

## EVATOR BIO-FOAM: INOVASI KEMASAN BIODEGRADABLE BERBASIS WIRUSAHA MAHASISWA

**Mirna Rahmah Lubis<sup>1\*</sup>, Muchlis Muchlis<sup>2</sup>, Muhammad Zhafran<sup>1</sup>,  
Faris Izzatur Rahman<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departemen Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Syiah Kuala

<sup>3</sup> Program Studi Informatika, Universitas Syiah Kuala

\*Korespondensi : [mirna@che.usk.ac.id](mailto:mirna@che.usk.ac.id)

### ABSTRACT

*The development of environmentally friendly products is an innovative solution to minimizing the harmful effects of waste on the environment. This innovation development program aims to formulate innovative strategies for developing Evator Bio-Foam products, made from rice husks, specifically for students through an entrepreneurship-based approach. Evator Bio-Foam, a rice husk-based product, is specifically targeted at university students through an entrepreneurship-based approach. Evator Bio-Foam is a biodegradable packaging material made from a mixture of rice husks, soybean flour; and yeast, which is fermented and molded into a functional alternative to Styrofoam. The product is lightweight, water-resistant, food-safe, and decomposes naturally within a relatively short time. The strategy employed in this program integrates learning, creativity, and entrepreneurship to increase students' awareness of environmental sustainability while providing them with essential business skills. The methods used include training, workshops, and business simulations focusing on production, marketing, and product management. The results show that this approach enhances students' understanding of environmentally friendly innovation and encourages active involvement in developing sustainable businesses. This educational model not only supports environmental conservation efforts but also creates new opportunities in entrepreneurship that are relevant to market needs. Thus, it offers a viable alternative for cultivating a generation that is environmentally conscious and oriented toward business innovation.*

### RIWAYAT ARTIKEL

Diserahkan : 29/01/2025

Diterima : 12/08/2025

Dipublikasikan : 03/12/2025

**Keywords:** Business; evator bio-foam; innovation strategy; environmentally friendly products; rice husks

### ABSTRAK

Pengembangan produk ramah lingkungan menjadi solusi inovatif untuk mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Program pengembangan inovasi ini bertujuan untuk merumuskan strategi pengembangan produk Evator Bio-Foam berbahan dasar sekam padi, khususnya untuk mahasiswa, melalui pendekatan berbasis wirausaha. Evator Bio-Foam merupakan kemasan biodegradable yang dibuat dari campuran sekam padi, tepung kedelai, dan ragi, yang difermentasi dan dicetak menjadi produk pengganti styrofoam. Produk ini bersifat ringan, tahan air, aman untuk makanan, serta mudah terurai secara alami dalam waktu relatif singkat.

Strategi yang digunakan dalam program ini mengintegrasikan pembelajaran, kreativitas, dan kewirausahaan guna meningkatkan kesadaran lingkungan mahasiswa sekaligus membekali mereka dengan keterampilan bisnis. Metode yang digunakan meliputi pelatihan, workshop, dan simulasi bisnis yang berfokus pada proses produksi, pemasaran, dan pengelolaan produk. Hasil program menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang inovasi ramah lingkungan serta mendorong keterlibatan aktif dalam pengembangan usaha berkelanjutan. Model edukasi ini tidak hanya mendukung pelestarian lingkungan, tetapi juga menciptakan peluang baru di bidang kewirausahaan yang relevan dengan kebutuhan pasar. Dengan demikian, model edukasi ini dapat menjadi alternatif solusi untuk membangun generasi muda yang sadar lingkungan dan berorientasi pada inovasi bisnis.

**Kata Kunci:** Bisnis; evator bio-foam; strategi inovasi; produk ramah lingkungan; sekam padi

## PENDAHULUAN

Pengembangan produk Evator Bio-Foam berbasis wirausaha untuk mahasiswa adalah kebutuhan mendesak akan solusi ramah lingkungan guna mengatasi dampak negatif limbah plastik dan styrofoam. Plastik pada awalnya diciptakan dianggap sebagai material polimer ramah lingkungan (Geyer et al., 2017) karena dapat menggantikan material kayu sehingga dapat mengurangi praktik penebangan hutan. Begitu juga produk turunannya yang berbahan dasar polystyrene yang dibentuk menjadi styrofoam, produk ini sekarang sering digunakan sebagai wadah atau kemasan makanan basah karena murah, ringan, dan praktis. Namun sejak peluncuran produk-produk tersebut secara komersial, orang-orang khususnya para pemerhati lingkungan mulai menyadari betapa besarnya dampak produk plastik dan styrofoam dalam mencemari lingkungan (Li, 2025).

Penggunaan plastik dan styrofoam sebagai kemasan makanan konvensional telah menjadi masalah lingkungan global, terutama karena sifatnya yang sulit terurai (Arancon et al., 2013). Sebagian besar limbah plastik di dunia dibuang ke tempat pembuangan akhir atau mencemari lingkungan (80%), hanya 9% limbah plastik yang telah didaur ulang secara global, yang mengakibatkan sekitar 4 juta hingga 12 juta metrik ton limbah plastik masuk ke lautan setiap tahunnya (Brooks et al., 2018). Solusi berbasis bahan biodegradable menjadi

penting untuk mengurangi ketergantungan terhadap plastik. Semakin sedikit produksi plastik maka semakin sedikit pula pertambahan limbah ke lingkungan (Geyer et al., 2017), sehingga solusi ini lebih bersifat mencegah dari pada mengobati. Maka dari itu penggantian bahan dasar plastik yang awalnya dari minyak bumi menjadi bahan ramah lingkungan menjadi solusinya. Bahan biodegradable yang berasal dari alam dapat diubah menjadi produk yang serupa dengan plastik namun ramah lingkungan dengan bantuan teknologi (Moshood et al., 2022).

Di sisi lain, tingkat kesadaran masyarakat, termasuk generasi muda, terhadap pentingnya keberlanjutan lingkungan masih tergolong rendah. Mahasiswa sebagai agen perubahan memiliki potensi besar untuk menjadi pelopor dalam pengembangan solusi inovatif. Namun, rendahnya akses terhadap pembelajaran praktis terkait inovasi ramah lingkungan dan kewirausahaan menjadi kendala utama dalam melibatkan mereka secara aktif dalam pengembangan solusi berkelanjutan. Oleh karena itu, program ini dirancang untuk memberikan edukasi berbasis wirausaha kepada mahasiswa melalui pengembangan produk Evator Bio-Foam, kemasan makanan ramah lingkungan berbahan dasar sekam padi dan jamur.

Tim pengabdi menyadari bahwa solusi untuk menangani permasalahan ini tidak hanya sekedar mengedukasi masyarakat agar mengurangi penggunaan plastik dan styrofoam.

Tim pengabdi juga memandang hal tersebut menjadi peluang bisnis yang besar mengingat masih minimnya usaha ramah lingkungan di Indonesia khususnya di Aceh. Tim pengabdi pun berusaha mengembangkan bisnis produk Evator Bio-Foam yang merupakan produk pengganti styrofoam yang berfungsi sebagai wadah makanan.

Evator Bio-Foam merupakan produk kemasan/wadah ramah lingkungan yang terbuat dari bahan organik, yaitu sekam padi dan jamur. Sekam padi biasanya dihasilkan dalam jumlah besar di seluruh dunia sebagai hasil samping (Shamsollahi & Partovinia, 2019) Sekam ini biasanya dibiarkan terdekomposisi atau dibakar untuk memupuk tanah setelah panen (Wong et al., 2018). Produk evator bio-foam berbentuk kemasan makanan seperti styrofoam konvensional pada umumnya.

Produk Evator Bio-Foam juga merupakan produk yang praktis dan aman untuk kesehatan sehingga cocok untuk calon pelanggan yang memperhatikan aspek kesehatan dan lingkungan. Dengan menjual satu Evator Bio-Foam maka telah mencegah timbulnya satu sampah plastik atau Styrofoam dengan ukuran dan jumlah yang sama. Produk Evator Bio-Foam memiliki potensi bisnis yang sangat menjanjikan karena belum tersedia di pasar Aceh, di mana saat ini belum terdapat pabrik Styrofoam, sehingga peluang untuk menjalankan usaha ini terbuka lebar.

Produk Evator Bio-Foam memiliki kekuatan karena bahan baku organik sekam padi melimpah, teknologi produksi sederhana, ramah lingkungan (Wang et al., 2024), dan tidak mengandung zat berbahaya dan zat kimia buatan karena terbuat dari bahan-bahan organik. Peluangnya juga besar karena belum tersedia produk serupa di pasaran, dengan keunggulan yang dapat menarik konsumen dari aspek lingkungan dan kesehatan, usaha kuliner yang menggunakan kemasan styrofoam di Indonesia sangat banyak, dan ada regulasi pemerintah yang mendukung pengurangan plastik sekali pakai.

Produk biodegradable tidak hanya membantu mengurangi limbah, tetapi juga menciptakan peluang bisnis baru. Dengan meningkatnya permintaan akan solusi ramah lingkungan, pengembangan produk seperti ini memiliki peluang pasar yang besar, baik di tingkat lokal maupun internasional. Pengembangan produk Evator Bio-Foam yang berbahan dasar sekam padi, limbah pertanian yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal, hadir sebagai inovasi yang tidak hanya ramah lingkungan (Sun et al., 2023) tetapi juga dapat ditingkatkan sifatnya dengan pencampuran polimer.

Dengan menasarkan mahasiswa sebagai target utama, kegiatan ini diharapkan dapat menciptakan dampak jangka panjang dalam membentuk ekosistem wirausaha yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Produk ini dirancang sebagai alternatif styrofoam dengan keunggulan biodegradable, aman bagi kesehatan, dan relevan dengan kebutuhan pasar yang semakin peduli terhadap isu lingkungan. Program ini bertujuan menciptakan generasi muda yang sadar lingkungan sekaligus berorientasi bisnis dan mengurangi ketergantungan pada produk kemasan berbasis plastik dan styrofoam yang mencemari lingkungan.

Lokasi pengabdian dilaksanakan di lingkungan kampus Universitas Syiah Kuala dan sekitarnya, yang secara geografis berada di wilayah perkotaan Banda Aceh. Kondisi eksisting di area ini menunjukkan tingginya penggunaan kemasan makanan sekali pakai berbahan dasar plastic dan Styrofoam, khususnya di kantin kampus, usaha kuliner kecil menengah, serta kegiatan mahasiswa. Berdasarkan observasi awal dan wawancara singkat dengan pelaku usaha kuliner di sekitar kampus, diketahui bahwa Sebagian besar masih menggunakan kemasan Styrofoam karena harganya yang murah dan ketersediaanya yang mudah diakses dari luar daerah. Namun, tidak terdapat produsen Styrofoam lokal di Aceh, sehingga kebutuhan produk harus didatangkan dari luar kota

dengan biaya distribusi yang tinggi dan dampak lingkungan yang besar.

Di sisi lain, wilayah ini juga menghasilkan limbah pertanian seperti sekam padi dalam jumlah besar dari sentra pertanian di Aceh Besar dan Pidie. Limbah ini Sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibakar atau dibuang begitu saja, yang justru berpotensi mencemari lingkungan. Ketersediaan bahan baku yang melimpah namun belum termanfaatkan ini menjadi peluang besar untuk dikembangkan menjadi produk bernilai guna tinggi dan ramah lingkungan seperti Evator Bio-Foam.

Tingginya aktivitas mahasiswa dalam bidang kewirausahaan dan isu lingkungan juga menjadi faktor pendukung. Mahasiswa menunjukkan antusiasme tinggi terhadap program-program berbasis inovasi dan keberlanjutan. Hal ini terlihat dari partisipasi aktif mereka dalam komunitas wirausaha muda dan kegiatan kampus bertema green innovation. Dengan memadukan potensi sumber daya local, kebutuhan akan solusi kemasan alternatif, dan semangat mahasiswa yang tinggi maka lokasi pengabdian ini sangat tepat dijadikan sebagai tempat pengembangan dan implementasi program Evator Bio-Foam.

## METODE

Kegiatan pengabdian Masyarakat ini dirancang untuk memberdayakan mahasiswa dalam menciptakan dan mengembangkan produk ramah lingkungan berbasis wirausaha. Metode yang digunakan mencakup tiga pendekatan utama, yaitu:

### Pelatihan (*Training*)

Pelatihan diberikan sebagai tahap awal untuk membekali peserta, khususnya mahasiswa, dengan pengetahuan dasar terkait isu lingkungan, konsep produk biodegradable, serta dasar-dasar kewirausahaan. Materi pelatihan meliputi:

1. Dampak negatif plastik dan Styrofoam terhadap lingkungan.
2. Potensi dan manfaat produk biofoam dari sekam padi.

3. Konsep keberlanjutan dan ekonomi sirkular.
4. Pengantar kewirausahaan sosial dan *green business*.

Pelatihan dilakukan secara klasikal dengan metode ceramah interaktif, diskusi kelompok, dan studi kasus yang relevan. Tahap ini juga melibatkan kegiatan survei pasar untuk memahami preferensi konsumen, lokasi penyediaan bahan baku, dan rencana pengembangan inovasi di masa depan.

### Workshop (Lokakarya Praktek Produksi)

Workshop difokuskan pada praktek langsung pembuatan Evator Bio-foam oleh mahasiswa. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan teknis mahasiswa dalam memproduksi kemasan biodegradable secara mandiri. Materi dan kegiatan dalam workshop meliputi:

1. Identifikasi dan persiapan bahan baku lokal (sekam padi, ragi, dan perekat alami).
2. Proses produksi mulai dari sterilisasi, fermentasi, pencetakan, hingga pengeringan produk.
3. Standar mutu dan uji coba produk (ketahanan, bentuk, biodegradabilitas).
4. Penerapan protokol keselamatan dan efisiensi dalam produksi.

Workshop dilakukan secara berkelompok agar setiap peserta terlibat langsung dalam semua tahapan produksi dan dapat berbagi pengalaman serta inovasi desain produk. Pada tahap ini, dilakukan produksi Evator Bio-Foam menggunakan peralatan autoclave, blender untuk menggiling sekam padi, cetakan, gunting, oven untuk pemotongan, plastik gula, plastik wrap, sarung tangan, sendok, timbangan digital untuk pengukuran bahan, dan wadah fermentasi dengan penutup.

Produksi Evator Bio-Foam melibatkan bahan utama seperti sekam padi (kering dan bersih), ragi (*Saccharomyces cerevisiae* atau ragi roti), tepung kedelai (protein tinggi, sebagai perekat), alkohol 70%, gula untuk membantu fermentasi, minyak nabati untuk meningkatkan ketahanan air, dan air bersih. Sekam padi digiling hingga menjadi serbuk

halus menggunakan blender. Lalu diayak untuk mendapatkan partikel yang seragam. Sekam padi yang akan digunakan dimasukkan ke dalam plastik gula, lalu ditambahkan air.

Proses dimulai dari sterilisasi sekam padi dengan menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah disterilisasi, sekam padi didinginkan pada suhu ruang. Tepung kedelai dilarutkan dengan air hangat hingga membentuk pasta kental. Ragi diaktifkan dengan mencampurkannya ke dalam air hangat yang mengandung sedikit gula. Campuran ditunggu 15 menit hingga berbusa.

Serbuk sekam padi dicampurkan dengan pasta tepung kedelai dengan rasio 2:1 (2 bagian sekam padi, 1 bagian tepung kedelai). Larutan ragi aktif ditambahkan ke dalam campuran secara perlahan sambil diaduk hingga merata. Adonan dipastikan memiliki konsistensi yang cukup lengket tetapi tidak terlalu cair.

Campuran dimasukkan ke dalam wadah fermentasi. Wadah ditutup tetapi diberi ventilasi kecil untuk aliran udara. Fermentasi campuran dibiarkan berlangsung selama 3 hari pada suhu ruangan. Gas yang dihasilkan selama fermentasi akan menciptakan pori-pori di dalam bahan. Waktu fermentasi dapat disesuaikan berdasarkan hasil yang diinginkan.

Adonan fermentasi dituangkan ke dalam cetakan yang telah dilapisi minyak nabati agar tidak lengket. Adonan ditekan ke dalam cetakan hingga padat dan rata. Cetakan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 65°C selama 6 jam untuk menghentikan pertumbuhan mycelium. Jika tidak ada oven, dikeringkan di bawah sinar matahari, meskipun ini memakan waktu lebih lama. Setelah bahan mengering, suhu oven ditingkatkan menjadi 120°C untuk mematangkan material dan memperkuat strukturnya. Teknologi sederhana diterapkan agar mudah diadopsi mahasiswa.

### **Simulasi Bisnis**

Setelah memahami aspek produksi, mahasiswa diajak untuk menjalani simulasi bisnis guna melatih kemampuan manajerial dan pengambilan keputusan dalam konteks kewirausahaan. Simulasi ini mencakup:

1. Penyusunan rencana bisnis (business plan) sederhana.
2. Perhitungan biaya produksi, harga jual, margin keuntungan, dan Break-Even Point (BEP).
3. Strategi pemasaran produk secara digital (melalui media sosial dan marketplace).
4. Simulasi peran (role play) antara produsen, distributor, dan konsumen
5. Studi pasar lokal untuk mengidentifikasi potensi konsumen dan kompetitor.

Simulasi ini dirancang menyerupai situasi bisnis nyata, sehingga mahasiswa dapat memahami usaha berbasis produk inovatif dan ramah lingkungan. Pengenalan produk Evator Bio-Foam kepada masyarakat akan diawali di lingkungan Universitas Syiah Kuala. Langkah awalnya adalah dengan membagikan sampel produk kepada mahasiswa di sekitar kampus. Produk diperkenalkan melalui distribusi sampel di lingkungan kampus dan promosi digital untuk membangun brand awareness. Jaringan pemasaran difokuskan pada pengusaha kuliner lokal dan grosir yang menggunakan kemasan makanan yang berada di area seputaran Banda Aceh dan Aceh Besar.

Strategi pemasaran yang akan dilakukan adalah dengan menargetkan pelanggan secara spesifik, membangun hubungan yang berkelanjutan, mengutamakan kepuasan pelanggan, serta menyesuaikan produk dengan kebutuhan mereka serta memberikan solusi terhadap permasalahan dewasa ini melalui penggunaan produk ramah lingkungan. Jaringan pemasaran akan dibangun dengan memperkenalkan secara langsung produk kepada pedagang/pengusaha kuliner yang menggunakan kemasan makanan. Selain itu akan ada pembuatan konten pemasaran untuk membangun brand image dan brand awareness di media sosial. Selanjutnya akan menggunakan jasa reseller guna memperluas jangkauan distribusi produk ini.

Metode ini terintegrasi dan saling mendukung. Pada tahap pasca-produksi, evaluasi akan dilakukan terhadap seluruh rangkaian kegiatan usaha produk Evator Bio-Foam, mulai dari proses praproduksi,

produksi, promosi, hingga publikasi. Tahap evaluasi mencakup analisis proses produksi, kualitas produk, dan respons pasar. Penilaian dilakukan melalui survei konsumen dan uji coba produk secara langsung. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki dan memastikan kelancaran operasional usaha ke depannya.

Program pengabdian ini memiliki sasaran utama yang terfokus pada kelompok mahasiswa, dengan tujuan untuk membentuk generasi muda yang peduli lingkungan dan memiliki jiwa kewirausahaan. Sasaran program secara rinci meliputi:

#### 1. Mahasiswa sebagai Agen Perubahan

Mahasiswa, khususnya dari berbagai disiplin ilmu seperti teknik, sains, dan ekonomi, menjadi target utama dalam kegiatan ini. Mereka diposisikan sebagai agen perubahan (change agents) yang memiliki potensi untuk mengembangkan solusi inovatif terhadap persoalan lingkungan melalui pendekatan kewirausahaan.

#### 2. Peningkatan Literasi Lingkungan

Program ini menasar pada peningkatan pengetahuan dan kesadaran mahasiswa tentang pentingnya penggunaan produk ramah lingkungan serta dampak negatif plastik dan Styrofoam terhadap ekosistem. Diharapkan setelah kegiatan, mahasiswa memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai konsep keberlanjutan dan tanggung jawab ekologis.

#### 3. Peningkatan Keterampilan Produksi

Mahasiswa ditargetkan untuk menguasai keterampilan teknis dalam proses pembuatan produk Evator Bio-Foam, mulai dari identifikasi bahan baku, Teknik fermentasi, pencetakan, hingga pengujian kualitas produk. Sasaran ini penting untuk menciptakan kemandirian dalam proses produksi dan inovasi produk.

#### 4. Penguatan Jiwa Kewirausahaan

Program ini bertujuan membekali mahasiswa dengan pengetahuan dan kemampuan dalam menyusun model bisnis sederhana, memahami dasar-dasar manajemen usaha, pemasaran digital, dan penghitungan analisis finansial. Dengan demikian,

mahasiswa diharapkan mampu mengembangkan dan mengelola usaha berbasis produk ramah lingkungan secara mandiri.

#### 5. Penciptaan Prototipe Produk Inovatif

Sebagai hasil nyata dari program, mahasiswa diarahkan untuk menghasilkan prototipe Evator Bio-Foam sebagai alternatif kemasan biodegradable yang siap diuji pasar dan disosialisasikan kepada masyarakat luas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pelatihan (*Training*)

Pelaksanaan kegiatan dilakukan di hari Minggu dengan durasi 4 jam melalui langkah-langkah terstruktur yang diawali dengan survei. Survei awal dilakukan untuk mengukur pemahaman mahasiswa tentang produk ramah lingkungan dan minat terhadap wirausaha. Mahasiswa yang terlibat berasal dari Fakultas Teknik, Bisnis, dan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Berdasarkan survei terhadap 200 mahasiswa, 85% menyatakan pentingnya penggunaan produk ramah lingkungan, dan 78% berminat membeli Evator Bio-Foam jika harganya kompetitif. Preferensi (60%) harga di bawah Rp 5.000 per unit menjadi perhatian utama. Ketahanan (40%), estetika desain (35%), dan kemudahan daur ulang (25%) menjadi kriteria utama.

### Analisis Korelasi

Uji korelasi Pearson dilakukan untuk menganalisis hubungan antara tingkat kesadaran lingkungan mahasiswa (variabel X) dan minat untuk membeli produk Evator Bio-Foam (variabel Y). Data untuk variabel independen (X) diperoleh melalui kuesioner yang menggunakan skala Likert (1–5), dengan mencakup pertanyaan berikut:

- Saya memahami dampak negatif Styrofoam terhadap lingkungan.
- Saya lebih memilih produk yang ramah lingkungan.
- Saya mendukung penggunaan produk biodegradable.

Data variabel dependen (Y) diukur dengan skala Likert (1–5), yang mencakup pertanyaan berikut:

- Saya tertarik menggunakan produk Evator Bio-Foam.
- Saya bersedia membeli produk ini dengan harga yang sesuai.
- Saya percaya produk ini dapat menjadi solusi pengganti Styrofoam.

Tabel 1 menunjukkan data dari 200 responden. Rata-rata dan standar deviasi untuk X dan Y dihitung dengan menggunakan rumus korelasi Pearson:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Di mana:

- $X_i$  dan  $Y_i$  adalah nilai data untuk variabel X dan Y.
- $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  adalah rata-rata dari variabel X dan Y.
- $r$  adalah koefisien Pearson (nilai antara -1 hingga +1).

Dengan menggunakan perangkat Excel, data X dan Y dimasukkan ke dalam kolom. Fungsi “CORREL(range\_X, range\_Y)” digunakan. Uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan positif yang kuat ( $r = 0,95$ ) antara kesadaran lingkungan mahasiswa dan minat membeli produk. Hal ini menunjukkan pentingnya edukasi kesadaran lingkungan dalam strategi pemasaran.

## 2. Workshop (Lokakarya Praktek Produksi)

Workshop diberikan kepada mahasiswa tentang pentingnya keberlanjutan lingkungan, dampak plastik dan styrofoam terhadap lingkungan, dan konsep biodegradable dan manfaat Evator Bio-Foam. Mahasiswa diajarkan cara memproduksi Evator Bio-Foam, mulai dari persiapan bahan hingga produk akhir. Pendekatan kelompok digunakan untuk mempermudah supervisi dan diskusi. Kesempatan diberikan untuk mencoba inovasi dalam desain produk.

Produk Evator Bio-Foam diuji ketahanannya dan mampu menahan beban hingga 2 kg. Selain itu, produk ini terurai sepenuhnya dalam waktu 60 hari di lingkungan alami, memenuhi standar biodegradable, dan kepraktisan (responden menyukai desain produk karena ringan dan fungsional).

## 3. Simulasi Bisnis

Mahasiswa dilatih menyusun rencana bisnis, strategi pemasaran digital (misalnya media sosial, e-commerce), dan pengelolaan lingkungan. Mahasiswa diajak merancang logo, kemasan, dan materi promosi (Gambar 2).

Investasi awal untuk usaha pengembangan produk Evator Bio-Foam dalam kapasitas 1.000 unit per bulan terdiri dari unit mesin produksi sederhana (Rp 10.000.000) dan cetakan produk (Rp 2.000.000). Total investasi awal sebesar Rp 12.000.000. Penyusutan peralatan dihitung menggunakan metode garis lurus dengan umur ekonomis 5 tahun:

$$\frac{\text{Penyusutan}}{\text{tahun}} = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Umur Ekonomis}} = \frac{12.000.000}{5} = \text{Rp } 2.400.000$$

Penyusutan per bulan adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Penyusutan}}{\text{bulan}} = \frac{\text{Rp } 2.400.000}{12} = \text{Rp } 200.000$$

Biaya tetap bulanan terdiri dari: penyusutan (Rp 200.000) dan sewa tempat produksi (Rp 1.000.000). Total biaya tetap sebesar Rp 1.200.000.

Biaya variabel untuk produksi 1.000-unit terdiri dari sekam padi (Rp 50.000 atau Rp 50 per unit), bibit jamur (Rp 500.000 atau Rp 500 per unit), listrik dan air (Rp 300.000), dan tenaga kerja (2 orang  $\times$  Rp 1.500.000 = Rp 3.000.000). Total biaya variabel sebesar Rp 3.850.000 (Rp 3.850 per unit).

Estimasi pendapatan dihitung berdasarkan harga jual per unit sebesar Rp 10.000. Jumlah unit terjual per bulan 1.000 unit. Total pendapatan sebesar 1.000 unit  $\times$  Rp 10.000 = Rp 10.000.000.

Total biaya produksi dihitung dengan:

Biaya Tetap + Biaya Variabel = Rp 1.200.000  
+ Rp 3.850.000 = Rp 5.050.000. Dengan modal awal Rp 12 juta untuk kapasitas produksi 1.000 unit per bulan, usaha ini diproyeksikan menghasilkan laba kotor Rp 4,95 juta per bulan.

Break even point (BEP) adalah titik di mana total pendapatan dan biaya berada dalam keadaan seimbang, sehingga tidak ada keuntungan maupun kerugian yang dihasilkan. BEP dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$BEP = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{harga jual/unit} - \text{biaya variabel/unit}}$$

$$BEP = \frac{1.200.000}{10.000 - 3.850} = 169 \text{ unit}$$

### Produksi dan Uji Pasar

Mahasiswa dilibatkan untuk memproduksi Evator Bio-Foam dalam jumlah kecil sebagai prototipe. Produk diperkenalkan kepada komunitas lokal atau kampus untuk mendapatkan umpan balik. Mahasiswa dilibatkan dalam kegiatan promosi dan presentasi produk.

Produk Evator Bio-foam adalah kemasan biodegradable (Pandey et al., 2025) yang memiliki potensi keuntungan besar, karena bahan dasar sekam padi tersedia dalam jumlah melimpah, harganya terjangkau, dan mudah didapatkan. Selain itu, ketidak-adanya pabrik styrofoam di Aceh juga menjadi peluang usaha Evator Bio-Foam dijalankan mengingat banyaknya permintaan Styrofoam oleh pengusaha kuliner di Aceh. Dengan adanya usaha produksi Evator Bio-Foam di Aceh maka calon pelanggan bisa mendapatkan produk kemasan styrofoam tanpa dibebani biaya pengiriman yang relatif mahal.

Dewasa ini, gaya hidup sehat dan sadar lingkungan juga sudah banyak diterapkan oleh pemerintah dan masyarakat Indonesia. Evator Bio-Foam dengan sifatnya yang biodegradable dan terbuat dari bahan organik pun hadir sebagai solusi dari banyaknya isu lingkungan yang disebabkan oleh sampah plastik. Keunggulan-keunggulan yang telah disebutkan

tersebut merupakan faktor-faktor yang memastikan kelangsungan usaha produksi kemasan Evator Bio-Foam.

Dukungan dari pemerintah diharapkan dapat mempercepat pengembangan usaha ini agar dapat berkembang dan bersaing di pasar yang lebih besar. Hal ini penting karena Evator Bio-Foam tidak hanya bertujuan untuk meraih keuntungan finansial, tetapi juga berkontribusi dalam menyediakan kemasan yang aman, ramah lingkungan, dan praktis bagi masyarakat Indonesia, serta mendukung penerapan budaya zero waste di tanah air.

### 4. Evaluasi Hasil Kegiatan

Evaluasi hasil kegiatan dilakukan dengan menggunakan kuesioner untuk mengukur pemahaman mahasiswa sebelum dan setelah kegiatan. Kuesioner tersebut disusun dengan skala Likert untuk memperoleh Gambaran tentang tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi yang telah diajarkan. Pertanyaan sebelum kegiatan mencakup pemahaman:

#### a. Lingkungan

1. Saya memahami dampak negatif limbah plastik dan styrofoam terhadap lingkungan.
2. Saya tahu tentang produk biodegradable sebagai alternatif ramah lingkungan.
3. Saya menyadari pentingnya mengurangi penggunaan bahan yang sulit terurai.

#### b. Teknologi Produksi

1. Saya mengetahui bahan dasar untuk membuat produk bio-degradable seperti Evator Bio-Foam.
2. Saya memahami proses pembuatan produk biodegradable.

#### c. Kewirausahaan

1. Saya tahu langkah-langkah dasar untuk memulai bisnis.
2. Saya memahami konsep pemasaran produk berbasis digital.
3. Saya mengetahui cara menentukan harga jual produk.

#### d. Motivasi dan Kesiapan

1. Saya tertarik untuk terlibat dalam kegiatan yang berorientasi pada kewirausahaan.
  2. Saya merasa siap untuk memulai usaha berbasis produk ramah lingkungan.
- Skala yang sama (1–5) digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman setelah kegiatan dengan pertanyaan berikut.
- a. Pemahaman Lingkungan
    1. Saya lebih memahami dampak negatif limbah plastik dan styrofoam terhadap lingkungan setelah kegiatan ini.
    2. Saya dapat menjelaskan manfaat produk biodegradable untuk lingkungan.
    3. Saya lebih sadar pentingnya keberlanjutan dalam memilih dan memproduksi produk.
  - b. Pemahaman Teknologi Produksi
    1. Saya memahami bahan dasar pembuatan Evator Bio-Foam.
    2. Saya dapat menjelaskan proses produksi Evator Bio-Foam dengan detail.
    3. Saya mampu membuat prototipe produk Evator Bio-Foam secara mandiri.
  - c. Pemahaman Kewirausahaan
    1. Saya memahami cara menyusun rencana bisnis sederhana.
    2. Saya mengetahui strategi pemasaran digital untuk mempromosikan produk.
    3. Saya merasa lebih yakin dalam menghitung biaya produksi dan menetapkan harga jual.
  - d. Motivasi dan Kesiapan
    1. Saya lebih tertarik untuk memulai usaha berbasis produk ramah lingkungan setelah kegiatan ini.
    2. Saya merasa lebih siap untuk memulai bisnis berkelanjutan.

Skor rata-rata setiap kategori (A–D) dibandingkan (Tabel 1).

**Tabel 1. Perbandingan Skor Rata-Rata**

Kategori	Rata-rata Pre-Test	Rata-rata Post-Test	Peningkatan Skor
A. Pemahaman Lingkungan	4,2	4,7	0,5
B. Pemahaman Teknologi Produksi	3,9	4,5	0,6
C. Pemahaman Kewirausahaan	3,8	4,6	0,8
D. Motivasi dan Kesiapan	4,0	4,4	0,4

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Peningkatan lebih dari 0,5 poin di setiap kategori menunjukkan bahwa kegiatan ini efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Kategori motivasi dan kesiapan menunjukkan sedikit peningkatan sehingga metode pengajaran atau materi yang tidak dipahami dengan baik perlu diperbaiki.

Jumlah produk yang dihasilkan, kualitasnya, dan respons pasar juga dievaluasi. Evaluasi jumlah produk yang dihasilkan bertujuan untuk melihat kapasitas produksi dan efisiensi proses produksi yang dilakukan oleh mahasiswa. Evaluasi dilakukan dengan cara menentukan target produksi yang diharapkan untuk diproduksi dalam jangka waktu selama workshop. Pencatatan dilakukan setiap kali produk selesai diproduksi. Produk yang cacat dan produk yang memenuhi standar kualitas dipastikan untuk dihitung. Jumlah produk yang diproduksi dibandingkan dengan sasaran yang telah ditentukan. Jika target tercapai atau melebihi, itu menunjukkan bahwa proses produksi berjalan dengan baik. Jika jumlah produk yang dihasilkan jauh dari target, hambatan atau masalah dalam proses diidentifikasi, seperti keterbatasan sumber daya, keterampilan produksi, atau waktu yang tidak cukup. Contoh: target produksi: 100 buah/batch. Jumlah produk yang dihasilkan: 95 buah. Hasil evaluasi: Tingkat pencapaian produksi = 95% dari target.

Kualitas produk Evator Bio-Foam adalah aspek penting yang harus diperhatikan,

terutama untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar fungsionalitas dan keamanan. Standar kualitas untuk produk meliputi ketahanan, fleksibilitas, ketebalan, dan daya tahan terhadap kelembaban. Ini bisa dilakukan dengan membuat kriteria penilaian yang jelas. Uji kualitas terhadap produk yang dihasilkan juga dilakukan (Saha, 2022), meliputi uji ketahanan bahan, kekuatan produk, dan ketahanan terhadap air. Pendapat dari pihak yang terlibat dalam pengujian produk diminta, seperti mahasiswa, dosen, atau pihak lain yang sudah menggunakan produk. Konsistensi kualitas dicek di setiap batch produksi. Semua produk dipastikan memiliki kualitas yang seragam. Contoh: kriteria kualitas adalah ketahanan terhadap air, ketebalan, dan bentuk produk. Ketahanan bahan bio-foam diuji dengan merendam produk dalam air selama 12 jam, mengukur perubahan dimensi, dan menilai ketahanannya. Jika 90% dari produk yang diuji memenuhi kriteria maka produk dapat dianggap berkualitas baik.

Evaluasi respon pasar berfungsi untuk mengetahui bagaimana konsumen atau calon pelanggan merespons produk Evator Bio-Foam. Respons pasar memberikan wawasan apakah produk dapat diterima dan diminati oleh pasar. Uji pasar produk dilakukan dengan memasarkan dalam skala kecil atau terbatas. Misalnya, produk ditawarkan pada komunitas kampus atau acara tertentu. Setelah produk dipasarkan, survei dilakukan untuk mengumpulkan pendapat dari konsumen terkait dengan kepuasan terhadap produk (fungsi, kualitas, tampilan), kemudahan penggunaan (misalnya kemasan untuk makanan), dan persepsi terhadap keberlanjutan dan ramah lingkungan. Tingkat penjualan produk diukur, jika ada, atau minat pasar terhadap produk melalui pemesanan awal atau antusiasme pelanggan. Interaksi dengan produk dianalisis melalui platform pemasaran digital, seperti e-commerce. Jumlah like, komentar, dan pembelian atau permintaan informasi lebih lanjut diperhatikan. Contoh: penjualan 50 buah produk di kampus. 80% mahasiswa yang

membeli memberikan rating “baik” atau “sangat baik” untuk kualitas dan fungsionalitas produk. Setelah kampanye pemasaran di media sosial, ada 200 orang yang menyatakan minat untuk membeli produk di batch berikutnya.

Setelah evaluasi tersebut, hasilnya dianalisis untuk menentukan langkah selanjutnya. Jika jumlah produk yang dihasilkan rendah atau ada masalah dalam proses produksi, perbaikan dilakukan dengan menambah alat, pelatihan, atau mengoptimalkan teknik produksi. Jika kualitas produk tidak memenuhi harapan, penyesuaian dilakukan dalam bahan baku atau teknik pembuatan. Percobaan dilakukan untuk meningkatkan hasilnya. Jika response pasar rendah, strategi pemasaran diperbaiki atau pendekatan lain dicoba, seperti promosi di event yang lebih besar atau kolaborasi dengan organisasi lingkungan. Penargetan pasar yang lebih luas juga dipertimbangkan. Dengan cara ini, mahasiswa dapat mengevaluasi jumlah produk, kualitasnya, dan respons pasar secara sistematis dan memberikan wawasan untuk perbaikan produk atau strategi bisnis di masa depan.

Aspek finansial, teknis, dan pasar juga ditinjau untuk memastikan bahwa usaha ini layak secara ekonomi dan memberikan keuntungan yang cukup untuk mahasiswa yang akan mengelolanya. Semua biaya awal yang diperlukan dihitung, seperti bahan baku (sekam padi, bibit jamur), alat produksi, pelatihan, dan biaya pemasaran. Contoh: bahan baku: Rp. 1.000.000, alat produksi: Rp. 3.300.000, biaya pemasaran: Rp 700.000, dan total modal awal: Rp 5.000.000. Biaya untuk bahan baku, tenaga kerja, dan overhead per unit produk juga dihitung. Contoh: biaya bahan baku: Rp. 1.875/unit, biaya tenaga kerja: Rp. 1.250/unit, dan total biaya per unit: Rp 3.125. Harga jual produk ditetapkan dengan mempertimbangkan biaya produksi serta margin keuntungan yang diharapkan. Contoh: harga jual: Rp. 5.000/unit, dan margin keuntungan: Rp 1.875/unit (37,5%). Laba bersih dihitung berdasarkan target penjualan. Contoh: target penjualan: Rp 1.000/unit, total pendapatan: Rp 5.000.000,

total biaya: Rp 3.125.000, dan laba bersih: Rp 1.875.000. Titik impas (Break-Even Point, BEP) dihitung untuk menentukan jumlah unit produk yang perlu terjual agar modal awal dapat kembali. Contoh: BEP = Total Modal Awal/Margin per Unit.  $BEP = Rp\ 5.000.000/Rp\ 1.875 = 2.668$  unit. Jika BEP dapat dicapai dalam waktu singkat (misalnya 3–6 bulan), program ini layak secara finansial. Margin keuntungan dipastikan mencukupi untuk mendukung keberlanjutan usaha.

Bahan baku (sekam padi dan bibit jamur) dipastikan tersedia secara lokal dan mudah diakses. Peralatan produksi yang digunakan dievaluasi apakah sederhana, terjangkau, dan mudah dioperasikan oleh mahasiswa. Kemampuan mahasiswa dalam memproduksi produk secara konsisten diuji, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Contoh: target produksi: 100 unit/hari dan hasil aktual 90–110 unit/hari. Mahasiswa juga ditinjau apakah sudah menerima pelatihan yang memadai terkait proses produksi, pengelolaan bahan baku, dan pengujian kualitas. Panduan teknis yang dapat diakses dipastikan ada jika mereka menghadapi masalah. Standar kualitas ditetapkan untuk produk evator bio-foam (misalnya daya tahan, ukuran, ketebalan). Evaluasi dilakukan terhadap konsistensi kualitas produk. Jika mahasiswa dapat memproduksi dengan efisiensi tinggi, bahan baku mudah diakses, dan kualitas produk terjaga maka aspek teknis dianggap layak.

Aspek pasar menilai potensi penerimaan produk oleh konsumen dan peluang keberlanjutan bisnis. Survei dilakukan untuk mengetahui tingkat minat konsumen terhadap produk ramah lingkungan seperti Evator Bio-Foam. Kebutuhan pasar lokal atau regional ditinjau terhadap pengganti plastik dan styrofoam. Segmen pasar yang relevan diidentifikasi, seperti: restoran dan katering yang membutuhkan kemasan makanan ramah lingkungan, event atau kegiatan komunitas yang berfokus pada keberlanjutan, dan konsumen individu yang peduli pada lingkungan. Strategi pemasaran yang efektif dipastikan ada, seperti promosi melalui media

sosial, kolaborasi dengan komunitas, atau pemasaran langsung. Contoh: kampanye di media sosial tentang produk ramah lingkungan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat. Harga jual produk dibandingkan dengan produk plastik atau styrofoam konvensional. Jika lebih mahal, nilai tambah (ramah lingkungan, aman, dapat terurai) dipastikan dapat dikomunikasikan dengan baik kepada konsumen. Uji pasar dilakukan untuk mengukur minat konsumen. Produk dijual kepada 50 konsumen uji. Tingkat kepuasan: 85% puas atau sangat puas. Minat membeli ulang: 80% menyatakan bersedia membeli kembali. Jika permintaan pasar tinggi dan konsumen bersedia membayar harga yang ditawarkan, produk memiliki potensi pasar yang baik.

Pendampingan diberikan selama beberapa bulan setelah program untuk membantu mahasiswa mengembangkan usahanya. Tujuannya adalah meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam proses produksi, pengelolaan bahan baku, dan kontrol kualitas produk. Pelatihan lanjutan produksi diberikan untuk memperdalam Teknik pembuatan Evator Bio-Foam, termasuk pengoptimalan waktu produksi, pengurangan limbah, dan peningkatan efisiensi. Mahasiswa diajarkan tentang standar kualitas produk, seperti ketahanan, bentuk, dan keamanan bahan. Pengadaan alat bersama dapat menyediakan akses ke alat produksi yang lebih canggih melalui model kepemilikan bersama (misalnya koperasi mahasiswa). Pendampingan finansial juga dilakukan untuk membantu mahasiswa memahami dan mengelola aspek keuangan usaha. Cara mencatat pemasukan, pengeluaran, dan menghitung laba diajarkan. Aplikasi sederhana untuk pembukuan (misalnya buku kas, excel) dikenalkan. Simulasi scenario finansial diberikan untuk memahami dampak biaya, harga jual, dan margin. Mahasiswa dihubungkan dengan lembaga pendukung, seperti inkubator bisnis kampus atau komunitas wirausaha muda. Mahasiswa dibantu mendapatkan akses ke program pendanaan

startup atau hibah dari Universitas Syiah Kuala.

Pendampingan pemasaran dilakukan untuk membantu mahasiswa menjangkau dan meningkatkan daya saing produk. Mahasiswa dibimbing dalam menyusun strategi pemasaran, termasuk branding, penentuan harga, dan distribusi. Cara memanfaatkan platform digital juga diajarkan seperti Instagram, TikTok, atau marketplace (Shopee, Tokopedia). Pembuatan konten kreatif didampingi untuk menarik konsumen seperti video produk dan testimoni. Koneksi mahasiswa diperluas dengan memperkenalkan mereka kepada pelaku usaha terkait, seperti catering atau restoran.

Pendampingan regulasi dilakukan untuk membantu mengurus izin usaha dan sertifikasi yang diperlukan. Mahasiswa dibimbing untuk mendaftarkan usaha mereka, contohnya melalui OSS (Online Single Submission), guna memperoleh NIB (Nomor Induk Berusaha). Pengurusan sertifikasi keamanan produk (BPOM) didampingi jika relevan. Cara melindungi merek atau inovasi mereka diajarkan melalui pendaftaran hak cipta. Pendampingan operasional juga dilakukan. Melalui pendekatan yang terintegrasi di aspek teknis, finansial, pemasaran, legalitas, dan operasional, mahasiswa dapat lebih percaya diri dan kompeten dalam mengembangkan bisnis berkelanjutan ini.

Produk yang dihasilkan dalam kegiatan ini adalah Evator Bio-Foam, sebuah kemasan makanan berbasis bahan alami yang dirancang sebagai alternatif pengganti Styrofoam. Produk ini dikembangkan menggunakan sekam padi sebagai bahan utama, yang dicampur dengan tepung kedelai dan ragi melalui proses fermentasi untuk menghasilkan struktur busa yang ringan, kokoh, dan mudah terurai secara alami. Dalam uji coba produksi, Evator Bio-Foam terbukti mampu menahan beban hingga 2 kg, memiliki daya tahan terhadap kelembaban, serta terurai dalam waktu sekitar 60 hari dalam kondisi lingkungan alami.

Selain keunggulan dan biodegradabilitasnya, produk ini dinilai positif

oleh mahasiswa dan pengguna awal karena desainnya yang ergonomis dan aman untuk penggunaan makanan. Responden dalam uji pasar menyatakan bahwa produk ini menarik, praktis, dan relevan dengan kebutuhan kemasan ramah lingkungan saat ini. Melalui pendekatan berbasis wirausaha, mahasiswa juga dilibatkan dalam proses produksi, penentuan harga jual, strategi pemasaran digital, serta evaluasi kualitas produk, yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman mereka terhadap konsep bisnis berkelanjutan. Dengan demikian, Evator Bio-Foam tidak hanya menjadi hasil nyata dari inovasi berbasis lingkungan, tetapi juga sebagai media pembelajaran praktis bagi mahasiswa untuk mengembangkan jiwa kewirausahaan yang berorientasi pada keberlanjutan.



**Gambar 1. Pembuatan Evator Bio-Foam**  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)



**Gambar 2. Pelatihan Bisnis dan Inovasi**  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

## SIMPULAN

Program pengembangan Evator Bio-Foam berbasis wirausaha telah berhasil meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap inovasi produk ramah lingkungan dan kewirausahaan. Hasil survei dan uji pasar menunjukkan potensi besar untuk memperluas skala produksi. Hasil korelasi menunjukkan bahwa mahasiswa yang memiliki pemahaman yang baik tentang dampak negatif styrofoam, lebih mendukung produk biodegradable, dan sadar akan pentingnya keberlanjutan, cenderung lebih tertarik untuk menggunakan produk seperti Evator-Bio-Foam. Strategi ini menjadi model edukasi alternatif untuk mendukung pelestarian lingkungan sekaligus membuka peluang bisnis berkelanjutan.

Strategi inovasi yang diterapkan mencakup pemilihan bahan baku yang murah dan melimpah, proses produksi sederhana menggunakan autoclave, serta pendekatan pemasaran awal berbasis komunitas kampus. Keberlanjutan program didukung oleh empat faktor utama: ketersediaan bahan baku lokal, teknologi produksi sederhana, potensi pasar yang terus berkembang seiring meningkatnya kesadaran lingkungan, dan pembekalan keterampilan bisnis kepada mahasiswa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala atas dukungan fasilitas dan pendanaan dalam pelaksanaan program ini. Terima kasih juga kepada para staf Laboratorium Teknologi Proses yang telah memberikan masukan berharga selama pelaksanaan program ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arancon, R. A. D., Lin, C. S. K., Chan, K. M., Kwan, T. H., & Luque, R. (2013). Advances on waste valorization: New horizons for a more sustainable society. *Energy Science and Engineering*, 1(2), 53–71. <https://doi.org/10.1002/ese3.9>
- 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), 1–7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25–29. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Li, D. (2025). Impact of green advertisement and environmental knowledge on intention of consumers to buy green products. *BMC Psychology*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40359-025-0253-8-x>
- Moshhood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. (2022). Sustainability of biodegradable plastics: new problem or solution to solve the global plastic pollution? *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100273. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crcs.2022.100273>
- Pandey, A., Arputharaj, A., Vigneswaran, A., Raja, A. S. M., Kumar, T. S., Patil, S., Kumar, P. S., Raja, D., & Pandiselvam, R. (2025). Advancement in biodegradable foam for packaging, filtration, thermal insulation, and medical application: A review. *Waste Biomass Valor*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12649-025-03183-6>
- Saha, N. C. (2022). Testing and quality evaluation of packaging materials and packages. In *Food Packaging. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-4233-3\\_8](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-4233-3_8)
- Shamsollahi, Z., & Partovinia, A. (2019). Recent advances on pollutants removal by rice husk as a bio-based adsorbent: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 246, 314–323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.145>
- Sun, J., Zhao, Z., Pang, Y., Liu, J., Zhang, W., Wang, B., Xu, L., Guo, H., & Liu, Y. (2023). The facile and efficient fabrication of rice/poly (lactic acid) foam composites by coordinated the interface combination and bubble hole structure. *International Journal of Biological Macromolecules*, 234, 123734. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123734>

- Wang, X., Jang, J., Su, Y., Liu, J., Zhang, H., He, Z., & Ni, Y. (2024). Starting materials, processes and characteristics of bio-based foams: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 9, 160–173.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbab.2024.01.004>
- Wong, S., Ngadi, N., Inuwa, I. M., & Hassan, O. (2018). Recent advances in applications of activated carbon from biowaste for wastewater treatment: A short review. *Journal of Cleaner Production*, 175, 361–375.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.059>