

Optimalisasi Limbah Sekam Padi Melalui Teknologi Pirolisis: Upaya Mewujudkan Desa Produktif dan Ramah Lingkungan

Muhammad Rezky Mahmud¹, Andi Muhammad Iqbal Akbar Asfar^{2*}, Risna Damayanti², Muhammad Jusrianto³, Muh Irgi Alfhariski Herman², Mufti Khaerun⁴

¹Teknologi Kimia Industri, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

²Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

³Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

⁶Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diserahkan:

22/06/2025

Direvisi:

27/06/2025

Diterima

09/07/2025

Keywords:

Liquid Insecticide,
Biochar,
Smart Pyrolysis System,
Internet of Things,
Society Participatory
Approach,
Solid Waste Recycling,

ABSTRAK

Desa Maggenrang, Kabupaten Bone, menghadapi permasalahan lingkungan akibat penumpukan limbah sekam padi yang belum tertangani secara optimal. Sekam yang melimpah dari aktivitas penggilingan padi sebagian besar tidak dimanfaatkan dan hanya dibakar atau dibuang, sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Sementara itu, potensi pemuda desa belum sepenuhnya dioptimalkan dalam pengelolaan limbah berbasis inovasi, padahal memiliki banyak waktu luang untuk memberdayakannya, sehingga lebih produktif. Program ini mengarah pada eskalasi produktivitas mitra yang bertujuan untuk mentransformasi limbah dengan mengubah sekam padi menjadi insektisida cair sebagai produk utama, serta biochar dan briket sebagai produk turunan melalui teknologi pirolisis yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Metode kegiatan ini menggunakan *society participatory* dimana mitra, yakni pemuda desa yang tergabung dalam kelompok tani Pada Elo' digalakkan dan berpartisipasi penuh pada semua rangkaian kegiatan. Kegiatan ini mencakup perancangan alat, pelatihan, pendampingan teknis, serta kaderisasi berbasis pendekatan partisipatif masyarakat (*society participatory*). Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pengolahan limbah menghasilkan produk bernilai ekonomis dan mendukung peningkatan kapasitas pemuda desa sebagai pelaku wirausaha. Evaluasi menunjukkan peningkatan keterampilan dan pengetahuan sebesar 90%. Oleh karena itu, hasil secara nyata mendukung dan berkontribusi terhadap Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya dalam mewujudkan desa yang sehat dan sejahtera.

Corresponding author email: andiifalasar@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
 Copyright@ Author (2025).

1. PENDAHULUAN

Desa Maggenrang di Kabupaten Bone merupakan wilayah sentra produksi padi dengan intensitas panen tinggi, mencapai tiga kali dalam setahun. Kondisi ini menghasilkan limbah sekam padi dalam jumlah besar, yang hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Permasalahan utama terletak pada minimnya pemahaman masyarakat, khususnya pelaku penggilingan padi, dalam mengelola

limbah sekam menjadi produk yang bernilai ekonomi. Salah satu kelompok yang terdampak adalah Kelompok Tani Pao Kalikie, yang rutin menggiling ratusan ton gabah dan menghasilkan puluhan ton limbah sekam setiap musim. Mitra memiliki keanggotaan sebanyak 15 orang termasuk pekerja yang meluangkan waktunya untuk membantu ketua mitra dalam melakukan penggilingan padi dengan upah sesuai jam kerjanya. Limbah sekam padi yang menumpuk menjadi masalah utama dimana para Kelompok Tani sewaktu-waktu, sekam padi dijual untuk pembakaran pembuatan batu-bata, akan tetapi belum mampu mengurangi melimpahnya limbah sekam padi atau mengurangi tumpukan limbah sekam padi yang tentunya membutuhkan lahan yang lebih luas untuk menampungnya. Kelompok Tani Pao Kalikie Desa Maggenrang biasanya melakukan penggilingan padi sebanyak 350-ton padi (rata-rata 3 ton per hari selama 3 bulan) dengan hasil samping berupa sekam dan dedak. Setiap 1-ton penggilingan setara dengan sekitar 750 kg gabah kering yang kemudian menghasilkan antara 570 hingga 600 kg beras. Proses ini menyisakan limbah sekam dalam jumlah besar. Keterbatasan pada solusi pengelolaan, sebagian sekam dibakar oleh mitra di area terbuka. Cara ini menimbulkan asap pekat yang mengganggu kenyamanan warga sekitar terutama warga yang tinggal berdekatan dengan lokasi pembakaran. Sebagai alternatif lain, sebagian limbah dibuang ke sungai yang pada akhirnya berisiko mencemari kualitas air dan merusak ekosistem lokal. Padahal, sekam padi berpotensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai, salah satunya melalui teknologi pirolisis yang mampu menghasilkan asap cair (liquid smoke) yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida alami yang ramah lingkungan [1][2][3].

Asap cair dihasilkan melalui proses pirolisis pada suhu sekitar 400°C, yang memecah struktur bahan organik dan menghasilkan senyawa aktif seperti fenol, aldehyd, keton, asam organik, alkohol, dan ester. Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki aktivitas sebagai antioksidan serta antimikroba [4] [5]. Berdasarkan laporan FAO (2002), asap cair memiliki beragam manfaat. Ketika diaplikasikan ke tanaman, khususnya bagian daun, dapat mendukung pertumbuhan yang lebih sehat, mengurangi penggunaan insektisida kimia, serta membantu melindungi tanaman dari parasit. Pada tanaman buah atau pangan, penggunaannya dapat mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap gangguan. Potensi ini menjadikan asap cair sebagai salah satu produk prospektif yang layak dikembangkan dalam skala lokal maupun industri [6]. Berdasarkan potensinya, dibutuhkan suatu inisiatif yang mendorong pengelolaan limbah padat secara lebih cerdas. Salah satunya adalah dengan membekali masyarakat khususnya mitra petani dengan keterampilan teknis dan pengetahuan baru dalam mengolah limbah menjadi produk bernilai jual. Pendekatan ini bukan hanya mampu menambah sumber pendapatan alternatif, tetapi juga mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) terutama pada aspek kesehatan dan kesejahteraan desa melalui optimalisasi pemanfaatan limbah sekam padi.

Program ini tidak hanya bertujuan untuk menjawab persoalan lokal yang dihadapi masyarakat Desa Maggenrang, tetapi dirancang pula agar dapat direplikasi di wilayah agraris lainnya. Berdasarkan hasil observasi awal, kebutuhan mitra mencakup dua aspek utama yaitu produksi, terutama dalam pengolahan limbah sekam padi menjadi produk bernilai serta pada bidang manajemen yang meliputi pengemasan, pelabelan, pemasaran, pengelolaan keuangan sederhana, hingga kaderisasi dan restrukturisasi organisasi. Upaya ini diwujudkan melalui pemanfaatan teknologi *smart pyrolysis* berbasis *Internet of Things* (IoT) menghasilkan produk utama berupa liquid smoke sebagai

biopestisida ramah lingkungan dan memperkenalkan pula sistem produksi cerdas (*smart production*) yang praktis diterapkan pada taraf desa. Dampaknya, produk yang dihasilkan berkontribusi langsung dalam mengurangi limbah sekam padi serta menciptakan nilai ekonomi baru. Selain itu, program pengabdian kepada masyarakat ini secara nyata mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin ke-3, yaitu Desa Sehat dan Sejahtera khususnya dalam menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan. Hal ini tercermin dari pengurangan praktik pembakaran terbuka yang merugikan kesehatan masyarakat, peningkatan sanitasi lingkungan melalui pengolahan limbah, serta bertumbuhnya kapasitas masyarakat terutama pemuda desa dalam membangun ekosistem wirausaha yang berwawasan lingkungan. Sinergi antara kelompok mitra dan pemerintah daerah menjadi fondasi penting bagi keberlanjutan program ini, serta sejalan pula dengan visi Kabupaten Bone dalam mewujudkan desa *zero waste* dan produktif secara berkelanjutan.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan program dirancang dalam jangka waktu empat bulan dengan mengadopsi lima tahapan strategis, yakni penyuluhan, pelatihan, edukasi pemasaran, pendampingan, dan kaderisasi. Pendekatan ini dikenal sebagai metode 5P yang terbukti efektif dalam menciptakan dampak nyata bagi pemberdayaan masyarakat. Setiap tahap dirancang untuk saling melengkapi, mulai dari membangun pemahaman dasar, meningkatkan keterampilan teknis, memperluas akses pasar, mendampingi proses produksi hingga menyiapkan keberlanjutan program melalui pembentukan kader lokal [7][8][9][10].

Lima tahapan ini akan memaksimalkan eskalasi produktivitas kelompok tani dalam mengolah limbah menjadi uang di Desa Maggenrang khususnya pada mitra yaitu Kelompok Tani Pao Kalikie yang diketuai oleh Bapak Nurul Hidayat dan 15 orang anggotanya.

Uraian kegiatan dilakukan dalam pelaksanaan 5P dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini sebagai berikut.

- a) Tatap pertama yaitu penyuluhan untuk memberikan edukasi kepada mitra secara persuasif terkait program yang akan dilaksanakan [11].
- b) Tahap Pelatihan merupakan tahap untuk membekali keterampilan kepada mitra dalam melakukan produksi dan penggunaan smart pyrolisis, sehingga menghasilkan produk insektisida cair, briket dan biochar.
- c) Tahap Edukasi pemasaran dilaksanakan untuk memberikan bekal potensi peningkatan kemampuan memasarkan mitra menggunakan marketplace, sehingga jangkauan pemasaran akan lebih luas dan lebih mudah [12].
- d) Tahap Pendampingan dilakukan untuk mengidentifikasi kendala mitra selama produksi serta memberikan solusi alternatif terhadap temuan permasalahan [13].
- e) Tahap Kaderisasi yang dilakukan untuk memperluas dampak keberlanjutan program kepada masyarakat terdampak melalui replikasi kegiatan pengabdian ini [14].

Evaluasi dilaksanakan melalui pre-test (tes awal) dan post-test (tes akhir) berbasis skala likert dengan lima skala utama (1-5) yaitu Sangat Setuju (5), Setuju (4), Ragu-Ragu (3), Tidak Setuju (2) dan Sangat Tidak Setuju (1) untuk mengukur kemampuan mitra baik dalam sisi pengetahuan maupun keterampilan agar mampu mewujudkan kemandirian mitra dalam memproduksi dan mengolah

limbah sekam padi. Indikator Keberhasilan yang diharapkan adalah $\geq 80\%$ anggota mitra memahami tahapan proses produksi serta $\geq 70\%$ mitra mampu memiliki keterampilan dalam produksi sekaligus menjalankan alat secara mandiri serta kemampuan manajemen (pelabelan, pemasaran dan pengelolaan keuangan secara sederhana).

Dampak sosial ekonomi yang diharapkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah mampu meningkatkan pendapatan rumah tangga berbasis produksi berbasis limbah, membuka peluang kewirausahaan bagi pemuda desa, meningkatkan sanitasi dan kualitas lingkungan akibat pembakaran terbuka serta memperkuat struktur organisasi kelompok tani sebagai entitas usaha berkelanjutan.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Hasil pelaksanaan program pengabdian kepada Masyarakat diuraikan berdasarkan lima tahapan kegiatan yang telah dilaksanakan kepada mitra.

3.1 Penyuluhan

Kegiatan penyuluhan dirancang untuk membangun kesadaran mitra mengenai potensi pemanfaatan sekam padi sebagai sumber daya yang bernilai. Melalui forum diskusi kelompok (FGD), penyampaian materi dilakukan secara interaktif agar partisipasi mitra meningkat dan kegiatan berjalan lebih terarah [15][16][17]. Pada sesi pertama, penyuluhan dilaksanakan di lokasi mitra yaitu Kelompok Tani Pao Kalikie dan diawali dengan pre-test untuk mengukur pemahaman awal terkait isu limbah sekam. Selanjutnya, disampaikan materi mengenai pemanfaatan teknologi pirolisis sebagai alternatif pengolahan limbah menjadi produk ekonomi seperti asap cair.

Penyuluhan kedua diperluas cakupannya dengan melibatkan Organisasi Perangkat Daerah (OPD) seperti pemerintah desa, kecamatan, dan dinas perindustrian, serta warga desa sekitar. Antusiasme peserta meningkat setelah mengetahui bahwa limbah sekam yang selama ini hanya dibakar atau dibuang dan ternyata dapat diolah menjadi produk insektisida alami yang memiliki nilai jual. Inovasi ini membuka peluang baru bagi masyarakat untuk menambah pendapatan di luar aktivitas bertani, sekaligus memberikan solusi atas persoalan limbah yang selama ini dihadapi. Proses penyuluhan ditunjukkan pada Gambar 1 yang dilakukan dua kegiatan berbeda, yakni FGD dan Penyuluhan intensif kepada mitra program.



Gambar 1. Kegiatan Penyuluhan

3.2 Pelatihan

Tahap pelatihan dilaksanakan secara kolaboratif antara tim pelaksana dan mitra, dengan suasana

yang antusias dan saling mendukung. Pelatihan terbagi menjadi dua bagian utama yaitu pengenalan alat dan bahan, serta proses pembuatan tiga produk (insektisida cair, briket dan biochar) dari sekam padi menggunakan sistem *smart pyrolysis*.

Pada tahap awal, mitra diperkenalkan pada berbagai komponen alat dan bahan yang dibutuhkan agar lebih memahami proses secara menyeluruh. Alat yang digunakan merupakan hasil rancangan mandiri berbasis kebutuhan lokal, terdiri atas reaktor pirolisis, kondensor, panel kontrol serta aplikasi digital untuk pemantauan proses produksi. Bahan utama yang digunakan dalam proses ini cukup sederhana, yakni sekam padi dan air. Seluruh rangkaian peralatan dirancang agar mudah dioperasikan serta direplikasi di tingkat desa. Visualisasi desain alat ditampilkan pada Gambar 2 yang mengarahkan dan mendemonstrasikan pada mitra mengenai *smart production* berupa *smart pyrolysis system*.



Gambar 2. Desain Alat

Tahap berikutnya adalah proses produksi yang menjadi inti dari seluruh rangkaian kegiatan karena pada tahap inilah transformasi sekam padi benar-benar terjadi. Proses ini bertujuan untuk mengubah struktur fisik dan kimia sekam padi melalui pirolisis, yaitu proses pemanasan tanpa oksigen di dalam reaktor tertutup. Sumber panas berasal dari pembakaran langsung yang dikontrol agar suhu tetap stabil selama berlangsungnya reaksi.

Produksi dilakukan dengan memproses sekitar 100 kg sekam padi dalam satu siklus selama kurang lebih satu hari. Hasil dari proses pirolisis menghasilkan dua jenis produk yaitu asap cair sebagai produk utama yang berfungsi sebagai insektisida nabati ramah lingkungan, serta arang (biochar) sebagai produk sekunder yang dapat digunakan sebagai media tanam. Kedua produk ini memiliki nilai ekonomi dan potensi aplikasi yang luas dalam bidang pertanian dan pengelolaan lingkungan. Alur tahapan produksi secara visual disajikan pada Gambar 3 yang dimulai dari produksi menggunakan *smart pyrolysis system* berbasis sekam padi dan produk akhir yang dihasilkan berupa asap pembakaran yang dikondensasikan menjadi insektisida cair (asap cair atau liquid smoke) dan residu berupa arang sekam atau biochar.



Gambar 3. Tahapan Produksi

3.3 Edukasi Pemasaran

Tahap edukasi pemasaran dirancang sebagai respons atas kebutuhan mitra dalam memastikan keberlanjutan program, khususnya dari sisi produksi dan distribusi produk. Fokus program tidak hanya terbatas pada aspek hulu, seperti pengolahan dan teknologi, tetapi juga diperluas ke sisi hilir, yaitu pemasaran dan penguatan ekonomi mitra [18][19][20]. Oleh karena itu, diberikan pelatihan praktis untuk memperkenalkan konsep pemasaran digital dan manajemen keuangan dasar. Salah satu bentuk implementasinya adalah pengenalan penggunaan *marketplace daring*, yang dalam hal ini dilakukan melalui platform *Shopee*. Pelatihan mencakup seluruh tahapan penting, mulai dari proses pendaftaran akun, penyusunan profil usaha, penyusunan deskripsi produk, penentuan harga jual yang kompetitif, hingga peluncuran produk secara resmi di platform tersebut. Kegiatan ini tidak hanya memberikan pemahaman teknis, tetapi juga membekali mitra dengan keterampilan strategis dalam menjangkau konsumen yang lebih luas. Ilustrasi proses edukasi pemasaran ditampilkan pada Gambar 4. Kegiatan ini akan meningkatkan kemampuan pemasaran mitra, sehingga mitra nantinya mampu memasarkan produk secara luas.



Gambar 4. Tahap Edukasi Pemasaran

3.4 Restrukturisasi

Pada tahap kaderisasi, mitra melakukan restrukturisasi organisasi berdasarkan rekomendasi tim pelaksana, dengan tujuan memperkuat keberlanjutan program serta optimalisasi sumber daya manusia. Salah satu langkah strategis yang dilakukan adalah pembentukan Divisi *Marketing* yang berperan khusus dalam mengelola aspek pemasaran produk. Langkah ini dimaksudkan untuk memperjelas struktur kerja dan tanggung jawab dalam proses produksi dan distribusi.

Restrukturisasi ini selaras dengan praktik baik dari berbagai program pengabdian sebelumnya yang

menunjukkan bahwa penguatan struktur organisasi dapat meningkatkan efisiensi pelaksanaan program. Dengan adanya struktur yang lebih terorganisir, mitra menjadi lebih siap dalam mengelola produksi secara mandiri dan melanjutkan program secara berkelanjutan. Selain itu, produk yang dihasilkan juga memiliki potensi ekonomi dan layak untuk dipasarkan kepada masyarakat luas [19][21][22][23]. Penerapan sistem kaderisasi ini juga diharapkan mampu mendorong replikasi kegiatan serupa oleh komunitas lain di Desa Maggenrang, sehingga pengelolaan limbah sekam padi dapat dilakukan secara lebih praktis, ekonomis dan ramah lingkungan. Ilustrasi proses kaderisasi dan restrukturisasi dapat dilihat pada Gambar 5 yang memperjelas koordinator produksi dan pemasaran produk mitra.

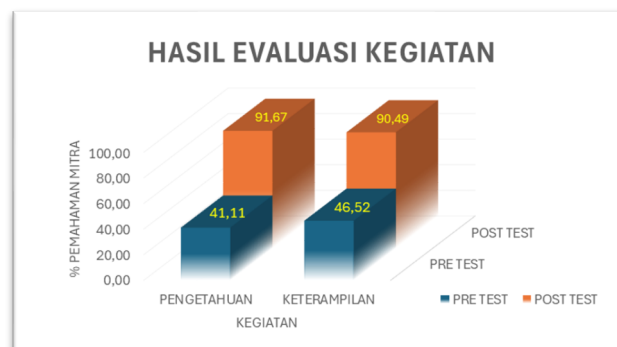


Gambar 5. Tahap Restrukturisasi Mitra

3.5 Pendampingan

Tahap pendampingan bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan yang dihadapi mitra selama pelaksanaan program, sekaligus memastikan kemampuan mereka untuk menjalankan proses produksi secara mandiri. Dalam proses ini, mitra memperoleh pemahaman lanjutan mengenai komponen *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dalam sistem *smart pyrolysis*. Selain itu, dilakukan inisiasi kerja sama distribusi dengan kelompok tani di Desa Sanrego yang menyatakan kesediaannya menjadi mitra pembeli produk dalam kurun waktu tiga bulan ke depan.

Evaluasi program dilakukan melalui penyebaran kuesioner (*post-test*) untuk mengukur efektivitas pelatihan dalam mengolah limbah sekam menjadi produk bernilai ekonomis. Penilaian mencakup aspek pendapatan, keterampilan teknis serta pemahaman konseptual mitra mengenai potensi sekam padi yang sebelumnya hanya dianggap limbah pascapanen. Berdasarkan hasil *post-test* dan pengamatan langsung di lapangan, terjadi peningkatan signifikan dalam keterampilan mitra, terutama dalam produksi insektisida cair, biochar dan briket menggunakan alat *smart pyrolysis*.



Gambar 6. Hasil Evaluasi Mitra

Peningkatan ini tampak dari Gambar 6 mengenai perbandingan hasil pre-test di awal program dan post-test di akhir kegiatan. Hasil evaluasi tersebut menunjukkan transformasi positif dalam kemampuan mitra, baik dari sisi teknis maupun pola pikir kewirausahaan. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 90% mengenai pemahaman dan keterampilan mitra sebelum dan sesudah kegiatan. Keberlanjutan kegiatan ini ditunjang pula adanya kerjasama dengan pihak organisasi perangkat daerah (OPD) Kabupaten Bone yaitu Dinas Perindustrian serta kelompok masyarakat pengguna yang telah sepakat untuk mendistribusikan dan menggunakan produk mitra yang tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Pendampingan dan MoU Masyarakat Pengguna

Hasil dan respon yang diperoleh selama pelaksanaan program memiliki potensi besar mengenai keberlanjutannya secara lebih optimal di masa mendatang. Pemanfaatan limbah sekam padi tidak hanya berhasil menurunkan volume limbah, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru bagi mitra. Melalui pendekatan teknologi sederhana namun aplikatif, kegiatan ini berkontribusi dalam meningkatkan kesejahteraan mitra melalui penciptaan nilai tambah (*added value*) dari bahan yang sebelumnya dianggap tidak bernilai menjadi produk berdaya saing.

Meskipun program berjalan sesuai rencana, beberapa tantangan teknis dan sosial turut mewarnai proses pelaksanaan. Dari sisi teknis, kestabilan suhu pada reaktor pirolisis menjadi perhatian utama, karena proses pembentukan asap cair sangat sensitif terhadap fluktuasi panas. Beberapa mitra mengalami kesulitan dalam mempertahankan suhu di bawah 400°C secara konsisten yang berdampak pada kualitas produk yang dihasilkan. Selain itu, komponen kondensor memerlukan pemeliharaan khusus untuk menghindari sumbatan dan kehilangan efisiensi pendinginan.

Di sisi sosial, tingkat literasi digital yang beragam menjadi kendala tersendiri dalam proses edukasi pemasaran berbasis *marketplace*. Sebagian mitra belum terbiasa menggunakan platform daring seperti Shopee, sehingga membutuhkan pendampingan lebih intensif. Selain itu, resistensi awal terhadap penggunaan alat baru juga muncul, terutama dari mitra yang telah terbiasa dengan praktik konvensional. Hal ini menuntut pendekatan edukatif yang tidak hanya teknis, tetapi juga memperhatikan aspek psikologis dan sosial budaya mitra. Kompleksitas ini menjadi pembelajaran penting dalam merancang program serupa di masa depan agar lebih adaptif terhadap dinamika masyarakat sasaran.

4. KESIMPULAN

Penerapan teknologi tepat guna (IPTEK) di Desa Maggenrang telah memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kapasitas ekonomi dan keterampilan teknis mitra. Sebelum program dijalankan, mayoritas mitra belum memiliki keterampilan dasar dalam pengolahan limbah sekam padi, baik dari aspek teknis produksi maupun manajerial. Praktik yang umum dilakukan adalah membakar sekam secara terbuka atau membuangnya ke sungai yang berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

Selain itu, keterlibatan mitra dalam kegiatan pemasaran dan manajemen keuangan produk juga masih sangat terbatas. Melalui pelatihan dan pendampingan, transformasi limbah sekam padi menjadi insektisida cair berbasis *smart pyrolysis* berhasil membuka peluang baru untuk menciptakan nilai tambah secara ekonomi. Produk tambahan berupa biochar dan briket mampu diproduksi oleh mitra secara mandiri dan berkontribusi dalam memberikan nilai tambah bagi pertanian lokal yang dapat direplikasi secara luas.

Peningkatan pengetahuan dan keterampilan ini memberikan efek positif terhadap produktivitas individu maupun kelompok yang berdampak terhadap penguatan ekonomi rumah tangga dan kesejahteraan masyarakat desa. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan yang perlu dicermati sebagai bagian dari evaluasi keberlanjutan program. Secara teknis, performa kondensor pada *smart pyrolysis system* memerlukan perhatian khusus terutama dalam menjaga suhu di bawah 400°C untuk menjamin efisiensi proses kondensasi dan kualitas asap cair yang dihasilkan. Partisipasi mitra di tahap awal program juga menunjukkan variasi terutama karena rendahnya literasi digital dan kecanggungan dalam menggunakan platform *marketplace* untuk pemasaran produk.

Tantangan pemasaran produk berbasis limbah juga muncul dari minimnya jejaring distribusi dan promosi, tetapi melalui pendampingan intensif kesulitan dan hambatan dapat diatasi dengan baik yang terbukti dari peningkatan kemampuan keterampilan mitra. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa intervensi berbasis kebutuhan riil, jika dikombinasikan dengan pendekatan teknologi tepat guna dan pendampingan intensif mampu mendorong transformasi sosial dan ekonomi masyarakat.

Untuk menjamin keberlanjutan program, dukungan dari pemerintah daerah, khususnya Pemerintah Kabupaten Bone sangat dibutuhkan dalam bentuk pelatihan lanjutan, bantuan teknis, insentif adopsi teknologi dan fasilitasi pemasaran. Oleh karena itu, mitra dapat terus berkembang sebagai pelaku usaha desa yang produktif sekaligus berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DAPTV Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Kelompok Tani Pao Kalikie Desa Maggenrang Kecamatan Kahu Kabupaten Bone.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. I. A. Asfar, A. M. I. T. Asfar, S. Thah, A. Kurnia, E. Budianto, and A. Syaifullah, *Kumawula: J. Pengab. kepada Masyarakat*. 5, 95-102, (2022).
- [2] Yulita, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, A. Riska, A. Nurannisa, Hasma, and M. Murasyida, *Konfr. Nas. Pengb. Masyarakat (KOPEMAS)*. 5, 1-10, (2024).

- [3] A. M. I. A. Asfar, A. M. I. T. Asfar, R. Ridwan, J. D. Damayanti, and M. I. Mukhsen, *Dinamisia: J. Pengb. kepada Masyarakat*. 7, 1240-1349, (2023).
- [4] A. M. I. A. Asfar, A. M. I. T. Asfar, S. Thaha, A. Kurnia, E. Budianto, and A. Syaifullah, *JMM (J. Masyarakat Mandiri)*. 5, 336603377, (2021).
- [5] M. R. Mahmud, F. Mas'ud, and V. D. Paramita, *J. Agritec.*, 2, 160-166, (2024).
- [6] A. P. Brustolin, J. ., Soares, K. Muraro, R. Schwert, C. Steffens, R. L. Cansian, and E. Valduga, *J. of Food Scie.*, 89, 7217-7227, (2024).
- [7] A. M. Mahfud, A. M. I. T. Asfar, M. Safar, A. M. I. A. Asfar, and A. Nurannisa, *J. Pengb. UNDIKMA*. 6, 340-349, (2025).
- [8] A. M. I. T. Asfar, R. Adiansyah, S. Nur, A. M. I. A. Asfar, and A. Nurannisa, *Dinamisia: J. Pengb. kepada Masyarakat*. 9, 332-344, (2025).
- [9] Hasniar, M. Ali, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, S. Wahyuni, and Nurfahmariyani, *Kumawula: J. Pengb. kepada Masyarakat*. 8, 265-273, (2025).
- [10] A. Ramadani, M. Jafar, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, and R. Arfiani, *Kumawula: J. Pengb. kepada Masyarakat*. 8, 126-134, (2025).
- [11] Yasari, M. P. Ayuningyas, and Z. Lessy, *Masyarakat Madani: J. Kajian Islam dan Peng. Masyarakat*. 9, 1-23, (2024).
- [12] A. Nurannisa, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, M. Safar, S. S. Dewi, F. Periska, F. Febrianti, and Ayunita, *Nusantara Scie. and Tech. Proce.*, 1, 51-56, (2025).
- [13] L. S. Lista, M. Alim A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, M. Asdar, and Sofiyan, *J. Abdimas Bina Bangsa*. 6, 456-470, (2025).
- [14] S. Nurhayari, N. Nurjaman, and N. Rukanda. *Masyarakat Madani: J. Kajian Islam dan Peng. Masyarakat*. 9, 235-253, (2024).
- [15] Mutmainna, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, and A. Nurannisa, *AKM: Aksi kepada Masyarakat*. 5, 753-762, (2024).
- [16] S. Dewi, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, A. Nurannisa, and W. Damayanti, *Transformasi: J. Pengb. Masyarakat*. 20, 303-318, (2024).
- [17] A. Fakhruddin, N. Budiyan, and K.R. Wa'dollah, *Masyarakat Madani: J. Kajian Islam dan Peng. Masyarakat*. 9, 189-211, (2024).
- [18] A. M. I. T. Asfar, R. Adiansyah, S. Nur, A. M. I. A. Asfar, and A. Nurannisa, *ABSYARA: J. Pengb. pada Masyarakat*, 5, 135-145, (2024).
- [19] Muhlis, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, A. Nurannisa, and F. Fadila, *Abdimas Galuh*. 6, 1334-1346, (2024).
- [20] A. Rosdaliani, A. Nursyam, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, A. Nurannisa, and F. Wulandari, *CARADDE: J. Pengb. kepada Masyarakat*. 7, 228-237, (2024).
- [21] N. Hasibuan, *Masyarakat Madani: J. Kajian Islam dan Peng. Masyarakat*. 9, 99-116, (2024).
- [22] L. Abbas, R. Adiansyah, A. M. I. T. Asfar, A. M. I. A. Asfar, A. Nurannisa, N. Ramli, and M. N. Asis, *Agrokreatif: J. Ilmiah Pengb. kepada Masyarakat*. 11, 295-303, (2025).
- [23] Y. Annisa, and M. Fadli, *Masyarakat Madani: J. Kajian Islam dan Peng. Masyarakat*. 9, 117-134, (2024).