

Revolusi Bata Plastik: Efektivitas *Ecobrik* sebagai Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Kesadaran Lingkungan Siswa

Indah Kurnia Wati¹, Syifa Az-Zahra², Queen Himawan³

^{1,2,3}MTs N 2 Surakarta

Jl. Transito, Suronalan, Pajang, Laweyan District, Surakarta City, Central Java, Indonesia.

intdah.k@gmail.com

Abstrak. Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan karena sulit terurai dan berpotensi meningkatkan pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas metode ecobrick dalam mengurangi limbah plastik sekaligus menghasilkan produk furnitur yang memiliki kelayakan fisik, kekuatan, dan nilai guna. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model Borg dan Gall yang disederhanakan menjadi tujuh tahap, yaitu potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi, revisi desain, uji coba, dan revisi produk. Peserta yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 20 orang, meliputi siswa dan ahli validasi produk. Penelitian dilakukan selama 6 bulan, sejak Februari hingga Agustus. Data diperoleh melalui observasi, dokumentasi, dan angket, kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 19 botol PET berukuran 1,5 L digunakan untuk menghasilkan satu unit kursi ecobrick dengan rata-rata bobot 0,565 kg per botol dan densitas 0,376 g/cm³. Setiap unit kursi mampu mengisolasi sekitar 10,64 kg limbah plastik. Pengujian beban statis hingga 120 kg selama 60 menit menunjukkan tidak terjadi perubahan bentuk dengan defleksi 0 mm, sedangkan pengujian dinamis menunjukkan tidak ada pergeseran struktur. Produk memiliki tinggiudukan 42–45 cm dan dilengkapi lapisan busa serta cover Oscar untuk meningkatkan kenyamanan dan estetika. Dengan adanya revolusi bata ecobrick ini, siswa mampu mengendalikan sampah plastik dan mengubahnya menjadi sesuatu yang bernilai tinggi.

Kata kunci: *Ecobrick*; Bata Plastik; Reduksi Limbah.

1. Introduction

Lingkungan yang bersih dan sehat adalah lingkungan yang bebas dari berbagai kotoran, termasuk debu, sampah, bau, serta bahan kimia berbahaya. Namun, masalah kebersihan dan kesehatan lingkungan selalu menjadi polemik yang berkepanjangan di masyarakat. Banyak aktivitas manusia berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan, salah satunya adalah pengelolaan sampah dan limbah yang kurang memadai.

Indonesia berada di peringkat kedua sebagai negara penghasil sampah plastik terbesar di dunia. Sampah plastik terurai dalam waktu 1 milenium (1.000 tahun). Sampah plastik memiliki dampak negatif bagi lingkungan seperti penumpukan sampah sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Diperlukan langkah antisipatif dan preventif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu strategi yang tepat adalah penerapan konsep 3R, yaitu Reduce (mengurangi), Reuse (menggunakan kembali), dan Recycle (mendaur ulang), yang selayaknya kita terapkan untuk mengatasi sampah plastik. Namun, tidak semua tempat memiliki fasilitas

pembuangan sampah. Salah satu solusi atas permasalahan tersebut adalah melalui penerapan metode ecobrick atau pemanfaatan sampah berupa botol plastik. (Widiyasari et al., 2021)

Meningkatnya jumlah sampah plastik beserta dampaknya terhadap lingkungan akan menjadi permasalahan yang serius apabila tidak ditemukan solusi yang tepat untuk mengatasinya (Sabrina et al., 2024). Konsep 3R dinilai dapat menjadi solusi untuk menangani sampah plastik. Pengelolaan sampah dengan konsep 3R merupakan pendekatan yang mengutamakan pencegahan timbulnya sampah, mengurangi jumlah sampah melalui penggunaan kembali barang yang masih layak pakai (*biodegradable*), mendaur ulang limbah yang dapat diproses kembali, serta membuang limbah dengan metode yang ramah lingkungan (Rosita & Mintarsih, 2021).

Konsep 3R dapat dilakukan dengan cara: *Reuse*, yang berarti menggunakan kembali barang-barang yang terbuat dari bahan plastik; *Reduce*, yang berarti mengurangi pembelian atau pemakaian barang-barang dari bahan plastik, terutama barang-barang sekali pakai; dan *Recycle*, yang berarti mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari bahan plastik. Maka, berdasarkan konsep di atas, beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan kembali plastik yang tidak terpakai dan telah dibuang ke lingkungan. Dalam hal ini, digunakan salah satu konsep 3R, yaitu *Recycle*, yang berarti melakukan daur ulang sampah plastik (Nirmalasari et al., 2021).

Salah satu bentuk daur ulang (*recycle*) sampah plastik adalah dengan membuat *ecobrick*. *Ecobrick* adalah botol plastik yang diisi secara padat dengan sampah nonbiologis, yakni plastik. Melalui *ecobrick*, sampah plastik disimpan dengan aman di dalam botol sehingga tidak perlu dibakar, dibuang sembarangan, atau ditimbun. Teknologi **Ecobrick** memungkinkan plastik tidak langsung masuk ke dalam sistem daur ulang industri (*industrial recycling system*). Dengan demikian, plastik dapat dijauhkan dari biosfer sekaligus menghemat energi. Selain itu, dari segi estetika dan ekonomi, *ecobrick* dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, khususnya di kawasan perkotaan. *Ecobrick* dapat dimanfaatkan sebagai pot tanaman, hiasan, bahan pembuatan kolam ikan, dan berbagai produk lainnya (Abdullah & Jamaai, 2015).

Pembuatan *ecobrick* tergolong mudah. Plastik bekas terlebih dahulu dibersihkan melalui proses pencucian dan pengeringan, kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik bekas hingga padat dan mengeras. Kegiatan ini merupakan salah satu upaya pemanfaatan limbah plastik menjadi produk bernilai ekonomis yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, seperti kursi, meja, serta berbagai perabot lainnya. Dengan membuat *ecobrick*, kita dapat mengurangi sampah yang sering mengotori sungai dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Adapun metode tersebut dapat mengurangi sampah plastik yang biasanya dibakar oleh masyarakat sekitar. *Ecobrick* bukan hanya sebuah metode pengolahan sampah, tetapi juga sebuah gerakan untuk lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan (Thahir et al., 2021).

Mari kita mulai dari diri sendiri, karena setiap botol *ecobrick* yang kita buat adalah langkah kecil menuju dunia yang lebih hijau dan bebas sampah plastik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas *ecobrick* secara nyata melalui pembuatan produk fisik berupa kursi yang disusun dari *ecobrick*. Untuk memastikan kualitas dan kekuatan strukturalnya, penelitian ini menerapkan standar pengendalian mutu yang ketat. Setiap botol *ecobrick* berukuran 1,5 L wajib memenuhi nilai minimum kepadatan sebesar kurang lebih 0,560 kg per botol. Melalui standardisasi tersebut, besarnya reduksi limbah plastik dalam penelitian ini dapat diukur dengan lebih jelas.

Pembuatan 1 unit kursi membutuhkan 19 botol *ecobrick*. Dengan asumsi setiap botol memiliki berat rata-rata 0,560 kg, maka total limbah plastik yang berhasil dimanfaatkan dalam satu kursi mencapai sekitar 10,64 kg ($19 \times 0,560 \text{ kg} = 10,64 \text{ kg}$). Dengan pendekatan yang terukur ini, *ecobrick* diharapkan tidak hanya menjadi gerakan sosial, tetapi juga menjadi solusi teknologi tepat guna dengan standar kualitas dan manfaat yang dapat dipertanggungjawabkan. Berdasarkan hal

tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian di Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Surakarta dengan judul “Revolusi Bata Plastik: Efektivitas *Ecobrik* sebagai Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Kesadaran Lingkungan Siswa”.

2. Method

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D), yaitu upaya pengembangan prototipe alat atau perangkat berbasis riset. (Asrori, 2014) Penelitian dilakukan di MTsN 2 Surakarta dengan melibatkan 20 orang, meliputi siswa dan ahli validasi ketahanan produk. Pengertian penelitian pengembangan menurut Borg & Gall adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. (Sugiyono, 2018)

Model pengembangan yang digunakan adalah model Borg and Gall. Menurut Borg and Gall yang dikutip oleh Sutopo, 10 langkah model pengembangan Borg and Gall disederhanakan menjadi 7 langkah utama yang disesuaikan dengan penelitian yang akan dilakukan. Model dalam penelitian pengembangan ini adalah model prosedural, yaitu model yang bersifat deskriptif dan menggariskan langkah-langkah pengembangan. Langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan produk meliputi tahap potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, serta revisi desain. Sedangkan pendekatan pada penelitian ini adalah pendekatan kualitatif karena data yang dihasilkan berupa dokumen pribadi, catatan lapangan, ucapan, tindakan responden, dokumen, dan lain-lain yang disajikan dalam bentuk kata-kata (Arikunto, 2014).

3. Result

Realisasi Produk & Tata Kelola Sampah Madrasah

Program ini berhasil merealisasikan produk bernama "Ecobrick-Furni MTsN 2 Surakarta" berupa satu set perabot fungsional sekaligus bernilai komersial, terdiri atas 1 unit meja kopi dan 2 unit kursi stool. Keberhasilan pembuatan produk ini tidak terlepas dari dukungan infrastruktur yang telah tersedia di MTsN 2 Surakarta, yaitu sistem pemilahan sampah terpadu yang membedakan tempat sampah khusus untuk sampah organik, anorganik, dan botol PET. Keberadaan sistem pemilahan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi proses fabrikasi, karena pemisahan tempat sampah sejak awal memudahkan akses terhadap material botol PET standar yang relatif bersih, sekaligus memastikan bahwa sampah plastik pengisi seperti sachet dan kresek terbebas dari kontaminasi sisa makanan. Dengan demikian, proses pembuatan ecobrick dapat berlangsung tanpa memerlukan pemilahan ulang berskala besar di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).



Gambar 1. Hasil produk

Spesifikasi Teknis & Standar Kontrol Mutu

Penggunaan Material:

1 Unit Kursi: Membutuhkan total 38 botol PET 1.500 ml (19 botol/unit).

1 unit meja: Membutuhkan total 38×2 botol PET 1.500 ml.

Kontrol Mutu & Isolasi Limbah: Setiap botol 1,5 liter wajib memiliki bobot minimum 0,560 kg. Tiap unit kursi (19 botol) berhasil mengisolasi total 10,64 kg sampah plastik dari lingkungan secara terukur.

Finishing Estetika: Modul dilapisi busa *berdensitas* tinggi, kertas karton, dan kulit sintetis (*oskar*) sehingga menyamarkan wujud asli botol secara sempurna.

Tahapan Pembuatan & Keterlibatan Siswa

- Persiapan: Mengumpulkan botol PET (disarankan 1,5 L) dan sampah plastik fleksibel (bekas jajanan siswa), lalu mencuci dan mengeringkannya hingga bebas bahan organik dan benda nonplastik.
- Pencacahan & Pemadatan: Plastik dipotong kecil, dimasukkan ke dalam botol, lalu dipadatkan menggunakan stik kayu/bambu hingga tidak ada ruang kosong (*zero void*).
- Perakitan Modul: Menggabungkan botol-botol berukuran/bermerek seragam menjadi meja dan kursi yang rapi serta kokoh.
- Partisipasi Aktif: Siswa terlibat langsung dalam pengumpulan, pemilahan, pencacahan, dan pemadatan limbah, yang melatih koordinasi motorik halus (memotong, meremas, menjepit) serta menumbuhkan kesadaran lingkungan.

Dampak dan Manfaat

Ekologis: Menjadi solusi teknologi tepat guna yang terstandarisasi untuk mengisolasi sampah plastik yang sulit terurai dari lingkungan.

Edukatif & Sosial: Meningkatkan pengetahuan, kreativitas, serta kepedulian lingkungan siswa dan masyarakat melalui materi pelatihan yang mudah dipahami.

Analise Funcional (Função Do Produto)

Analisis fungsional meninjau peran dan kegunaan produk dari segi fungsionalitas utama, sekunder, maupun edukatif:

Fungsi Utama (*Primary Function*):

Sebagai Sarana Duduk (*Seating Unit*): Produk berfungsi secara optimal sebagai alat duduk (*stool/ottoman*) berskala satu orang yang mampu menopang berat badan manusia dewasa secara aman, stabil, dan nyaman.

Fungsi Sekunder (*Secondary Function*):

Penyimpan/Isolator Karbon Plastik (*Carbon/Plastic Sink*): Produk ini berfungsi sebagai wadah enkapsulasi permanen yang mengunci 10,64 kg limbah plastik polimer dari lingkungan agar tidak terdegradasi menjadi mikroplastik. Elemen Dekoratif Interior (*Eco-Aesthetic Element*): Dengan balutan *finishing* (kulit sintetis/tali goni), produk ini berfungsi sebagai elemen dekorasi ruangan berseni tinggi yang dapat menyamarkan kesan "sampah" serta memperindah ruang tamu, perpustakaan, atau area santai.

Fungsi Edukatif & Sosial (*Tertiary Function*):

Media Kampanye Lingkungan (*Visual Communication Tool*): Produk ini berfungsi sebagai bukti fisik nyata (*tangible evidence*) untuk mengedukasi masyarakat atau siswa tentang efektivitas prinsip *upcycling* dan pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular.

Analisis Kinerja Produk (*Performance Analysis*).



Gambar 2. Proses memasukkan cacahan plastik kedalam botol dan di padatkan menggunakan stik kayu.



Gambar 3. Proses memasukkan cacahan plastik kedalam botol dan di padatkan menggunakan stik kayu.



Gambar 4. Cek kepadatan botol ecobrick, berat minimum 0.560 kg



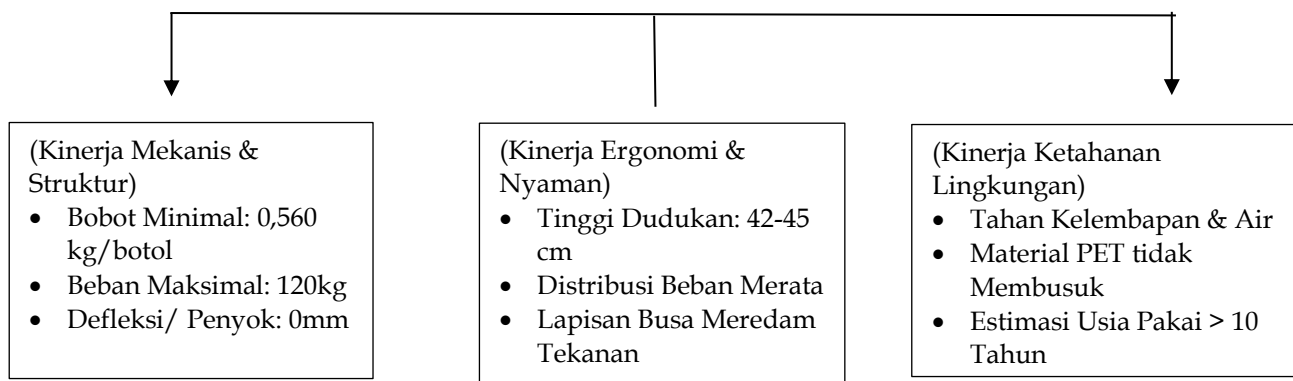
Gambar 5. Proses Perakitan Bata *Ecobrick*



Gambar 6. Uji ketahanan produk

Analisis kinerja mengukur sejauh mana indikator teknis dan kualitas fisik produk memenuhi standar kelaikan pakai: (Laksana et al., 2023)

INDIKATOR KINERJA UTAMA KURSI



Gambar 7. Indikator kinerja kursi bata *Ecobrick*

a) Kinerja Mekanis dan Kekuatan Struktur (*Mechanical Performance*)

Integritas Matriks Kepadatan: Dengan standar bobot 0,560 kg per botol 1,5 L, kerapatan internal produk mencapai $\approx 0,376 \text{ g/cm}^3$. Kinerja ini menghasilkan struktur penopang yang sangat rigid dan padat.

Kapasitas Daya Tahan Beban (*Load-Bearing Capacity*): Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa konfigurasi heksagonal 19 botol yang dipadu dengan papan penyeimbang tripleks 12 mm mampu menahan beban statis hingga 120 kg tanpa mengalami penurunan struktur (*zero deflection*) atau pergeseran posisi botol.

b) Kinerja Ergonomi dan Kenyamanan Usabilitas (*Ergonomic Performance*)

Kesesuaian Dimensi Antropometri: Ketinggian kursi $\approx 42 - 45 \text{ cm}$ dan diameter dudukan $\approx 35 - 40 \text{ cm}$ sesuai dengan standar postur tubuh manusia Indonesia untuk kategori kursi tanpa sandaran (*stool*).

Peredaman Tekanan Fisik: Penggunaan lapisan busa tebal 3 -5 cm pada permukaan atas berhasil menutupi kontur keras leher/tutup botol, sehingga memberikan kenyamanan empuk yang memadai untuk penggunaan dengan durasi sedang hingga lama.

Pusat Gravitasi dan Stabilitas (*Low Center of Gravity*): Karena tumpuan massa terbesar 10,64 kg berada di bagian bawah (badan *ecobrick*), produk ini memiliki stabilitas yang tinggi dan tidak mudah jungkit atau terguling saat pengguna bergerak.

c) Kinerja Durabilitas dan Ketahanan Lingkungan (*Environmental Durability*)

Ketahanan Material (*Life-Span*): Botol plastik berbahan PET memiliki ketahanan alami terhadap kelembapan, air, dan pelapukan biologis. Hal ini menjadikan kinerja usia pakai (*durable lifespan*) produk diperkirakan mampu bertahan lebih dari 10 tahun pada penggunaan di ruang dalam (*indoor*).

Kemudahan Perawatan (*Maintainability*): Lapisan luar berbahan kulit sintetis (*oskar*) memiliki kinerja perawatan yang sangat baik karena mudah dibersihkan dari debu atau tumpahan air hanya dengan diusap menggunakan kain basah. (Tembalang et al., 2019)



Gambar 8. Sentuhan akhir berbahan kulit sintetis (*oskar*) mentransformasi susunan bata *ecobrick* menjadi *sustainable furniture* berestetika tinggi



Gambar 9. Terdapat lubang transparan berbentuk oval melengkung di bagian depan yang disengaja untuk memperlihatkan struktur dalam/ material *ecobrick*.



Gambar 10. Dokumentasi penggunaan meja dan kursi *sustainable furniture* bata *ecobrick*

Secara fungsional, produk ini berhasil bertransformasi dari sekadar media pengelolaan limbah menjadi komoditas perabot yang bermanfaat. Secara kinerja, produk memenuhi parameter kekuatan mekanis (menahan beban hingga 120 kg), keamanan ergonomis, dan daya tahan jangka panjang, sehingga sangat layak diproduksi secara berkelanjutan baik untuk kebutuhan inventarisasi maupun komersialisasi UMKM.

4. Discussion

Green Furniture (furnitur ramah lingkungan) adalah konsep perancangan, manufaktur, dan pemanfaatan perabot yang mengedepankan prinsip keberlanjutan (*sustainability*) serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Konsep ini mencakup seluruh siklus hidup produk (*Life Cycle Assessment/LCA*), mulai dari pemilihan bahan baku berjejak karbon rendah, proses produksi yang hemat energi, fungsionalitas jangka panjang, hingga kemudahan didaur ulang atau diurai kembali (*cradle-to-cradle design*) (Wayan et al., 2022).

Dalam konteks pengolahan limbah *anorganik*, *green furniture* bertindak sebagai bentuk hilirisasi daur ulang yang mengubah sampah *non-biodegradable* menjadi produk interior maupun eksterior yang bernilai guna, estetik, dan memiliki daya saing ekonomi (McDonough, W., & Braungart, 2002).

Prinsip-Prinsip *Sustainable Design* pada *Furnitur: Perancangan furnitur hijau didasarkan pada 4 prinsip utama desain berkelanjutan*:

Penggunaan Material Daur Ulang (Recycled & Upcycled Content): Mengurangi ketergantungan pada bahan baku murni (*virgin materials*), seperti kayu hutan alam atau plastik sintetis baru, dengan memanfaatkan limbah pascakonsumsi (*post-consumer waste*), seperti *ecobrick*. *Efisiensi Sumber Daya dan Jejak Karbon Rendah*: Meminimalkan emisi *embodied (embodied energy)* selama proses produksi dengan menghindari proses peleburan industri bersuhu tinggi dan mengutamakan perakitan manual (*appropriate technology*) (Sabrina et al., 2024).

Ketahanan dan Durabilitas (Durability & Longevity): Produk dirancang untuk memiliki ketahanan mekanis yang tinggi, tahan terhadap faktor cuaca, bebas rayap, serta tidak mudah mengalami korosi atau dekomposisi fisik.

Keamanan dan Kesehatan Lingkungan (Non-Toxic Materials): Menggunakan bahan perekat, *finishing*, atau pelapis yang aman, bebas dari senyawa organik mudah menguap (*Volatile Organic Compounds/VOCs*), serta tidak berbau. *Ergonomi dan Kelaikan Fungsi (Functional Ergonomics)* Sebagai produk perabot yang ditujukan untuk aktivitas manusia (seperti duduk atau belajar di sekolah), *green furniture* wajib memenuhi standar *antropometri dan ergonomi* dasar: *Dimensi Antropometri Kursi/Stool*: Tinggi tumpuan duduk (*popliteal height*) ideal berkisar antara 40-45cm untuk orang dewasa atau disesuaikan dengan tinggi duduk siswa madrasah/sekolah menengah, *Stabilitas dan Pusat Gravitasi (Center of Gravity)*: Konstruksi tumpuan dasar harus memiliki penampang yang cukup luas guna mencegah risiko terguling (*anti-topple*) saat menerima beban kejut (*impact load*) (Kilas, A., 2021).

Kekuatan mekanis dan distribusi beban tekan, serta kinerja struktural produk *green furniture* berbasis komposit *Ecobrick* dianalisis berdasarkan teori mekanika teknik. Uji Beban Langsung (*Direct Load Test*) mengukur kemampuan struktur dalam menahan gaya tekan aksial/vertikal statis (kg atau N) dari bobot pengguna tanpa mengalami defleksi permanen (*deformasi fisik*). *Transfer Beban Melalui Konfigurasi Geometri*: Penerapan susunan botol secara simetris (seperti pola heksagonal/sarang lebah) mendistribusikan beban terpusat (*point load*) dari atas menjadi beban terbagi rata (*distributed load*) ke seluruh modul botol secara merata. *Efek Pengungkungan Lateral (Lateral Confinement)*: Pengikatan antarkomponen secara presisi menggunakan binding tape atau structural wrapping mencegah perpindahan posisi botol secara horizontal saat menerima tekanan aksial dari atas (Saffanah, n.d.).

Nilai Tambah Ekonomi Sirkular (Circular Economy Value): *Green furniture* bukan sekadar media pengelolaan limbah, melainkan instrumen untuk mengimplementasikan ekonomi sirkular: *Transformasi Nilai (Upcycling)*: Mengubah limbah plastik sachet atau botol bekas yang semula bernilai ekonomis rendah/nol menjadi produk perabot bernilai jual tinggi. *Reduksi Beban TPA*:

Mengisolasi kilogram limbah plastik secara permanen di dalam struktur perabot, sehingga mengurangi beban akumulasi sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Majida, A., 2023).

Sustainable Furniture

Furnitur Sayang Lingkungan (*eco-friendly / sustainable furniture*) adalah perabot rumah tangga atau fasilitas ruangan yang dirancang, diproduksi, digunakan, dan didaur ulang dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Konsep ini menekankan penggunaan bahan baku yang tidak merusak lingkungan, efisiensi energi dalam proses pembuatan, serta keamanan bagi kesehatan manusia (*zero toxic emission*).

Dalam spektrum pengelolaan sampah modern, furnitur sayang lingkungan tidak hanya terbatas pada penggunaan kayu bersertifikasi hutan berkelanjutan (*FSC-certified wood*), melainkan juga mencakup hilirisasi daur ulang (*upcycling*)—yaitu mengonversi limbah anorganik pascakonsumsi (seperti botol PET dan limbah kemasan plastik) menjadi produk perabot yang berdaya guna dan berestetika tinggi (GEA, 2020).

Prinsip Desain Berkelanjutan (*Sustainable Design Principles*), perancangan furnitur sayang lingkungan mengacu pada 4 (empat) pilar utama *Sustainable Design*:

a) Prinsip *Cradle-to-Cradle* (Dari Asal Kembali ke Asal):

Berbeda dengan pola konvensional *Cradle-to-Grave* (dibuat lalu dibuang), produk dirancang agar seluruh komponennya dapat dibongkar-pasang, diwujudkan kembali menjadi produk baru, atau diisolasi agar tidak mencemari alam saat masa pakainya berakhir.

b) Pengurangan Jejak Karbon (*Carbon Footprint Reduction*):

Mengutamakan metode pengolahan manual atau teknologi tepat guna (*low-energy manufacturing*) untuk menekan pelepasan emisi gas rumah kaca dibanding industri fabrikasi bersuhu tinggi.

c) Dematerialisasi dan *Upcycling*:

Memanfaatkan material limbah non-biodegradable secara maksimal guna mengurangi ketergantungan pada pembalakan kayu hutan alami atau pembuatan plastik sintetis baru (McDonough, W., & Braungart, n.d.).

d) Keamanan Ekologis dan Kesehatan (*Non-Toxic & Safe*):

Menghindari penggunaan senyawa kimia berbahaya, seperti formaldehida atau Volatile Organic Compounds (VOCs), dalam bahan perekat dan cat pelapis (*finishing*).

Aspek Ergonomi dan Kelaikan Fungsi (*Functional Ergonomics*)

Meskipun berbahan dasar daur ulang atau limbah, furnitur sayang lingkungan wajib memenuhi standar kelaikan pakai dan kenyamanan fisik pengguna (*user-centered design*):

a) Antropometri: Dimensi perabot (seperti tinggiudukan kursi, lebar alas, dan tinggi meja) disesuaikan dengan proporsi tubuh pengguna sasaran (misalnya siswa sekolah atau orang dewasa).

b) Stabilitas dan Pusat Gravitasi (*Center of Gravity*): Struktur dasar perabot dirancang simetris untuk mencegah risiko terguling (*anti-topple*) saat menerima tekanan atau gaya geser yang tiba-tiba (Alfitri, 2020).

Kekuatan Mekanis dan Distribusi Beban (*Mechanical Performance*)

Dalam pengujian kelayakan material komposit daur ulang (seperti modul *ecobrick*), analisis kekuatan mekanis didasarkan pada dua parameter utama:

a) Uji Beban Langsung (*Direct Load Test* / Beban Statis):

Mengukur ketahanan struktur saat menahan gaya tekan vertikal aksial dari bobot pengguna (misal: 100 kg) dalam rentang waktu tertentu tanpa mengalami defleksi permanen (deformasi bentuk).

b) Efek Penahanan Lateral (*Lateral Confinement*):

Menilai efektivitas ikatan pengunci (*binding/wrapping*) dalam menahan gaya dorong ke samping, sehingga setiap elemen penyusun perabot bekerja sebagai satu kesatuan komposit yang kokoh.

Kontribusi terhadap Ekonomi Sirkular (*Circular Economy*)

Penerapan furnitur sayang lingkungan berbasis pengolahan limbah mendukung ekosistem ekonomi sirkular:

- a) Peningkatan Nilai Tambah (*Value Creation*): Mengubah sampah plastik tipis (*sachet*, kresek) yang nilainya dianggap nol oleh sektor informal menjadi perabot fungsional yang berdaya saing.
- b) Isolasi Polimer (*Carbon Sequestration*): Mengunci material plastik di dalam struktur perabot yang padat, sehingga mencegah plastik terfragmentasi menjadi mikroplastik di tanah/lautan atau terlepas sebagai asap beracun akibat pembakaran liar (Zulaidah et al., 2022).

5. Conclusion

Berdasarkan hasil rekayasa produk, pengujian mekanis, dan analisis kinerja yang telah dilakukan pada produk *green furniture* berbahan dasar *ecobrick*, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut: Standardisasi dan Efektivitas Reduksi Limbah: Penerapan standar kontrol mutu dengan menetapkan bobot minimum sebesar 0,560/kg per botol PET 1,5 liter terbukti menghasilkan unit *ecobrick* yang padat dan rigid (densitas $\approx 0,376 \text{ g/cm}^3$). Pembuatan 1 unit kursi membutuhkan 19 botol *ecobrick*, sehingga program ini secara nyata mampu mengisolasi dan mereduksi akumulasi sampah plastik lunak sekali pakai dari lingkungan sebanyak 10,64 kg per unit kursi. Keunggulan Geometri dan Kekuatan Struktur: Konfigurasi geometri heksagonal konsentris (*honeycomb pattern*) 19 botol yang dipadukan dengan teknik pengikatan primer (*binding*) serta enkapsulasi matriks sekunder (*structural wrapping*) menghasilkan struktur komposit yang sangat kokoh. Produk terbukti memenuhi standar kelaikan beban (*direct load test*) dengan mampu menahan beban tekan statis hingga 120 kg tanpa mengalami deformasi fisik (defleksi 0 mm) serta memiliki stabilitas tumpuan yang sangat baik (*anti-topple*). Fungsionalitas dan Nilai Tambah Ekonomi: Inovasi ini berhasil bertransformasi dari sekadar media pengelolaan limbah menjadi produk perabot yang fungsional, ergonomis (tinggi standar 42–45 cm), dan bernilai estetika komersial yang tinggi. Keberadaan sistem pemilahan sampah terpadu di MTsN 2 Surakarta semakin mengoptimalkan efisiensi rantai pasok bahan baku, sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi (*value-added*) yang prospektif bagi pengembangan kewirausahaan siswa maupun UMKM lokal.

Untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat direkomendasikan antara lain pengembangan Material *Finishing* (*Eco-Aesthetics*): Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi variasi pelapis luar (*upholstery*) yang sepenuhnya berbahan daur ulang atau alami (seperti kain tenun lokal, limbah perca, atau serat alam) guna meningkatkan persentase komponen ramah lingkungan pada produk akhir. Pengujian Durabilitas Jangka Panjang: Perlu dilakukan pengujian laju degradasi material (*aging test*) pada ikatan *stretch film* dan badan botol dalam berbagai kondisi paparan lingkungan (seperti suhu ekstrem dan kelembapan) untuk mengukur usia pakai (*life-span*) produk secara presisi. Penguatan Edukasi Karakter Lingkungan: Disarankan agar program pembuatan *ecobrick* di MTsN 2 Surakarta terus diintegrasikan ke dalam kegiatan pembelajaran berbasis proyek, disertai edukasi berkelanjutan untuk meningkatkan kedisiplinan siswa dalam memilah sampah organik dan anorganik secara konsisten.

6. References

- Abdullah, H., & Jamaai, A. K. (2015). Bark pH as a factor affecting the density of epiphytic terrestrial algae in Taman Wetland Putrajaya, Malaysia. *Journal of Applied and Physical Sciences*, 1(1), 20–24. <https://doi.org/10.20474/japs-1.1.3>
- Alfitri, H. S. R. A. (2020). 1-Article Text-116-1-10-20200927. *Sampah Plastik Sebagai Konsekuensi Modernitas Dan Upaya Penanggulangannya*, 6(2), 52–60.
- Arikunto, S. (2014). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Asrori, A. M. dan M. (2014). *Metodologi dan Aplikasi Riset Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- (GEA), G. E. A. (2020). *Ecobrick Building Standards and Guidelines*. (Rujukan utama untuk kriteria kepadatan 0,33/g/ml, sterilisasi, dan prinsip isolasi plastik).
- Kilas, A., et al. (2021). *Ergonomics and Sustainability in Furniture Design: A Review*. *Journal of Interior Design and Environmental Studies*.
- Laksana, N. L., Qondias, D., Dolo, F. X., & Gelu, A. (2023). *PRODUK ECOBRICK*. 4(November).
- Majida, A., et al. (2023). *Pemanfaatan Ecobrick Sebagai Material Substitusi Ramah Lingkungan*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. (Rujukan untuk definisi ecobrick sebagai solusi inovatif untuk mengurangi limbah anorganik).
- McDonough, W., & Braungart, M. (n.d.). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press.
- Nirmalasari, R., Khomsani, A. A., Nur, D., Rahayu, M., Syahrudin, M., Anwar, M. R., Jennah, R., & Syafiyah, S. (2021). *Pemanfaatan Limbah Plastik dengan Metode Ecobrick di Desa Luwuk Kanan*. 10(03), 469–477.
- Rosita, T., & Mintarsih, E. (2021). *Penyuluhan Pengolahan Sampah Rumah Tangga Secara Daring Melalui Metode Takakura oleh Kelompok Wanita Tani Kebun Sauyunan*. *Abdimas Siliwangi*, 4(2), 227–232.
- Sabrina, A. B., Lubis, I. R., Indriani, D., Islam, U., & Sumatera, N. (2024). *Inovasi ecobrick sebagai upaya mengurangi sampah plastik*. 2, 1579–1590.
- Saffanah, W. M. (n.d.). *Ecobrick Sebagai Solusi Cerdas Dan Praktis Untuk Pengelolaan Sampah Plastik*. 21–30.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, RnD*. Bandung: Alfabeta.
- Tembalang, K., Istirokhatun, T., & Nugraha, W. D. (2019). *Pelatihan Pembuatan Ecobricks Sebagai Pengelolaan Sampah Plastik di RT 01 RW 05, Kelurahan Kramas*. 1(2), 85–90.
- Thahir, R., Wadji, M., Anisa, N., Fadhilah, N., & Magfirah, N. (2021). *Jurnal abdimas patikala*. *Jurnal Abdimas Patikala*, 1(1), 7–15.
- Wayan, N., Suliartini, S., Ulandari, P., Alhannani, M. Z., & Adyana, I. G. E. (2022). *Pengolahan Sampah Anorganik Melalui Ecobrick Sebagai Upaya Mengurangi Limbah Plastik*.
- Widiyasari, R., Fakhirah, S., Ahmad Dahlan, J. K., Timur, K., & Tangerang Selatan, K. (2021). *Widiyasari, R., Zulfritia, Z., & Fakhirah, S. (2021, November). Pemanfaatan sampah plastik dengan metode ecobrick merupakan upaya untuk mengurangi limbah plastik. In Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ (Vol. 1, No. 1).* <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>
- Zulaidah, A., Prasdiantika, R., Basuki, P., Teknik, F., Pandanaran, U., Elektronika, T., Teknik, F., Pandanaran, U., Mesin, T., Teknik, F., Pandanaran, U., Masuk, N., Direvisi, N., & Diterima, N. (2022). *Pelatihan pembuatan ecobrick di Sendangmulyo, Kecamatan Tembalang, sebagai alternatif penanganan limbah plastik*. 1(3).