

Literasi Peduli Lingkungan Global melalui Edukasi E-waste di Sekolah Menengah Kebangsaan Bandar Baru Uda

Wahyu Sugianto¹, Ferra Arik Tridalestari^{*2}, Margala Juang Bertorio³, Fathah Dian Sari⁴, Dena Anugrah⁵, Adhila Fayasari⁶

¹Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

^{3,4}Program Studi Farmasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

⁵Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro-medis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

⁶Program Studi Gizi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: wahyusugianto@upy.ac.id¹, ferraarik@upy.ac.id², margala@upy.ac.id³

Abstrak

Permasalahan limbah elektronik (e-waste) menjadi isu lingkungan global yang mendesak, khususnya di negara-negara berkembang. Kegiatan pengabdian internasional ini bertujuan untuk meningkatkan literasi lingkungan hidup siswa SMK Bandar Baru UDA (BBU), Johor Bahru, Malaysia, melalui edukasi e-waste yang dikemas dalam bentuk penyuluhan interaktif dan kegiatan partisipatif. Kegiatan diikuti oleh 142 peserta, yang terdiri dari 124 siswa, 7 guru pendamping, serta tim dari Universitas PGRI Yogyakarta dan CSNano Universitas Teknologi Malaysia. Materi disampaikan melalui metode audio-visual, pameran poster, dan kuis interaktif yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman serta sikap terhadap pengelolaan e-waste. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam literasi lingkungan: pemahaman terhadap bahaya e-waste dan pentingnya daur ulang meningkat dari 63,71% menjadi 72,58%, sikap bertanggung jawab dalam pengelolaan e-waste naik dari 56,45% menjadi 64,41%, dan minat mengikuti kampanye e-waste meningkat dari 45,97% menjadi 54,23%. Dukungan terhadap pentingnya edukasi e-waste di sekolah juga mengalami peningkatan dari 71% menjadi 74,58%. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan edukatif berbasis kolaborasi internasional efektif dalam meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif generasi muda terhadap isu lingkungan hidup. Ke depannya, sebaiknya dilaksanakan program yang bersifat lebih aplikatif, sekaligus memperkaya kegiatan dengan aksi nyata seperti kompetisi daur ulang, kampanye berbasis kreativitas, serta pemaparan langsung inovasi teknologi dalam pengelolaan limbah elektronik.

Kata kunci: E-Waste, Literasi, Pendidikan Lingkungan

Abstract

The issue of electronic waste (e-waste) has become an urgent global environmental concern, particularly in developing countries. This international community service activity aimed to enhance environmental literacy among students of SMK Bandar Baru UDA (BBU), Johor Bahru, Malaysia, through e-waste education delivered via interactive counseling and participatory activities. The event involved 142 participants, consisting of 124 students, 7 accompanying teachers, and collaborators from Universitas PGRI Yogyakarta and CSNano Universiti Teknologi Malaysia. The materials were presented using audio-visual methods, poster exhibitions, and interactive quizzes designed to improve understanding and attitudes toward e-waste management. Evaluation results showed a significant increase in environmental literacy: understanding of e-waste hazards and the importance of recycling rose from 63.71% to 72.58%, responsible attitudes toward e-waste management improved from 56.45% to 64.41%, and interest in joining e-waste campaigns increased from 45.97% to 54.23%. Support for integrating e-waste education into school curricula also grew from 71% to 74.58%. These findings indicate that an international collaborative educational approach is effective in raising awareness and promoting active youth participation in environmental issues. Future programs should adopt more practical technology-based approaches while enriching activities through hands-on initiatives such as recycling competitions, creative campaigns, and live demonstrations of technological innovations in e-waste management.

Keywords: E-Waste, Environmental Education, Literacy

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah membawa dampak besar terhadap kehidupan manusia, termasuk meningkatnya konsumsi perangkat elektronik di berbagai sektor. Namun, kemajuan ini juga menimbulkan konsekuensi lingkungan yang serius berupa limbah elektronik (*electronic waste* atau *e-waste*) yang terus meningkat setiap tahunnya. *E-waste* atau telah menjadi salah satu tantangan lingkungan terbesar di dunia, termasuk di Malaysia dan di Indonesia [1]. Sebagai negara yang berkembang pesat dalam sektor teknologi dan manufaktur elektronik, Malaysia dan Indonesia menghadapi peningkatan signifikan dalam jumlah *e-waste* setiap tahunnya. Menurut laporan United Nations, sampah elektronik global pada tahun 2022 meningkat sebesar 82 persen dibandingkan tahun 2010, dan diperkirakan akan meningkat sebesar 32 persen hingga mencapai 82 juta metrik ton pada tahun 2030. Kebanyakan *e-waste* di negara-negara berkembang berakhir di tempat pembuangan sampah atau diolah secara informal. Pengolahan informal tersebut memiliki risiko tinggi terhadap lingkungan dan kesehatan karena dilakukan tanpa standar keamanan dan pengelolaan yang memadai, dan hanya sebagian kecil yang berhasil dikelola dengan baik melalui sistem daur ulang resmi [2].

Limbah elektronik (*e-waste*) memberikan dampak serius terhadap berbagai sektor akibat kandungan logam berat beracun seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) yang terkandung di dalamnya. Ketiga unsur ini bersifat persisten di lingkungan karena tidak dapat terurai secara alami, sehingga menyebabkan pencemaran jangka panjang pada tanah, air, dan udara. Dalam sektor lingkungan, keberadaan logam-logam berat tersebut berpotensi merusak keseimbangan ekosistem, mengganggu pertumbuhan flora dan fauna, serta mencemari rantai makanan [3]. Sektor pertanian juga terkena imbasnya, di mana tanaman yang menyerap logam berat mengalami penurunan kualitas gizi, terganggunya metabolisme sel, dan produksi biomassa yang lebih rendah. Tanaman sayuran yang tercemar dapat menjadi medium akumulasi racun yang pada akhirnya dikonsumsi manusia. Dalam konteks kesehatan manusia, paparan terhadap logam berat seperti kadmium diketahui berdampak pada kerusakan fungsi organ vital seperti hati, ginjal, dan pankreas, serta mengganggu kerja enzim dan metabolisme karbohidrat. Selain itu, radikal bebas yang dihasilkan oleh polutan logam ini juga menghambat sintesis protein pada tanaman, yang berujung pada menurunnya produktivitas pertanian dan kualitas hasil panen [4].

Selain menjadi masalah lingkungan, sampah elektronik juga berkontribusi terhadap gangguan iklim global. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan dan pembuangan *e-waste* yang tepat dapat mengurangi polusi karbon global, salah satunya dengan memanfaatkan kembali logam-logam tersebut, sehingga mengurangi kebutuhan untuk mengekstraksi bahan mentah baru dari alam. Namun demikian, peningkatan kapasitas daur ulang ternyata tidak sejalan dengan peningkatan volume sampah elektronik itu sendiri. Menurut laporan, kurang dari seperempat (22,3%) sampah elektronik yang dihasilkan pada tahun 2022 telah berhasil dikumpulkan dan didaur ulang. Sejak tahun 2010, laju pertumbuhan sampah elektronik telah meningkat hampir lima kali lipat dibandingkan laju pertumbuhan infrastruktur daur ulang global, sehingga sebagian besar sampah berakhir di tempat pembuangan akhir atau sistem pengelolaan informal [5].

Permasalahan *e-waste* jelas membutuhkan pendekatan yang holistik dan lintas sektor. Tidak hanya pemerintah, tetapi semua pihak yang terlibat dalam rantai pasokan dan penggunaan perangkat elektronik juga harus turut bertanggung jawab dalam pengelolaan limbah ini. Lembaga pendidikan, industri, organisasi masyarakat, dan sektor swasta perlu berkolaborasi untuk membangun sistem yang menyeluruh dari hulu ke hilir, mulai dari edukasi hingga implementasi kebijakan dan teknologi daur ulang yang ramah lingkungan [6]. Salah satu pendekatan strategis yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif *e-waste* adalah melalui penguatan literasi lingkungan, khususnya bagi generasi muda. Literasi lingkungan mencakup pemahaman terhadap permasalahan ekologis, kesadaran terhadap konsekuensi dari tindakan individu maupun kolektif, serta kemampuan untuk terlibat aktif dalam solusi yang berkelanjutan. Pendidikan lingkungan yang efektif seharusnya tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga membentuk kesadaran kritis dan perubahan perilaku. Pendidikan lingkungan yang kontekstual dan partisipatif dapat membentuk sikap bertanggung jawab serta mendorong tindakan nyata

dalam kehidupan sehari-hari. Namun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa tingkat pemahaman dan kesadaran pelajar terhadap *e-waste* masih rendah, baik di Indonesia maupun di negara-negara tetangga seperti Malaysia. Hal ini menjadi tantangan sekaligus peluang untuk menyisipkan materi *e-waste* dalam kegiatan edukatif, baik formal maupun non-formal. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengabdian masyarakat yang dapat menjembatani kesenjangan literasi ini dengan pendekatan yang kolaboratif dan lintas negara [7], [8], [9]. Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang ingin dijawab dalam kegiatan ini adalah:

1. Bagaimana tingkat pemahaman siswa terhadap isu *e-waste* sebelum dan sesudah kegiatan edukasi?
2. Bagaimana efektivitas pendekatan edukatif-partisipatif dalam meningkatkan literasi lingkungan siswa terhadap *e-waste*?

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan di Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Bandar Baru Uda (BBU) Johor Bahru, Malaysia, sebagai bagian dari kerja sama internasional antara Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Yogyakarta dengan Universitas Teknologi Malaysia (UTM). Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk: (1) meningkatkan pengetahuan siswa mengenai *e-waste* dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan, (2) menumbuhkan kesadaran kritis terhadap pentingnya pengelolaan *e-waste* yang bertanggung jawab, dan (3) memperkuat semangat kolaborasi dan kepedulian global terhadap isu lingkungan melalui pendekatan edukasi lintas negara. Dengan dilaksanakannya kegiatan ini, diharapkan siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga terinspirasi untuk menjadi agen perubahan dalam lingkungan sosial mereka masing-masing. Selain itu, kegiatan ini tidak hanya memperkuat kesadaran ekologis para peserta, tetapi juga menjadi bentuk nyata kolaborasi pendidikan lintas negara dalam menyikapi isu lingkungan global.

2. METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat internasional ini menggunakan pendekatan edukatif partisipatif berbasis *STEAM* (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) yang dirancang untuk meningkatkan literasi lingkungan global siswa terhadap isu limbah elektronik (*e-waste*). Terdapat tiga tahapan utama yaitu:

1. Pre-Assessment: Pengisian pre-test oleh siswa untuk mengukur pengetahuan awal mengenai *e-waste*.
2. Edukasi Interaktif: Penyuluhan melalui media audiovisual, diskusi kelompok, dan pameran poster tematik.
3. Simulasi & Lomba Edukatif: Lomba membuang sampah menggunakan robot berbasis Arduino untuk membentuk pemahaman aplikatif.
4. Post-Assessment: Pengisian post-test dan kuesioner kepuasan untuk mengukur peningkatan literasi, sikap, dan minat.

Adapun Instrumen evaluasi menggunakan skala Likert dan analisis deskriptif kuantitatif untuk mengukur peningkatan pemahaman dan perubahan sikap siswa. Validitas instrumen diuji dengan uji ahli (expert judgment) dan reliabilitas diuji menggunakan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,81.

Kegiatan dilaksanakan di Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Bandar Baru Uda (BBU) Johor Bahru, Malaysia, dengan kolaborasi antara tim pengabdian Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Yogyakarta dan CS Nano Universiti Teknologi Malaysia (UTM). Metode pelaksanaan dibagi menjadi dua tahapan kegiatan utama: (1) Penyuluhan mengenai *e-waste*, dan (2) Lomba membuang sampah menggunakan robot.

Kegiatan pertama yang dilaksanakan adalah penyuluhan atau sesi edukatif yang bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai permasalahan *e-waste* dari sisi lingkungan, kesehatan, dan sosial. Penyuluhan ini dirancang secara interaktif agar mampu membangkitkan

minat dan rasa ingin tahu peserta didik terhadap isu global tersebut. Penyuluhan disampaikan oleh narasumber dari tim dosen UPY dengan menggunakan media visual interaktif seperti slide presentasi, video edukatif pendek, serta kuis digital untuk menguji pemahaman peserta di awal dan akhir sesi. Detail kegiatan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas penyuluhan edukasi e-waste

Aktivitas	Deskripsi
Pengenalan Universitas PGRI Yogyakarta	Kegiatan diawali dengan penayangan video mengenai Universitas PGRI Yogyakarta dan pengenalan tim dari UPY.
Pemaparan Poster E-waste	Beberapa materi dan poster terkait dengan penatalaksanaan E-waste dan Praktik Baik yang sudah dilaksanakan di Yogyakarta dipaparkan dalam bentuk poster dan disajikan di aula SMK BBU.
Pemaparan materi dampak E-waste terhadap Kesehatan	Materi pertama berkaitan dengan pengelompokan E-waste, kandungan bahan kimia di dalamnya yang berbahaya jika dibuang secara sembarangan, baik bagi lingkungan dan juga kesehatan
Pemaparan materi manajemen E-waste	Materi kedua berkaitan dengan manajemen E-waste yang sudah dilakukan di Yogyakarta, meliputi jumlah E-waste yang meningkat, tantangan dan langkah perubahan dalam mengumpulkan dan mengolah E-waste yang ada di lingkungan sekitar.
Kuis	Kuis ini terkait dengan materi yang telah diberikan, sebagai kegiatan untuk menguji penerimaan dan pemahaman materi siswa. Siswa yang berhasil menjawab mendapatkan hadiah

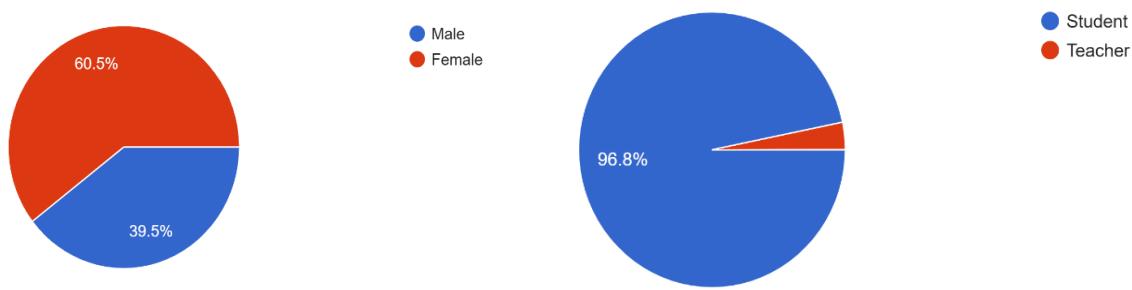
Kegiatan lanjutan setelah penyuluhan bersifat praktik kreatif dan menyenangkan, yaitu lomba membuang sampah menggunakan robot. Lomba ini dirancang sebagai bentuk penguatan materi edukatif melalui pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) yang relevan dengan latar belakang siswa pada sekolah [10].

Lomba ini melibatkan siswa dan guru Sekolah Menengah Bandar Baru Uda serta dosen dari Universitas PGRI Yogyakarta. Robot yang digunakan dalam kegiatan ini merupakan hasil modifikasi dari robot edukatif Arduino sederhana yang telah disiapkan oleh panitia. Setiap tim peserta terdiri dari 5 orang dan diberikan waktu 30 menit untuk menyusun strategi untuk secepat mungkin membuang sampah ke tempat yang benar. Tujuan dari kegiatan ini adalah mendorong penerapan pemahaman lingkungan ke dalam praktik teknologi yang menyenangkan, serta memperkuat kemampuan problem solving dan kerja tim. Kegiatan ini juga memperkenalkan aspek smart recycling dan automated waste management kepada siswa sebagai solusi masa depan dalam mengatasi *e-waste*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang diselenggarakan oleh tim dosen Universitas PGRI Yogyakarta bekerja sama dengan CS Nano dari Universitas Teknologi Malaysia (UTM) dilaksanakan pada 19 Februari 2025 di SMK Bandar Baru Uda (SMK BBU), Johor Bahru, Malaysia. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran siswa terhadap bahaya limbah elektronik (*e-waste*), memberikan edukasi tentang pengelolaan yang tepat, serta menumbuhkan minat siswa untuk terlibat aktif dalam kampanye pengelolaan *e-waste*.

Kegiatan ini dihadiri oleh 142 peserta, terdiri dari 124 siswa tingkat 3, 7 guru pendamping SMK BBU, 5 dosen dari Universitas PGRI Yogyakarta, dan 6 anggota tim CS Nano UTM. Sebelum kegiatan dimulai, seluruh peserta diminta untuk mengisi pre-test sebagai bagian dari tahap awal. Hasil pre-test menunjukkan karakteristik lengkap peserta kegiatan yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik peserta

Kegiatan diawali dengan sesi pembukaan dan pengenalan dari tim pengabdi Universitas PGRI Yogyakarta (UPY). Siswa diperkenalkan dengan profil singkat UPY melalui video dokumenter berdurasi 5 menit yang menampilkan profil UPY. Pengantar ini bertujuan untuk menjembatani pemahaman lintas budaya sekaligus memperkuat semangat kolaborasi internasional dalam menghadapi isu lingkungan global. Setelah video pemutaran, tim dosen dari UPY memperkenalkan diri satu per satu dan menyampaikan tujuan utama dari kegiatan ini kepada seluruh peserta, seperti pada Gambar 2.



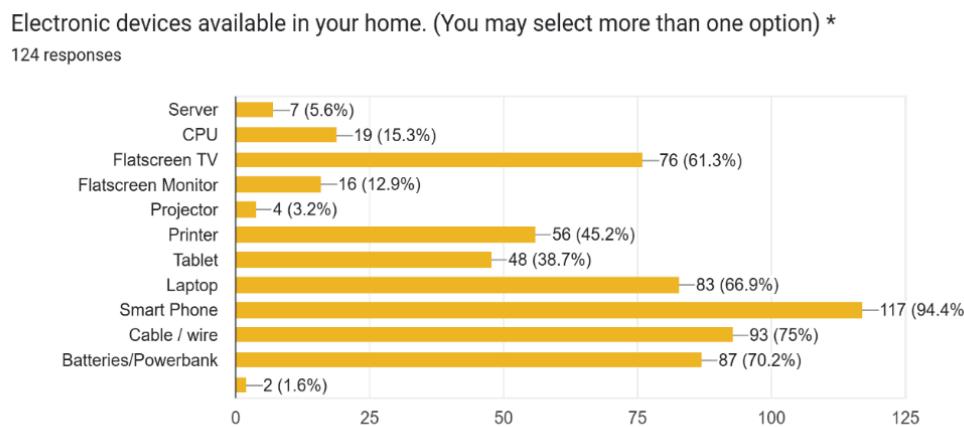
Gambar 2. Pengenalan tim Universitas PGRI Yogyakarta

Sesi utama dari kegiatan penyuluhan adalah pemaparan materi edukatif mengenai *e-waste* yang disampaikan dalam waktu 90 menit. Gambar 3 menunjukkan kegiatan penyuluhan. Dimana desain kegiatan disampaikan dalam dua bentuk utama, yaitu edukasi *e-waste* melalui media audiovisual interaktif dan pameran poster tematik. Materi pertama penyuluhan membahas dampak *e-waste* terhadap kesehatan, sementara materi kedua menyoroti manajemen dan praktik baik pengelolaan *e-waste*. Kegiatan edukasi *e-waste* dipresentasikan menggunakan kombinasi video pendek, infografik animasi, dan narasi visual melalui slide interaktif. Dalam sesi ini, siswa dijelaskan mengenai definisi *e-waste*, contoh-contoh benda elektronik rumah tangga yang termasuk limbah elektronik, serta kandungan berbahaya seperti timbal, kadmium dan merkuri yang dapat mencemari lingkungan dan tubuh manusia. Dijelaskan pula dampak kesehatan jangka panjang dari paparan logam berat dalam *e-waste*, seperti gangguan fungsi ginjal, sistem saraf, metabolisme enzim, serta risiko keracunan kronis yang dapat berdampak pada tumbuh kembang anak. Selanjutnya, materi manajemen *e-waste* disampaikan dengan memberikan pengetahuan upaya komunitas di Yogyakarta dalam mengelola sampah elektronik, mulai dari pengumpulan, penyortiran, hingga proses daur ulang di tempat pengelolaan resmi. Paralel dengan penyampaian materi, tim pengabdi juga menghadirkan pameran poster. Poster-poster tersebut berisi informasi grafis dan naratif tentang bahaya *e-waste*, fakta statistik global dan lokal, serta langkah-langkah praktis pengelolaan *e-waste* di rumah dan sekolah.



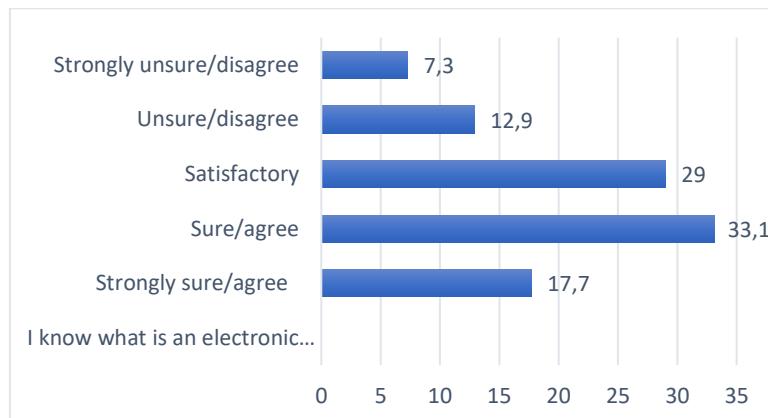
Gambar 3. Penyampaian materi edukasi e-waste

Setelah sesi pemaparan selesai, kegiatan dilanjutkan dengan kuis interaktif dan diskusi terbuka. Kuis dilakukan secara digital melalui platform berbasis web dan dapat diakses menggunakan smartphone masing-masing siswa. Terdapat 11 pertanyaan pilihan ganda yang dirancang untuk menguji pemahaman siswa terhadap materi yang telah disampaikan, baik terkait bahaya *e-waste* maupun pengelolaannya. Gambar 4 menunjukkan hasil distribusi kepemilikan perangkat elektronik para peserta. Berdasarkan hasil kuisioner, menunjukkan bahwa perangkat mobile seperti smartphone dan laptop jauh lebih umum dimiliki dibandingkan perangkat stasioner seperti server, CPU, atau proyektor. Hal ini mencerminkan tren penggunaan perangkat yang lebih praktis, serbaguna, dan mudah dibawa untuk mendukung berbagai aktivitas di rumah, baik untuk kebutuhan pribadi, pekerjaan, maupun pendidikan. Tren ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa generasi muda lebih cenderung menggunakan perangkat mobile multifungsi dibandingkan perangkat stasioner karena alasan portabilitas dan efisiensi [11].



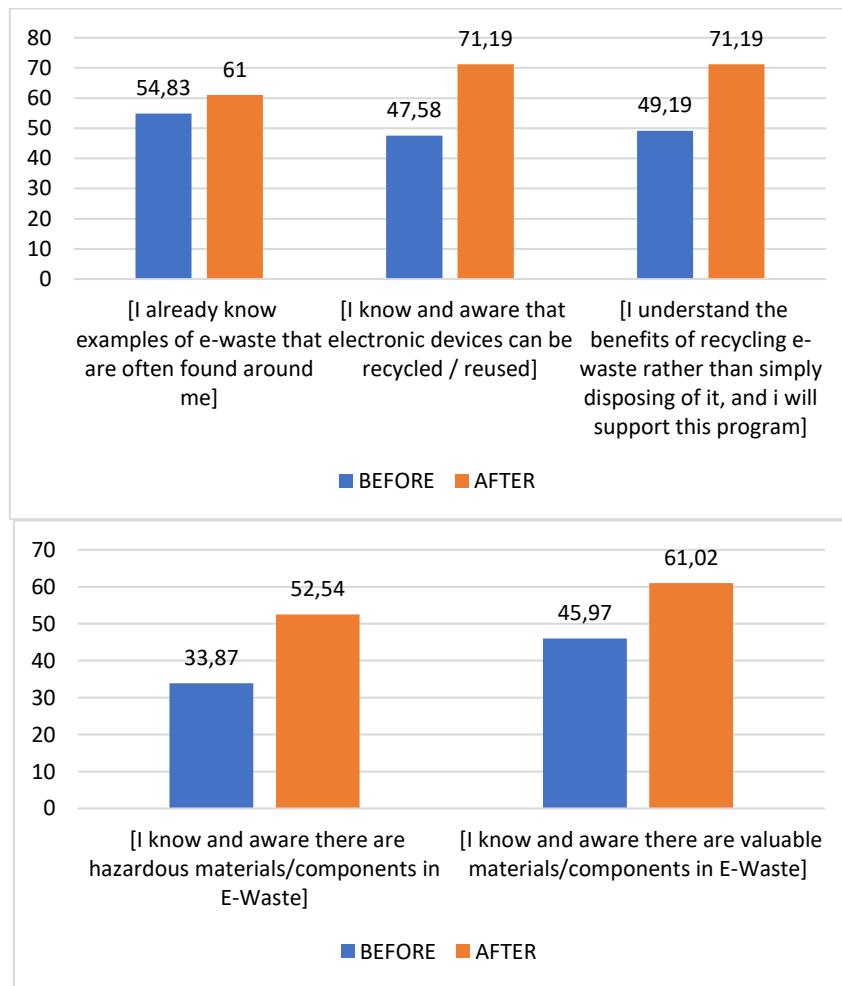
Gambar 4. Distribusi kepemilikan perangkat elektronik oleh para peserta.

Hasil pre-test menunjukkan bahwa sebelum diberikan edukasi, hanya 17,7% peserta yang menyatakan sangat yakin mengetahui tentang *e-waste*, dan 33,1% menyatakan yakin. Sebaliknya, 20,2% merasa ragu atau tidak yakin. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar siswa hidup berdampingan dengan perangkat elektronik, belum banyak yang memahami bahwa perangkat ini dapat menjadi limbah berbahaya jika tidak dikelola dengan benar. Gambar 5 memperkuat laporan dari Global *E-waste Monitor* [5], yang menyatakan bahwa salah satu tantangan utama dalam pengelolaan *e-waste* adalah rendahnya tingkat kesadaran masyarakat, terutama generasi muda, terhadap bahaya limbah elektronik dan potensi daur ulangnya.



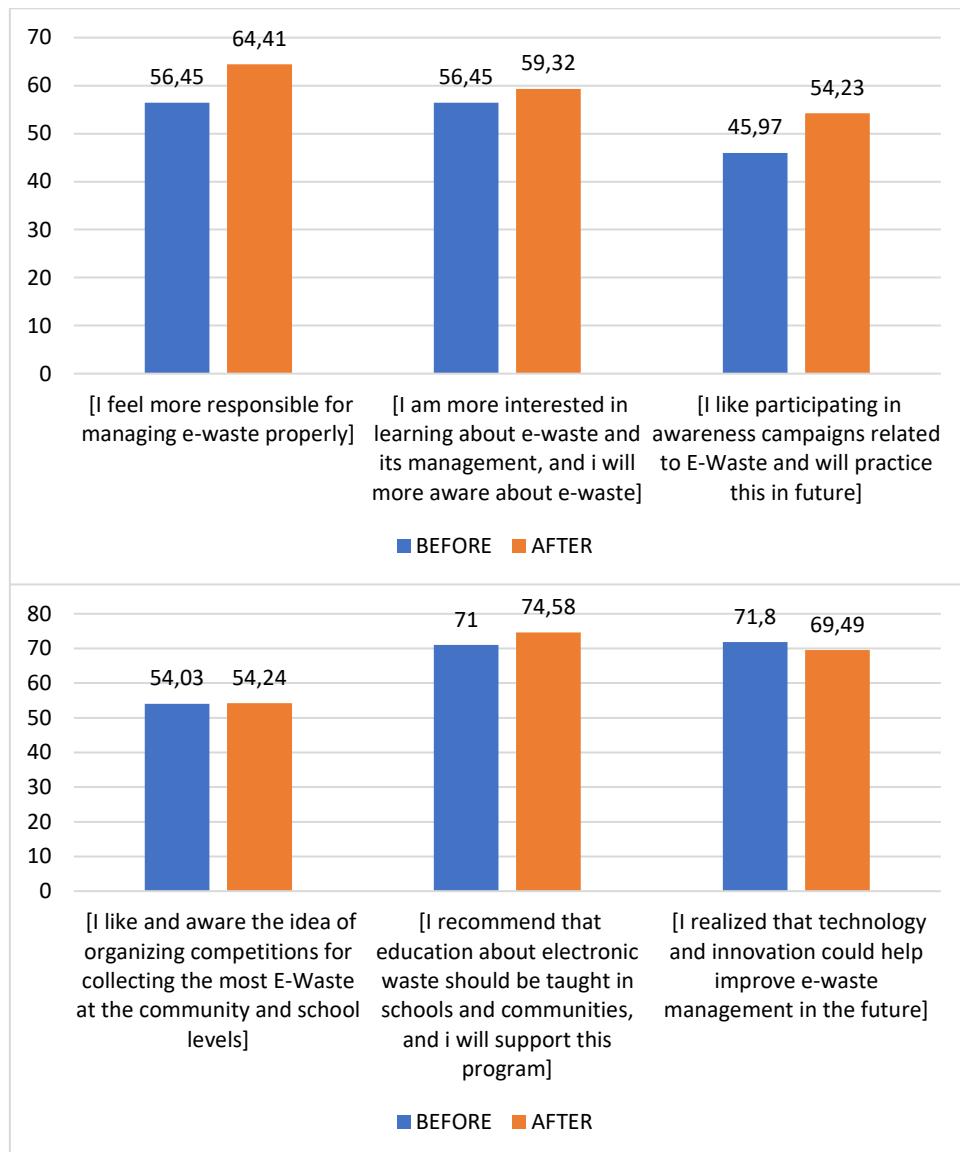
Gambar 5. Pemahaman peserta tentang E-waste

Setelah sesi edukasi, terjadi peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terhadap bahaya dan manfaat pengelolaan *e-waste*, seperti yang ditunjukkan Gambar 6. Peningkatan ini menunjukkan bahwa metode penyampaian materi melalui kombinasi visual (poster), lisan (presentasi), dan partisipatif (kuis dan games) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Literasi visual terbukti memainkan peran penting dalam menyampaikan isu lingkungan yang kompleks, serta menekankan pentingnya pendekatan multimodal dalam edukasi berbasis lingkungan [10], [12].



Gambar 6. Hasil kuisioner terkait pemahaman manfaat dan bahaya e-waste

Terjadi peningkatan positif dalam sikap dan minat siswa terhadap pengelolaan limbah elektronik yang tercermin pada Gambar 7. Setelah mengikuti kegiatan yang mencakup pemaparan audiovisual, pameran poster, serta diskusi interaktif, siswa menunjukkan peningkatan rasa tanggung jawab dalam mengelola *e-waste* secara benar, dari 56,45 menjadi 64,41. Minat untuk mempelajari isu ini juga meningkat dari 56,45 menjadi 59,32, yang menunjukkan bahwa pendekatan edukatif mampu mendorong kesadaran dan keterlibatan lebih lanjut. Selain itu, minat untuk berpartisipasi dalam kampanye kesadaran juga meningkat dari 45,97 menjadi 54,23, mengindikasikan bahwa siswa merasa lebih terinspirasi untuk menjadi agen perubahan dalam lingkungannya.



Gambar 7. Perubahan minat dan sikap terhadap pengelolaan e-waste

Di sisi lain, dukungan siswa terhadap pentingnya edukasi *e-waste* dalam kurikulum sekolah juga mengalami peningkatan dari 71 menjadi 74,58, menunjukkan penguatan kesadaran kolektif akan pentingnya literasi lingkungan. Meski tidak semua aspek mengalami peningkatan signifikan seperti persepsi terhadap inovasi teknologi yang sedikit menurun dari 71,8 menjadi 69,49. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh belum banyaknya paparan mengenai inovasi teknologi lanjut dalam pengolahan limbah elektronik, seperti *artificial intelligence (AI)* untuk pemilihan otomatis, teknologi *e-recovery*, atau aplikasi *blockchain* dalam pemantauan daur

ulang. Penurunan ini menjadi evaluasi penting bagi tim pengabdian untuk memperluas cakupan materi edukasi dengan memperkenalkan solusi berbasis teknologi tinggi dan aplikatif.

Kegiatan terakhir setelah sesi diskusi merupakan salah satu kegiatan yang menarik antusiasme besar, yaitu lomba membuang sampah menggunakan robot remote-control. Kegiatan ini dirancang tidak hanya sebagai hiburan, tetapi juga sebagai sarana integrasi nilai-nilai STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) dan literasi lingkungan. Siswa dan guru dilibatkan secara aktif dalam mempraktikkan keterampilan mengendalikan robot sambil memahami simbolik dari kegiatan tersebut, yaitu pentingnya memilah dan membuang sampah elektronik ke tempat yang tepat. Kegiatan pada Gambar 8 merupakan sebuah pendekatan yang mendukung model pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) dan simulasi, yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam isu keberlanjutan secara lebih mendalam dan menyenangkan. Kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat langsung kepada siswa, tetapi juga mendorong sekolah untuk mulai mengembangkan program pengenalan *e-waste* kedalam kurikulum [13].



Gambar 8. Kegiatan lomba membuang sampah menggunakan robot

Secara umum kegiatan ini berhasil membangun pondasi sikap yang lebih positif terhadap isu *e-waste*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kampanye berbasis edukasi partisipatif dapat meningkatkan keterlibatan dan kepedulian siswa dalam isu lingkungan. Dengan demikian, program ini menjadi langkah strategis dalam membentuk generasi muda yang peduli dan bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah elektronik secara berkelanjutan [7], [8], [10], [14]. Selain itu, kegiatan ini juga berdampak positif dalam membentuk kesadaran ekologis dan keterampilan praktis siswa. Indikator dampak mencakup peningkatan literasi, keterlibatan aktif dalam diskusi, dan keinginan siswa untuk membawa isu ini ke dalam komunitas mereka. Melalui kegiatan ini diharapkan ada keberlanjutan, sekolah mitra dan tim pengabdi telah menyusun rencana tindak lanjut berupa model usulan Integrasi materi *e-waste* ke dalam kurikulum IPA dan Teknologi Informasi, program "*E-waste School Ambassador*" sebagai pelatih sebaya, dan membangun kolaborasi dengan industri lokal untuk mendukung kegiatan daur ulang berbasis sekolah.

4. KESIMPULAN

Program edukasi tentang *E-waste* memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan pengetahuan, sikap, dan dukungan peserta terhadap pengelolaan limbah elektronik. Hasil kuisioner menunjukkan peningkatan pada aspek pemahaman dan kesadaran peserta, di mana 64,41% peserta menyatakan merasa lebih bertanggung jawab dalam mengelola *E-waste*

dibandingkan sebelum kegiatan (56,45%). Ketertarikan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai *E-waste* juga meningkat dari 56,45% menjadi 59,32%. Sementara itu, partisipasi dalam kampanye kesadaran meningkat dari 45,97% menjadi 54,23%, menunjukkan adanya peningkatan motivasi untuk terlibat aktif dalam aksi nyata. Dukungan agar edukasi *E-waste* diajarkan di sekolah dan komunitas pun meningkat dari 71% menjadi 74,58%, mengindikasikan bahwa peserta menganggap penting keberlanjutan program ini.

Namun, perlu dicatat bahwa terdapat sedikit penurunan dalam persepsi peserta mengenai peran teknologi dan inovasi dalam pengelolaan *E-waste*, dari 71,8% menjadi 69,49%, serta stabilitas minat terhadap lomba pengumpulan *E-waste* di tingkat sekolah dan komunitas (54,03% menjadi 54,24%). Oleh karena itu, direkomendasikan agar program edukasi ini tidak hanya dilanjutkan tetapi juga diperluas ke sekolah dan komunitas lain, dengan pendekatan berbasis teknologi yang lebih aplikatif. Penambahan kegiatan berbasis aksi nyata seperti lomba daur ulang, kampanye kreatif, serta demonstrasi inovasi teknologi dalam manajemen *E-waste* dapat memperkuat pemahaman dan keterlibatan peserta secara menyeluruh dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Mahat, M. Hashim, N. Nayan, Y. Saleh, and S. B. Norkhaidi, “E-waste disposal awareness among the Malaysian community,” *Knowledge Management and E-Learning*, vol. 11, no. 3, pp. 393–408, 2019, doi: 10.34105/j.kmel.2019.11.021.
- [2] R. Hashim, N. A. Salleh, J. A. Ibrahim, F. Mohd Zahari, and S. Cooper, “E-Waste Management Practices Through the Eyes of Responsible Departments at Malaysian Public Universities,” *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 52, no. 1, pp. 309–319, 2025, doi: 10.37934/araset.52.1.309319.
- [3] K. Ernawati, A. Burhan, and A. S. Albar, “Health Education for Sustainable E-Waste Management,” *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 128–131, 2024.
- [4] F.-C. Mihai and M.-G. Gnoni, “E-waste Management as a Global Challenge (Introductory Chapter),” *E-Waste in Transition - From Pollution to Resource*, pp. 0–8, 2016, doi: 10.5772/64596.
- [5] C. P. Baldé, E. D’Angelo, V. Luda, O. Deubzer, and R. Kuehr, “Global Transboundary E-waste Flows Monitor 2022,” *United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)*, pp. 1–66, 2022.
- [6] V. Kumar and D. K. Verma, “Exploring E-waste Practices and Awareness : Educational Institutions of Haryana as a Case Scenario,” *Current World Environment*, vol. 19, no. 2, pp. 1031–1040, 2024.
- [7] M. G. Dayaday and F. A. Galleto, “Electronic Waste (E-Waste) Management of Higher Education Institutions in South Central Mindanao, Philippines,” *Environment and Natural Resources Journal*, vol. 20, no. 5, pp. 534–542, 2022, doi: 10.32526/ennrj/20/202200053.
- [8] K. Angelicha, E. J. Gulo, and I. A. W. Chrismastianto, “R-E-S-U-L-T : Solusi inovatif terhadap sampah elektronik di Indonesia (an Innovative solution to electronic waste in Indonesia),” *Kairos : Jurnal Ilmiah*, vol. 4, no. 02, pp. 52–72, 2024.
- [9] S. N. Juma and S. M. Kagoya, “An Assessment of Electronic Waste Knowledge, Attitude, Intentions, and Risk Perception of Sustainable Electronic Waste Management from a Developing Country Perspective,” *Business Management Review*, vol. 25, no. 2, pp. 95–111, 2022.
- [10] S. Anand and C. Xi Wang, “Interdisciplinary education using game design for electronic waste,” *Application of Emerging Technologies*, vol. 115, pp. 467–473, 2023, doi: 10.54941/ahfe1004345.
- [11] M. Mohamad, A. J. Omar, and A. Mohamad, “Awareness of e-waste among youth in Malaysia,” *Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCET)*, pp. 341–342, 2021.

-
- [12] R. H. A Yoga, N. Suryaningsih, A. S. Prabowo, and J. W. Simatupang, "Penanganan Limbah Elektronik (E-Waste) di Indonesia Berbasis Seni dan Drop Point," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 1406–1414, 2020, doi: 10.32672/jse.v5i4.2335.
 - [13] Z. Generasi and D. Demen, "Literasi E-waste (Sampah Elektronik) Berbasis Gender bagi Kalangan," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI)*, vol. 4, no. 5, pp. 1229–1240, 2024.
 - [14] A. A. Mukasyaf and U. M. Surakarta, "ENVIRONMENTAL EDUCATION TO ENHANCE STUDENTS ' AWARENESS OF PROTECTING THE ENVIRONMENT AT SMAN KERJO , KARANGANYAR In the contemporary era of globalization and the rapidly advancing Industrial Revolution," vol. 20, no. 2, pp. 319–330, 2024.