemaran udara serta air (Safian et al., 2025; Zamhari & Mohamed 2022). Jurang ini sekaligus mengangkat isu keadilan sosial dalam pengurusan sisa global, yang dicirikan oleh pengagihan manfaat teknologi dan dasar yang lebih memihak kepada negara maju berbanding negara membangun, manakala beban sosialnya ditanggung oleh negara membangun.

Kajian ini dijalankan untuk mengisi jurang pengetahuan dengan menghubungkan data kuantitatif global dengan kerangka tafsiran sosial, menilai implikasi sosial pengurusan sisa berdasarkan tahap pendapatan negara serta mencadangkan dasar berasaskan bukti untuk mengintegrasikan aspek sosial dalam perancangan pengurusan sisa pepejal. Sumbangan kajian ini bukan sahaja menambah kepada literatur akademik, tetapi juga memberikan implikasi praktikal. Kajian ini menyediakan bukti empirikal bahawa perbezaan sistem rawatan sisa antara negara bukan sahaja berkaitan dengan faktor teknologi atau ekonomi, tetapi juga membawa kesan sosial yang signifikan. Justeru, dapatan ini penting untuk dijadikan rujukan oleh pembuat dasar, pengurus sisa dan komuniti antarabangsa dalam merangka strategi pengurusan sisa yang lebih adil dan mampan.

Penilaian kitar hayat sosial dalam konteks pengurusan sisa pepejal

Penilaian Kitar Hayat Sosial (Social Life Cycle Assessment, S-LCA) mula diperkenalkan secara sistematik oleh UNEP/SETAC pada tahun 2009 sebagai pelengkap kepada Penilaian Kitar Hayat Alam Sekitar (Environmental Life Cycle Assessment, E-LCA) dan Penilaian Kos Kitar Hayat (Life Cycle Costing, LCC). Jika E-LCA memberi tumpuan kepada kesan alam sekitar seperti pelepasan karbon, pencemaran air dan penggunaan tenaga, manakala LCC menilai kos sepanjang kitar hayat, S-LCA pula menekankan dimensi sosial dan sosio-ekonomi. Fokusnya adalah untuk memahami bagaimana sesuatu sistem, produk, atau perkhidmatan memberi kesan terhadap pekerja, komuniti setempat, pengguna dan masyarakat umum, termasuk aspek kesejahteraan, keadilan sosial serta hak asasi manusia (Bruno et al., 2025).

Dalam konteks pengurusan sisa pepejal, S-LCA menjadi sangat relevan kerana sektor ini melibatkan interaksi langsung dengan masyarakat dan pekerja serta mempunyai implikasi global akibat perdagangan dan eksport sisa. Kajian terdahulu telah membuktikan bahawa kaedah rawatan sisa memberi kesan sosial yang ketara. Pelupusan terbuka, misalnya, dikaitkan dengan risiko kesihatan awam seperti penyebaran penyakit bawaan vektor, pencemaran air bawah tanah serta pencemaran udara yang menjejaskan komuniti berhampiran (Firdaus et al., 2024). Siddiqua et al., (2022) menegaskan bahawa isu ini menjejaskan kesejahteraan komuniti miskin yang tinggal berhampiran tapak pelupusan, sekali gus menjadikan pelupusan terbuka sebagai indikator penting dalam penilaian risiko sosial.

Kitar semula pula mempunyai implikasi sosial yang lebih kompleks. Kajian di India dan Brazil oleh Wheeler & Glucksmann (2015) menunjukkan bahawa sektor kitar semula sering dikuasai oleh pekerja tidak formal atau pemungut sampah (“waste pickers”) yang bekerja tanpa perlindungan sosial atau undang-undang buruh. Keadaan ini menimbulkan paradoks, kerana kadar kitar semula yang tinggi tidak semestinya bermaksud hasil sosial yang positif. Hanya apabila sektor kitar semula diformalkan dan dimodenkan, barulah ia dapat mewujudkan pekerjaan yang lebih selamat dan stabil serta memberikan manfaat jangka panjang kepada komuniti. Hal ini menegaskan bahawa data kadar kitar semula perlu ditafsirkan dengan teliti dalam kerangka S-LCA kerana konteks setempat memainkan peranan penting.

Insinerasi moden pula sering dibahaskan sebagai satu bentuk rawatan yang berupaya mengurangkan pencemaran terbuka dan memperbaiki kesihatan awam. Kajian oleh Zhao et al., (2022) mendapati bahawa penggunaan insinerator berteknologi tinggi dapat mengurangkan risiko pencemaran udara dan meningkatkan tahap kebersihan persekitaran bandar. Namun, cabaran utama insinerasi ialah isu penerimaan sosial. Ramai komuniti menolak pembinaan insinerator kerana bimbang terhadap kesan kesihatan jangka panjang, meskipun bukti saintifik menunjukkan risiko tersebut agak rendah (Xin et al., 2023). Dalam kerangka S-LCA, perdebatan ini mencerminkan dimensi hubungan masyarakat dengan teknologi dan persoalan keadilan sosial, di mana manfaat rawatan moden sering dinikmati oleh kelompok tertentu sementara risiko masih ditanggung oleh masyarakat berdekatan.

Jurang Sosio-ekonomi dalam sistem pengurusan sisa global

Jurang sosio-ekonomi dalam pengurusan sisa juga semakin ketara di peringkat global. Laporan What a Waste 2.0 oleh Kaza et al. (2018) menunjukkan hampir 90% sisa di negara berpendapatan rendah masih dilupuskan secara terbuka atau tidak terkawal. Hal ini bukan sahaja mencemarkan alam sekitar, tetapi juga memberi kesan langsung kepada kesihatan masyarakat miskin. Sebaliknya, negara berpendapatan tinggi telah melabur dalam teknologi moden seperti insinerasi terkawal, tapak pelupusan sanitari dan sistem kitar semula formal.

Perbezaan ini mewujudkan ketidaksamaan sosial, di mana negara kaya mampu melindungi komuniti mereka, manakala negara miskin terus menanggung beban kesihatan dan pencemaran.

Isu keadilan global turut diperkukuh dengan fenomena eksport sisa. Banyak negara maju menghantar sisa pepejal, khususnya plastik dan sisa elektronik, ke negara membangun. Kajian oleh Sun & Tabata. (2021) mendapati bahawa larangan China terhadap import plastik pada tahun 2018 telah mengubah aliran sisa global, dengan sebahagian besar dihantar ke negara-negara Asia Tenggara. Keadaan ini menunjukkan bahawa sistem pengurusan sisa dunia bukan sahaja berkaitan teknologi domestik, tetapi juga melibatkan pemindahan beban sosial dan alam sekitar merentas sempadan negara. Dalam kerangka S-LCA, keadaan ini boleh ditafsirkan sebagai bentuk ketidaksamaan global di mana manfaat ekonomi dinikmati negara maju, manakala risiko kesihatan dan pencemaran ditanggung negara membangun.

Cabaran metodologi dan jurang pengetahuan dalam kajian S-LCA

Walaupun semakin banyak kajian dijalankan, S-LCA masih berdepan beberapa cabaran utama. Pertama, keterbatasan data masih menjadi isu besar kerana banyak negara berpendapatan rendah tidak mempunyai rekod lengkap tentang komposisi dan rawatan sisa (Pollok et al., 2021). Kedua, tafsiran kualitatif sering diperlukan kerana data kuantitatif tidak selalu mencerminkan realiti sosial, contohnya kadar kitar semula tinggi yang mungkin bergantung pada buruh tidak formal. Ketiga, tiada piawaian metodologi yang seragam seperti dalam E-LCA, menyebabkan variasi pendekatan antara kajian. Selain itu, kebanyakan kajian S-LCA masih berfokus pada skala produk atau projek kecil, manakala analisis makro peringkat negara masih jarang dilakukan.

Daripada sorotan literatur ini, jelas bahawa S-LCA merupakan kerangka penting untuk memahami dimensi sosial dalam pengurusan sisa pepejal. Kajian terdahulu menegaskan bahawa jurang pendapatan negara memainkan peranan besar dalam menentukan bentuk rawatan sisa serta implikasi sosial yang terhasil. Walau bagaimanapun, kekurangan analisis komprehensif peringkat global masih menjadi jurang pengetahuan yang perlu diisi. Oleh itu, kajian ini berusaha menawarkan perspektif baharu dengan menghubungkan data kuantitatif global kepada tafsiran sosial melalui kerangka S-LCA, sekali gus memperluas pemahaman tentang bagaimana sistem rawatan sisa mempengaruhi keadilan sosial dan kesejahteraan masyarakat pada skala antarabangsa.

Methodology

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berasaskan data sekunder peringkat global. Reka bentuk kajian berbentuk deskriptif dan komparatif, iaitu membandingkan strategi pengurusan sisa antara negara berdasarkan kategori tahap pendapatan yang ditetapkan oleh World Bank (tinggi, sederhana-tinggi, sederhana-rendah dan rendah). Analisis dilakukan untuk menilai hubungan antara pilihan rawatan sisa dengan implikasi sosial melalui kerangka Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA). S-LCA digunakan sebagai kerangka analisis sosial untuk mentafsir implikasi sosial sistem pengurusan sisa pada peringkat negara. Pengurusan sisa pepejal ditafsir sebagai satu sistem sosio-teknikal yang dibentuk oleh dasar nasional, tahap pembangunan ekonomi dan struktur institusi, yang seterusnya mempengaruhi pendedahan sosial terhadap pekerja dan komuniti. Oleh itu, skala negara digunakan sebagai unit analisis bagi membolehkan perbandingan sistemik antara negara dengan tahap pendapatan yang berbeza.

Pendekatan ini memanfaatkan indikator agregat seperti peratusan kaedah rawatan sisa sebagai proksi kepada implikasi sosial, yang ditafsir berdasarkan hubungan empirikal yang telah dibincangkan secara meluas dalam literatur terdahulu. Sebagai contoh, pelupusan terbuka sering dikaitkan dengan risiko kesihatan awam dan kesejahteraan komuniti, manakala kadar kitar semula yang tinggi boleh mencerminkan sama ada peluang pekerjaan formal atau kebergantungan kepada buruh tidak formal, bergantung kepada konteks setempat. Dengan itu, penggunaan S-LCA pada skala makro membolehkan data kuantitatif global ditafsir secara bermakna untuk menilai ketidaksamaan sosial dalam sistem pengurusan sisa di peringkat antarabangsa.

Sumber data

Kajian ini menggunakan data terbuka antarabangsa yang diperoleh daripada dua sumber utama yang diiktiraf di peringkat global, iaitu World Bank dan laporan What a Waste 2.0 (Kaza et al., 2018). Kedua-dua sumber ini dipilih kerana sifatnya yang menyeluruh, boleh diakses secara terbuka dan sering dijadikan rujukan oleh penyelidik serta pembuat dasar dalam bidang pembangunan mampan dan pengurusan sisa pepejal.

1. World Bank – menyediakan indikator sosio-ekonomi seperti Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK) per kapita, klasifikasi tahap pendapatan negara dan statistik demografi.
2. Laporan What a Waste 2.0 (Kaza et al., 2018) – menyediakan data komposisi sisa pepejal, kadar penjanaan sisa serta peratusan kaedah rawatan sisa yang digunakan (kitar semula, insinerasi, pelupusan terkawal dan pelupusan terbuka).

Dataset ini melibatkan 218 buah negara dari pelbagai benua dengan tempoh data dari tahun 2010 sehingga tahun 2018. Penggunaan set data global ini membolehkan analisis perbandingan antara negara dengan tahap pembangunan ekonomi yang berbeza. Kajian ini memberi tumpuan kepada dua kategori utama pemboleh ubah:

1. Pemboleh ubah teknikal pengurusan sisa: kitar semula (%), insinerasi (%), pelupusan terkawal (%), dan pelupusan terbuka (%)
2. Pemboleh ubah sosio-ekonomi: tahap pendapatan negara (tinggi, sederhana-tinggi, sederhana-rendah, rendah), KDNK per kapita, dan populasi bandar (%)

Peratusan (%) dalam kaedah rawatan sisa ditafsir sebagai bahagian daripada jumlah keseluruhan sisa yang diuruskan dengan kaedah tertentu. Sebagai contoh, jika sebuah negara menghasilkan 1 juta tan sisa setahun dan 250,000 tan dikitar semula, maka kadar kitar semula ialah 25%.

Kaedah analisis data

Analisis data dalam kajian ini dilaksanakan secara berperingkat untuk memastikan dapatan yang diperoleh bukan sahaja menggambarkan perbezaan teknikal dalam rawatan sisa, tetapi juga mampu ditafsirkan melalui kerangka sosial. Oleh itu, analisis dilakukan melalui tiga peringkat utama.

Peringkat pertama adalah analisis deskriptif. Analisis ini menggambarkan taburan kaedah rawatan sisa mengikut tahap pendapatan negara, termasuk purata peratusan kitar semula, insinerasi, pelupusan terkawal dan pelupusan terbuka. Hasilnya dipaparkan dalam bentuk jadual dan rajah. Kedua, adalah analisis perbandingan. Analisis ini membandingkan perbezaan strategi rawatan sisa antara negara berpendapatan tinggi dan rendah untuk menilai jurang sosial. Hubungan ini seterusnya ditafsirkan dalam kerangka S-LCA dengan memberi penekanan kepada implikasi sosial bagi komuniti dan pekerja. Ketiga adalah analisis interpretatif yang mengaitkan data kuantitatif dengan dimensi sosial berdasarkan literatur terdahulu. Sebagai contoh, kadar kitar semula tinggi ditafsir sama ada mencerminkan peluang pekerjaan formal (negara maju) atau eksploitasi buruh tidak formal (negara membangun).

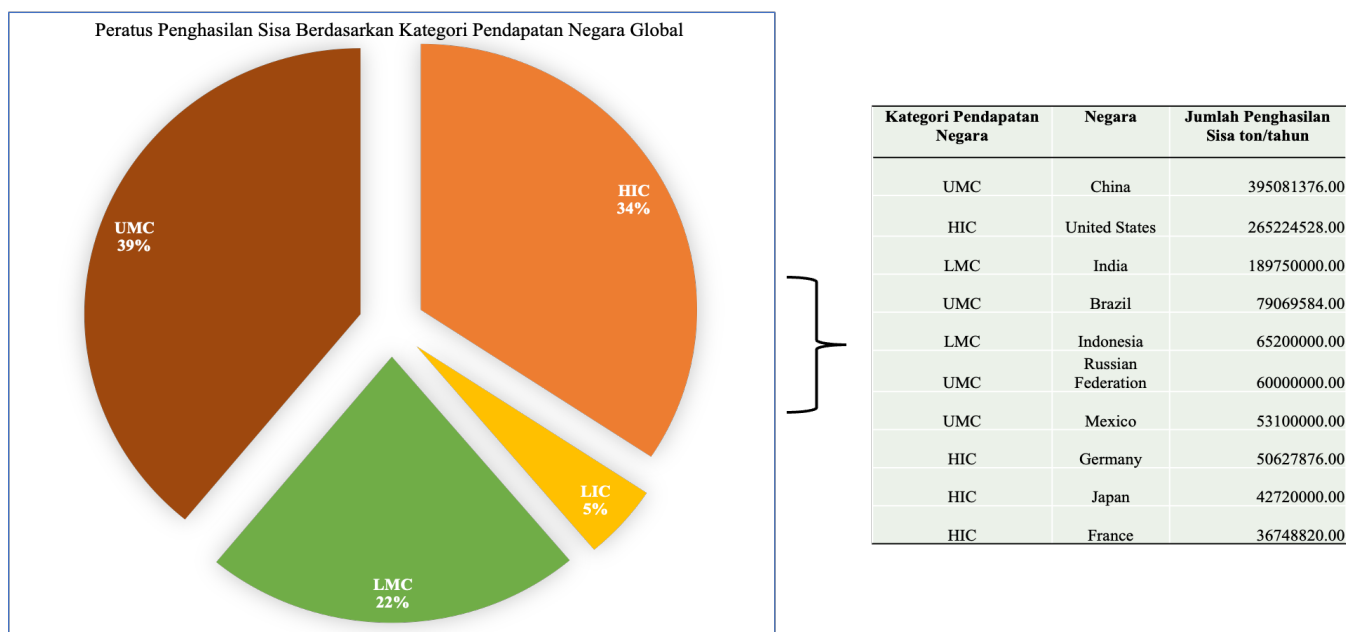
Kaedah analisis tiga peringkat ini membolehkan data kuantitatif global dimanfaatkan secara optimum untuk menggambarkan realiti sosial dalam pengurusan sisa pepejal. Pendekatan ini penting kerana ia menyatukan bukti empirikal dengan tafsiran sosial, seterusnya memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang hubungan antara tahap pembangunan ekonomi, pilihan rawatan sisa dan implikasi sosial di peringkat global.

Hasil Kajian

Taburan global penghasilan sisa mengikut pengkelasan kategori pendapatan negara

Analisis data global yang diperoleh daripada World Bank dan laporan What a Waste 2.0 menunjukkan taburan penghasilan sisa pepejal yang sangat berbeza antara empat kategori pendapatan negara. Secara umum, jumlah sisa yang dihasilkan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kadar urbanisasi. Peratus

penghasilan sisa global berdasarkan data dari tahun 2010-2018 global dan 10 negara tertinggi menghasilkan sisa adalah ditunjukkan pada Rajah 1.



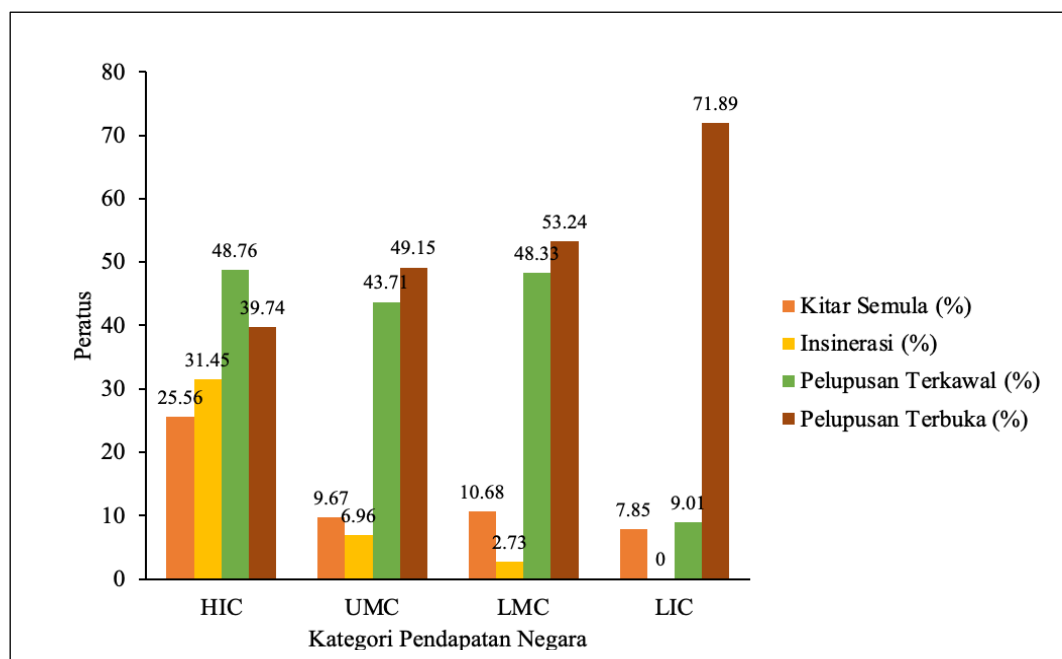
Rajah 1. Taburan peratusan penghasilan sisa global mengikut kategori pendapatan negara dan negara utama yang menghasilkan sisa tertinggi

Hasil analisis mendapati negara berpendapatan sederhana-tinggi (UMC) menyumbang bahagian terbesar kepada penghasilan sisa global, iaitu 39%, diikuti oleh negara berpendapatan tinggi (HIC) sebanyak 34%. Negara berpendapatan sederhana-rendah (LMC) menyumbang sebanyak 22% dan negara berpendapatan rendah (LIC) hanya 5% daripada jumlah sisa global. Walaupun sumbangan LIC adalah kecil dari segi kuantiti, implikasi sosial dan kesihatan awam yang ditanggung oleh negara ini adalah tidak seimbang. Dari segi negara individu, China muncul sebagai penyumbang sisa pepejal tertinggi dunia dengan purata 395 juta tan setahun, diikuti oleh Amerika Syarikat (265 juta tan setahun) dan India (190 juta tan setahun). Negara berpendapatan sederhana dan besar seperti Brazil, Indonesia dan Rusia turut menyumbang jumlah sisa yang signifikan, mencerminkan peranan ekonomi sedang membangun dalam landskap sisa global.

Sementara itu, Jepun, Jerman dan Perancis mewakili negara berpendapatan tinggi dengan jumlah sisa yang tinggi tetapi disokong oleh sistem pengurusan sisa yang lebih formal dan berteknologi tinggi. Pola ini menunjukkan hubungan yang jelas antara tahap pendapatan negara dan jumlah sisa yang dihasilkan. Negara berpendapatan tinggi dan sederhana-tinggi bukan sahaja menghasilkan lebih banyak sisa kerana kadar penggunaan yang tinggi, tetapi juga mempunyai kapasiti teknologi dan infrastruktur yang lebih baik untuk mengurus sisa secara efisien. Sebaliknya, negara berpendapatan rendah, walaupun menyumbang peratus yang kecil terhadap jumlah sisa global, menanggung beban sosial dan kesihatan awam yang lebih berat akibat pelupusan terbuka dan kekurangan sistem formal (Roy & Tarafdar 2022; Massoud et al., 2021). Dalam konteks Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA), penekanan tidak hanya diberikan kepada kuantiti sisa yang dihasilkan, tetapi juga kepada cara sisa diuruskan dan kesannya terhadap pekerja serta komuniti setempat. Negara dengan jumlah sisa yang besar tetapi memiliki sistem pengurusan formal dan terkawal mungkin menghadapi risiko sosial yang lebih rendah berbanding negara yang masih bergantung kepada sektor tidak formal.

Perbezaan dalam kaedah rawatan sisa pepejal

Analisis seterusnya meneliti perbezaan dalam kaedah rawatan sisa pepejal berdasarkan kategori pendapatan negara. Dapatan menunjukkan bahawa strategi rawatan sisa berbeza dengan ketara antara negara berpendapatan tinggi (HIC), sederhana-tinggi (UMC), sederhana-rendah (LMC) dan rendah (LIC). Rajah 2 merumuskan purata peratusan bagi setiap kaedah rawatan sisa utama mengikut tahap pendapatan negara.



Rajah 2. Purata peratusan kaedah rawatan sisa utama mengikut tahap pendapatan negara.

Negara berpendapatan tinggi (HIC) mencatat kadar kitar semula yang jauh lebih tinggi (25.6%) berbanding kategori lain dan pada masa yang sama mengaplikasikan insinerasi secara signifikan (31.5%). Hal ini mencerminkan tahap pelaburan teknologi dan dasar pengurusan sisa yang lebih maju. Sebaliknya, negara berpendapatan rendah (LIC) sangat bergantung kepada pelupusan terbuka dengan purata 71.9%, manakala kadar kitar semula dan pelupusan terkawal masing-masing hanya sekitar 7.9% dan 9%. Ketiadaan penggunaan insinerasi secara signifikan menggambarkan keterbatasan akses kepada teknologi rawatan moden.

Negara berpendapatan sederhana-rendah (LMC), pola yang ditunjukkan adalah gabungan antara sistem tradisional dan moden. Purata pelupusan terbuka masih tinggi (53.2%), walaupun pelupusan terkawal telah meningkat (48.3%). Kadar kitar semula di tahap ini sederhana (10.7%) dan insinerasi masih rendah (2.7%). Sementara itu, negara berpendapatan sederhana-tinggi (UMC) memperlihatkan pola peralihan. Kadar pelupusan terbuka (49.2%) masih dominan tetapi telah mula diseimbangkan dengan pelupusan terkawal (43.7%) dan sedikit peningkatan dalam insinerasi (6.9%). Walaupun kadar kitar semula masih rendah (9.7%), ia menunjukkan usaha ke arah pembentukan sistem formal yang lebih teratur. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan wujudnya jurang sosio-teknikal yang ketara antara kategori pendapatan. Negara berpendapatan tinggi lebih mengutamakan kaedah rawatan moden yang mengurangkan pencemaran terbuka, manakala negara berpendapatan rendah terus bergantung pada kaedah tradisional dengan implikasi sosial yang besar terhadap kesihatan awam, pekerjaan sektor tidak formal dan keadilan sosial.

Perbincangan

Hasil kajian mengesahkan bahawa tahap pendapatan negara memainkan peranan penting dalam menentukan jumlah penghasilan dan kaedah rawatan sisa pepejal. Negara berpendapatan tinggi dan sederhana-tinggi (HIC dan UMC) bukan sahaja menghasilkan lebih banyak sisa, tetapi juga memiliki sistem pengurusan yang lebih formal serta dasar yang berorientasikan ekonomi kitaran (circular economy). Hal ini sejajar dengan penemuan *What a Waste 2.0* oleh Kaza et al. (2018), yang menyatakan bahawa hampir 93% sisa di negara berpendapatan tinggi diurus secara terkawal melalui tapak pelupusan moden, insinerasi, atau sistem kitar semula berpusat.

Sebaliknya, negara berpendapatan rendah (LIC) masih bergantung kepada pelupusan terbuka (lebih 70% dalam kajian ini), yang membawa risiko kesihatan awam, pencemaran air bawah tanah dan pendedahan kepada bahan toksik (Siddiqua et al., 2022). Pekerja sektor tidak formal seperti pengutip sampah sering beroperasi tanpa perlindungan sosial, gaji tetap, atau kemudahan kesihatan (Ashraf et al., 2025). Dalam

kerangka Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA), keadaan ini dikategorikan sebagai kesan negatif terhadap pekerja dan komuniti setempat, dua daripada lima kumpulan pemegang taruh utama yang digariskan oleh UNEP/SETAC (2009) (Traverso & Valdivia 2024).

Jurang ini menggambarkan bahawa keupayaan ekonomi sesebuah negara bukan sekadar menentukan keberkesanan teknikal, tetapi turut membentuk struktur sosial dalam sektor pengurusan sisa. Negara berpendapatan rendah menghadapi cabaran berganda dari segi kekangan kewangan, dasar tidak menyeluruh serta tahap kesedaran awam yang rendah yang seterusnya menjadikan mereka lebih terdedah kepada beban sosial dan alam sekitar (Sigcha et al., 2024).

Interpretasi S-LCA: kesejahteraan komuniti dan keadilan sosial

Pendekatan S-LCA menilai bukan sahaja prestasi alam sekitar tetapi juga bagaimana sistem pengurusan sisa mempengaruhi kehidupan manusia. Dalam konteks ini, dapatan kajian memperlihatkan bahawa negara dengan kadar kitar semula tinggi seperti Jerman dan Jepun bukan sahaja berjaya mengurangkan pencemaran, tetapi turut mencipta pekerjaan formal dalam sektor hijau yang selamat dan bergaji kompetitif (Ashraf et al., 2025). Ini menunjukkan bahawa sistem rawatan sisa moden dapat meningkatkan kesejahteraan sosial dengan mengurangkan risiko pekerjaan berbahaya dan memupuk ekonomi berdaya tahan.

Sebaliknya, pelupusan terbuka yang dominan di negara berpendapatan rendah membawa kesan langsung terhadap kesihatan komuniti berhampiran tapak pelupusan. Kajian oleh Ogbuehi et al., (2022) serta Couth dan Trois (2012) mendapati bahawa penduduk yang tinggal dalam jarak 2 km dari tapak pelupusan terbuka mempunyai kadar penyakit respiratori dan jangkitan kulit yang lebih tinggi berbanding populasi umum. Keadaan ini menimbulkan persoalan keadilan sosial global tentang sebab masyarakat di negara berpendapatan rendah menanggung risiko sosial yang tidak seimbang berbanding sumbangan kecil mereka terhadap jumlah sisa global. Dari sudut teori keadilan persekitaran, isu ini menggambarkan bentuk ketidakseimbangan struktur, di mana negara maju sering mempunyai kapasiti untuk memindahkan beban sosial dan ekologi melalui eksport sisa, khususnya plastik dan e-waste (Brooks et al., 2018). Dalam konteks S-LCA, situasi ini boleh ditafsirkan sebagai *burden shifting*, iaitu pemindahan kesan negatif kepada pihak yang lebih lemah secara ekonomi dan sosial (UNEP, 2020).

Implikasi dasar dan peranan S-LCA

Dapatan kajian ini menegaskan keperluan untuk mengintegrasikan pendekatan S-LCA dalam dasar pengurusan sisa, terutamanya bagi negara sedang membangun. Walaupun kebanyakan dasar nasional memberi tumpuan kepada pengurangan jumlah sisa atau keberkesanan teknologi, aspek sosial sering diabaikan. Kajian oleh Cucuzzella dan Garrido (2018) menunjukkan bahawa kebanyakan penilaian keberlanjutan dalam sektor sisa lebih tertumpu pada environmental LCA (E-LCA) dan life cycle costing (LCC), manakala dimensi sosial kurang dibangunkan secara sistematik. Bagi negara berpendapatan rendah dan sederhana, S-LCA boleh dijadikan alat penilaian yang mengenal pasti risiko sosial pada peringkat awal, seperti eksploitasi buruh, pendedahan kepada bahan berbahaya, atau marginalisasi komuniti miskin bandar. Sebagai contoh, penglibatan sektor tidak formal dalam sistem kitar semula boleh diiktiraf sebagai social hotspot yang memerlukan intervensi dasar bagi mewujudkan pekerjaan yang lebih selamat dan bermaruah (Corona et al., 2019).

Tambahan pula, pendekatan S-LCA menyokong matlamat Sustainable Development Goals (SDG 8 – Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi; SDG 11 – Bandar Lestari; dan SDG 12 – Penggunaan dan Pengeluaran Bertanggungjawab). Pelaksanaan indikator sosial dalam sistem pengurusan sisa boleh meningkatkan ketelusan, mewujudkan akauntabiliti sosial dan memperkukuh hubungan antara kesejahteraan manusia dan kelestarian alam sekitar (UNEP, 2020).

Cadangan ke arah dasar sosial yang mampan

Berdasarkan dapatan kajian dan kerangka Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA), beberapa langkah dasar sosial yang mampan perlu diberi keutamaan dalam merangka strategi pengurusan sisa global. Pertama, S-LCA perlu diinstitusikan dalam perancangan dasar sisa nasional agar setiap projek pengurusan sisa disertai penilaian sosial yang sistematik. Pendekatan ini memastikan manfaat ekonomi dan kecukupan teknikal tidak

dicapai dengan mengorbankan kesejahteraan pekerja serta komuniti setempat. Kedua, sektor kitar semula tidak formal perlu diformalisasikan melalui pelaksanaan skim perlindungan sosial, latihan kemahiran dan insentif kewangan bagi memastikan pengutip sampah diiktiraf sebagai sebahagian daripada rantai ekonomi kitaran yang sah dan selamat. Ketiga, pemindahan teknologi yang adil (*equitable technology transfer*) perlu digalakkan antara negara maju dan negara membangun. Mekanisme kerjasama antarabangsa seperti perkongsian Selatan-Selatan dan kerjasama serantau boleh menjadi medium penting dalam memperkukuh kapasiti teknikal serta mengurangkan jurang sosial dalam sistem pengurusan sisa. Akhir sekali, integrasi indikator sosial dalam pelaporan LCA nasional harus dijadikan keutamaan bagi menilai kesan sosial secara menyeluruh, termasuk kesejahteraan pekerja, akses kepada perlindungan sosial, keselamatan pekerjaan serta impak kesihatan terhadap komuniti yang terlibat secara langsung dengan sistem pengurusan sisa. Pendekatan dasar yang holistik ini dapat memastikan pembangunan sektor sisa bergerak seiring dengan matlamat keadilan sosial dan kelestarian alam sekitar.

Limitasi kajian

Walaupun kajian ini berjaya memberikan gambaran menyeluruh mengenai implikasi sosial pengurusan sisa pepejal global melalui kerangka Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA), terdapat beberapa limitasi yang perlu diakui. Pertama, limitasi data masih wujud kerana kajian ini bergantung pada pangkalan data sekunder antarabangsa seperti World Bank dan What a Waste 2.0. Data tersebut dikumpul antara tahun 2010 hingga 2018 dan dalam sesetengah kes, maklumat yang lebih terkini atau terperinci mengenai kaedah rawatan sisa mungkin tidak tersedia. Hal ini boleh mempengaruhi ketepatan perbandingan, khususnya bagi negara berpendapatan rendah yang sering kekurangan statistik rasmi.

Kedua, interpretasi sosial daripada data kuantitatif mempunyai batasan kerana kadar kitar semula, insinerasi, atau pelupusan tidak semestinya membawa makna sosial yang seragam. Sebagai contoh, kadar kitar semula yang tinggi boleh melibatkan pekerja formal dengan perlindungan sosial di negara maju, tetapi dalam konteks negara membangun ia mungkin bergantung pada sektor tidak formal yang terdedah kepada eksploitasi. Maka, tafsiran sosial memerlukan pemahaman kontekstual yang lebih mendalam, sesuatu yang tidak dapat dicapai sepenuhnya melalui analisis data global. Ketiga, kajian ini menggunakan perspektif makro peringkat negara, justeru ia tidak dapat mencerminkan realiti sosial yang lebih terperinci di peringkat komuniti tempatan atau projek tertentu. S-LCA biasanya lebih berkesan pada skala produk atau proses, maka adaptasi kepada tahap negara membawa cabaran dalam menghubungkan indikator sosial dengan realiti di lapangan. Oleh itu, dapatan kajian ini perlu dilihat sebagai asas awal untuk membuka perbincangan lanjut, bukannya sebagai kesimpulan muktamad.

Kesimpulan

Kajian ini membincangkan kepentingan Penilaian Kitar Hayat Sosial (S-LCA) dalam memahami implikasi sosial pengurusan sisa pepejal pada skala global. Dengan menggunakan data antarabangsa daripada World Bank dan What a Waste 2.0, hasil analisis mendapati wujud jurang ketara antara kategori pendapatan negara dalam kaedah rawatan sisa. Negara berpendapatan tinggi (HIC) dan sederhana-tinggi (UMC) cenderung mengutamakan sistem moden seperti kitar semula dan insinerasi, manakala negara berpendapatan rendah (LIC) masih bergantung secara dominan pada pelupusan terbuka (71.9%), sekali gus menanggung risiko sosial dan kesihatan awam yang lebih berat.

Hasil ini menunjukkan bahawa pengurusan sisa bukan sekadar isu teknikal atau alam sekitar, tetapi turut mencerminkan ketidaksamaan sosial global. Kadar kitar semula yang tinggi tidak semestinya membawa manfaat sosial, insinerasi moden menimbulkan konflik penerimaan komuniti dan pelupusan terbuka menjadi simbol ketidakadilan sosial terhadap komuniti miskin. Analisis kritikal ini menegaskan bahawa sebarang strategi pengurusan sisa perlu memasukkan dimensi sosial secara eksplisit, bukan hanya menekankan keberkesanan teknikal atau ekonomi.

Sumbangan utama kajian ini ialah menyediakan kerangka empirik yang menghubungkan data kuantitatif global dengan tafsiran sosial melalui S-LCA. Dengan itu, artikel ini memperkukuh literatur akademik mengenai hubungan antara pengurusan sisa dan keadilan sosial, selain memberi cadangan dasar

praktikal: menginstitusikan S-LCA dalam perancangan nasional, memformalkan sektor kitar semula tidak formal, menggalakkan pemindahan teknologi adil serta mengintegrasikan indikator sosial dalam pelaporan LCA nasional. Secara keseluruhannya, dapatan ini menyokong matlamat Kelestarian Global dan Agenda SDG 2030, khususnya SDG 8 (Pekerjaan Layak), SDG 11 (Bandar Lestari) dan SDG 12 (Pengeluaran dan Penggunaan Bertanggungjawab). Melalui integrasi dimensi sosial dalam pengurusan sisa, dunia bukan sahaja dapat mengurangkan beban pencemaran, tetapi juga memastikan keadilan sosial dan kesejahteraan komuniti global terpelihara.

Penghargaan: Penghargaan ditujukan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia kerana telah memberi sumbangan kewangan untuk kajian ini menerusi Geran Universiti Penyelidikan (GUP-2024-043).

Konflik Kepentingan: Tiada konflik kepentingan.

Rujukan

- Ashraf, A. I., Mohareb, E., Vahdati, M., & Khandakar, A. (2025). Social Life Cycle Assessment (S-LCA) of formal and informal waste collectors in decentralized waste to compost facility. *Cleaner Environmental Systems*, 100284.
- Traverso, M., & Valdivia, S. (2024). Introduction to the basics of life cycle sustainability assessment focusing on the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative LCSA framework. In *Handbook on Life Cycle Sustainability Assessment* (pp. 53-59). Edward Elgar Publishing.
- Ashraf, A. I., Mohareb, E., Vahdati, M., & Khandakar, A. (2025). Social Life Cycle Assessment (S-LCA) of formal and informal waste collectors in decentralized waste to compost facility. *Cleaner Environmental Systems*, 100284.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science advances*, 4(6), eaat0131.
- Bruno, A., Menichini, T., & Silvestri, L. (2025). Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA): A comprehensive overview of existing integrated approaches to LCA, S-LCA, and LCC. *European Journal of Sustainable Development*, 14(3), 13-13.
- Couth, R., & Trois, C. (2012). Cost effective waste management through composting in Africa. *Waste management*, 32(12), 2518-2525.
- Firdaus, R., Harun, S. N., Hanafiah, M. M., Mat Deli, M., & Adhikary, S. K. (2024). Life cycle assessment of rice straw for energy valorization: A comprehensive review of methodological trends and future outlooks. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 13(3), e520.
- Kaita, M. S., & Harun, S. N. (2023, May). Application of integrated LCA-GIS model in the agricultural sector: A brief overview. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1167, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.
- Massoud, M., Lamah, G., Bardus, M., & Alameddine, I. (2021). Determinants of waste management practices and willingness to pay for improving waste services in a low-middle income country. *Environmental management*, 68(2), 198-209.
- Muhammad, A., Naidu, B. M., Sundram, V. P. K., Hussain, M. Z. S. M., Chew, L. L., & Amirrudin, F. A. (2023). Sustainable waste management in Malaysia: leveraging supply chain solutions for a greener future. *Information Management and Business Review*, 15(3), 147-154.
- Ogbuehi, N. C., Orji, M. C., & Afolabi, O. O. (2022). Health exposure and environmental challenges of households living nearby an open landfill system in Nigerian Urban Centre. *Int Arch Public Health Commun Med*, 6(3), 1-7.
- Pollok, L., Spierling, S., Endres, H. J., & Grote, U. (2021). Social life cycle assessments: a review on past development, advances and methodological challenges. *Sustainability*, 13(18), 10286.

- Razman, K. K., Hanafiah, M. M., Ramli, A. N., & Harun, S. N. (2023, May). Industrial wastewater treatment methods employed in Southeast Asian countries. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1167, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Roy, D., & Tarafdar, A. (2022). Solid waste management and landfill in high-income countries. In *Circular economy in municipal solid waste landfilling: Biomining & leachate treatment: Sustainable solid waste management: Waste to wealth* (pp. 1-23). Cham: Springer International Publishing.
- Safian, N., Ngah, S., Yusof, M. I. M., Merican, F. M., & Haris, S. M. (2025). Exploring the Factors Shaping Food Recycling Behaviour: A Sustainable Perspective. *e-BANGI Journal*, 22(1).
- Selek, M. R. M., Harun, S. N., Hanafiah, M. M., & Mazri, M. (2025). From Waste to Resource: A SWOT Evaluation of Organic Waste Composting for Sustainable Waste Management in Cameron Highlands. *Chemical Engineering Transactions*, 122, 115-120.
- Siddiqua, A., Hahladakis, J. N., & Al-Attiya, W. A. K. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(39), 58514-58536.
- Sun, N., & Tabata, T. (2021). Environmental impact assessment of China's waste import ban policies: An empirical analysis of waste plastics importation from Japan. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129606.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *Waste management outlook for Latin America and the Caribbean*. UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/waste-management-outlook-latin-america-and-caribbean>
- Wheeler, K., & Glucksmann, M. (2015). Living off tips: waste and recycling in Brazil and India. In *Household Recycling and Consumption Work: Social and Moral Economies* (pp. 166-193). London: Palgrave Macmillan UK.
- World Bank. (2018). *Trends in solid waste management*. Retrieved from https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html
- Xin, M., Sun, Y., Li, W., Li, X., Long, Y., Bian, R., ... & Huang, Q. (2023). Metagenomics insights into the effect of co-landfill of incineration fly ash and refuse for bacterial community succession and metabolism pathway of VFAs production. *Science of The Total Environment*, 904, 166705.
- Zamhari, S. K., & Mohamed, A. F. (2022). Meneroka Sektor Informal dalam Pengurusan Sisa Pepejal: Suatu Penelitian terhadap Golongan Pengutip Sampah. *e-BANGI Journal*, 19(7).
- Zhao, X. Y., Yang, J. Y., Ning, N., & Yang, Z. S. (2022). Chemical stabilization of heavy metals in municipal solid waste incineration fly ash: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(27), 40384-40402.