

Penerapan Komposter Pintar Berbasis IoT dan Energi Surya untuk Edukasi dan Reduksi Limbah Makanan di SMA Al-Mishbah Banda Aceh

Rika Sri Utami¹, Yusuf Diva F Damanik¹, Muhammad Habib¹, Fathurrahman Fathurrahman¹, Rachmawati Rachmawati², dan Yunida Yunida^{1*},

¹Departemen Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Syeh Abdurrauf no 7, Darussalam, Banda Aceh, 23111

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km 280,3 Buketrata, Lhokseumawe, 42785

*e-mail: yunida@usk.ac.id

Abstrak— Pemborosan makanan merupakan tantangan lingkungan yang signifikan dan kerap terjadi di lingkungan sekolah akibat minimnya edukasi mengenai pengelolaan limbah organik. Berdasarkan data dari Bappenas, satu rumah tangga di Indonesia dapat menghasilkan hingga 1 kg limbah makanan per hari. SMA Al-Mishbah Banda Aceh menghadapi permasalahan serupa, yang ditangani melalui program pengabdian masyarakat bertajuk *Nutri Revive: IoT Food Waste Composter*. Program ini menerapkan komposter pintar berbasis IoT dan energi surya yang terhubung ke aplikasi mobile untuk memantau suhu, kelembapan, volume, dan status operasional secara real-time. Selama satu tahun, kegiatan meliputi perancangan alat, pelatihan kepada 40 siswa, pengumpulan sampah makanan, hingga integrasi sistem pemasaran berbasis dropshipping. Hasil pelaksanaan menunjukkan penurunan signifikan volume limbah, peningkatan keterampilan siswa dalam produksi dan distribusi kompos, serta terbukanya peluang kewirausahaan dengan skema insentif. Kolaborasi dengan pengusaha lokal seperti panglong kayu dan petani turut memperluas dampak lingkungan program. Monitoring dan evaluasi sistem menunjukkan efektivitas teknologi dalam meningkatkan efisiensi proses komposting. Program ini membuktikan bahwa integrasi teknologi hijau dan pemberdayaan pelajar dapat menjadi strategi berkelanjutan dalam membangun budaya sekolah yang ramah lingkungan.

Kata kunci: *Komposter pintar, internet-of-things (IoT), energi surya, limbah makanan, pemberdayaan siswa*

Abstract— Food waste is a significant environmental challenge, frequently occurring in school environments due to the lack of education on organic waste management. According to data from Bappenas, a single household in Indonesia can generate up to 1 kg of food waste per day. SMA Al-Mishbah Banda Aceh faces similar issues, which were addressed through a community service program titled *Nutri Revive: IoT Food Waste Composter*. This program implemented a smart composter powered by IoT and solar energy, integrated with a mobile application that monitors temperature, humidity, volume, and operational status in real-time. Over the course of one year, the activities included system design, technical training for 40 students, daily food waste collection, and the establishment of a marketing system based on dropshipping. The program outcomes demonstrated a significant reduction in food waste volume, enhanced student skills in compost production and distribution, and the creation of entrepreneurial opportunities through incentive schemes. Collaboration with local partners, including sawmill owners and farmers, further expanded the program's environmental impact. Monitoring and evaluation confirmed the effectiveness of the system in improving the efficiency of composting processes. This program proves that integrating green technology with student empowerment can serve as a sustainable strategy for building environmentally conscious school communities.

Keywords: *Smart composter, internet-of-things (IoT), solar energy, food waste, student empowerment*

I. PENDAHULUAN

Masalah limbah makanan telah menjadi perhatian global yang berdampak langsung terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Di Indonesia, pengelolaan limbah organik belum sepenuhnya optimal, baik di tingkat rumah tangga maupun institusi pendidikan. Penelitian menunjukkan bahwa kurangnya edukasi mengenai pemilahan dan pengolahan sampah menjadi salah satu

penyebab utama masih tingginya volume sampah organik yang terbuang sia-sia [1]. Selain itu, minimnya fasilitas pendukung dan rendahnya kesadaran masyarakat turut memperparah kondisi tersebut [2].

Lingkungan sekolah sebagai bagian dari masyarakat memiliki peran strategis dalam membentuk kebiasaan dan kesadaran lingkungan sejak dini. Namun demikian, fakta di lapangan menunjukkan bahwa banyak sekolah, termasuk SMA Al-Mishbah di Banda Aceh, masih menghadapi

tantangan besar dalam hal pengelolaan sampah organik. Beberapa studi mengungkapkan bahwa pemanfaatan sampah organik melalui komposting belum banyak diterapkan secara sistematis di sekolah-sekolah, meskipun memiliki potensi besar dalam mendukung program lingkungan [3], [4].

Salah satu permasalahan utama dalam pengelolaan sampah di sekolah adalah rendahnya literasi lingkungan dan minimnya teknologi pendukung. Padahal, dampak dari penanganan sampah yang tidak tepat seperti pembakaran sembarangan dapat memicu pencemaran udara yang membahayakan kesehatan [5]. Sejalan dengan perkembangan teknologi, pendekatan berbasis *Internet of Things* (IoT) mulai dimanfaatkan dalam sistem monitoring lingkungan, termasuk pengelolaan sampah dan pencemaran udara [6], [7].

Penggunaan teknologi IoT dalam sistem komposter pintar telah dikembangkan untuk memudahkan pemantauan proses pengomposan secara otomatis, sekaligus meningkatkan efisiensi pengolahan limbah makanan [8]. Namun, teknologi ini belum banyak diintegrasikan secara langsung dalam konteks pendidikan dan pemberdayaan siswa. Di sisi lain, ketersediaan energi di lingkungan sekolah juga menjadi tantangan, terutama dalam konteks efisiensi dan keberlanjutan. Oleh karena itu, pemanfaatan panel surya (*solar energy*) menjadi solusi alternatif untuk mendukung operasional sistem IoT secara mandiri dan ramah lingkungan [9], [10].

Melalui kegiatan pengabdian ini, tim pelaksana mengembangkan dan menerapkan sistem Komposter Pintar berbasis IoT dan energi surya di SMA Al-Mishbah. Kegiatan ini tidak hanya bertujuan untuk mengurangi limbah makanan secara signifikan, tetapi juga untuk meningkatkan literasi teknologi dan kepedulian lingkungan siswa. Dengan menggabungkan pendekatan teknologi dan edukasi berbasis praktik, kegiatan ini diharapkan mampu menciptakan budaya sekolah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk:

- Menerapkan sistem Komposter Pintar berbasis IoT dan energi surya di lingkungan SMA Al-Mishbah Banda Aceh sebagai solusi pengelolaan limbah makanan secara efisien dan ramah lingkungan;
- Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam pengolahan limbah makanan melalui pendekatan berbasis teknologi dan praktik langsung;
- Menumbuhkan kesadaran dan kepedulian lingkungan dalam komunitas sekolah, khususnya dalam aspek pemilahan dan pengelolaan sampah organik;
- Mendorong semangat kewirausahaan siswa melalui pemanfaatan hasil kompos sebagai produk bernilai ekonomis; dan
- Mengintegrasikan edukasi lingkungan dengan teknologi terapan dalam proses pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*).

Adapun manfaat dari kegiatan ini antara lain:

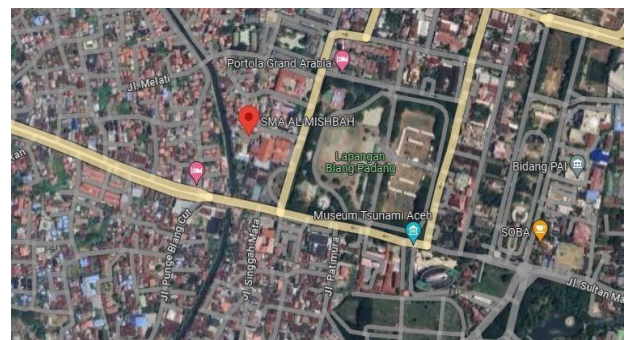
- Tersedianya infrastruktur pengelolaan limbah makanan yang inovatif, mandiri, dan hemat energi di lingkungan sekolah;
- Terbentuknya kebiasaan positif siswa dalam mengelola sampah organik, mulai dari pemilahan hingga pemanfaatan hasil kompos;
- Meningkatnya kapasitas literasi digital dan lingkungan siswa sebagai modal penting menghadapi tantangan masa depan;

- Terbukanya peluang pengembangan unit usaha berbasis lingkungan yang dapat dikelola oleh OSIS atau kelompok siswa;
- Terciptanya model replikasi pengelolaan limbah sekolah berbasis teknologi yang dapat diadopsi oleh sekolah lain di wilayah Banda Aceh dan sekitarnya.

II. METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

A. Lokasi Kegiatan

Kegiatan ini dilaksanakan di Yayasan SMA Al-Mishbah yang beralamat di Jalan Prof. A. Majid Ibrahim, Gampong Punge Jurong, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia dengan peta lokasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Adapun jangka waktu pelaksanaan kegiatan ini berlangsung selama tujuh bulan, yaitu dari November 2023 hingga Mei 2024. SMA Al-Mishbah memiliki luas lahan sebesar 4.489 m², dan terdapat 40 siswa yang terlibat secara aktif dalam pelaksanaan proyek ini.



Gambar 1. Lokasi SMA AL-Mishbah Banda Aceh

B. Pengumpulan Data

Pelaksanaan kegiatan pengabdian di SMA Al-Mishbah ini diawali dengan pengumpulan data primer dan sekunder guna memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap kondisi lapangan serta kebutuhan mitra. Adapun teknik yang digunakan dijabarkan sebagai berikut:

1) Data primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara. Observasi dilakukan dengan mengunjungi langsung wilayah Gampong Punge Jurong, khususnya area sekolah, guna meninjau situasi dan kondisi lingkungan secara menyeluruh. Kegiatan ini membantu tim memahami pola pengelolaan sampah di sekolah dan kebiasaan konsumsi warga sekolah, sekaligus menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan SMA Al-Mishbah sebagai lokasi implementasi proyek. Selain observasi, tim juga melakukan wawancara dengan aparat desa, kepala sekolah, serta beberapa siswa. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi lebih mendalam terkait kondisi aktual sekolah, permasalahan pengelolaan sampah yang dihadapi, serta tanggapan dan kesiapan warga sekolah dalam menerima dan menjalankan program pengelolaan limbah berbasis teknologi.

2) Data Sekunder

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen dan arsip resmi milik SMA Al-Mishbah. Data tersebut mencakup informasi tentang jumlah peserta didik, estimasi volume sampah makanan yang dihasilkan setiap hari, serta laporan keluhan dari pihak sekolah terkait belum

optimalnya sistem pengelolaan limbah. Selain itu, data tambahan juga diperoleh melalui keterangan siswa yang memberikan gambaran tentang rutinitas kegiatan sekolah, kondisi fasilitas yang tersedia, dan kebiasaan pengelolaan makanan di lingkungan sekolah. Keseluruhan data tersebut menjadi dasar penting dalam merancang dan menyesuaikan implementasi teknologi yang tepat guna dan sesuai dengan kondisi mitra.

C. Persiapan Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam kegiatan ini berupa sebuah wadah komposter yang telah terintegrasi dengan perangkat IoT. Integrasi ini berfungsi untuk memudahkan proses pemantauan, pemeliharaan, dan pengelolaan produksi pupuk secara otomatis dan efisien. Adapun bahan baku yang digunakan dalam proses komposting berasal dari sampah organik atau limbah makanan yang dikumpulkan secara rutin oleh para siswa dari aktivitas harian di lingkungan sekolah.

D. Pengembangan IoT dan Aplikasi Bantu Monitoring

Pada tahap pengembangan IoT dan aplikasi pendukung, tim berfokus pada pembuatan fitur-fitur yang dapat memudahkan siswa dalam melakukan monitoring terhadap proses produksi dan pengelolaan pupuk kompos. Aplikasi ini dirancang untuk terhubung secara langsung dengan sensor yang mampu mendeteksi parameter penting seperti suhu, kelembapan, volume, dan berat kompos. Selain fungsi pemantauan, aplikasi ini juga dilengkapi dengan fitur manajemen stok dan pencatatan penjualan, sehingga dapat berfungsi sebagai sistem pembukuan otomatis. Dengan demikian, seluruh proses operasional, mulai dari produksi hingga distribusi hasil kompos, dapat berjalan lebih efisien, terstruktur, dan terdokumentasi dengan baik.

E. Sosialisasi Pemilahan Sampah

Kegiatan sosialisasi difokuskan pada pemberian pemahaman tentang pemilahan sampah dan keterampilan praktis kepada siswa terkait operasional alat bantu monitoring, proses pembuatan pupuk kompos, serta pengetahuan mengenai standar volume dan kualitas kompos yang optimal. Selain itu, siswa juga diberikan pembekalan mengenai strategi optimasi sistem pemasaran dan penjualan hasil kompos, guna mendukung keberlanjutan program dan mendorong jiwa kewirausahaan di lingkungan sekolah.

F. Pemberdayaan dan Peningkatan Pendapatan melalui Sosialisasi Perwujudan Perilaku Peduli Sampah

Setelah siswa dibekali dengan fasilitas dan pengetahuan teknis, kegiatan dilanjutkan dengan sosialisasi dan pelatihan lanjutan yang bertujuan untuk membentuk perilaku peduli terhadap sampah sekaligus memberdayakan siswa dalam aspek kewirausahaan. Dalam kegiatan ini, siswa mengikuti pemaparan materi dan praktik langsung mengenai pembuatan pupuk kompos, identifikasi segmentasi pasar yang potensial, strategi media penjualan dan promosi, serta pemahaman terhadap tren dan preferensi konsumen.

Sosialisasi ini dilaksanakan secara rutin dan diperkaya dengan diskusi bersama masyarakat sekitar yang turut terlibat dalam distribusi hasil produksi sebagai *dropshipper*. Diskusi difasilitasi oleh dosen pembimbing dan tim pelaksana sebagai forum berbagi pengalaman, strategi

penjualan, serta tantangan lapangan antar pelaku distribusi. Dengan pendekatan ini, kegiatan pengabdian tidak hanya berfokus pada aspek edukatif, tetapi juga mendorong terciptanya jejaring ekonomi berbasis lingkungan.

G. Monitoring, Evaluasi, dan Kajian Peningkatan Mutu

Sebagai bagian dari upaya keberlanjutan program, dilakukan monitoring dan evaluasi secara berkala untuk menilai efektivitas proses pemberdayaan siswa dan kinerja sistem yang telah diimplementasikan. Kegiatan evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai kendala teknis maupun non-teknis yang berpotensi menghambat keberhasilan program, serta merumuskan strategi perbaikannya.

Parameter yang digunakan dalam proses evaluasi meliputi kualitas dan kuantitas pupuk kompos yang dihasilkan, biaya perawatan dan pemasangan sistem, kemudahan replikasi alat, serta kinerja sensor dan aplikasi IoT dalam proses monitoring. Selain itu, dilakukan pula kajian terhadap peningkatan pendapatan siswa sebelum dan sesudah terlibat dalam kegiatan produksi dan distribusi, sebagai indikator dampak ekonomi dari program pengabdian ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Awal Prototipe Pengolahan Pupuk Organik

Pada tahap awal, perancangan sistem prototipe pengolahan pupuk organik dilakukan selama tiga minggu pertama pada kuartal pertama pelaksanaan kegiatan. Alat utama yang digunakan berupa wadah komposter yang telah terintegrasi dengan perangkat IoT untuk mendukung proses pemantauan dan otomatisasi pengolahan pupuk. Adapun bahan baku yang digunakan berasal dari sampah organik atau limbah makanan harian yang dikumpulkan secara langsung oleh siswa.

Prototipe sistem IoT *Food Waste Composter* dirancang melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah inisialisasi mikrokontroler ESP8266 dan sensor-sensor pendukung sebagai pusat kendali dan akuisisi data. Sistem dilengkapi dengan sensor DHT11 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam komposter. Ketika data suhu memenuhi nilai ambang yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan motor pengaduk untuk mengoptimalkan kondisi biologis sampah organik. Jika parameter suhu belum stabil, sistem akan melakukan pemantauan ulang secara berkala hingga mencapai kondisi optimal.

Tahap berikutnya adalah pengukuran kelembapan material kompos menggunakan *Soil Moisture Sensor*. Data kelembapan ini kemudian dikirimkan secara serial ke modul ESP8266, yang selanjutnya terhubung ke jaringan Wi-Fi dan dikirim ke server menggunakan Firebase API. Semua data akan tersimpan dalam Firebase Database dan dapat diakses melalui aplikasi mobile dengan tampilan yang informatif dan visual.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan *Ultrasonic Sensor* yang digunakan untuk mengukur volume atau berat limbah dalam wadah. Data volume ini kemudian dikombinasikan dengan data suhu dan kelembapan untuk membentuk satu paket informasi yang dikirim secara real-time ke server dan ditampilkan dalam aplikasi monitoring.

Jika seluruh parameter telah berada pada kondisi optimal, sistem akan melanjutkan ke tahap akhir berupa penyelesaian proses dekomposisi dan produksi pupuk kompos padat.

Produk akhir ini kemudian dikemas dan siap untuk didistribusikan melalui kegiatan pemasaran dan penjualan yang melibatkan siswa sebagai mitra usaha.

Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan kemampuan teknologi IoT dalam mengotomatisasi proses pengolahan pupuk organik, memungkinkan pemantauan jarak jauh, dan menghadirkan efisiensi operasional melalui integrasi aplikasi mobile. Dengan pendekatan ini, kegiatan pengelolaan limbah makanan menjadi lebih terstruktur, teratur, dan memberikan nilai tambah dalam bentuk produk yang siap pakai dan bernilai ekonomi.

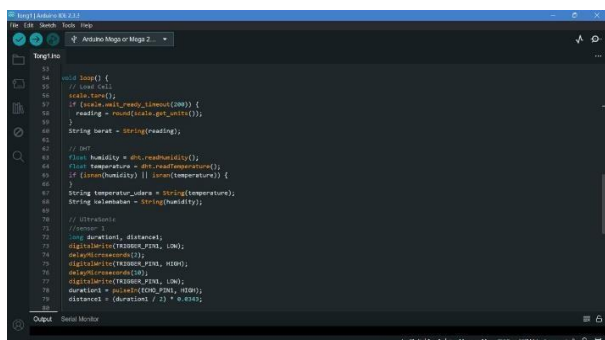
B. Pengembangan Prototipe berbasis IoT dan Tenaga Surya dengan Aplikasi Monitoring

Pengembangan prototipe dimulai dengan proses pemrograman menggunakan Arduino IDE yang dapat dilihat pada Gambar 2. Hal ini bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen elektronik agar dapat berfungsi dalam satu sistem berbasis IoT. Rangkaian pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak yang terhubung secara *real-time*.

Dalam sistem ini, ESP8266 berperan sebagai pusat kendali utama yang mengoordinasikan berbagai sensor, antara lain: DHT11 yang berfungsi untuk memantau suhu dan kelembapan udara di dalam komposter; *Soil Moisture Sensor* untuk mengukur tingkat kelembapan bahan organik; serta *Ultrasonic Sensor* yang digunakan untuk mendeteksi volume atau berat limbah yang dimasukkan ke dalam wadah pengomposan. Semua data yang dikumpulkan oleh sensor akan diproses oleh ESP8266 dan dikirimkan melalui modul komunikasi nirkabel [6].

Selanjutnya, data yang telah diproses akan dikirim dan disimpan ke cloud server menggunakan Firebase Realtime Database sebagai pusat penyimpanan data daring. Informasi ini dapat diakses secara real-time melalui aplikasi mobile monitoring yang dikembangkan khusus untuk sistem ini. Aplikasi tersebut menampilkan berbagai parameter penting seperti suhu, kelembapan, volume sampah, dan status pasokan energi dari panel surya [7].

Aplikasi monitoring dirancang dengan antarmuka pengguna (*user interface*) yang sederhana dan ramah pengguna (*user-friendly*), sehingga memudahkan siswa maupun guru dalam memantau kinerja sistem pengolahan sampah secara jarak jauh. Visualisasi antarmuka aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai ilustrasi dari fungsionalitas aplikasi yang telah dikembangkan.



Gambar 2. Pemrograman Arduino IDE untuk pengiriman data ke Firebase

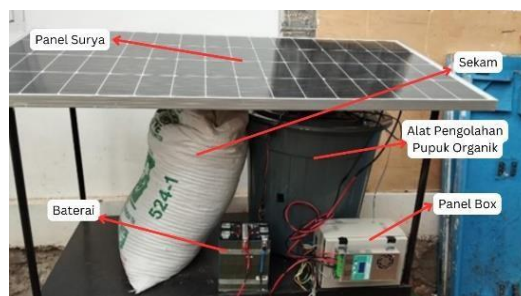


Gambar 3. Tampilan aplikasi *Nutri Revive* sebagai sistem pemantauan dan pengolahan sampah

Aplikasi *Nutri Revive* dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan sistem pengolahan sampah secara real-time melalui empat parameter utama, yaitu: kelembapan (%), suhu (°C), jumlah stok sampah (hingga 30 kg), dan ketinggian air dalam wadah pengomposan (meter). Pemantauan secara langsung terhadap parameter-parameter ini menjadi salah satu keunggulan utama dari prototipe *Nutri Revive*, karena memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat dalam proses pengolahan limbah.

Sebagai bentuk pengembangan lanjutan, sistem ini juga dilengkapi dengan dukungan panel surya berkapasitas 230 Wp yang berfungsi untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi listrik konvensional. Panel surya ini dirancang untuk menangkap intensitas cahaya matahari dan menyimpannya dalam unit baterai, sehingga sistem dapat tetap beroperasi secara mandiri bahkan pada malam hari atau saat listrik PLN tidak tersedia, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan operasional [8].

Selain itu, integrasi sistem dengan panel surya memastikan keberlanjutan operasional sekaligus mendukung prinsip ramah lingkungan. Pemanfaatan teknologi IoT memungkinkan proses pengumpulan, analisis, dan pengolahan data dilakukan secara otomatis. Sebagai contoh, sistem dapat mengaktifkan motor pengaduk secara otomatis apabila parameter lingkungan seperti suhu atau kelembapan telah mencapai ambang tertentu, atau memicu alarm peringatan apabila terdeteksi adanya anomali dalam proses pengolahan. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya efisien secara energi, tetapi juga cerdas dan responsif terhadap kondisi aktual di lapangan.



Gambar 4. Prototipe alat pengolahan pupuk organik *Nutri Revive* yang terintegrasi dengan panel surya



Gambar 5. Kegiatan sosialisasi pemilahan sampah bersama Siswa SMA Al-Mishbah

C. Kegiatan Sosialisasi Pemilahan Sampah

Kegiatan sosialisasi pertama telah dilaksanakan di SMA Al-Mishbah dengan tujuan memberikan pemahaman kepada siswa dan staf pengajar mengenai kategori sampah serta potensi pemanfaatannya melalui proses daur ulang. Kegiatan ini diikuti oleh 40 siswa dan 4 staf pengajar, dengan materi utama yang difokuskan pada pentingnya pemilahan sampah berdasarkan jenis, yakni sampah organik, anorganik, dan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Materi sosialisasi juga menekankan bahwa berbagai jenis sampah yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai dapat diolah kembali menjadi produk yang berguna, baik secara fungsional maupun ekonomis. Antusiasme peserta terlihat jelas selama kegiatan berlangsung, terutama saat diskusi mengenai konsep-konsep inovatif dalam pengelolaan dan pemanfaatan sampah, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.

Selain edukasi mengenai klasifikasi sampah, sesi ini juga membahas manfaat konkret dari kegiatan daur ulang, antara lain: mengurangi volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA), melestarikan lingkungan hidup, serta membuka peluang ekonomi melalui inovasi produk hasil olahan sampah. Melalui sosialisasi ini, para peserta menunjukkan peningkatan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sampah yang baik, serta termotivasi untuk berkontribusi secara aktif dalam program daur ulang, baik di lingkungan sekolah maupun di rumah masing-masing.

D. Program Pemberdayaan dan Peningkatan Pendapatan Siswa Melalui Sosialisasi Perwujudan Perilaku Peduli Sampah Serta Dropshipper Pupuk

Pelaksanaan program *Nutri Revive: IoT Food Waste Composter* telah berjalan sesuai dengan rencana dan tahapan yang telah ditetapkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Kegiatan pelatihan berhasil melibatkan sebanyak 40 siswa SMA Al-Mishbah yang tergabung dalam program pemberdayaan dengan fokus pada peningkatan kesadaran terhadap pengelolaan limbah makanan serta pemanfaatannya sebagai sumber pendapatan alternatif melalui sistem dropshipping pupuk kompos. *Dropshipping* dalam konteks ini dimaknai sebagai sistem penjualan di mana siswa menjual produk pupuk tanpa harus melakukan penyimpanan ataupun pengiriman secara langsung.



Gambar 6. Kegiatan sosialisasi dan pemberdayaan Siswa SMA Al-Mishbah untuk perwujudan perilaku peduli sampah serta *dropshipper* pupuk

Sebagai langkah awal, para siswa berperan sebagai penyedia sampah organik (*supplier*) yang berasal dari limbah makanan harian mereka. Dalam jangka menengah, mereka akan diberdayakan sebagai dropshipper untuk produk pupuk kompos hasil produksi bersama. Rata-rata siswa yang terlibat berusia antara 15 hingga 17 tahun dan berasal dari latar belakang ekonomi menengah. Untuk meningkatkan partisipasi, tim menetapkan insentif sebesar Rp1.000 per kilogram limbah makanan yang disetor. Sementara itu, produk pupuk kompos yang dihasilkan direncanakan akan dijual dengan harga Rp35.000 per 10 kg, yang memungkinkan adanya margin keuntungan sebagai sumber pendapatan tambahan bagi siswa, sekaligus mendorong peningkatan literasi kewirausahaan.

Selain melibatkan kelompok siswa sebagai mitra utama, kegiatan ini juga menjalin kerja sama dengan mitra usaha lokal, seperti pengusaha panglong kayu, petani, serta masyarakat yang berperan dalam proses logistik (antar-jemput sampah) dan produksi. Bahan tambahan untuk kompos seperti serbuk gergaji dan sekam padi menjadi bagian penting dalam proses ini, yang juga sekaligus membantu para pemilik usaha mengurangi beban limbah produksinya. Berdasarkan estimasi awal, setidaknya 1 kg sekam padi dimanfaatkan setiap hari sebagai campuran bahan kompos. Dengan demikian, kolaborasi ini memberikan dampak timbal balik yang saling menguntungkan, baik dari aspek lingkungan maupun ekonomi.

Program ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT, edukasi lingkungan, dan kewirausahaan dapat dijalankan secara holistik di tingkat sekolah menengah. Hasil pelaksanaan memperlihatkan potensi besar pemberdayaan pelajar dalam mengelola limbah secara produktif serta menjalin sinergi lintas komunitas untuk membentuk ekosistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

E. Monitoring, Evaluasi, dan Peningkatan Mutu

Sebagai bagian dari tahapan keberlanjutan program, kegiatan monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk menilai efektivitas proses pemberdayaan siswa serta kinerja sistem yang telah diimplementasikan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang

berpotensi menghambat jalannya program serta merumuskan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan untuk peningkatan mutu.



Gambar 7. Kegiatan monitoring dan evaluasi alat pengolahan pupuk organik *Nutri Revive*

Parameter yang digunakan dalam kegiatan monitoring dan evaluasi mencakup beberapa aspek penting, antara lain: kualitas dan kuantitas pupuk yang dihasilkan, biaya perawatan dan pemasangan sistem, kemudahan replikasi alat, stabilitas dan kendali perangkat, efektivitas sensor dan aplikasi IoT, serta perbandingan pendapatan siswa sebelum dan sesudah terlibat dalam kegiatan produksi dan distribusi pupuk.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, kegiatan monitoring dan evaluasi terakhir dilaksanakan di SMA Al-Mishbah sebagai bentuk pengujian akhir terhadap penerapan sistem *IoT Food Waste Composter*. Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, serta untuk mengidentifikasi berbagai kendala teknis maupun non-teknis yang muncul selama proses pengolahan sampah organik. Tahapan ini juga digunakan untuk mengevaluasi secara menyeluruh kinerja alat, efektivitas sistem pemantauan berbasis IoT, serta dampak program terhadap lingkungan sekolah dan pengembangan kapasitas peserta.

IV. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang berfokus pada penerapan komposter pintar berbasis IoT dan energi surya di SMA Al-Mishbah Banda Aceh telah berhasil dilaksanakan dengan hasil yang signifikan dalam aspek edukatif, teknologis, dan pemberdayaan. Melalui rangkaian pelatihan, sosialisasi, dan pendampingan, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan dan keterampilan dalam pengelolaan limbah makanan secara berkelanjutan, tetapi juga diberdayakan sebagai pelaku aktif dalam distribusi dan penjualan produk kompos.

Implementasi sistem IoT dalam pengolahan limbah memungkinkan proses monitoring berjalan secara real-time melalui aplikasi mobile yang terintegrasi dengan sensor suhu, kelembapan, dan volume. Dukungan panel surya 230 Wp turut mendukung efisiensi energi dan memastikan keberlanjutan operasional sistem, bahkan pada saat pasokan listrik konvensional tidak tersedia. Evaluasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi volume limbah makanan di sekolah, menghasilkan kompos berkualitas, serta membuka peluang ekonomi bagi siswa melalui skema insentif dan dropshipping.

Kegiatan ini membuktikan bahwa integrasi antara teknologi tepat guna dan pendekatan edukatif dapat

menciptakan ekosistem pengelolaan limbah yang inovatif, ramah lingkungan, dan bernilai ekonomi. Diharapkan model ini dapat direplikasi di sekolah-sekolah lain sebagai bagian dari upaya edukasi lingkungan dan penguatan literasi teknologi pada generasi muda.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Yayasan dan pihak manajemen SMA Al-Mishbah Banda Aceh, khususnya kepada kepala sekolah, dewan guru, serta seluruh siswa yang telah menunjukkan antusiasme dan keterlibatan aktif dalam setiap tahapan kegiatan pengabdian. Apresiasi yang sebesar-besarnya juga diberikan kepada masyarakat sekitar, mitra usaha lokal, serta pihak-pihak yang berperan dalam distribusi dan penyediaan bahan kompos, yang turut mendukung kelancaran pelaksanaan program.

Penghargaan khusus disampaikan kepada tim mahasiswa yang tergabung dalam proyek "*Nutri Revive: IoT Food Waste Composter*", yaitu: Janasha Dara Reskyna, Israk Faradila, dan Muhammad Agus Marzuki. Semoga kontribusi seluruh pihak dalam kegiatan ini dapat memberikan dampak positif dan berkelanjutan bagi lingkungan sekolah dan komunitas sekitar, serta menjadi inspirasi bagi pengembangan program serupa di lokasi lainnya.

REFERENSI

- [1] M. Marlina, A. Harun, dan R. Junaidi, "Edukasi pemilahan sampah organik dan anorganik bagi siswa SMP melalui media pembelajaran interaktif," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Abdimas)*, vol. 3, no. 2, pp. 145–150, 2023.
- [2] S. Naim, N. Sari, dan R. H. Salam, "Sosialisasi pemilahan sampah rumah tangga sebagai upaya peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan," *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 34–40, 2024.
- [3] R. Wiryono dan R. Dewi, "Pengelolaan sampah di sekolah melalui metode komposting dan bank sampah," *Jurnal Ilmiah Lingkungan*, vol. 12, no. 1, pp. 21–27, 2020.
- [4] M. Firdani, D. Mulyati, dan A. Hidayat, "Pemberdayaan siswa dalam pengolahan sampah organik menjadi kompos di lingkungan sekolah," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Madani (JPMM)*, vol. 3, no. 3, pp. 111–117, 2023.
- [5] D. Faridawati dan M. Sudarti, "Dampak pembakaran sampah terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat," *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 75–81, 2021.
- [6] H. Hasanuddin dan E. Herdianto, "Implementasi teknologi IoT untuk monitoring sampah rumah tangga berbasis mikrokontroler," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 88–94, 2023.
- [7] A. John, N. Indriyani, dan A. Wulandari, "Monitoring kualitas udara berbasis IoT pada area padat penduduk," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 112–118, 2022.
- [8] D. Nuryanto, "Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif untuk perangkat IoT di wilayah terpencil," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 65–70, 2021.
- [9] N. Fakhurulrazi, A. A. Shukor, and M. R. S. Aziz, "Design of smart composter using IoT and sensors technology," in *Proc. 2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA)*, pp. 121–126, 2020.
- [10] M. A. Masa, A. Basalamah, M. Z. Altim, dan S. Syamsir, "Implementasi panel surya untuk mendukung aktivitas pelayanan administrasi pada Kantor Desa Borisallo Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa," *Journal of Human and Education (JAHE)*, vol. 4, no. 6, pp. 309–322, 2024.