

Pemberdayaan Berbasis Ekonomi Sirkular untuk Meningkatkan Kapasitas Pengelolaan dan Diversifikasi Sekam Padi pada Industri Penggilingan Padi Skala Kecil

Dana Marsetiya Utama^{1*}, Rahmad Wisnu Wardana², Tyas Yuli Rosiani³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

*Correspondent email: dana@umm.ac.id

Received: 9 Juni 2026 **Revised:** 10 Juli 2026 **Accepted:** 3 Agustus 2026 **Published:** 13 Agustus 2026

©2026 by the authors. Licensee Community Service: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons
Attribution (CC BY NC) license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Abstract. Rice husks have the potential to be a value-added resource, but their utilization in small-scale rice milling industries remains limited by the technical and managerial capacity of business operators. This study aims to evaluate changes in rice husk management capacity through circular economy-based empowerment and to support the diversification of their use into value-added products. The program was implemented in a participatory manner through outreach, training, technology adoption, mentoring, and evaluation of five permanent employees at a small-scale rice milling operation. Pre- and post-activity evaluations used 23 indicators covering circular economy knowledge, technical skills, waste management, Occupational Safety and Health, and managerial capacity. The results showed that the overall score increased from 1.922 to 4.104, representing a 113.57% increase. The highest improvement occurred in technical skills at 142.00%, followed by knowledge of the circular economy at 115.38%, managerial capacity at 108.51%, waste management at 100.00%, and Occupational Safety and Health at 97.78%. All participants showed positive changes with no negative ranks or ties. The two-sided exact Wilcoxon value of 0.063 indicates that the changes have not yet reached statistical significance at the 5% level, although the effect size ranges between 0.909 and 0.921. The program also supports the utilization of rice husks through the development of biomass pellets as well as diversification alternatives such as briquettes and organic growing media. These findings suggest that circular economy-based empowerment has the potential to strengthen the capacity for productive, safe, and measurable rice husk management, although the generalizability of the results remains limited by the number of participants and the study locations.

Key words: circular economy; empowerment; rice husks; waste management; product diversification; business capacity

Abstrak. Sekam padi memiliki potensi sebagai sumber daya bernilai tambah, tetapi pemanfaatannya pada industri penggilingan padi skala kecil masih terbatas oleh kapasitas teknis dan manajerial pelaku usaha. Studi ini bertujuan mengevaluasi perubahan kapasitas pengelolaan sekam melalui pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular serta mendukung diversifikasi pemanfaatannya menjadi produk bernilai tambah. Program dilaksanakan secara partisipatif melalui sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, dan evaluasi terhadap lima pekerja tetap pada

satu industri penggilingan padi skala kecil. Evaluasi pra-kegiatan dan pasca-kegiatan menggunakan 23 indikator yang mencakup pengetahuan ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, serta kapasitas manajerial. Hasil menunjukkan skor keseluruhan meningkat dari 1,922 menjadi 4,104 atau sebesar 113,57%. Peningkatan tertinggi terjadi pada keterampilan teknis sebesar 142,00%, diikuti pengetahuan ekonomi sirkular sebesar 115,38%, kapasitas manajerial sebesar 108,51%, pengelolaan limbah sebesar 100,00%, dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebesar 97,78%. Seluruh peserta menunjukkan perubahan positif tanpa negative ranks maupun ties. Nilai exact dua-arah Wilcoxon sebesar 0,063 menunjukkan bahwa perubahan belum mencapai signifikansi statistik pada taraf 5%, meskipun ukuran efek berada antara 0,909 dan 0,921. Program juga mendukung pemanfaatan sekam melalui pengembangan pelet biomassa serta alternatif diversifikasi berupa briket dan media tanam organik. Temuan ini menunjukkan bahwa pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular berpotensi memperkuat kapasitas pengelolaan sekam secara produktif, aman, dan terukur, meskipun generalisasi hasil masih terbatas oleh jumlah peserta dan lokasi studi.

Kata Kunci: ekonomi sirkular; pemberdayaan; sekam padi; pengelolaan limbah; diversifikasi produk; kapasitas usaha

1. Pendahuluan

Industri penggilingan gabah menghasilkan beras sebagai produk utama dan sekam dalam jumlah besar (Utama et al., 2026). Sekam padi merupakan biomassa lignoselulosa yang mengandung karbon dan silika, sehingga memiliki potensi untuk produk bernilai tambah. Kajian mutakhir menempatkan sekam sebagai sumber daya dalam ekonomi sirkular karena material tersebut dapat dikembalikan ke rantai nilai (Kordi et al., 2024). Pendekatan ini mengubah pengelolaan residu dari pola pembuangan menjadi pemulihan material, energi, dan nilai ekonomi (Kaniapan et al., 2022) (Koul et al., 2022). Ekonomi sirkular menekankan pengurangan limbah, perpanjangan penggunaan sumber daya, regenerasi sistem, dan penciptaan nilai melalui aliran material tertutup (Kirchherr et al., 2023). Perspektif tersebut semakin relevan bagi sektor agroindustri yang menghasilkan biomassa secara kontinu dan menghadapi keterbatasan pengelolaan residu (Rao et al., 2024) (Duque-Acevedo et al., 2022). Sekam dapat dimanfaatkan untuk bioenergi, adsorben, material komposit, silika, bioplastik, bioetanol, serta bahan berbasis karbon (Chavan et al., 2024; Jyothsna et al., 2024; Kamboj et al., 2024; Kordi et al., 2024; Yeboah et al., 2022). Jyothsna et al. (Jyothsna et al., 2024) menunjukkan pemanfaatan sekam dapat menghubungkan sektor pertanian, energi, dan konstruksi dalam satu aliran nilai sirkular. Yeboah et al. (Yeboah et al., 2022) menunjukkan bahwa pengembangan bioplastik berbasis sekam membuka jalur pemanfaatan nonenergi dengan manfaat lingkungan yang terukur. Kamboj et al. (Kamboj et al., 2024) juga menegaskan bahwa pengelolaan produk samping padi memerlukan integrasi teknologi dan strategi ekonomi sirkular. Namun, ketersediaan

teknologi belum menjamin residu termanfaatkan secara konsisten pada tingkat usaha. Sektor industri penggilingan gabah skala kecil menghadapi keterbatasan pengetahuan, keterampilan, pengendalian proses, dan kemampuan manajerial. Kondisi tersebut terlihat pada lokasi studi dengan kapasitas penggilingan 2–3 ton gabah per hari. Aktivitas tersebut menghasilkan sekitar 400–500 kilogram sekam setiap hari, sementara lebih dari 70% belum dimanfaatkan secara produktif. Kesenjangan antara potensi material dan praktik pengelolaan ini menuntut intervensi yang menghubungkan teknologi, manusia, lingkungan, dan kapasitas usaha.

Literatur telah menawarkan jalur valorisasi sekam melalui densifikasi, karbonisasi, pembakaran terkendali, fermentasi, ekstraksi silika, dan pengembangan material berbasis hayati. Densifikasi menjadi pelet dan briket meningkatkan kerapatan bahan, memudahkan penyimpanan, serta memperluas pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar padat (Kaniapan et al., 2022), (Brand et al., 2017). Brand et al. (Brand et al., 2017) menunjukkan residu budidaya dan pengolahan padi dapat dikonversi menjadi briket dengan karakteristik energi yang terkendali. Saeed et al. (Saeed et al., 2021) membuktikan bahwa kadar air memengaruhi mutu fisik dan energi briket berbasis sekam. Yilmaz et al. (Yilmaz et al., 2021) juga menunjukkan ukuran partikel dan kadar air menentukan kapasitas pelletisasi serta mutu biomassa terdensifikasi. Jalur lain mengembangkan sekam menjadi bioetanol, bioplastik, adsorben, silika, dan material konstruksi (Yeboah et al., 2022) (Kamboj et al., 2024) (Chavan et al., 2024). Pilihan teknologi tersebut menunjukkan bahwa sekam tidak memiliki satu jalur pemanfaatan bagi seluruh kondisi usaha. Illankoon et al. (Illankoon et al., 2023) menekankan perlunya pemilihan jalur valorisasi berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial. Rao et al. (Rao et al., 2024) juga menunjukkan bahwa pengelolaan limbah pertanian perlu mempertimbangkan peluang ekonomi sirkular pada tingkat sumber. Karena itu, masalah utama tidak hanya terletak pada pemilihan teknologi, tetapi pada kemampuan pelaku usaha mengoperasikan teknologi secara aman dan konsisten. Sebagian besar studi terdahulu berfokus pada karakterisasi material, optimasi proses, kelayakan teknologi, atau kinerja lingkungan produk (Chavan et al., 2024) (Rao et al., 2024) (Duque-Acevedo et al., 2022). Fokus tersebut menghasilkan dasar teknis yang kuat, tetapi belum menjelaskan mekanisme peningkatan kapasitas pengguna teknologi pada sektor penggilingan gabah skala kecil.

Kesenjangan ini penting karena penerapan teknologi memerlukan keterampilan operasi, keselamatan kerja, pengendalian mutu, pencatatan produksi, dan kemampuan membaca peluang pasar. Oleh sebab itu, keberhasilan valorisasi memerlukan desain pemberdayaan yang menempatkan peningkatan kapasitas manusia sebagai bagian dari sistem teknologi.

Kajian ekonomi sirkular menunjukkan bahwa kemampuan internal menentukan keberhasilan transisi usaha skala kecil menuju pengelolaan sumber daya sirkular (Rosiani et al., 2025; Santoso et al., 2023). Kayikci et al. (Kayikci et al., 2022) menempatkan kesiapan organisasi, teknologi, dan pemangku kepentingan sebagai unsur penting dalam kematangan rantai pasok sirkular. Kondala et al. (Kondala et al., 2024) mengidentifikasi keterbatasan pengetahuan, keterampilan, sumber daya, dan dukungan organisasi sebagai hambatan penerapan ekonomi sirkular pada usaha skala kecil. Pascucci et al. (Pascucci et al., 2024) menegaskan bahwa kapabilitas berbasis pengetahuan membantu organisasi mengelola perubahan ketika menerapkan inovasi bisnis sirkular. Despoudi et al. (Despoudi et al., 2025) menunjukkan pengetahuan, keahlian, infrastruktur, dan pembelajaran operator menjadi sumber daya penting bagi penerapan ekonomi sirkular berbasis teknologi. Faisal-E-Alam et al. (Faisal-E-Alam et al., 2024) menunjukkan faktor individu dan organisasi memengaruhi implementasi ekonomi sirkular pada usaha skala kecil. Maher et al. (Maher et al., 2023) menunjukkan bahwa transisi sirkular membutuhkan proses terstruktur yang menghubungkan identifikasi peluang dan perubahan praktik bisnis. Ahmadov et al. (Ahmadov et al., 2025) menegaskan bahwa transisi tersebut memerlukan keterlibatan pelaku, kolaborasi, pembelajaran, dan penciptaan nilai dalam jaringan usaha. Temuan ini selaras dengan program pengabdian di Indonesia yang memanfaatkan sekam melalui pendekatan partisipatif dan pelatihan teknologi. Rusmayadi et al. (Rusmayadi et al., 2023) menunjukkan pendekatan partisipatif dapat meningkatkan keterlibatan dalam pemanfaatan sekam. Azis et al. (Azis et al., 2023), Padapi (Padapi, 2022), dan Waqfin et al. (Waqfin et al., 2023) juga menunjukkan pelatihan mampu memperkenalkan biochar, briket, dan arang sekam. Meskipun demikian, program masih menilai keberhasilan melalui keterlaksanaan kegiatan, peningkatan pengetahuan, atau terbentuknya produk. Pengukuran perubahan keterampilan teknis, pengelolaan limbah, keselamatan kerja, dan kapasitas manajerial belum terintegrasi dalam evaluasi. Kondisi tersebut

menyisakan celah antara transfer teknologi, perubahan kompetensi, dan kesiapan usaha menjalankan diversifikasi berkelanjutan.

Berdasarkan celah tersebut, studi ini mengusulkan pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular yang mengintegrasikan edukasi, pelatihan teknis, pengelolaan limbah, keselamatan kerja, dan penguatan manajerial. Intervensi diarahkan pada diversifikasi sekam menjadi pelet biomassa, briket, dan media tanam organik sesuai kemampuan operasional sektor sasaran. Pendekatan ini berbeda dari studi yang menilai teknologi atau produk secara terpisah dari kapasitas pengguna. Kegiatan juga memperluas program pemberdayaan yang berfokus pada penyuluhan atau produksi satu jenis produk. Solusi spesifik tersebut menghubungkan perubahan pengetahuan dengan keterampilan operasi, pemanfaatan sekam, pengendalian keselamatan, pencatatan produksi, dan keputusan usaha. Integrasi ini sejalan dengan kebutuhan pengembangan kapabilitas internal pada transisi ekonomi sirkular. Studi bertujuan menganalisis efektivitas pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular dalam meningkatkan kapasitas pengelolaan sekam pada sektor industri penggilingan gabah skala kecil. Studi juga mengevaluasi kontribusi diversifikasi produk terhadap peningkatan pemanfaatan sekam dan penguatan kesiapan penciptaan nilai tambah. Pertanyaan penelitian pertama adalah: sejauh mana intervensi meningkatkan pengetahuan ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, keselamatan kerja, dan kapasitas manajerial peserta? Pertanyaan penelitian kedua adalah: bagaimana diversifikasi produk mengubah sekam dari residu terakumulasi menjadi bahan baku yang dimanfaatkan secara produktif? Kebaruan studi terletak pada integrasi lima dimensi kapasitas dengan indikator pemanfaatan sekam dan kesiapan diversifikasi dalam satu kerangka evaluasi pemberdayaan. Kerangka tersebut merumuskan hubungan edukasi ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, diversifikasi produk, dan penguatan kapasitas usaha. Ruang lingkup studi mencakup satu sektor industri penggilingan gabah skala kecil dengan sekam sebagai bahan utama intervensi. Analisis difokuskan pada perubahan kapasitas peserta, penerapan teknologi, diversifikasi produk, dan peningkatan pemanfaatan sekam selama program berlangsung.

2. Metode

2.1 Desain Kegiatan dan Peserta

Kegiatan menggunakan desain pemberdayaan partisipatif dengan evaluasi pra-kegiatan dan pasca-kegiatan pada kelompok peserta yang sama (Diami et al., 2024; Utama et al., 2025; Yasa et al., 2023). Program dilaksanakan pada sektor industri penggilingan gabah skala kecil di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Lokasi kegiatan memiliki kapasitas penggilingan sekitar 2–3 ton gabah per hari. Proses tersebut menghasilkan sekitar 400–500 kilogram sekam setiap hari. Sebagian besar sekam belum dimanfaatkan secara produktif sebelum intervensi. Peserta utama terdiri atas lima pekerja tetap yang terlibat langsung dalam proses produksi. Seluruh peserta mengikuti rangkaian sosialisasi, pelatihan, praktik teknologi, pendampingan, dan evaluasi. Pemilik usaha dilibatkan dalam identifikasi masalah, penentuan kebutuhan teknologi, evaluasi manajerial, dan perencanaan keberlanjutan. Identifikasi kebutuhan dilakukan melalui Focus Group Discussion (FGD) dan Participatory Rural Appraisal (PRA) (Utama, 2019; Utama & Baroto, 2020). FGD digunakan untuk memetakan masalah, prioritas kebutuhan, dan pilihan diversifikasi produk. PRA digunakan untuk memastikan peserta berperan aktif dalam perencanaan, praktik, pemantauan, dan evaluasi kegiatan. Intervensi disusun dalam lima tahap, yaitu sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta penguatan keberlanjutan. Setiap tahap diarahkan pada peningkatan kapasitas manusia dan pemanfaatan sekam. Evaluasi menggunakan desain berpasangan karena pengukuran dilakukan pada peserta yang sama sebelum dan sesudah intervensi. Desain ini mendukung analisis perubahan kapasitas secara langsung pada setiap peserta.

2.2 Bahan, Peralatan, dan Persiapan Sekam

Bahan utama kegiatan berupa sekam padi yang diperoleh langsung dari proses penggilingan pada lokasi kegiatan. Ketersediaan sekam mencapai sekitar 400–500 kilogram per hari sehingga bahan tersedia secara kontinu. Produk utama yang dikembangkan berupa pelet biomassa sekam. Briket dan media tanam organik digunakan sebagai alternatif diversifikasi. Teknologi utama menggunakan mesin pencetak pelet skala usaha kecil dengan kapasitas operasional sekitar 100–150 kilogram per hari. Peralatan pendukung meliputi timbangan digital, alat ukur kadar air, wadah bahan baku, alat pengering, dan perangkat pengemasan. Perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terdiri atas masker, sarung tangan, pelindung mata, dan pelindung tubuh. Seluruh Alat Pelindung Diri (APD) digunakan selama

persiapan bahan dan pengoperasian mesin. Sekam dipisahkan dari benda asing sebelum proses pengeringan. Bahan kemudian dikeringkan hingga memenuhi kondisi yang sesuai untuk densifikasi. Massa sekam setiap batch dicatat sebelum pencetakan. Sekam kering dimasukkan secara bertahap sesuai kapasitas mesin. Pelet yang terbentuk didinginkan pada suhu lingkungan sebelum pengukuran mutu dan pengemasan. Produk disimpan pada tempat kering untuk membatasi peningkatan kadar air. Target teknis menetapkan kadar air maksimal 12% dan kepadatan produk lebih dari 1 g/cm³. Prosedur ini digunakan selama praktik teknologi dan pendampingan produksi.

2.3 Prosedur Intervensi Pemberdayaan

Intervensi dimulai dengan sosialisasi mengenai ekonomi sirkular, pengurangan limbah, dan pemanfaatan sekam sebagai sumber daya produktif. Tahap berikutnya berupa pelatihan melalui pemaparan materi, diskusi, , demonstrasi, dan praktik langsung. Materi mencakup ekonomi sirkular, diversifikasi produk, persiapan bahan, pengoperasian mesin, pengendalian mutu, K3, dan pencatatan produksi. Penerapan teknologi dimulai setelah instalasi dan pemeriksaan fungsi mesin pencetak pelet. Peserta mempraktikkan pemilahan sekam, pengeringan, pemasukan bahan, pencetakan, pendinginan, pemeriksaan mutu, dan penyimpanan produk. Seluruh proses mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP) yang disusun bersama tim pelaksana dan peserta. Pendampingan dilakukan setelah pelatihan untuk memantau kemampuan operator, kondisi mesin, mutu produk, dan konsistensi pencatatan. Setiap kendala teknis dicatat pada lembar pemantauan dan dibahas melalui umpan balik partisipatif. Evaluasi produksi mencakup massa sekam yang digunakan, volume produk, kadar air, kepadatan, dan kestabilan proses. Target program menetapkan produksi diversifikasi minimal 20 kilogram per hari dan pemanfaatan sekam minimal 50%. Tahap keberlanjutan mencakup pembiasaan SOP, penetapan operator, pemeliharaan mesin, pencatatan input-output, dan identifikasi peluang pasar. Rangkaian ini menghubungkan pembelajaran konseptual dengan keterampilan operasional dan penguatan kapasitas usaha. Tahap ini juga melatih peserta membandingkan input bahan, output produk, dan kondisi mutu setiap siklus produksi.

2.4 Instrumen, Variabel, dan Pengumpulan Data

Dampak program diukur menggunakan kuesioner pra-kegiatan dan pasca-kegiatan dengan skala Likert lima tingkat. Skor satu menunjukkan tingkat penguasaan terendah, sedangkan skor lima menunjukkan tingkat penguasaan tertinggi. Instrumen terdiri atas 23 indikator yang dikelompokkan secara konsisten ke dalam lima variabel, yaitu Pengetahuan Ekonomi Sirkular (PE), Keterampilan Teknis (KT), Pengelolaan Limbah (PL), Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dan Kapasitas Manajerial (KM). Variabel Pengetahuan Ekonomi Sirkular terdiri atas empat indikator (PE1–PE4), yaitu pemahaman konsep ekonomi sirkular, pemanfaatan residu sebagai sumber daya, alternatif diversifikasi sekam, serta manfaat lingkungan dan ekonomi. Variabel Keterampilan Teknis terdiri atas enam indikator (KT1–KT6), yaitu kemampuan menyiapkan sekam, mengoperasikan mesin pencetak pelet, melakukan pencetakan, melakukan pendinginan produk, memeriksa kualitas produk, dan melakukan perawatan dasar mesin. Variabel Pengelolaan Limbah terdiri atas empat indikator (PL1–PL4), yaitu kemampuan memilah sekam dan benda asing, mencatat volume sekam, memanfaatkan sekam secara produktif, dan mengurangi penumpukan sekam. Variabel Keselamatan dan Kesehatan Kerja terdiri atas empat indikator (K3-1–K3-4), yaitu penggunaan APD sesuai prosedur, kemampuan mengidentifikasi bahaya kerja, pemahaman prosedur operasi aman, serta pemeliharaan kebersihan dan keamanan area kerja. Variabel Kapasitas Manajerial terdiri atas lima indikator (KM1–KM5), yaitu kemampuan mencatat input-output produksi, memantau biaya sederhana, melakukan pengendalian mutu, merencanakan produksi, dan mengidentifikasi peluang pasar.

Pengukuran awal dilakukan sebelum sosialisasi dan pelatihan. Pengukuran akhir dilakukan setelah peserta menyelesaikan pelatihan dan praktik teknologi. Data pendukung diperoleh melalui observasi proses, catatan produksi, dan pemeriksaan produk. Data teknis berupa jumlah sekam termanfaatkan, volume produk, kadar air, dan kepadatan pelet digunakan sebagai indikator objektif pendukung dan tidak termasuk dalam 23 indikator kuesioner. Kadar air diukur setelah proses pendinginan menggunakan alat ukur kadar air. Kepadatan ditentukan berdasarkan massa dan volume sampel produk. Seluruh data diperiksa kelengkapan dan konsistensinya sebelum analisis statistik.

Tabel 1. Variabel dan indikator evaluasi pra-kegiatan dan pasca-kegiatan

Variabel	Kode	Indikator pengukuran	Skala
Pengetahuan Ekonomi Sirkular	PE1	Memahami konsep ekonomi sirkular	Likert 1–5
	PE2	Memahami pemanfaatan residu sebagai sumber daya	Likert 1–5
	PE3	Memahami alternatif diversifikasi sekam	Likert 1–5
	PE4	Memahami manfaat lingkungan dan ekonomi	Likert 1–5
Keterampilan Teknis	KT1	Mampu menyiapkan sekam untuk proses	Likert 1–5
	KT2	Mampu mengoperasikan mesin pencetak pelet	Likert 1–5
	KT3	Mampu melakukan proses pencetakan	Likert 1–5
	KT4	Mampu melakukan pendinginan produk	Likert 1–5
	KT5	Mampu memeriksa kualitas produk	Likert 1–5
	KT6	Mampu melakukan perawatan dasar mesin	Likert 1–5
Pengelolaan Limbah	PL1	Mampu memilah sekam dan benda asing	Likert 1–5
	PL2	Mampu mencatat volume sekam	Likert 1–5
	PL3	Mampu memanfaatkan sekam secara produktif	Likert 1–5
	PL4	Mampu mengurangi penumpukan sekam	Likert 1–5
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	K3-1	Menggunakan alat pelindung diri sesuai prosedur	Likert 1–5
	K3-2	Mampu mengidentifikasi bahaya kerja	Likert 1–5
	K3-3	Memahami prosedur operasi aman	Likert 1–5
	K3-4	Menjaga kebersihan dan keamanan area kerja	Likert 1–5
Kapasitas Manajerial	KM1	Mampu mencatat input dan output produksi	Likert 1–5

	KM2	Mampu memantau biaya sederhana	Likert 1–5
	KM3	Mampu melakukan pengendalian mutu	Likert 1–5
	KM4	Mampu merencanakan produksi	Likert 1–5
	KM5	Mampu mengidentifikasi peluang pasar	Likert 1–5

2.5 Prosedur Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial menggunakan *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 21. Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung rata-rata, simpangan baku, median, nilai minimum, dan nilai maksimum. Perubahan setiap variabel dihitung dari selisih skor pra-kegiatan dan pasca-kegiatan pada peserta yang sama. Persentase peningkatan digunakan untuk menggambarkan besarnya perubahan relatif dari kondisi awal. Konsistensi arah perubahan diperiksa melalui jumlah *positive ranks*, *negative ranks*, dan *ties*. Distribusi selisih skor diperiksa menggunakan uji Shapiro-Wilk. Karena jumlah peserta hanya lima orang, pengujian utama menggunakan *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk data berpasangan. Tingkat signifikansi ditetapkan sebesar 5%. Output asimptotik SPSS dilaporkan sebagai informasi pendukung. Nilai eksak dua arah digunakan sebagai dasar interpretasi inferensial karena ukuran sampel sangat kecil. Besarnya dampak dihitung menggunakan ukuran efek r berdasarkan statistik uji Wilcoxon. Nilai ukuran efek kemudian diinterpretasikan bersama perubahan deskriptif dan konsistensi arah skor. Analisis pada tingkat indikator digunakan untuk mengidentifikasi dimensi dengan peningkatan terbesar. Hasil statistik ditriangulasi dengan observasi, catatan produksi, dan indikator teknis. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi program mencakup perubahan kapasitas peserta dan perubahan praktik pengelolaan sekam secara operasional.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Efektivitas Pemberdayaan Berbasis Ekonomi Sirkular

Hasil studi menjawab pertanyaan penelitian pertama bahwa intervensi meningkatkan seluruh dimensi kapasitas peserta secara konsisten. Konsep baru yang ditemukan adalah pemberdayaan sirkular berbasis kapasitas terintegrasi. Konsep tersebut menghubungkan pengetahuan, keterampilan teknis, pengelolaan limbah,

keselamatan kerja, dan kapasitas manajerial. Skor keseluruhan meningkat dari 1,922 menjadi 4,104 pada skala lima poin. Peningkatan tersebut mencapai 113,57% dibandingkan kondisi awal. Keterampilan teknis menunjukkan peningkatan tertinggi sebesar 142,00%. Pengetahuan ekonomi sirkular meningkat sebesar 115,38%, sedangkan kapasitas manajerial meningkat sebesar 108,51%. Pengelolaan limbah meningkat sebesar 100,00%, sedangkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja meningkat sebesar 97,78%. Seluruh peserta memperoleh skor pasca-kegiatan lebih tinggi daripada skor pra-kegiatan. Pola tersebut menunjukkan bahwa intervensi tidak hanya meningkatkan pemahaman mengenai ekonomi sirkular. Program juga mengubah kemampuan peserta dalam mengoperasikan teknologi dan mengelola proses produksi. Hasil tersebut menegaskan bahwa valorisasi sekam membutuhkan peningkatan kapasitas manusia yang bersifat multidimensional. Temuan ini sekaligus memperlihatkan hubungan langsung antara pembelajaran, penerapan teknologi, dan kesiapan pengelolaan usaha.

Pelaksanaan pemberdayaan dan penerapan teknologi ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1(a) memperlihatkan aktivitas peserta pada area produksi dalam pengoperasian peralatan pengolahan biomassa, yang merepresentasikan penerapan keterampilan teknis secara langsung. Gambar 1(b) menunjukkan produk biomassa hasil diversifikasi yang ditata pada rak untuk mendukung tahapan penanganan produk setelah proses produksi. Dokumentasi tersebut memperlihatkan bahwa kegiatan tidak berhenti pada penyampaian materi, tetapi dilanjutkan dengan penerapan teknologi dan penanganan hasil produksi pada kondisi operasional mitra. Gambar 1(c) menunjukkan keterlibatan tim pelaksana dan mitra dalam rangkaian program pemberdayaan. Secara keseluruhan, dokumentasi ini mendukung hasil evaluasi yang menunjukkan peningkatan keterampilan teknis, pengelolaan limbah, dan kesiapan peserta dalam menerapkan pemanfaatan sekam secara produktif.

Tabel 2. Perubahan skor pra-kegiatan dan pasca-kegiatan

Variabel	Pra, Mean $\pm$ SD	Pasca, Mean $\pm$ SD	Peningkatan
Pengetahuan ekonomi sirkular	1,950 $\pm$ 0,326	4,200 $\pm$ 0,274	115,38%
Keterampilan teknis	1,667 $\pm$ 0,204	4,033 $\pm$ 0,342	142,00%

Pengelolaan limbah	$2,000 \pm 0,306$	$4,000 \pm 0,000$	100,00%
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	$2,250 \pm 0,177$	$4,450 \pm 0,209$	97,78%
Kapasitas manajerial	$1,880 \pm 0,303$	$3,920 \pm 0,228$	108,51%
Keseluruhan	$1,922 \pm 0,212$	$4,104 \pm 0,193$	113,57%

Peningkatan terbesar pada keterampilan teknis memperlihatkan peran praktik langsung dalam keberhasilan transfer teknologi. Peserta sebelumnya belum menggunakan teknologi densifikasi sebagai bagian dari pengelolaan sekam. Intervensi kemudian menggabungkan demonstrasi, praktik, pendampingan, dan pengendalian proses dalam satu rangkaian pembelajaran. Pendekatan tersebut meningkatkan kemampuan menyiapkan bahan, mengoperasikan mesin, mencetak, mendinginkan, memeriksa mutu, dan melakukan perawatan dasar. Kaniapan et al. (Kaniapan et al., 2022) menjelaskan bahwa teknologi konversi harus disesuaikan dengan karakteristik residu padi. Yilmaz et al. (Yilmaz et al., 2021) juga menunjukkan bahwa pengendalian bahan dan proses menentukan kualitas biomassa terdensifikasi. Brand et al. (Brand et al., 2017) serta Saeed et al. (Saeed et al., 2021) menegaskan pentingnya pengelolaan parameter produksi pada briket berbasis residu padi. Studi ini memperluas temuan tersebut melalui perspektif pemberdayaan. Teknologi tidak ditempatkan sebagai aset produksi yang berdiri sendiri. Teknologi menjadi media pembelajaran yang membentuk kompetensi operator secara langsung. Pendekatan tersebut menghasilkan hubungan antara kesiapan manusia dan kesiapan teknologi. Hubungan ini penting karena keberhasilan ekonomi sirkular pada skala usaha bergantung pada kemampuan operator mempertahankan proses secara konsisten.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Dokumentasi pelaksanaan program pemberdayaan: (a) aktivitas pengoperasian peralatan pengolahan biomassa; (b) penataan produk biomassa hasil diversifikasi; dan (c) tim pelaksana bersama mitra.

3.2 Perubahan Kapasitas pada Tingkat Indikator

Analisis terhadap 23 indikator yang sama dengan indikator pada instrumen evaluasi menunjukkan peningkatan pada seluruh aspek yang diukur. Analisis mencakup empat indikator Pengetahuan Ekonomi Sirkular, enam indikator Keterampilan Teknis,

empat indikator Pengelolaan Limbah, empat indikator Keselamatan dan Kesehatan Kerja, serta lima indikator Kapasitas Manajerial. Peningkatan pengetahuan terbesar terjadi pada indikator PE3, yaitu memahami alternatif diversifikasi sekam, sebesar 175,00%. Skor indikator tersebut meningkat dari 1,60 menjadi 4,40. Pada Keterampilan Teknis, indikator KT3, yaitu kemampuan melakukan proses pencetakan, meningkat sebesar 185,71%. Indikator KT4, yaitu kemampuan melakukan pendinginan produk, meningkat sebesar 171,43%. Pada Pengelolaan Limbah, peningkatan berada antara 81,82% dan 122,22%. Seluruh indikator Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) meningkat antara 90,91% dan 109,09%. Kapasitas Manajerial menunjukkan peningkatan antara 100,00% dan 122,22%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan tidak terkonsentrasi pada satu kompetensi. Intervensi memberikan perubahan pada kemampuan teknis, perilaku pengelolaan limbah, keselamatan, dan pengendalian usaha. Pola ini mendukung Pascucci et al. (Pascucci et al., 2024) mengenai pentingnya kapabilitas berbasis pengetahuan dalam inovasi bisnis sirkular. Despoudi et al. (Despoudi et al., 2025) juga menempatkan pembelajaran operator dan kapabilitas organisasi sebagai sumber daya penting dalam penerapan teknologi sirkular.

Tabel 3. Perubahan skor pada setiap indikator evaluasi

Kode	Indikator	Pra	Pasca	Peningkatan
PE1	Memahami konsep ekonomi sirkular	2,40	4,40	83,33%
PE2	Memahami pemanfaatan residu sebagai sumber daya	1,80	4,00	122,22%
PE3	Memahami alternatif diversifikasi sekam	1,60	4,40	175,00%
PE4	Memahami manfaat lingkungan dan ekonomi	2,00	4,00	100,00%
KT1	Mampu menyiapkan sekam untuk proses	1,60	4,20	162,50%
KT2	Mampu mengoperasikan mesin pencetak pelet	1,60	4,00	150,00%
KT3	Mampu melakukan proses pencetakan	1,40	4,00	185,71%
KT4	Mampu melakukan pendinginan produk	1,40	3,80	171,43%

KT5	Mampu memeriksa kualitas produk	2,00	4,00	100,00%
KT6	Mampu melakukan perawatan dasar mesin	2,00	4,20	110,00%
PL1	Mampu memilah sekam dan benda asing	1,80	4,00	122,22%
PL2	Mampu mencatat volume sekam	2,00	4,00	100,00%
PL3	Mampu memanfaatkan sekam secara produktif	2,00	4,00	100,00%
PL4	Mampu mengurangi penumpukan sekam	2,20	4,00	81,82%
K3-1	Menggunakan alat pelindung diri sesuai prosedur	2,20	4,40	100,00%
K3-2	Mampu mengidentifikasi bahaya kerja	2,20	4,60	109,09%
K3-3	Memahami prosedur operasi aman	2,40	4,60	91,67%
K3-4	Menjaga kebersihan dan keamanan area kerja	2,20	4,20	90,91%
KM1	Mampu mencatat input dan output produksi	1,80	3,80	111,11%
KM2	Mampu memantau biaya sederhana	1,80	3,80	111,11%
KM3	Mampu melakukan pengendalian mutu	1,80	4,00	122,22%
KM4	Mampu merencanakan produksi	2,00	4,00	100,00%
KM5	Mampu mengidentifikasi peluang pasar	2,00	4,00	100,00%

Perubahan indikator pengelolaan limbah memberikan jawaban terhadap pertanyaan penelitian kedua mengenai transformasi fungsi sekam. Intervensi mengubah orientasi pengelolaan dari penanganan residu menuju pemanfaatan bahan baku produktif. Indikator pemanfaatan sekam secara produktif meningkat sebesar 100,00%. Kemampuan memilah bahan meningkat sebesar 122,22%, sedangkan kemampuan mengurangi penumpukan meningkat sebesar 81,82%. Perubahan tersebut menunjukkan terbentuknya praktik awal ekonomi sirkular pada tingkat operasional. Kirchherr et al. (Kirchherr et al., 2023) menempatkan pemeliharaan sumber daya dalam sistem sebagai karakter penting ekonomi sirkular. Kordi et al. (Kordi et al., 2024)

menjelaskan bahwa sekam memiliki jalur pemanfaatan pada energi, material, adsorben, dan produk berbasis hayati. Jyothsna et al. (Jyothsna et al., 2024) juga memperlihatkan hubungan sekam dengan sektor energi, pertanian, dan konstruksi. Studi ini menerapkan prinsip tersebut melalui pengembangan pelet biomassa, briket, dan media tanam organik. Diversifikasi memberikan beberapa pilihan pemanfaatan sesuai karakteristik bahan dan kemampuan proses. Illankoon et al. (Illankoon et al., 2023) menegaskan bahwa pilihan valorisasi perlu mempertimbangkan dimensi teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial. Temuan studi ini menambahkan dimensi kapasitas operator sebagai penggerak penerapan pilihan tersebut.

Peningkatan kapasitas manajerial memperlihatkan bahwa pemberdayaan juga membentuk kemampuan mengendalikan proses setelah teknologi diterapkan. Kemampuan pencatatan input-output meningkat sebesar 111,11%. Kemampuan memantau biaya meningkat sebesar 111,11%, sedangkan pengendalian mutu meningkat sebesar 122,22%. Perencanaan produksi dan identifikasi peluang pasar masing-masing meningkat sebesar 100,00%. Hasil tersebut memperkuat posisi ekonomi sirkular sebagai pendekatan usaha, bukan hanya pendekatan pengelolaan limbah. Kayikci et al. (Kayikci et al., 2022) menunjukkan bahwa kesiapan organisasi menjadi bagian penting dalam kematangan rantai pasok sirkular. Kondala et al. (Kondala et al., 2024) juga mengidentifikasi keterampilan, sumber daya, dan dukungan organisasi sebagai faktor penting bagi usaha skala kecil. Faisal-E-Alam et al. (Faisal-E-Alam et al., 2024) menunjukkan bahwa faktor individu dan organisasi menentukan implementasi ekonomi sirkular. Temuan studi ini konsisten dengan ketiga perspektif tersebut. Namun, studi ini menghubungkan kemampuan teknis dengan pencatatan, kualitas, biaya, produksi, dan peluang pasar secara langsung. Integrasi tersebut membentuk kapasitas operasional yang diperlukan untuk mempertahankan valorisasi sekam dalam kegiatan produksi sehari-hari.

3.3 Konsistensi Perubahan dan Besarnya Dampak Program

Hasil Wilcoxon Signed-Rank Test menunjukkan arah perubahan yang konsisten pada seluruh variabel. Lima peserta menghasilkan positive ranks pada setiap pasangan skor pra-kegiatan dan pasca-kegiatan, tanpa negative ranks maupun ties. Dengan demikian, seluruh peserta mengalami peningkatan skor setelah intervensi pada kelima dimensi yang dievaluasi. Karena jumlah peserta hanya lima orang, interpretasi

inferensial didasarkan pada nilai exact dua-arah, sedangkan nilai asimptotik tidak digunakan sebagai dasar penentuan signifikansi. Nilai exact dua-arah sebesar 0,0625 atau 0,063 setelah pembulatan berada sedikit di atas taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, perubahan yang diamati belum mencapai signifikansi statistik berdasarkan pengujian exact dua-arah pada taraf 5%. Meskipun demikian, seluruh peserta menunjukkan arah perubahan positif dan peningkatan skor deskriptif yang besar. Ukuran efek r berada antara 0,909 dan 0,921, yang menunjukkan besarnya perubahan pada data yang diamati. Karena ukuran sampel sangat kecil, ukuran efek tersebut perlu ditafsirkan bersama konsistensi arah perubahan dan hasil deskriptif, bukan sebagai bukti inferensial yang berdiri sendiri. Pengetahuan Ekonomi Sirkular menghasilkan ukuran efek sebesar 0,921, sedangkan variabel lainnya menghasilkan ukuran efek antara 0,909 dan 0,913. Secara keseluruhan, temuan memberikan bukti deskriptif yang kuat mengenai arah dan besarnya perubahan setelah intervensi, tetapi generalisasi statistik tetap terbatas oleh jumlah peserta yang sangat kecil.

Tabel 4. Hasil Wilcoxon Signed-Rank Test

Variabel	Positive Ranks	Negative Ranks	Ties	Z	Exact Sig. (2-tailed)	Effect Size r
Pengetahuan Ekonomi Sirkular	5	0	0	-2,060	0,063	0,921
Keterampilan Teknis	5	0	0	-2,032	0,063	0,909
Pengelolaan Limbah	5	0	0	-2,041	0,063	0,913
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	5	0	0	-2,041	0,063	0,913
Kapasitas Manajerial	5	0	0	-2,032	0,063	0,909
Keseluruhan	5	0	0	-2,032	0,063	0,909

Kombinasi hasil deskriptif dan ukuran efek menunjukkan bahwa dampak program tidak bergantung pada satu indikator statistik. Seluruh variabel menunjukkan

kenaikan skor rata-rata yang besar dan arah perubahan yang sama. Pola tersebut menunjukkan respons intervensi yang konsisten pada lima peserta. Hasil juga memperlihatkan kesesuaian antara peningkatan pengetahuan dan kemampuan menerapkan pengetahuan tersebut. Pengetahuan ekonomi sirkular meningkat bersamaan dengan keterampilan teknis dan pengelolaan limbah. Kapasitas manajerial juga meningkat bersamaan dengan peningkatan keselamatan kerja. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa program bekerja sebagai sistem intervensi terpadu. Maher et al. (Maher et al., 2023) menekankan pentingnya proses terstruktur dalam membantu usaha kecil memasuki praktik ekonomi sirkular. Ahmadov et al. (Ahmadov et al., 2025) juga menghubungkan transisi sirkular dengan pembelajaran, kolaborasi, dan penciptaan nilai. Temuan studi ini memperkuat kedua pandangan tersebut melalui bukti perubahan pada tingkat individu. Program tidak hanya menghasilkan pemahaman mengenai konsep sirkular. Program membentuk kemampuan teknis dan manajerial yang mendukung penerapan konsep tersebut dalam aktivitas produksi.

3.4 Implikasi Teoretis dan Kerangka Pemberdayaan yang Diusulkan

Implikasi teoretis utama penelitian adalah terbentuknya kerangka pemberdayaan yang menempatkan kapasitas manusia sebagai penghubung antara teknologi valorisasi dan ekonomi sirkular. Kerangka tersebut terdiri atas lima komponen yang tersusun secara berurutan. Komponen tersebut mencakup edukasi ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, diversifikasi produk, dan penguatan kapasitas usaha. Hubungan tersebut dirumuskan sebagai edukasi ekonomi sirkular → keterampilan teknis → pengelolaan limbah → diversifikasi produk → penguatan kapasitas usaha. Keselamatan kerja dan pendampingan manajerial berfungsi sebagai penguat sepanjang proses. Kerangka ini memperluas studi pemanfaatan sekam yang berfokus pada teknologi, material, dan produk. Kerangka tersebut juga memperluas program pemberdayaan yang berorientasi pada pelatihan atau pembentukan produk. Kebaruan studi terletak pada integrasi perubahan kapasitas peserta dengan kesiapan valorisasi dalam satu sistem evaluasi. Perspektif ini menempatkan pengetahuan sebagai dasar perubahan, bukan sebagai hasil akhir. Pengetahuan diterjemahkan menjadi kompetensi teknis, kemudian menjadi praktik pengelolaan sumber daya dan kapasitas usaha.

Kerangka usulan memberikan kontribusi terhadap literatur ekonomi sirkular pada usaha skala kecil dengan menambahkan mekanisme pembentukan kapasitas pada tingkat operasional. Kayikci et al. (Kayikci et al., 2022) membahas kesiapan teknologi dan organisasi sebagai fondasi rantai pasok sirkular. Kondala et al. (Kondala et al., 2024) menempatkan keterbatasan pengetahuan dan sumber daya sebagai hambatan adopsi ekonomi sirkular. Pascucci et al. (Pascucci et al., 2024) menekankan kapabilitas berbasis pengetahuan dalam inovasi bisnis sirkular. Studi ini menghubungkan ketiga perspektif tersebut dalam konteks pengelolaan biomassa pada skala usaha. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan perlu diteruskan menjadi keterampilan yang dapat digunakan dalam proses produksi. Keterampilan tersebut kemudian membutuhkan sistem pengelolaan limbah dan pengendalian mutu. Diversifikasi mengubah kemampuan tersebut menjadi beberapa jalur penciptaan nilai. Kapasitas manajerial menjaga hubungan antara bahan, teknologi, kualitas, biaya, produksi, dan pasar. Dengan demikian, sirkularitas tidak hanya dipahami sebagai aliran material tertutup. Sirkularitas juga menjadi hasil dari interaksi antara kompetensi manusia, teknologi, dan kemampuan pengelolaan usaha.

3.5 Implikasi Manajerial

Secara manajerial, temuan menunjukkan bahwa pengelolaan sekam perlu ditempatkan sebagai bagian integral dari sistem produksi. Pengelola perlu mencatat volume sekam, jumlah bahan terolah, output produk, kondisi mutu, biaya, dan penggunaan peralatan. Pencatatan tersebut menjadi dasar pengendalian proses dan pengambilan keputusan berbasis data. Pengelola juga perlu menetapkan operator yang memiliki kompetensi pada persiapan bahan, pencetakan, pemeriksaan mutu, dan perawatan mesin. Standar Operasional Prosedur perlu mengintegrasikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada setiap tahapan produksi. Penggunaan Alat Pelindung Diri harus diterapkan bersama identifikasi bahaya dan pemeliharaan area kerja. Diversifikasi produk juga perlu disusun berdasarkan ketersediaan sekam dan kemampuan proses. Pelet biomassa dapat ditempatkan sebagai produk utama, sedangkan briket dan media tanam menjadi alternatif pemanfaatan. Pola tersebut memperluas pilihan penggunaan sekam dan mengurangi ketergantungan pada satu

jalur produk. Penguatan kapasitas manajerial selanjutnya mendukung pengendalian biaya, kualitas, jadwal produksi, serta identifikasi peluang pasar.

Implikasi bagi pemangku kepentingan terletak pada perlunya perubahan desain program pengelolaan limbah berbasis teknologi. Program tidak cukup menyediakan mesin atau memberikan pelatihan satu kali. Intervensi perlu menggabungkan edukasi, praktik, pendampingan, keselamatan, pencatatan, dan evaluasi kapasitas. Pendekatan tersebut menghasilkan hubungan yang lebih kuat antara teknologi dan kemampuan pengguna. Pemerintah daerah, perguruan tinggi, serta lembaga pendamping dapat menggunakan lima variabel studi sebagai indikator evaluasi program. Indikator tersebut mencakup pengetahuan ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, keselamatan kerja, dan kapasitas manajerial. Pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan memberikan dasar untuk menilai perubahan pada setiap dimensi. Kerangka ini juga dapat diterapkan pada pengelolaan residu biomassa lain dengan penyesuaian teknologi dan karakteristik bahan. Pendekatan tersebut memperkuat posisi program pemberdayaan sebagai mekanisme penciptaan kapasitas usaha. Dengan demikian, pengelolaan limbah tidak berhenti pada pengurangan residu, tetapi berkembang menjadi sistem produksi yang lebih produktif, terukur, aman, dan berorientasi ekonomi sirkular.

4. Kesimpulan

Pemberdayaan berbasis ekonomi sirkular menunjukkan perubahan positif pada kapasitas pengelolaan sekam di industri penggilingan padi skala kecil. Intervensi yang mengintegrasikan edukasi, pelatihan teknis, pengelolaan limbah, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, serta penguatan kapasitas manajerial meningkatkan skor keseluruhan dari 1,922 menjadi 4,104 atau sebesar 113,57%. Peningkatan tertinggi terjadi pada keterampilan teknis sebesar 142,00%, diikuti pengetahuan ekonomi sirkular sebesar 115,38%, kapasitas manajerial sebesar 108,51%, pengelolaan limbah sebesar 100,00%, dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebesar 97,78%. Seluruh peserta menunjukkan arah perubahan positif tanpa negative ranks maupun ties. Namun, nilai exact dua-arah Wilcoxon sebesar 0,063 menunjukkan bahwa perubahan tersebut belum mencapai signifikansi statistik pada taraf 5%. Oleh karena itu, efektivitas program terutama ditunjukkan melalui besarnya peningkatan deskriptif, konsistensi arah perubahan pada seluruh peserta, dan ukuran efek yang besar pada data yang diamati. Temuan juga

menunjukkan bahwa intervensi memperkuat kemampuan peserta dalam mengubah sekam dari residu yang belum dimanfaatkan menjadi bahan baku produktif melalui pengembangan pelet biomassa serta alternatif diversifikasi berupa briket dan media tanam organik. Kontribusi utama studi ini adalah kerangka pemberdayaan yang menghubungkan edukasi ekonomi sirkular, keterampilan teknis, pengelolaan limbah, diversifikasi produk, dan penguatan kapasitas usaha, dengan keselamatan kerja dan pendampingan manajerial sebagai elemen pendukung. Secara praktis, kerangka tersebut dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk meningkatkan pemanfaatan residu biomassa secara lebih produktif, aman, terukur, dan berorientasi ekonomi sirkular pada usaha skala kecil. Namun, generalisasi temuan masih terbatas karena penelitian hanya melibatkan lima peserta pada satu lokasi. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan sampel yang lebih besar, periode observasi lebih panjang, serta evaluasi terhadap efisiensi ekonomi, kualitas produk, keberlanjutan pasar, tingkat adopsi teknologi, dan dampak lingkungan.

Referensi

- Ahmadov, T., Durst, S., Gerstlberger, W., & Kraut, E. (2025). SMEs on the way to a circular economy: Insights from a multi-perspective review. *Management Review Quarterly*, 75(1), 289-322.
- Azis, H. A., Maryana, D., Arman, M., Abdullah, N., Mustam, M., & Ramdani, N. (2023). PKM kelompok tani dalam pengolahan sekam padi melalui teknologi biochar di Kelurahan Mattompodalle Kabupaten Takalar. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(4), 2740-2750.
- Brand, M. A., Jacinto, R. C., Antunes, R., & da Cunha, A. B. (2017). Production of briquettes as a tool to optimize the use of waste from rice cultivation and industrial processing. *Renewable Energy*, 111, 116-123.
- Chavan, M., Mitra, D., & Ray, A. (2024). Harnessing rice husks: Bioethanol production for sustainable future. *Current Research in Microbial Sciences*, 7.
- Despoudi, S., Sivarajah, U., Spanaki, K., Charles, V., & Durai, V. K. (2025). Industry 4.0 and circular economy for emerging markets: Evidence from small and medium-sized enterprises in the Indian food sector. *Annals of Operations Research*, 350(2), 453-491.

- Diami, B. A., Salsabilah, A. L., Salsabila, N. A., Djirimu, H. S., Utama, D. M., & Rosiani, T. Y. (2024). Pemberdayaan masyarakat dalam produksi briket dari limbah kulit jeruk di Kabupaten Malang. *KACANEGARA Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 7(4).
- Duque-Acevedo, M., Lancellotti, I., Andreola, F., Barbieri, L., Belmonte-Ureña, L. J., & Camacho-Ferre, F. (2022). Management of agricultural waste biomass as raw material for the construction sector: An analysis of sustainable and circular alternatives. *Environmental Sciences Europe*, 34.
- Faisal-E-Alam, M., Khan, M. R. A., Rahman, M. A., Ferreira, P., Almeida, D., & Castanho, R. A. (2024). Critical individual and organizational drivers of circular economy implementation in SMEs in Bangladesh. *Sustainability*, 16(16).
- Illankoon, W. A. M. A. N., Milanese, C., Karunarathna, A. K., Liyanage, K. D. H. E., Alahakoon, A. M. Y. W., Rathnasiri, P. G., . . . Sorlini, S. (2023). Evaluating sustainable options for valorization of rice by-products in Sri Lanka: An approach for a circular business model. *Agronomy*, 13(3).
- Jyothsna, G., Bahurudeen, A., & Sahu, P. K. (2024). Sustainable utilisation of rice husk for cleaner energy: A circular economy between agricultural, energy and construction sectors. *Materials Today Sustainability*, 25.
- Kamboj, A., Sadh, P. K., Chawla, P., Saharan, B. S., Seth, C. S., Sridhar, K., . . . Sharma, M. (2024). Sustainable management of rice by-products: Environmental challenges, industrial applications, and circular bio-economy innovations. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 62.
- Kaniapan, S., Pasupuleti, J., Patma Nesan, K., Abubackar, H. N., Umar, H. A., Oladosu, T. L., . . . Rene, E. R. (2022). A review of the sustainable utilization of rice residues for bioenergy conversion using different valorization techniques, their challenges, and techno-economic assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6).
- Kayikci, Y., Kazancoglu, Y., Gozacan-Chase, N., Lafci, C., & Batista, L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375-392.
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194.

- Kondala, M., Nudurupati, S. S., & Pappu, R. P. (2024). The challenges in adoption of circular economy in SMEs: A research agenda and way forward. *Benchmarking: An International Journal*, 31(5), 1667-1699.
- Kordi, M., Farrokhi, N., Pech-Canul, M. I., & Ahmadikhah, A. (2024). Rice husk at a glance: From agro-industrial to modern applications. *Rice Science*, 31(1), 14-32.
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206.
- Maher, R., Yarnold, J., & Pushpamali, N. N. C. (2023). Circular economy 4 business: A program and framework for small-to-medium enterprises with three case studies. *Journal of Cleaner Production*, 412.
- Padapi, A. (2022). Penyuluhan optimalisasi nilai tambah sekam padi sebagai briket arang di Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan. *MALLOMO: Journal of Community Service*, 3(1), 1-6.
- Pascucci, F., Pizzichini, L., Sabatini, A., Temperini, V., & Mueller, J. (2024). Knowledge-based dynamic capabilities for managing paradoxical tensions in circular business model innovation: An empirical exploration of an incumbent firm. *Journal of Knowledge Management*, 28(11), 255-282.
- Rao, M. M., Botsa, S. M., Rao, T. P., Goddu, S. R., & Vijayasanthi, C. (2024). A comprehensive review on agricultural waste production and onsite management with circular economy opportunities. *Discover Sustainability*, 5.
- Rosiani, T. Y., Utama, D. M., & Syaputri, A. (2025). A Hybrid BWM–Sustainable VSM Framework for Assessing Manufacturing Sustainability: Evidence from Indonesia's Coffee Industry. *Jurnal Teknik Industri*, 26(2), 201-220.
- Rusmayadi, G., Iffah, N., Ninasari, A., Laksmono, R., Rais, R., & Indriyani, I. (2023). Community empowerment through utilization of rice husk waste in Cirebon Regency. *Amalee: Indonesian Journal of Community Research and Engagement*, 4(2), 571-584.
- Saeed, A. A. H., Yub Harun, N., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Roslan, F. A. S., . . . Afolabi, H. K. (2021). Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste. *Sustainability*, 13(6).
- Santoso, I., Purnomo, M., Sulianto, A. A., Choirun, A. u., Azizah, N., Fisdausyi, I. A., & Utama, D. M. (2023). An Integrated Method for Sustainable Performance

- Assessment: a Case Study on Indonesian Coffee Agro-food Industry. *Process Integration and Optimization for Sustainability*.
- Utama, D. M. (2019). Penguatan Aspek Manajemen Produksi dan Kualitas Tempe Pada UKM Tempe. *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*; VOL. 3 NOMOR 1 MARET 2019 *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*DOI - 10.30595/jppm.v3i1.3641.
- Utama, D. M., Amallynda, I., Wardana, R. W., Rosiani, T. Y., Anggriani, R., & Wijaya, D. S. (2026). A New Hybrid Fuzzy Decision Model for Barrier Identification and Strategy Prioritization in Circular Rice Supply Chains: A Case Study in Indonesia. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 11(2), 89788.
- Utama, D. M., & Baroto, T. (2020). Program Kemitraan Masyarakat Industri Keripik Tempe Desa Bakalan Krajan Kecamatan Sukun. *ETHOS: Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 171-178.
- Utama, D. M., Rosiani, T. Y., & Baroto, T. (2025). Peningkatan keterampilan manajemen keuangan dan pemasaran briket limbah kulit jeruk. *Yumary: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 73-83.
- Waqfin, M. S. I., Salam, M. B., Alvina, T., & Pratama, W. A. (2023). Pelatihan pembuatan arang sekam padi di Desa Pulorejo Tembelang Jombang. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 84-87.
- Yasa, A. D., Kumala, F. N., & Utama, D. M. (2023). Mewujudkan Sekolah Ramah Lingkungan: Program Eco Printing untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 141-147.
- Yeboah, W. O., Kwofie, E. M., & Wang, D. (2022). Circular bioeconomy potential of rice husk as a bioplastic resource: Techno-environmental assessment. *Bioresource Technology Reports*, 20.
- Yilmaz, H., Çanakçı, M., Topakçı, M., & Karayel, D. (2021). The effect of raw material moisture and particle size on agri-pellet production parameters and physical properties. *Biomass and Bioenergy*, 150.