JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)
http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm
Vol. 9, No. 3, Juni 2025, Hal. 2912-2928
e-ISSN 2614-5758 | p-ISSN 2598-8158
Crossref : https://doi.org/10.31764/jmm.v9i3.31314

PENGOLAHAN SAMPAH PADAT TPAS MANGGAR MENJADI PRODUK *BIOPELLET (REFUSE-DERIVED FUEL)* DENGAN MESIN *PELLETIZER* BERBASIS SISTEM PENGGERAK *ROLLER*

Lusi Ernawati[1*], Rizqy Romadhona Ginting[2], Rizka Lestari[3], Muhammad Raihan[4], Hizkia Gunawan Parulian Sianturi[5], Diniar Mungil Kurniawati[6], Apip Amrullah[7], Obie Farobie[8], Pandji Prawisudha[9]

[1,2,3,4,5]Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia
[6]Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia
[7] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia
[8]Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Indonesia
[8]Direktorat Riset dan Inovasi, IPB, Indonesia
[9]Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, Indonesia
lusiernawati@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Balikpapan memperingatkan bahwa kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPAS) Manggar diperkirakan akan mencapai batas maksimal pada tahun 2026 apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan yang lebih optimal. Beberapa cara mengkonversi limbah padat menjadi bahan bakar telah dilakukan untuk mengurangi volume sampah padat yang semakin meningkat. Namun, tidak menunjukkan hasil yang signifikan, sehingga upaya pengolahan sampah padat terus dilakukan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat, khususnya komunitas pengelola sampah TPAS Manggar, dengan melatih mereka membuat produk biopellet menggunakan mesin pelletizer yang berbasis sistem penggerak roller. Kegiatan pengabdian dilakukan dengan melibatkan 25 peserta dari komunitas pengelola sampah TPAS Maggar. Kegiatan ini mencakup penyampaian materi teori, yang meliputi sosialisasi mengenai sampah padat, pemilahan sampah, dan manajemen pengolahannya. Selain itu, dilakukan demonstrasi penggunaan alat pelletizer, praktik langsung pembuatan biopellet, serta evaluasi melalui pre-test dan post-test. Dengan menggunakan analisis statistik Paired Two Sample for Means, terdapat peningkatan yang signifikan dalam tingkat pengetahuan serta keterampilan anggota kelompok pelatihan. Perbedaan rerata skor pre-test dan post-test yang secara statistik signifikan mengindikasikan bahwa program pelatihan tersebut memiliki dampak yang positif terhadap kemampuan para peserta. Dengan hasil evaluasi ini, pelatihan serupa diharapkan dapat direplikasi di komunitas lain sebagai upaya peningkatan kesadaran lingkungan dan penerapan teknologi ramah lingkungan dalam pengelolaan sampah.

Kata Kunci: Bahan Bakar; Biopellet; Pelletizer; Sampah Padat; Sistem Roller.

Abstract: *The Balikpapan Environmental Agency (DLH) has issued a warning that the Manggar Final Waste Processing Site (TPAS) may reach full capacity by 2026 unless more effective waste management strategies are implemented. Although various methods of converting solid waste into fuel have been attempted to address the growing waste volume, these efforts have yet to produce significant results. Consequently, solid waste processing initiatives remain ongoing.In response, a community service program was initiated to enhance the capabilities of local residents, particularly members of the Manggar TPAS waste management team. This initiative focused on training participants in the production of biopellets using a pelletizer machine equipped with a roller drive system. A total of 20 community members took part in this program. The training included the presentation of theoretical material covering topics such as solid waste management, sorting procedures, and waste processing techniques. It also featured hands-on sessions where participants practiced operating the pelletizer and producing biopellets. To assess the program's effectiveness, participants underwent pre- and post-training evaluations. Using the Paired Two Sample for Means statistical method, the data revealed a significant improvement in the participants' knowledge and skills. The measurable increase in average test scores demonstrates the positive impact of the training. Based on these findings, it is advisable to implement similar initiatives in other communities to encourage environmental awareness and the use of sustainable waste management technologies.*

Keywords: *Fuel; Biopellet; Pelletizer; Solid Waste; Roller System.*

Article History:
Received: 06-05-2025
Revised : 26-05-2025
Accepted: 27-05-2025
Online : 05-06-2025

This is an open access article under the CC–BY-SA license

A. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan penduduk yang pesat di kota Balikpapan, terutama akibat pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN), telah memicu peningkatan volume sampah secara signifikan. Pada tahun 2020, dengan populasi sekitar 670 ribu jiwa, timbulan sampah mencapai 555 ton per hari (TPD), setara dengan 0,725 kg per orang per hari. Dari jumlah tersebut, sekitar 87% atau 481 TPD berhasil dikumpulkan. Berdasarkan informasi dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017) tercatat produksi sampah secara nasional sekitar 24 juta ton setiap tahunnya. Lebih lanjut, sebanyak 33,71% dari jumlah tersebut masih belum dikelola dengan baik. Sampah ini umumnya dibakar, dibuang ke pinggir jalan, atau masuk ke saluran air. Mayoritas sampah, yakni 72%, berasal dari sektor domestik, sedangkan sisanya merupakan sampah non-domestik, termasuk dari pasar tradisional yang menyumbang sekitar 6,38% (Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan, 2023).

Berdasarkan data dari *master plan* persampahan kota Balikpapan serta *site plan* TPAS Manggar tahun 2017, komposisi timbulan sampah di kota Balikpapan didominasi oleh sampah organik, terutama sisa makanan yang mencapai 38,30% dari total sampah, Jenis sampah orgaik lainnya meliputi kayu, ranting, dan daun sebesar 10,26% serta kertas sebesar 17,10%. Jika dijumlahkan, total sampah organik mencapai 49% dari keseluruhan komposisi sampah. Sementara itu, sampah yang berpotensi untuk didaur ulang seperti kertas, plastik (14,41%), logam (3,87%) dan kaca (5,57%) membentuk sekitar 43% dari total timbulan sampah. Adapun sampah kain tekstil menyumbang 3% dan sisanya 6% terdiri dari karet, kulit serta jenis lainnya. Karakteristik fisik sampah di Balikpapan menunjukkan kadar kelembapan tinggi, yakni sekitar 63,4% serta volatile matter yang juga cukup tinggi yaitu 73,1%. Hal ini mencerminkan dominasi material organik dalam komposisi sampah. Nilai kalor rata-rata sampah tercatat sebesar 4938,33 kkal/kg, dimana menunjukkan bahwa sebagian besar sampah memiliki potensi energi meskipu dibatasi oleh kadar air yang tinggi. Saat ini TPAS Manggar mengadopsi teknologi *sanitary landfill,* namun metode ini dirasa kurang efektif karena peningkatan sampah kota Balikpapan yang telah melampaui kapasitas.

Dari keseluruhan komposisi sampah, 49% berupa sampah padat organik 43% dapat didaur ulang, 3% berupa kain, dan 6% lainnya masuk dalam kategori lain. Sampah di Balikpapan memiliki kadar kelembaban tinggi (63,4%) dan sifat mudah menguap (73,1%) karena dominasi sampah organik, khususnya sampah makanan. Nilai kalorinya tercatat sebesar 4.938,33 kkal/kg. Sampah organik sebagian besar dihasilkan dari area permukiman, pasar tradisional, hotel, dan restoran. Sebelum kehadiran TPAS Manggar, kota ini mengandalkan metode open dumping yang kini dianggap tidak efektif karena kapasitas TPAS telah terlampaui dan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan. Menurut tinjauan *master plan* persampahan dan

penyusunan *site plan* TPAS Manggar tahun 2017, sisa makanan menjadi jenis sampah dengan proporsi terbesar, yakni 38,30% dari total keseluruhan. Mayoritas sisa makanan tersebut berasal dari aktivitas rumah tangga dengan jumlah sekitar 375,22 ton setiap hari. Distribusi timbulan sampah di kota Balikpapan menunjukkan bahwa sektor rumah tangga menjadi kontributor utama, menghasilkan sekitar 375,22 ton sampah per hari. Jumlah ini terpaut jauh dibandingkan sumber lainnya seperti pusat perniagaan, pasar tradisional, fasilitas publik, kawasan perkantoran dan kategori lainnya yang kurang dari 50 ton/hari disetiap kategori. Besarnya kontribusi rumah tangga terhadap timbulan sampah kota turut menjelaskan dominasi sampah organik, khususnya sisa makanan dalam komposisi total sampah kota Balikpapan.

Berdasarkan survei yang dilakukan, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) kota Balikpapan dalam laporan tahun 2022 menyatakan bahwa jumlah sampah organik yang dihasilkan secara rata-rata mencapai 271.865 kilogram per tahun, setara dengan 22.690 kilogram per bulan (Ridhuan et al., 2019). Sejauh ini, Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) yang ada di Balikpapan belum dapat memenuhi kriteria standar pengolahan sampah padat, dikarenakan adanya peningkatan volume sampah yang terjadi secara berkelanjutan serta laju dekomposisi yang rendah. Kegiatan terdahulu telah dilakukan terkait pemanfaatan limbah plastik kota Balikpapan (Ernawati et al., 2023). Untuk itu, dibutuhkan metode pengurangan sampah organik yang lebih efisien serta dukungan inovasi teknologi yang mampu menangani jenis sampah ini, khususnya yang tidak dapat didaur ulang. Salah satu upaya yang diusulkan adalah pemanfaatan limbah padat baik dari rumah tangga maupun industri melalui konversi menjadi sumber energi, seperti biopellet (Maryono et al., 2013; Rahmat, 2023). Biopellet ini dihasilkan dari proses pemisahan dan pengolahan sampah padat, dan berpotensi menjadi solusi energi alternatif yang bernilai guna. Kenaikan jumlah sampah yang dihasilkan secara signifikan memengaruhi masa pakai teknis TPAS Manggar di Kota Balikpapan. Tanpa upaya serius dalam pengurangan dan penanganan sampah dari sumbernya, kota ini akan menghadapi kebutuhan lahan yang lebih luas untuk perluasan TPAS serta peningkatan anggaran operasional. Berdasarkan hasil survei dan identifikasi masalah yang ada, dibutuhkan inovasi teknologi dalam pengelolaan sampah padat, salah satunya dengan mengubahnya menjadi bahan bakar biopellet (Adinurani & Nuriana, 2014).

Inisiatif ini selaras dengan target Kementerian Lingkungan Hidup dan Program kegiatan masyarakat ini bertujuan untuk memperkenalkan inovasi teknologi kepada mitra dan Pemerintah kota Balikpapan terkait pengolahan sampah padat non-daur ulang menjadi biopellet dengan teknologi pelletizer yang menggunakan sistem penggerak roller. Pemilihan mitra dalam program ini didasarkan pada beberapa alasan strategis, antara lain untuk menyelenggarakan penyuluhan, praktik langsung pembuatan biopellet

berbahan limbah, serta pelatihan penggunaan teknologi ramah lingkungan dalam proses produksinya (Hadiyane et al., 2021). Kegiatan ini juga mencakup pengembangan prototipe mesin pelletizer berbasis sistem penggerak roller, yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas biopellet agar sesuai dengan standar kebutuhan industri sebagai bahan bakar alternatif (Silalahi, 2020).

Dengan pencapaian tujuan-tujuan tersebut, program ini diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan sampah padat berkelanjutan sekaligus mendukung pengembangan energi terbarukan di tingkat lokal. Kegiatan ini bertujuan untuk mengurangi volume sampah di Kota Balikpapan melalui pengolahan sampah organik dan plastik menjadi *Refuse Derived Fuel* (RDF). Pengolahan ini tidak hanya menjadi solusi atas permasalahan keterbatasan kapasitas TPAS, tetapi juga merupakan langkah konkret dalam mendukung transisi energi berkelanjutan sebagaimana diarahkan dalam agenda tujuan pembangunan berkelanjutan mengenai energi bersih dan terjangkau.

B. METODE PELAKSANAAN

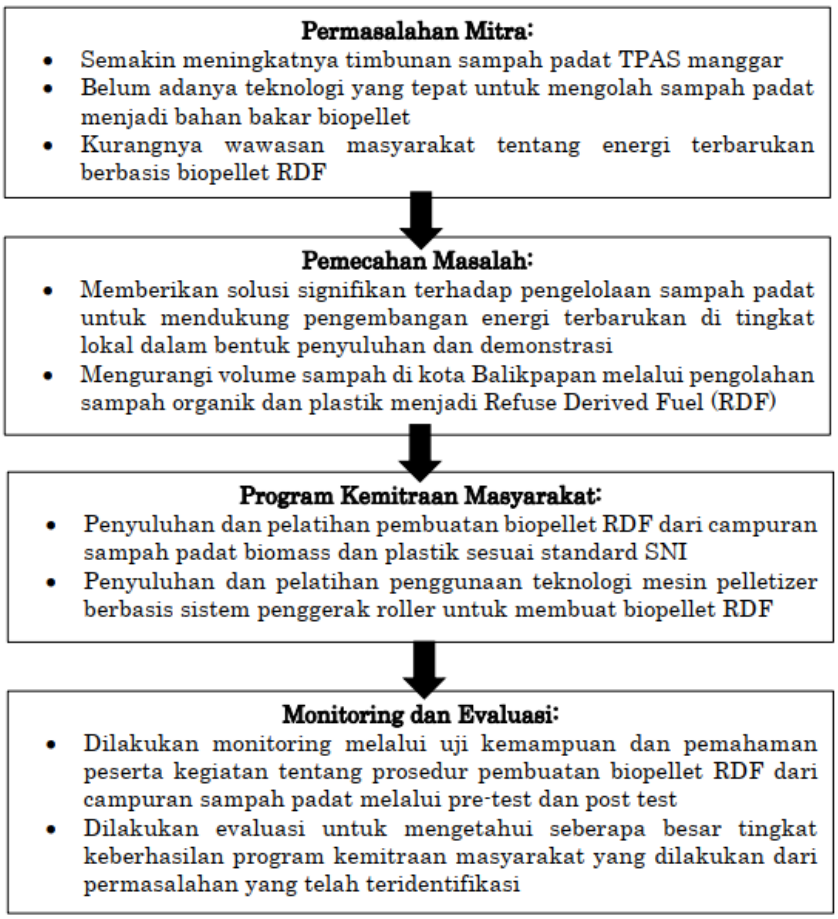
Kegiatan ini dilaksanakan bekerja sama dengan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) kota Balikpapan sebagai mitra utama, khususnya melalui dukungan dari unit operasional Tempah Pemrosesan Akhir Sampah (TPAS) Manggar. TPAS Manggar merupakan fasilitas utama pengolahan sampah di kota Balikpapan yang berada di bawah koordinasi DLH dan memiliki peran penting dalam penanganan timbulan sampah kota. Keterlibatan mitra menjadi kunci dalam pelaksanaan kegiatan mulai ari penyediaan data timbulan dan komposisi sampah, penyediaan tempat lokasi kegiatan pengolahan RDF, hingga pengawasan teknis dalam proses pemilahan dan pengolahan sampah menjadi RDF.

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi penyuluhan dan pelatihan langsung kepada pihak terkait mengenai proses pembuatan RDF dari campuran sampah organik berupa serbuk kayu dan plastik. Penyuluhan dilakukan untuk memberi pemahaman mengenai urgensi pengelolaan samlah berbasis energi serta potensi RDF sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Sementara itu, pelatihan difokuskan pada praktik teknis dilapangan, mulai dari pemilahan sampah, pengeringan, reduksi ukuran, pencampuran dengan rasio yang sesuai, serta peletisasi. Langkah dan tahapan kegiatan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh mitra kerja. Setelah itu, dilakukan tahap pemecahan permasalahan dan program-program kerja sama berbentuk pembinaan serta pelatihan yang mencakup: pengenalan teknologi pengolahan limbah dan pembuatan pellet serta pembuatan pellet dengan teknologi pelletizer. Tim pelaksana terdiri dari ketua pelaksana

kegiatan dibantu oleh mahasiswa beranggotakan 9 orang melakukan observasi untuk melihat kondisi dan situasi lapangan melalui wawancara dengan kepala UPTD TPAS manggar untuk melakukan diskusi terkait kesediaan mitra untuk kerjasama. Proses identifikasi masalah dimulai dengan diskusi interaktif berupa tanya jawab. Dalam kegiatan pengabdian kali ini, aspek-aspek yang akan diteliti dan dianalisis secara umum meliputi faktor-faktor manajerial, seperti sumber daya manusia, strategi pemasaran, pengelolaan keuangan, operasional sehari-hari, serta tata kelola organisasi. Selain itu, juga akan dianalisis aspek teknologi yang diterapkan dalam proses produksi dan aspek kesehatan serta keselamatan kerja.



Gambar 3. Diagram alir pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat

2. B.2. Tahap pelatihan Pembuatan Biopellet

Tim pengabdian masyarakat akan melakukan pengolahan atau pemilahan sampah dari sumbernya untuk memisahkan sampah padat dan sampah non daur ulang, yang dimana sampah yang bersifat non daur ulang (plastik non daur ulang, karton berlapis plastik, kertas laminasi, kayu kering) akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan biopelet menggunakan mesin pelletizer. Tahapan pembuatan biopellet sebagai berikut:

a. Penghancuran ukuran. Serbuk kayu hasil penyaringan dan pengeringan bertujuan untuk mendapatkan partikel bahan baku yang seragam, sehingga dapat diproses menjadi pellet dengan baik. Partikel yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan pembentukan

biopelet yang tidak sempurna. Setelah dihancurkan, bahan tersebut diayak dan penyaringan untuk memperoleh partikel ukuran kecil dan seragam.

b. Formulasi biopelet. Pada tahap ini, dilakukan penambah serbuk kayu dengan proporsi 25%, 50%, dan 75%. Bahan pengikat yang digunakan adalah tapioka tergelatinasi sebanyak 2,5% (b/b) dari bobot bahan. Sesuai penelitian (Azhar & Rustamaji, 2009; Bantacut et al., 2013), jumlah pengikat dalam campuran biopelet sebaiknya 0,5-5%. Sebagai perbandingan, dibuat biopelet 100% dari sampah padat tanpa tambahan pengikat.
c. Pengeringan. Pengeringan dilakukan guna menghilangkan uap panas dari biopelet yang baru keluar dari mesin pellet. Proses pengeringan menggunakan sinar matahari. Setelah kering, biopelet dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

3. Partisipasi Mitra Dalam Pelaksanaan Kegiatan

a. Memberikan dukungan dalam menyampaikan informasi kegiatan kepada anggota kelompok pekerja TPAS Manggar.
b. Mengatur anggota kelompok yang akan berpartisipasi dalam pelatihan dan implementasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
c. Mendukung dalam menyiapkan peralatan dan infrastruktur yang diperlukan untuk kelancaran kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
d. Menyediakan informasi dan data yang relevan untuk mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
e. Mendukung secara finansial dalam pelaksanaan kegiatan sesuai dengan kesepakatan, termasuk menyediakan tempat pelatihan, bahan praktikum dan kebutuhan lainnya untuk kegiatan pelatihan.
f. Melakukan pemantauan dan evaluasi bersama terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

4. Tahap Monitoring dan Evaluasi

Di akhir kegiatan, para peserta kembali berkumpul untuk berdiskusi secara terbuka dengan tim. Tahap ini melibatkan diskusi interaktif tentang teknik pembuatan biopellet yang telah dipelajari. Diharapkan dari pengalaman ini, peserta akan mengubah perilaku mereka dalam mengelola limbah padat. Untuk evaluasi dampak kegiatan pengabdian masyarakat secara menyeluruh, responden diberikan kuesioner yang dirancang untuk menilai perubahan perilaku, efektivitas proses kegiatan, serta sejauh mana kegiatan tersebut memenuhi target yang ditetapkan.

5. Indikator Keberhasilan Kegiatan

Tingkat pengetahuan dan keterampilan audiens sasaran diukur menggunakan kuesioner yang diberikan sebelum dan sesudah sesi demonstrasi atau pemodelan dan praktik. Data yang dikumpulkan dari pelaksanaan kegiatan menunjukkan bahwa semua peserta pelatihan yakin bahwa program dapat diimplementasikan secara efektif, baik secara individu maupun kelompok.

6. Metode Evaluasi

Untuk memastikan keberhasilan penggunaan mesin *Pellet Maker Four Roller System*, dilakukan evaluasi berkala terhadap operasional dan perawatan mesin. Proses evaluasi ini mencakup beberapa langkah, yaitu:

a. Perawatan Rutin
   Membersihkan mesin secara teratur guna menghindari penumpukan sisa bahan baku dalam proses pembuatan pelet. Melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak, khususnya roller dan motor penggerak, agar mesin tetap beroperasi dengan efisien dan untuk meminimalkan gesekan yang dapat menimbulkan kerusakan.
b. Pemeriksaan Motor Penggerak
   Mengevaluasi kondisi motor penggerak, termasuk memeriksa kabel, tegangan listrik, dan performa keseluruhan, untuk mencegah kerusakan yang dapat menghambat proses produksi pelet.
c. Pengukuran Performa Mesin
   Melakukan penilaian rutin terhadap output produksi, baik dari segi kualitas maupun kuantitas pelet yang dihasilkan. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan data produksi sebelum dan sesudah penggunaan mesin.
d. Evaluasi Umur Mesin
   Keberhasilan penggunaan mesin juga diukur dari seberapa lama mesin dapat beroperasi tanpa mengalami kerusakan besar. Evaluasi dilakukan secara berkala untuk memastikan Mesin Pellet Maker Four Roller System dapat tetap berfungsi optimal, sehingga dapat terus memberikan manfaat maksimal bagi komunitas pengelola sampah di kelurahan Manggar.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan sampah padat untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dilakukan melalui penggunaan teknologi pelletizer menggunakan mesin penggerak roller. Kegiatan demonstrasi diikuti oleh 25 peserta yang berlangsung di TPAS Manggar terdiri dari komunitas pengelola sampah kelurahan Manggar serta warga setempat. Program ini difokuskan pada pelatihan, penyuluhan, dan penerapan teknologi pengolahan limbah menjadi biopellet. Tujuan utamanya adalah mendorong pemanfaatan limbah lokal sebagai energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, sekaligus

menciptakan peluang usaha baru dan memperbaiki kondisi ekonomi masyarakat. Selain itu, jika teknologi pelletizer ini diterapkan secara konsisten dan optimal, berpotensi menjadi daya tarik tersendiri dalam pengolahan sampah padat. Pembuatan produk biopelet dengan sumber bahan baku limbah serbuk kayu diarahkan untuk beberapa tujuan utama, antara lain: (1) Mendukung upaya pemerintah kota Balikpapan dalam mengatasi krisis pasokan bahan bakar minyak yang sedang berlangsung; (2) Menjadi landasan dalam pengembangan energi alternatif terbarukan berbasis biomassa, khususnya biopellet dari limbah serbuk kayu; (3) Memberikan solusi praktis bagi masyarakat berupa bahan bakar pengganti minyak tanah yang ekonomis, mudah diakses, dan aman digunakan; (4) Mendorong pelestarian lingkungan melalui pemanfaatan limbah organik yang berpotensi mencemari lingkungan, seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1. (a) Tim pengabdian masyarakat melakukan uji kelayakan alat pelletizer sebelum didemonstrasikan kepada mitra (b) Hasil produk biopellet RDF yang dibuat dengan menggunakan desain mesin pelletizer (c) Mitra berkoordinasi dengan tim pengabdian masyarakat

Biopellet merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder kecil dengan diameter sekitar 6–12 mm dan panjang 10–20 mm. Bahan ini biasanya dibuat dari limbah biomassa. Sampel biopellet ini umumnya digunakan untuk keperluan analisis kualitas, seperti mengukur kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Selain itu, sampel ini juga dimanfaatkan dalam pengujian karakteristik pembakaran, termasuk suhu dan durasi pembakaran. Gambar

2 merupakan bentuk fisik produk biopelet dengan berbagai komposisi sampah padat yang dibuat menggunakan mesin pelletizer berbasis sistem penggerak roller. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, pengaruh komposisi sampah dan perlakuan proses pengeringan memberikan hasil produk biopellet yang memiliki tekstur berbeda. Hasil produk biopellet ini selanjutnya dilakukan uji nilai kadar karbon terikat, volatile matter, kadar air dan kadar abu dan dibandingkan dengan spesifikasi pellet biomassa berdasarkan standar SNI.

Gambar 2. Sampel produk biopellet yang dihasilkan menggunakan mesin pelletizer berbasis sistem penggerak roller dengan variasi komposisi sampah padat. (a) Biopellet (BP-1, 50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar tanpa pengeringan); (b) Biopellet (BP-2, 50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar dengan pengeringan); (c) Biopellet (BP-2, 50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar dengan pengeringan dan penambahan perekat tepung kanji).

Tabel 1. Spesifikasi standar SNI pellet biomassa

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan		Metode uji
			Rumah tangga	Industri	
1	Kadar karbon terikat	%, min	14	14	SNI 06-3730
2	Volatile matter	%, maks	75	80	SNI 06-3730
3	Kadar air	%, maks	10	12	SNI 01-1506
4	Kadar abu	%, maks	5	5	ASTM E1755

Tabel 1 menyajikan spesifikasi standar SNI untuk pellet biomassa, yang mengatur persyaratan minimal dan maksimal untuk empat parameter utama, yaitu kadar karbon terikat, volatile matter, kadar air, dan kadar abu (Standar Nasional Indonesia, 2018). Kadar karbon terikat harus minimal 14% baik untuk penggunaan rumah tangga maupun industri. Volatile matter dibatasi maksimal 75% untuk rumah tangga dan 80% untuk industri. Kadar air dibatasi maksimal 10% untuk rumah tangga dan 12% untuk industri, sedangkan kadar abu maksimal 5% untuk kedua kategori penggunaan. Metode pengujian yang digunakan mengacu pada standar SNI 06-3730 untuk karbon terikat dan volatile matter, serta ASTM E1755 untuk kadar abu. Sedangkan Tabel 2 membandingkan hasil pengujian tiga sampel biopellet (BP-1, BP-2, dan BP-3) dengan komposisi dan metode pengolahan

yang berbeda. BP-1 menggunakan campuran 50% limbah organik dan 50% serbuk kayu tanpa pengeringan, menghasilkan kadar air 12,28% (melampaui batas maksimal industri 12%), kadar abu 5,16%, karbon terikat 18,67% (memenuhi standar), dan volatile matter 77,41% (memenuhi standar industri). BP-2, yang mengalami pengeringan, memiliki kadar air 9,33% (dibawah batas industri), kadar abu 4,77%, karbon terikat 17,11%, dan volatile matter 71,29%. BP-3, yang menggunakan pengeringan dan penambahan perekat tepung kanji, menunjukkan hasil terbaik dengan kadar air 7,61%, kadar abu 4,12%, karbon terikat 15,23%, dan volatile matter 73,13% dimana semua parameter memenuhi standar industri. Perbedaan komposisi dan teknik pengolahan (pengeringan serta penggunaan perekat) berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir, terutama pada parameter kadar air dan volatile matter. Hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan dan penambahan perekat (seperti pada BP-3) dapat meningkatkan kualitas biopellet untuk memenuhi persyaratan SNI secara lebih konsisten.

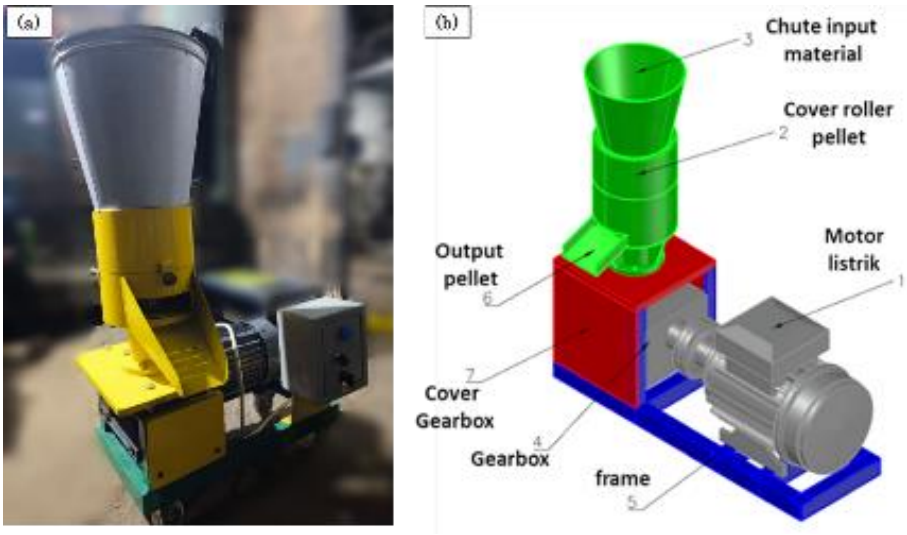
Tabel 2. Hasil sampel produk biopellet berdasarkan standar SNI

Nama Sampel	Komposisi sampah	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar karbon terikat (%)	Volatile matter (%)
BP-1	50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar tanpa pengeringan	12,28	5,16	18,67	77,41
BP-2	BP-2, 50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar dengan pengeringan	9,33	4,77	17,11	71,29
BP-3	50% limbah organik + 50% serbuk kayu kasar dengan pengeringan dan penambahan perekat tepung kanji	7,61	4,12	15,23	73,13

Penggunaan jenis perekat dan perubahan konsentrasi yang berbeda memberikan hasil yang memenuhi pada setiap perlakuan, kecuali dalam hal uji densitas (Purnomo, 2017). Variasi konsentrasi perekat pada setiap perlakuan memengaruhi kadar air, yang berdampak pada sifat fisik dan kualitas biopelet. Perlakuan terbaik tercapai dengan tepung tapioka 15%, berdasarkan laju pembakaran terlama. Dengan pendekatan yang menyeluruh, kegiatan ini berpotensi memberikan manfaat positif bagi masyarakat, mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Melalui kegiatan ini, masyarakat memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam tentang proses pembuatan biopellet, manfaat penggunaannya, serta potensi ekonomi yang dapat dihasilkan. Pengolahan ini secara signifikan membantu

mengurangi sampah yang berakhir di TPAS Manggar dan meminimalkan dampak pencemaran lingkungan akibat sampah yang tidak terkelola. Uji coba menunjukkan bahwa perbandingan bahan sampah padat 50:50 dengan perekat tepung tapioka 5%, 10%, dan 15% menghasilkan variasi karakteristik fisik, terutama dalam kadar air dan kerapatan, meskipun nilai kalor relatif tidak berbeda signifikan antar perlakuan (Purnomo, 2017). Hasil terbaik diperoleh pada penggunaan tepung tapioka 15%, ditandai dengan laju pembakaran terlama.

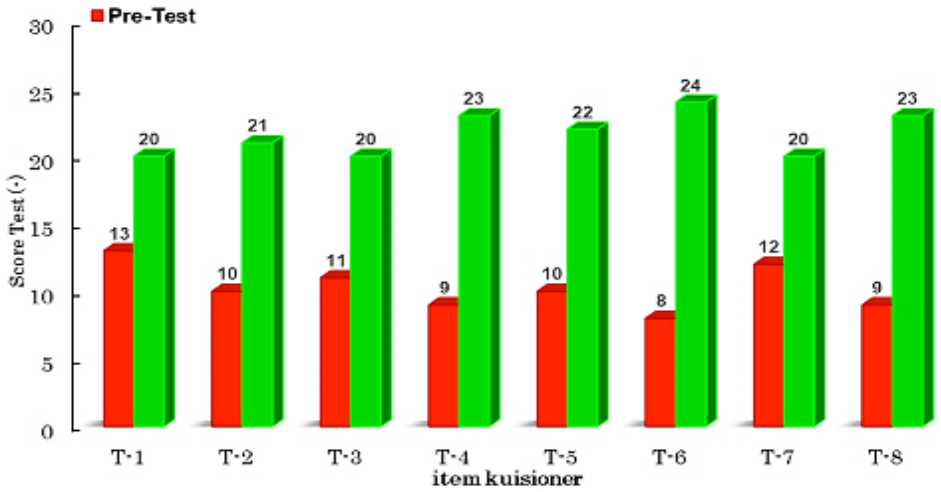
Pada umumnya, semakin besar nilai kalor suatu biopellet, semakin tinggi pula kualitasnya. Nilai kalor ini terdapat hubungan positif dengan kadar karbon terikat dalam biopellet (Rahman, 2011). Selain itu, proses pengeringan dan lama pengeringan juga berperan penting dalam menentukan nilai kalor. Pasalnya, bahan baku yang memiliki kadar air lebih rendah sebelum diolah akan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi. Emisi gas dari biopellet jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, penggunaan biopellet dapat mendukung upaya adaptasi terhadap perubahan iklim global. Biopellet ini juga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena kadar airnya telah memenuhi standar SNI, meskipun kadar abunya masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Ukuran serbuk biopellet berpengaruh besar terhadap kadar air, di mana penelitian (Mahdie et al., 2016; Zulfian et al., 2015) menunjukkan bahwa semakin halus ukuran serbuk, semakin rendah kadar airnya. Penelitian ini didukung pula oleh hasil studi Damayanti et al. (2017; Fatriani et al., 2018), yang menyatakan bahwa kadar air optimal sangat dipengaruhi oleh kehalusan ukuran serbuk bahan baku. Selain itu, proses pemanasan saat pencetakan juga membantu mengurangi kadar air melalui penguapan langsung (Christanty, 2014; Iskandar et al., 2020) Dengan kadar air yang memenuhi standar, biopellet mampu menghasilkan pembakaran yang baik tanpa banyak asap, menjadikannya pilihan energi alternatif. Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo et al. (2016) mengindikasikan bahwa tingginya kadar air dalam bahan bakar dapat memperlambat proses pembakaran dan meningkatkan produksi asap. Kondisi ini dapat menimbulkan berbagai masalah tambahan yang perlu diantisipasi. Namun, hasil pengujian terhadap kadar abu hingga kini masih belum memenuhi standar yang dipersyaratkan.



Gambar 3. Mesin pelletizer pencetak biopellet RDF berbasis sistem penggerak roller

Kegiatan dimulai dengan pembuatan sketsa desain mesin yang bertujuan untuk menciptakan mesin yang lebih efisien dibandingkan dengan mesin yang tersedia di pasaran. Proses pembuatan mesin ini dilakukan di bengkel fabrikasi mesin milik PT Guna Olah Limbah (GOL). Mesin pelletizer dengan desain rangka memggunakan besi profil unp agar kokoh dan stabil untuk base dari cetakan pelletizer dengan dua roller penekan, konstruksi rangka dan bagian mesin mempunyai dimensi panjang 600 mm lebar 310 mm tinggi 930 mm. Untuk eksperimen awal pengujian mesin menggunakan sampel serbuk kayu yang dicampur dengan tepung kanji (5-10%), menghasilkan pelet dengan diameter 8 mm, panjang 30-50 mm dengan kapasitas maksimal 50kg/jam. Desain mesin pelletizer berbasis sistem penggerak roller ditunjukkan pada Gambar 3, mesin ini yang menggunakan roller untuk memproses bahan baku menjadi bentuk pellet. Roller ini berfungsi untuk menekan dan mengekstrusi bahan baku sehingga membentuk pellet dengan ukuran dan bentuk yang seragam. Secara umum diketahui bahwa mesin pencetak pelet jenis press *(hydraulic press)* memiliki beberapa kekurangan. Antara lain, tingginya konsumsi energi, rendahnya efisiensi saat produksi, serta biaya operasional dan pemeliharaan yang relatif besar. Keadaan ini mendasari perlunya inovasi mesin penggilas pelet yang lebih hemat energi dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pengaduk pada mesin pembuat pelet unggas dengan menggunakan sistem penggilas, serta menguji kapasitas produksi dan efisiensi kerjanya. Metode yang digunakan adalah eksperimen, dengan tahap perancangan dan pengujian mesin menggunakan variasi komposisi sampah padat, serta volume air (600 ml, 1100 ml, dan 1500 ml). Hasil menunjukkan bahwa mesin roller ini mampu memproduksi hingga 50 sampai 100 kg/jam dengan efisiensi 92,87% pada kecepatan 46 rpm dan air 660 ml. Efisiensi tertinggi sebesar 96,34% tercapai pada kecepatan 46 rpm rpm dan air 1100 ml. Mesin ini dapat menjadi solusi alternatif untuk

peternak unggas dalam meningkatkan efisiensi produksi biopellet dengan biaya yang lebih rendah. Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan teknologi mesin pencetak pelet yang efisien dan ramah lingkungan.



Gambar 4. Perbandingan kemampuan masyarakat sebelum dan setelah dilaksanakan pelatihan pembuatan produk biopellet melalui pre-test dan post-test.

Pre-test dan post-test digunakan untuk mengukur keberhasilan dari kegiatan pelatihan ini. Gambar 4 menunjukan grafik perbandingan kemampuan peserta sebelum dan setelah dilaksanakan pelatihan pembuatan produk biopellet. Diagram batang warna hijau menunjukan nilai setelah dilakukan pelatihan sedangkan warna merah menunjukan nilai sebelum dilakukannya pelatihan. Diagram batang menunjukan angka nilai pada masing masing tes yang dalam bentuk pertanyaan dengan pengumpulan data sebanyak 25 responden dan hasilnya dirangkum pada Tabel 3. Berdasarkan pemaparan hasil diatas, trend yang terjadi pada kegiatan pelatihan ini memberikan dampak yang positif kepada masyarakat dibuktikan dengan adanya peningkatan nilai. Namun ada satu tes yang memiliki nilai yang sama sebelum dan setelah dilakukan pelatihan yaitu mengenai ketertarikan peserta terhadap pengolahan limbah menjadi biopellet RDF. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sejak awal peserta sudah memiliki rasa ingin tahu yang tinggi mengenai pengolahan bambu menjadi biopellet. Secara keseluruhan, hasil analisis ini mendukung keberhasilan pelatihan dalam mencapai tujuan utamanya, yaitu meningkatkan pengetahuan peserta. Dampak positif ini menunjukkan pentingnya pelatihan serupa untuk memberdayakan masyarakat dalam memahami teknologi ramah lingkungan dan penerapan produksinya secara massal.

Tabel 3. Analisa kemampuan peserta setelah pelaksanan pengabdian menggunakan metode *Paired Two Sample for Means*

Item	Indikator pertanyaan	Sebelum (%)	Sesudah (%)
T-1	Apakah saudara tahu tentang bahan bakar bentuk biopellet dan pembuatannya?	52	80
T-2	Apakah saudara tahu bahwa biopellet dapat diproduksi dari olahan sampah padat?	40	84
T-3	Apakah saudara tahu biopellet merupakan bahan bakar padat yang dapat mengurangi emisi CO_2?	44	80
T-4	Apakah saudara tahu tentang mesin pelletizer dengan sistem penggerak roller?	36	92
T-5	Apakah saudara tahu biopellet merupakan salah satu bahan bakar ramah lingkungan?	40	88
T-6	Apakah saudara tertarik untuk mengolah sampah padat menjadi biopellet?	32	96
T-7	Apakah saudara tertarik untuk mengembangkan bahan bakar berbasis biopellet dengan teknologi lain?	48	80
T-8	Apakah saudara tahu standard prosedur pembuatan biopellet ramah lingkungan yang sesuai SNI?	36	92

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 25 peserta kegiatan pengabdian kepada masyarakat, diketahui bahwa tingkat pemahaman mereka terhadap teknologi maggot mencapai 65%, pemahaman tentang partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah sebesar 80%, dan pemahaman mengenai potensi ekonomi dari pengelolaan sampah berkelanjutan sebesar 50%. Sementara itu, tingkat ketertarikan dalam mengolah limbah secara berkelanjutan tercatat sebesar 40%. Melalui pelatihan dan pendidikan yang diberikan selama kegiatan, terjadi peningkatan pada seluruh aspek yang diukur dibandingkan dengan kondisi sebelum pelatihan. Secara keseluruhan, pemahaman peserta mengalami peningkatan hingga mencapai 90%.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan masyarakat dalam mengelola sampah menjadi energi alternatif berupa biopellet. Konversi sampah padat menjadi biopellet tidak hanya mengurangi volume dan polusi sampah, tetapi juga memiliki nilai ekonomi sebagai bahan bakar terbarukan. Kegiatan ini memberikan dampak positif secara lingkungan, sosial, dan ekonomi, serta mendukung pengurangan sampah yang masuk ke TPAS Manggar. Ke depan,

pengujian nilai kalor menggunakan bomb calorimeter direkomendasikan untuk memperoleh data lebih akurat terhadap potensi energi dari produk biopellet. Pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan berhasil meningkatkan pemahaman serta keterampilan masyarakat dalam mengelola sampah menjadi sumber energi alternatif. Konversi sampah menjadi biopellet tidak hanya memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan volume sampah dan polusi, tetapi juga menciptakan nilai ekonomi melalui penyediaan bahan bakar terbarukan. Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap produk biopellet, terdapat perbedaan nilai karakteristik sifat fisik pada produk biopellet yang dihasilkan dari sampah padat dengan perbandingan 50%-50% dengan campuran perekat tepung tapioka konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. Meskipun demikian, nilai kalor yang dihasilkan oleh masing-masing produk tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kegiatan ini secara keseluruhan telah mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam mengelola sampah dan turut serta menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sehat, serta berkelanjutan. Kegiatan selanjutnya perlu dilakukan pengujian nilai kalor produk biopellet menggunakan bomb calorimeter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Program Studi Teknik Kimia dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan laporan hasil pengabdian kepada masyarakat ini. Tanpa dukungan mereka, publikasi ini tidak mungkin terwujud dan dapat bermanfaat sebagai sumber pengetahuan bagi masyarakat luas. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kemendiktisaintek dan LPDP atas dukungan finansial melalui hibah Pendanaan Riset Pembangunan Berkelanjutan (PRPB) skema Inklusivitas STEMinist: Woman in Leading Science and Technology, RISPRO Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) (No kontrak: 067/E5/PG.02.00/PRPB.INKLUSIVITAS/2024), dukungan hibah parsial dari kegiatan pengabdian masyarakat LPPM ITK tahun 2025 skema PMMD (No kontrak: 2590/IT10/PPM.04/2025), serta tim KKN ITK telah memberikan kontribusi besar, baik sebagai bagian dari tim panitia maupun dalam bentuk dukungan teknis lainnya. Berkat dukungan mereka, program ini dapat berjalan dengan baik dan sukses mencapai tujuannya.

DAFTAR RUJUKAN

Adinurani, P. G., & Nuriana, W. (2014). Keragaman Biopelet Limbah Tanaman Padi (Oryza sativa sp) Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Agri-Tek*, *15*(2), 38–47.

Azhar, & Rustamaji, H. (2009). Bahan Bakar Padat Dari Biomassa Bambu Dengan Proses Torefikasi dan Densifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, *3*(2), 26–29.

Bantacut, T., Hendra, D., & Nurwigha, R. (2013). The Quality of Biopellet From Combination of Palm Shell Charcoal and Plam Fiber,. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *23*(1), 1–12.

Christanty, N. A. (2014). *Biopelet Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan*. Institut Pertanian Bogor.

Damayanti, R., Lusiana, N., & Prasetyo, J. (2017). Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Biopelet dari Kulit Coklat (Theobroma Cacao L.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknotan*, *11*(1). Halaman? https://doi.org/10.24198/jt.vol11n1.6

Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan. (2023). *UPTD TPAS MANGGAR*. UPTD TPAS MANGGAR.

Ernawati, L., Ginting, R. R., & Zamzani, M. I. (2023). Edukasi Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif Skala Rumah Tangga. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, *7*(5), 5087. https://doi.org/10.31764/jmm.v7i5.17444

Fatriani, F., Sunardi, S., & Arfianti, A. (2018). Kadar Air, Kerapatan, Dan Kadar Abu Wood Pellet Serbuk Gergaji Kayu Galam (Melaleuca Cajuputi Roxb) Dan Kayu Akasia (Acacia mangium Wild). *EnviroScienteae*, *14*(1), 77. https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4897

Hadiyane, A., Rumidatul, A., & Hidayat, Y. (2021). Aplikasi Teknologi Biopelet Limbah Kopi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Rangka Pengembangan Desa Mandiri Energi Di Desa Jatiroke Kawasan Sekitar Hutan Pendidikan Gunung Geulis ITB. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *5*(3), 256–265.

Iskandar, N., Sulardjaka, S., Munadi, M., Nugroho, S., Muhamadin, R. C., & Fitriyana, D. F. (2020). The effect of water content and binder made from cassava starch and densification pressure on the quality of rice husk bio-pellets. *Journal of Physics: Conference Series*, *1517*, 012019. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012019

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017). *Statistik lingkungan hidup dan kehutanan tahun 2016*.

Mahdie, M. F., Subari, D., Sunardi, S., & Ulfah, D. (2016). Pengaruh Campuran Limbah Kayu Rambai Dan Api-Api Terhadap Kualitas Biopellet Sebagai Energi Alternatif Dari Lahan Basah. *Jurnal Hutan Tropis*, *4*(3), 246–253.

Maryono, Sudding, & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji Preparation and Quality Analysis of Coconut Shell Charcoal Briquette Observed by Starch Concentration. *Jurnal Chemica*, *14*(1), 74–83.

Purnomo, R. C. (2017). *Karakteristik Pellet Kayu dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Ulin (Eusideroxylon zwageri T.et.B) Berdasarkan Perbedaan Jumlah Perekat*. Universitas Lambung Mangkurat.

Rahman. (2011). *Uji keragaan biopelet dari biomassa limbah sekam padi (Oryza sativa sp.) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan*. IPB University.

Rahmat, F. N. (2023). Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, *4*(2), 118–122. https://doi.org/10.14710/jebt.2023.16497

Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensibioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *20*(1), 18–27. https://doi.org/10.23917/mesin.v20i1.7976

Silalahi, C. A. (2020). *Biopelet torefaksi kayu kaliandra (Calliandra calothyrsus)*. Institut Pertanian Bogor.

Standar Nasional Indonesia. (2018). Pelet biomassa untuk energi (SNI 8675:2018). In *SNI 8675:2018*. Standar Nasional Indonesia.

Wibowo, T., Setyawati, D., Nurhaida, & Diba, F. (2016). Kualitas biopelet dari limbah batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian. *Jurnal Hutan Lestari*, *4*(4), 409–417.

Zulfian, Diba, F., Setyawaty, D., Nurhaida, & Roslinda, E. (2015). Kualitas biopelet dari limbah batang kelapa sawit pada berbagai ukuran serbuk dan jenis perekat. *Jurnal Hutan Lestari*, *3*(2), 208–216.