Terbit *online* pada laman web jurnal :http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|

Artikel Penelitian

Analisis Kelayakan Ekonomi dan Lingkungan Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Briket Biomassa

Mia Erpinda[*)], *Fuan Dini Artha Manulang, Aulia Annas Mufti*
Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan
*Koresponden: mia.erpinda@tl.itera.ac.id

Diterima: 26 Oktober 2025 Diperbaiki: 5 Desember 2025 Disetujui: 20 Januari 2026

ABSTRACT

Indonesia's biomass sector has significant potential to support sustainable energy development through improved utilization of agricultural residues. Rice husk, which is commonly managed through open burning, represents an underutilized biomass resource with environmental implications. This study evaluates the production capacity, the techno-economic and environmental feasibility of utilizing rice husk as a solid biofuel in the form of briquettes. The research integrates field observations, structured interviews, and environmental economic analysis. The results show that Sumber Agung Village in the Suoh District of West Lampung Regency generates approximately 2.5 tons of rice husk per week from ten rice milling facilities operating for 2 to 35 years. Economic feasibility analysis indicates a Net Present Value (NPV) of IDR 739,672,991.96, an Internal Rate of Return (IRR) of 10.73%, and a Benefit Cost Ratio (BCR) of 1.09 over a 10-year project period. These findings indicate that converting rice husk into briquettes is economically feasible while contributing to improved environmental management by reducing open-burning practices. The study provides empirical evidence to support the development of localized biomass-based energy systems and sustainable agricultural waste management.

Keyword: Biomassa Briquettes, Environmental Economic Feasibility, Renewable Energy, Rice Husks

ABSTRAK

Pemanfaatan biomassa limbah pertanian berpotensi mendukung pengelolaan energi dan lingkungan secara berkelanjutan di Indonesia. Sekam padi merupakan residu pertanian yang pada praktiknya masih banyak dikelola melalui pembakaran terbuka. Penelitian ini bertujuan menganalisis timbulan sekam padi serta mengevaluasi kelayakan ekonomi dan lingkungan pemanfaatannya sebagai briket biomassa. Metode penelitian meliputi observasi lapangan, wawancara terstruktur, dan analisis kelayakan ekonomi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Desa Sumber Agung, Kecamatan Suoh, Kabupaten Lampung Barat menghasilkan timbulan sekam padi sekitar 2,5 ton per minggu dari 10 unit penggilingan padi dengan umur operasional 2–35 tahun. Analisis kelayakan selama periode 10 tahun menunjukkan nilai *Net Present Value (NPV)* sebesar Rp739.672.991,96, *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 10,73%, dan *Benefit–Cost Ratio (BCR*) sebesar 1,09, yang mengindikasikan bahwa pemanfaatan sekam padi menjadi briket layak untuk dijalankan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyediakan dasar ilmiah dalam pengambilan keputusan pemanfaatan limbah pertanian, khususnya sekam padi secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Briket Biomassa, Energi Terbarukan, Kelayakan Ekonomi Lingkungan, Sekam Padi

1. PENDAHULUAN

Biomassa didefinisikan sebagai energi terbarukan yang berasal dari senyawa organik meliputi limbah pertanian, perkebunan, komponen organik industri maupun rumah tangga dan kayu/ranting yang menyumbang mencapai 146,7 juta ton potensi biomassa Indonesia (Primadanty, 2023). Sekam padi merupakan salah satu potensi biomassa dari produk samping yang dihasilkan dari penggilingan padi. Berdasarkan data statistik luas lahan padi di Indonesia per Agustus 2025 mencapai 1,1 juta ha, mengalami peningkatan 9, 18% dibanding tahun 2024 dengan produksi padi sejumlah 5,63 juta ton (BPS, 2025). Produksi padi dunia tahunan menyumbang lebih dari 750 juta ton gabah dan 150 juta ton sekam (Kordi et al., 2024). Tantangan global dalam pengelolaan limbah pertanian yaitu kesulitan dalam memanfaatkan jerami padi seiring dengan meningkatnya produksi tanaman pangan (Ji et al., 2018). Realitas pemanfaatan biomassa masih sering terkendala bernilai ekonomi rendah karena statusnya sebagai limbah setelah diambil produk primernya

 Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.

(Parinduri et al.,2020). Dorongan pemanfaatan biomassa semakin kuat seiring peralihan konsumsi energi menuju sumber yang lebih berkelanjutan dan meningkatnya tantangan dampak lingkungan dari bahan bakar fosil sementara biomassa memiliki kekurangan fundamental karena tidak dapat langsung dibakar akibat sifat fisisnya yang buruk, seperti rendahnya kerapatan energi serta kendala dalam penanganan, penyimpanan, dan transportasi (Kaniapan et al., 2022; Pradana, Yunianto et al., 2023).

Secara umum, briket biomassa memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil ringan, meskipun masih menyisakan kekurangan dalam kategori non-karsinogenik, ekotoksisitas akuatik dan terestrial, serta penggunaan lahan (Ji et al., 2018; Saba et al., 2020). Potensinya sebagai sumber energi alternatif ditunjukkan dari nilai kalornya yang berkisar 3.000-4.500 cal/gr yang membuat produksi bio-briket dari limbah, termasuk limbah buah tropis dan sekam padi, menjadi layak, khususnya untuk daerah pedesaan. Briket sekam padi, dapat menghasilkan nilai pemanasan yang tinggi, antara 9,5 hingga 17,688 MJ/kg, tergantung pada jenis pengikat seperti lignin atau tanah liat (Lubwama & Yiga, 2018; Ameen et al., 2021; Pradana, Yunianto et al., 2023). Rantai pasok biomassa yang efektif sangat penting mengingat karakteristik biomassa yang beragam mulai dari biomassa kayu, herba, hingga hasil pertanian memiliki metode panen dan pemanfaatan yang berbeda (Hiloidhari et al., 2023). Tantangan utama pemanfaatannya terletak pada kepadatan dan kadar air yang rendah, yang menyebabkan daya tahan briket menjadi rendah (Ameen et al., 2021).

Potensi sekam padi ini terdapat pada di Desa Sumber Agung, Provinsi Lampung, Indonesia yang menghasilkan limbah sekam padi sekitar 1.155 ton per tahun dari total produksi padi 3.850 ton, 20-30% dari bobot gabah menjadi sekam saat penggilingan (Sari, et al., Sasono et al., 2021). Pemanfaatan sekam padi di desa Sumber Agung sebagian besar hanya ditumpuk di sekitar tempat penggilingan atau dibakar secara terbuka. Permasalahan pembakaran biomassa secara terbuka dari sisa tanaman seperti jerami, sekam padi, tebu, dan jagung merupakan penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang signifikan, yang timbul akibat proses pembakaran yang tidak sempurna (Lina et al., 2025). Produksi briket dari residu pertanian dapat menguntungkan secara ekonomi jika strategi yang tepat diterapkan di negara berkembang (Vásquez et al., 2019). Briket sekam padi dikategorikan sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan minyak tanah, gas, serta arang kayu (Ameen et al., 2021; Sutisna et al., 2021).

Potensi sekam padi sebagai alternatif energi dibatasi oleh berbagai tantangan ekonomi, teknis, dan logistik, terutama untuk penggilingan padi skala kecil (Chavan et al., 2024). Berdasarkan kompleksitas permasalahan dan potensi yang ada, penentuan besarnya manfaat dan biaya pemanfaatan sekam padi menjadi briket perlu dilakukan penelitian melalui pendekatan analisis biaya manfaat sebagai dasar menilai efisiensi dari aspek ekonomi. Pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dan manfaat pemanfaatan sekam padi sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Inisiatif pemanfaatan sekam padi menjadi briket biomassa muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengatasi dua masalah sekaligus: masalah lingkungan dari pembakaran terbuka dan masalah ekonomi dengan mengubah limbah menjadi produk yang memiliki nilai jual. Temuan penelitian ini diharapkan menjadi dasar ilmiah pertimbangan kebijakan bagi pemerintah desa dan pelaku usaha lokal dalam mengembangkan energi biomassa berbasis limbah pertanian. Selain itu, Penelitian ini ditujukan untuk menghasilkan analisis terpadu mengenai pemanfaatan sekam padi menjadi briket, yang tidak hanya menunjukkan nilai manfaat, tetapi juga berpotensi meningkatkan kontribusi terhadap agenda pembangunan berkelanjutan nasional melalui pemanfaatan limbah pertanian yang belum optimal.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Sumber Agung, Kecamatan Suoh, Kabupaten Lampung Barat, dengan koordinat geografis 5°16'30.76"S dan 104°17'9.96"E. Lokasi ini merupakan salah satu sentra produksi padi yang menghasilkan limbah sekam padi dalam jumlah besar. Penelitian difokuskan pada 10 (sepuluh) unit usaha penggilingan padi, yang terdiri atas 7 (tujuh) usaha dengan kapasitas sedang dan 3 (tiga) usaha dengan kapasitas kecil. Seluruh unit penggilingan tersebut menjadi objek penelitian dalam kajian potensi pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar briket biomassa.

2.2. Analisis Timbulan Limbah Sekam Padi

Identifikasi lokasi kilang padi dan jumlah gabah yang digiling per hari atau per musim panen melalui wawancara dan observasi kepada 10 kilang padi. Ketersediaan sekam padi sebagai sumber bahan bakar dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sasono et al., 2021) :

$$RH = RP\ X\ C_E \qquad [1]$$

Dengan :
RH : Potensi Sekam Padi (ton)
RP : Produksi Gabah (ton-GKG)
C_E : Efisiensi Pengumpulan Gabah (%)

2.3. Studi Literatur

Tinjauan literatur dilakukan studi-studi terdahulu yang relevan, baik yang dilaksanakan di konteks Indonesia maupun di negara berkembang lainnya dengan karakteristik serupa. Studi literatur pada tabel 1. bertujuan untuk mengumpulkan, mensintesis, dan menjustifikasi nilai-nilai asumsi yang akan digunakan dalam analisis biaya manfaat. Asumsi pada studi literatur ini meliputi parameter teknis seperti efisiensi pirolisis, nilai kalor, rasio konversi bahan baku terhadap produk, faktor lingkungan seperti potensi reduksi emisi, efisiensi penggunaan air, teknologi, landasan biaya investasi, biaya operasional, dan nilai jual produk briket.

Tabel 1. Studi Literatur

No	Data	Keterangan	Sumber data
1	Teknologi yang digunakan	Dilakukan analisis kapasitas produksi sekam padi dan teknologi pembriketan yang akan digunakan.	(Lubwama et al., 2024), (Tatiana et al., 2024)
2	Penentuan komponen biaya	Komponen biaya meliputi struktur-struktur biaya yang membentuk *total cost* dan biaya *kontingensi.*	Studi literatur dan data estimasi biaya dari industri briket disesuaikan dengan harga *E-commerce* saat ini.
3	Penentuan asumsi-asumsi	Asumsi model pembiayaan dan nilai rate serta kenaikan-kenaikan biaya.	Referensi kebijakan finansial
4	Penentuan Harga Briket	Penentuan harga briket .	Harga pasar
5	Penentuan komponen manfaat dan Penilaian manfaat	Penentuan komponen manfaat langsung dan manfaat tidak langsung apabila proyek dijalankan. Manfaat-manfaat yang didapatkan dikonversikan ke dalam satuan mata uang rupiah.	(Hsu, 2021), (Tatiana et al., 2024)

2.4. Analisis Biaya-Manfaat

1) *Net Present Value* (NPV)

NPV Selisih antara nilai sekarang manfaat dan biaya yang menunjukkan nilai sekarang dari investasi yang telah dikenakan diskon pada tingkat bunga tertentu.

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - Ct}{(1+r)^t} \qquad [2]$$

Keterangan:
Ct = Biaya pada periode t
Bt = Manfaat pada periode t
R = Tingkat diskonto
t = Periode waktu (tahun ke-)

2) Internal Rate of Return (IRR)

Penentuan nilai IRR secara manual dilakukan menggunakan rumus NPV, dan IRR merupakan nilai *discount rate* saat NPV = 0. Setelah nilai IRR diperoleh, langkah selanjutnya adalah membandingkannya dengan modal *dengan kriteria pada penelitian ini IRR > 5,50%.*.

$$IRR > biaya\ modal\ ;\ Maka\ investasi\ layak \qquad [3]$$
$$IRR < biaya\ modal\ ;\ Maka\ investasi\ tidak\ layak \qquad [4]$$

3) *Benefit-Cost Ratio (BCR)*

Metode ketiga dari penelitian ini adalah dengan *benefit-cost ratio. Benefit-cost ratio* merupakan teknik perhitungan yang menghitung perbandingan antara manfaat yang diperoleh dan biaya investasi yang dikeluarkan dengan kriteria layak BCR >1.

$$BCR = \frac{Manfaat}{Biaya} \qquad [5]$$

Keterangan:
BCR = *Benefit Cost Ratio*
Manfaat = Manfaat langsung dan tidak langsung
Biaya = Biaya yang ditimbulkan

Manfaat tidak langsung emisi dan mitigasi menggunakan metode pada panduan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC *Guidelines* 2006) [26]. Untuk mengetahui estimasi emisi GRK dari kebakaran biomassa secara umum digunakan perhitungan (Lina et al., 2020):

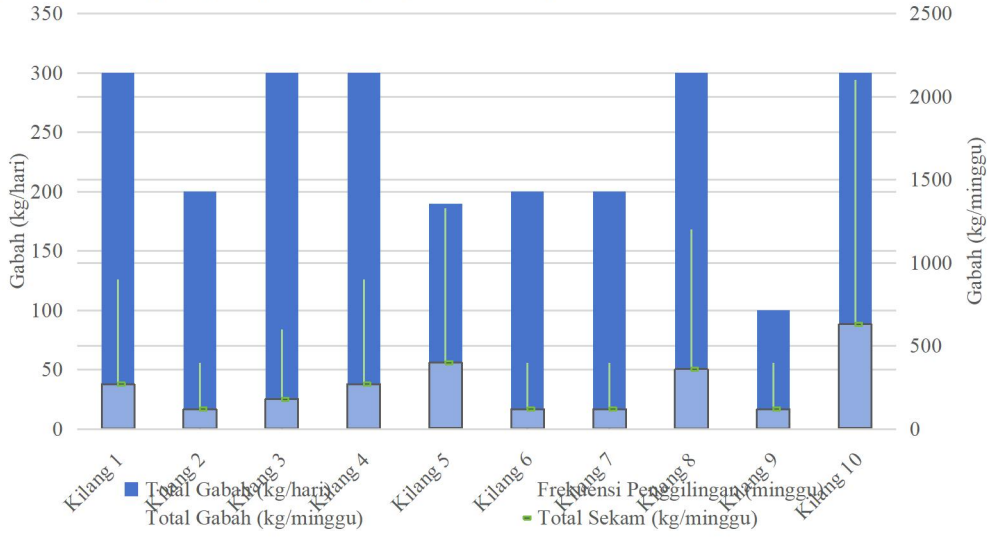
$$L_{fire} = A \; x \; M_B \; x \; C_f \; x \; G_{ef} \; x \; 10^{-3} \qquad [6]$$

Keterangan:
L_{fire} = emisi GRK pembakaran biomassa (ton CH_4, N_2O dsb)
A = luas area yang terbakar (ha)
M_B = Jumlah biomassa yang terbakar (ton ha^{-1})
C_f = faktor pembakaran
G_{ef} = faktor emisi dari bahan yang terbakar (g kg^{-1})

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Timbulan Limbah Sekam Padi

Hasil penelitian di Desa Sumber Agung, **Gambar 1** menunjukkan bahwa seluruh unit usaha penggilingan padi yang menjadi sumber limbah sekam dikategorikan sebagai usaha mikro dengan skala operasional perorangan atau keluarga. Berdasarkan observasi terhadap sepuluh unit penggilingan padi, teridentifikasi variasi signifikan pada masa operasional usaha yang berkisar antara 2 hingga 35 tahun. Variabel umur usaha ini memiliki korelasi positif dengan pola produksi dan orientasi pasar. Kilang padi yang telah beroperasi lebih dari 20 tahun memiliki jaringan pemasaran yang stabil, pemahaman siklus produksi yang matang, serta telah menjalin hubungan dengan pengepul beras. Sebaliknya, kilang dengan umur usaha kurang dari 5 tahun cenderung masih berfokus pada operasional dasar dan melayani petani setempat. Perbedaan ini mempengaruhi kontinuitas pasokan; kilang yang telah mapan menunjukkan pola produksi yang lebih konsisten, sehingga ketersediaan sekam padi sebagai bahan baku briket dapat diprediksi dan diandalkan dalam jangka panjang. Frekuensi operasi penggilingan juga sangat bervariasi, mulai dari yang beroperasi setiap hari hingga yang hanya berjalan dua hingga tiga kali per minggu, sangat bergantung pada fluktuasi permintaan. Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem pengumpulan sekam padi untuk keperluan produksi briket harus dirancang secara fleksibel, mampu menyesuaikan dengan pola pasokan yang tidak seragam.



Gambar 1. Timbulan Sekam Padi
Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan **Gambar 1**, analisis kuantitatif terhadap sepuluh unit penggilingan padi menunjukkan bahwa total gabah yang digiling mencapai 8.630 kg/minggu. Dengan asumsi proporsi sekam sebesar 20–30% dari bobot gabah, potensi timbulan sekam padi yang dihasilkan adalah sebesar 2.589 kg/minggu. Unit penggilingan 9, yang memiliki kapasitas terendah yaitu 100 kg/hari dengan frekuensi operasional empat kali seminggu, berkontribusi menghasilkan 120 kg sekam per minggu. unit penggilingan 10 merupakan unit dengan kapasitas terbesar (300 kg/hari), masa operasional tertua (35 tahun), dan frekuensi operasi tertinggi (setiap hari), sehingga menghasilkan 630 kg sekam/minggu. Unit ini juga memiliki lahan pembakaran terluas seluas 20 m^2, yang mengindikasikan besarnya volume limbah yang harus dikelola sekaligus besarnya potensi pengalihan limbah ke dalam rantai nilai briket. Data ketersediaan bahan baku tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan neraca massa untuk mengestimasi efisiensi konversi dan volume produksi briket yang dihasilkan.

3.2. Neraca Massa Potensi Produksi Briket Biomassa Sekam Padi

Neraca massa pada **Tabel 2** menggambarkan keseimbangan aliran bahan pada setiap tahapan proses produksi briket biomassa berbasis sekam padi, mulai dari pirolisis hingga pengeringan akhir, termasuk integrasi sistem pengolahan air limbah. Total input sistem terdiri atas 2.500 kg sekam padi, 405 kg perekat tapioka, dan 1.350 kg air proses, dengan total massa masuk sebesar 4.255 kg. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi seimbang, dengan total output sebesar 4.255 kg yang terdiri atas produk utama berupa 1.976 kg briket kering serta produk samping berupa uap air, gas pirolisis, debu, asap cair, dan lumpur IPAL. Integrasi unit IPAL memungkinkan pemanfaatan kembali 1.349 kg air hasil olahan ke dalam proses pencampuran bahan, sehingga menurunkan kebutuhan air baku, biaya operasional, serta risiko pencemaran air permukaan.

Sekam padi berfungsi sebagai bahan baku utama yang dapat diolah menjadi arang sekam dan selanjutnya diproses menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif berkelanjutan yang berpotensi mengurangi emisi karbon dibandingkan bahan bakar fosil, sehingga biobriket berbasis biomassa limbah pertanian semakin banyak dikaji dan dikembangkan (Brunerová et al., 2017; Kordi et al., 2024). Karakteristik fisiko-kimia sekam padi, yang mengandung nitrogen sekitar 0,74%, karbon organik 38,04%, silika 18,39%, kadar air 7,68–9,88%, serta kadar abu 15–19,4%, berpengaruh terhadap mutu briket yang dihasilkan (Malik & Kumar, 2024; Tatiana et al., 2024). Komposisi tersebut menjadi pertimbangan penting dalam pemenuhan Standar Nasional Indonesia SNI 01-6235-2000, yang mensyaratkan kadar air dan kadar abu maksimum 8%, kehilangan massa saat pemanasan hingga 950 °C tidak lebih dari 15%, serta nilai kalor minimum 5.000 kal/g, di mana variasi komposisi bahan utama dan bahan tambahan sangat menentukan keterpenuhan standar mutu briket tersebut (Ariski et al., 2023). Berdasarkan hasil neraca massa ini, kapasitas produksi briket sekam padi mencapai 1.976 kg per minggu, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis kelayakan ekonomi dan lingkungan.

Tabel 2. Neraca Massa

Alat / Unit Proses	**Suhu (°C)**	***Input* (kg)**		***Output* (kg)**		**Persentase (%)***
Pirolisis	550	Sekam padi	2.500	Arang	1.451	58,04
				Air (uap/kondensat)	654	26,16
				Gas	312	12,56
				Asap cair	83	3,24
Mesin penggiling	-	Arang	1.451	Arang halus	1.349	93
				Partikel debu	102	7
IPAL	-	Air limbah proses	1.350	Air daur ulang ke mixer	1.349	99,93
				Lumpur/residu	1	0,07
Unit pengaduk	-	Arang halus	1.349	Campuran basah	3.103	100
		Tapioka perekat	405			
		Air daur ulang IPAL	1.349			
Screw press	-	Adonan briket basah	3.103	Briket basah	3.041	98
				Residu menempel	62	2
Tray dryer	75	Briket basah	3.041	Briket kering	1.976	65
				Uap air	912	30
				Produk Retak/rusak	153	5

Sumber: Analisis Data, 2025

3.3. Analisis Biaya Manfaat

3.3.1. Analisis Biaya

Data neraca massa pada **Tabel 2** menjadi dasar perhitungan biaya investasi dan operasional dalam perancangan pemanfaatan sekam padi menjadi briket. Biaya investasi mencakup komponen pra-investasi meliputi administrasi dan perizinan, lahan, bangunan, serta pengadaan mesin dan peralatan. Sementara itu, biaya operasional diklasifikasikan menjadi biaya tetap meliputi upah tenaga kerja, penyusutan aset, dan pemeliharaan serta biaya variabel yang fluktuasinya bergantung pada volume produksi, seperti bahan baku, pengemasan, dan utilitas. Kapasitas perancangan yang ditetapkan adalah 2.000 kg/minggu, yang disesuaikan dengan hasil survei timbulan sekam padi di lokasi penelitian.

Produksi 2.000 kg/minggu briket dari sekam padi membutuhkan bahan baku 2.500 kg atau 1.451 kg arang sekam padi. Berdasarkan massa jenisnya, sekam padi membutuhkan ruang penyimpanan yang lebih besar. Berdasarkan kebutuhan bahan baku dibutuhkan ruang lebih besar untuk penyimpanan yaitu sebesar 14,44 m^2 dengan alokasi gudang bahan baku seluas 60,47 m^2 dinilai cukup untuk mendukung kebutuhan operasional pabrik briket. Asumsinya adalah 2% per tahun untuk aset fisik seperti bangunan, 3,5% untuk fasilitas penunjang seperti instalasi listrik dan air, serta 5% untuk peralatan mekanik atau mesin produksi. Biaya operasional telah memasukkan komponen transportasi bahan baku sekam padi sebagai biaya variabel dengan asumsi jarak lokal. Kebutuhan listrik dihitung berdasarkan kebutuhan alat sesuai spesifikasinya dan waktu proses sehingga didapatkan kebutuhan energi harian pabrik briket ini adalah 180,4 kWh (Nasution et al., 2022). Bangunan permanen memiliki masa manfaat selama 20 tahun, peralatan pendukung tanpa mesin atau dengan mesin sederhana selama 4 tahun, dan mesin produksi bermesin selama 8 tahun berdasarkan umur ekonomisnya (Hariyono et al., 2007; Zainuri, 2021; Wibawani et al., 2024). Perhitungan PV *Cost* pada analisis ini menunjukkan nilai kini dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama umur proyek dengan mempertimbangkan *Social Discount Rate* (SDR) sebesar 5,50%. Komponen biaya yang didiskontokan meliputi biaya investasi awal (Capex) yang bernilai besar di tahun ke-0, serta biaya operasional tahunan (Opex) yang muncul secara berulang sepanjang periode proyek. Setelah seluruh biaya tahunan di-discount ke nilai saat ini, total PV Cost mencapai Rp8.696.786.067,76, Nilai PV Cost ini kemudian digunakan untuk membandingkan efisiensi proyek terhadap manfaat ekonominya melalui perhitungan *Benefit–Cost Ratio (BCR).*

3.3.2. Analisis Manfaat

Sekam padi ditinjau dari karakteristiknya merupakan sisa pertanian yang tidak mudah terurai secara hayati sehingga praktik pembakaran sekam padi yang umum dilakukan berdampak negatif bagi lingkungan (Kaniapan et al., 2022). Dari perspektif lingkungan, konsumsi briket memberikan kontribusi terbesar terhadap semua kategori kerusakan lingkungan 61% untuk Kesehatan Manusia, 94% untuk Kualitas Ekosistem, 80% untuk Perubahan Iklim, dan 79% untuk Sumber Daya (Saba et al., 2020). Penggunaan biomassa tanpa pengolahan terlebih dahulu juga dapat menyebabkan gangguan pernapasan akibat emisi karbon monoksida, sulfur oksida, dan bahan partikulat (Ariski et al., 2023). Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, disimpulkan bahwa belum ada pemanfaatan ekonomis dari limbah sekam padi. Seluruh responden menyatakan bahwa melakukan pembakaran terbuka secara rutin untuk mengurangi volume timbulan limbah sekam padi. Praktik ini tidak hanya menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat, sebagaimana diidentifikasi dalam studi-studi sebelumnya, tetapi juga mencerminkan ketidakefisienan dalam pengelolaan sumber daya biomassa.

Manfaat tidak langsung adalah dampak positif yang bersifat sosial dan lingkungan dari pelaksanaan kegiatan tersebut. Salah satu manfaat tidak langsung dihitung berdasarkan potensi emisi yang dapat dihindari dan konversi nilai ekonomi karbon dengan acuan dari *United States Environmental Protection Agency 2017 (*Christina et al., 2023). Pada tahun 2025, nilai *Social Cost of Carbon* (SCC) pada tingkat diskonto 3% adalah 46 USD per ton CO_2 , yang jika dikonversi ke dalam mata uang rupiah setara dengan Rp754.933,74. Pada perencanaan produksi sekam padi menjadi briket ini terdapat pengendali emisi sebagai salah satu investasi penerapan produksi bersih pada komponen biaya. Berdasarkan estimasi emisi yang berhasil dihindari sekitar 1,736 ton CO_2 per tahun. Sementara itu, manfaat sosial berupa penyerapan tenaga kerja lokal bernilai Rp192.277.816,62 per tahun, dihitung berdasarkan standar upah dan jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan operasional proyek briket. Secara simultan, perluasan lapangan kerja terampil melalui program pelatihan teknis turut mendorong harmonisasi komunitas dan peningkatan kualitas hidup masyarakat setempat (Tatiana et al., 2024).

Berdasarkan analisis finansial dan lingkungan, proyek briket sekam padi menghasilkan total manfaat ekonomi sebesar Rp1.431.988.595,14 per tahun. Manfaat ini diperkuat oleh kontribusi signifikan dalam mitigasi emisi

gas rumah kaca. Meskipun terdapat pemanfaatan lokal sebagai pakan ternak, temuan lapangan mengonfirmasi bahwa mayoritas sekam padi masih dikelola melalui insinerasi terbuka yang belum teroptimalisasi secara sistematis. Sebagai perbandingan, pembakaran terbuka sekam padi di lahan seluas 0,0115 hektar dengan total biomassa 120 ton/ha menghasilkan emisi setara CO_2e sebesar 2,894 ton yang mencemari udara dan memperparah akumulasi GRK (Pratama et al., 2019), dengan emisi berbahaya seperti metana (CH_4), senyawa organik volatil (NMVOC), nitrogen (N_2O, NO_x), serta partikel karsinogenik (Wahyuni et al., 2019; Rahmanto et al., 2011). Sebaliknya, dengan mengalihkan 10% area yaitu 0,005 hektar ke produksi briket, total emisi turun menjadi 1,158ton CO_2e, sehingga tercapai pengurangan emisi sebesar 1,736 ton CO_2e atau sekitar 60% dari skenario business-as-usual. Selain menghindari emisi dari pembakaran terbuka, konversi sekam padi menjadi briket juga menawarkan kelayakan finansial sebagai energi terbarukan, yang ditunjukkan oleh NPV sebesar $17.642,24, lebih besar dari nol dan IRR 26% melampaui OIR 20% (Tatiana et al., 2024). Studi komparatif di Bolivia mengonfirmasi daya saing ekonomi briket dengan biaya akhir 0,479 USD/kg yaitu 0,129 USD/kWh, yang lebih rendah 34% hingga 7% dari batu bara, meskipun masih lebih tinggi daripada bahan bakar fosil bersubsidi serta penurunan emisi karbon 98,7% terlihat ketika sekam padi digunakan untuk produksi bioenergi yang lebih bersih menggantikan batu bara (Gowlla, Salam, and Sahu 2025; Baltrocchi et al., 2023).

Proyeksi pendapatan pada **Tabel 4** diestimasi berdasarkan volume produksi dan harga pasar, baik untuk komoditas domestik maupun ekspor. Manfaat langsung terdiri atas dua komponen utama, yaitu penjualan briket sebesar Rp1.200.000.000,00 per tahun dan penjualan asap cair sebagai produk sampingan (*by-product*) sebesar Rp38.000.000,00 per tahun. Secara teknis, asap cair memiliki nilai ekonomi strategis sebagai pestisida organik atau pengawet alami (Gobel et al., 2022). Sejalan dengan tren pasar yang terus berkembang, komersialisasi asap cair hasil proses pirolisis dinilai memiliki kelayakan tinggi serta mampu memberikan kontribusi ekonomi yang signifikan (Indriati et al., 2019; Xin et al., 2021).

Tabel 4. Komponen Manfaat proyek Briket

No	Jenis Manfaat	Item Manfaat	Jumlah Manfaat / Tahun
1	Manfaat Langsung	Penghasilan penjualan briket dari hasil pengolahan sekam	Rp1.200.000.000,00
		Penghasilan penjualan asap cair	Rp38.400.000,00
2	Manfaat Tidak Langsung	Pengurangan emisi CO_2 dari pembakaran sekam	Rp1.310.778,53
		Penyerapan tenaga kerja lokal	Rp192.277.816,62
		Total Manfaat	Rp1.431.988.595,14

Sumber: Analisis Data, 2025

3.3.3. Nilai Biaya Manfaat Potensi Briket Sekam Padi

Komponen biaya dan manfaat dihitung selama periode analisis 10 tahun **Tabel 5**, diperoleh nilai NPV sebesar Rp739.672.991,96, nilai positif ini menunjukkan bahwa proyek ini layak secara ekonomi karena manfaat yang dihasilkan lebih besar dari total biaya yang dikeluarkan setelah mempertimbangkan nilai waktu uang.

Tabel 5. Analisis Biaya-Manfaat

Komponen	Nilai
Periode Analisis	10 tahun
Social Discount Rate (SDR)	5,50%
Total Investasi Awal (CAPEX)	Rp2.425.384.456
Total Biaya Operasional (OPEX, undiscounted)	Rp8.560.602.956
Total Biaya Ekonomi (undiscounted)	Rp10.986.097.412
Present Value (PV) Biaya	Rp8.696.786.068
Total Manfaat Ekonomi (undiscounted, mulai tahun ke-2)	Rp12.887.897.356
Present Value (PV) Manfaat (10 tahun)	Rp9.436.459.060
Net Present Value (NPV)	Rp739.672.992
Economic Internal Rate of Return (EIRR)	10,73%
Benefit–Cost Ratio (BCR)	1,09

Sumber: Analisis Data, 2025

Penelitian lain di Kamerun terhadap briket campuran yang dibuat dari biomassa menghasilkan NPV positif (Bot, Axaopoulos, Sakellariou, et al., 2023). Selain itu, ketika dilakukan perhitungan dengan *discount rate* sebesar 10,73%, nilai NPV proyek menjadi nol. Ini menunjukkan bahwa tingkat pengembalian minimum proyek ini adalah 10,73%. Hasil perhitungan menunjukkan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 10,73%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan *Social Discount Rate* (SDR) sebesar 5,50%, IRR lebih besar dari tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan, proyek ini dapat dikatakan layak secara finansial. IRR yang lebih besar dari SDR menunjukkan bahwa tingkat keuntungan yang lebih tinggi dari biaya peluang investasi proyek ini. Berdasarkan hasil perhitungan, *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 1,09 mengindikasikan bahwa setiap Rp1,00 biaya yang dikeluarkan akan menghasilkan manfaat ekonomi sebesar Rp 1,09. Karena nilai BCR > 1, proyek ini layak untuk dijalankan. Nilai NPV yang dihasilkan dari penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan studi UMKM Waringinkarya, diperoleh NPV sebesar Rp3.224.997.657,00 dengan tingkat suku bunga 6%. Nilai NPV pada penelitian ini lebih rendah karena skala usaha dan kapasitas produksi dibuat lebih sesuai dengan potensi lokal, sementara studi UMKM Waringinkarya memiliki kapasitas produksi lebih besar (Ardiansyah et al., 2023). Nilai IRR pemanfaatan sekam padi pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan IRR UMKM Waringinkarya yaitu 351%, yang menunjukkan bahwa pengembalian investasi tetap menarik meskipun tidak seagresif model UMKM besar. BCR pada hasil penelitian ini lebih rendah dari *Profitability Index* (PI) 14,80 pada studi pembanding, mencerminkan skala proyek yang lebih besar, perbedaan asumsi dalam masa manfaat aset, volume produksi perbulan dan harga jual produk yang lebih tinggi. Penggunaannya yang efisien dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian dan pembangunan pedesaan (Kordi et al. 2024).

Ditinjau melalui perspektif dampak sosial, briket terbukti menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan bahan bakar lain karena kemampuannya mendorong pemilahan dan pemanfaatan limbah melalui penerapan teknologi keberlanjutan baru, meskipun memiliki kelemahan berupa emisi partikulat dalam ruangan yang lebih tinggi dibandingkan gas alam (Baltrocchi et al., 2023). Berdasarkan analisis daur ulang biomassa pada penelitian sebelumnya didapatkan hasil pemanfaatan biomassa menguntungkan dengan apabila BCR > 1 dan NPV> 0 dan Jerami padi sebagai bahan bakar biomassa memiliki BCR tertinggi yaitu 3,64 (Hsu, 2021). Dengan demikian, manfaat yang dihasilkan lebih besar dari biaya yang dikeluarkan pengembangan briket dari residu pertanian yang dikarbonisasi mampu mengurangi volume limbah secara signifikan melalui proses termokimia yang mengubah limbah menjadi energi sebagai produk bernilai tambah (Lubwama et al., 2024). Integrasi antara analisis ekonomi dan lingkungan ini menunjukkan bahwa konversi sekam padi menjadi briket biomassa memiliki tingkat kelayakan yang komprehensif pada skala lokal. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan teknologi pengolahan sekam menjadi briket memiliki potensi ekonomi yang memadai di samping urgensi ekologisnya. Meskipun demikian, keberlanjutan operasional secara mandiri tetap bergantung pada stabilitas rantai pasok bahan baku dan konsistensi permintaan pasar dalam jangka panjang.

4. KESIMPULAN

Potensi timbulan sekam padi di Desa Sumber Agung tercatat sebesar 2.589 kg/minggu dari total penggilingan gabah sebanyak 8.630 kg/minggu yang masih dikelola melalui pembakaran terbuka, Berdasarkan analisis *Cost-Benefit Analysis* (CBA), konversi sekam padi menjadi briket biomassa secara teoritis menunjukkan kelayakan ekonomi dengan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp739.672.991,96 dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 10,73%, yang masih berada di atas *Social Discount Rate* (SDR) 5,50%. Meskipun demikian, nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 1,09 mengindikasikan margin keuntungan yang relatif moderat, sehingga keberlanjutan proyek akan sangat bergantung pada efisiensi biaya operasional dan stabilitas harga jual di pasar. Untuk memperkuat analisis ini, penelitian selanjutnya disarankan melakukan *Life Cycle Assessment* (LCA) guna memvalidasi efektivitas lingkungan briket sekam padi dibandingkan dengan sumber energi konvensional lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ameen, A., Saeed, H., Harun, N. Y., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Amelia, F., Roslan, S., Rahim, S. A., Vinayagam, V. D., & Afolabi, H. K. (2021). Moisture Content Impact on Properties of Briquette Produced from Rice Husk Waste.

A. Dzulfiqar dan D. Ariyanto, “Analisis Studi Kelayakan Usaha Briket Limbah Tongkol Jagung Feasibility Study Analysis of Corn Cob Waste Briquette Business,” vol. 10, hlm. 303–313, 2024.

A. P. Gobel dan A. T. Arief, “Teknologi Pirolisis Pembuatan Asap Cair dari Sekam Padi,” Prima Abdika : Jurnal Pengabdian Masyarakat, vol. 2, no. 4, hlm. 427–434, 2022, doi: 10.37478/abdika.v2i4.2201.

Baltrocchi, Alberto Pietro Damiano, Navarro Ferronato, Iris Jabneel Calle Mendoza, Marcelo Antonio Gorritty Portillo, Francesco Romagnoli, and Vincenzo Torretta. 2023. "Socio-Economic Analysis of Waste-Based Briquettes Production and Consumption in Bolivia." Sustainable Production and Consumption 37:191–201. doi: 10.1016/j.spc.2023.03.004.

BPS. (2025). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia (Hasil KSA Amatan Agustus 2025). Berita Resmi Statistik, No. 91/10/(91).

Bot, Bill Vaneck, Petros J. Axaopoulos, Evangelos I. Sakellariou, Olivier Thierry Sosso, and Jean Gaston Tamba. 2023. "Economic Viability Investigation of Mixed-Biomassa Briquettes Made from Agricultural Residues for Household Cooking Use." Energies 16(18). doi: 10.3390/en16186469.

Bot, Bill Vaneck, Petros J. Axaopoulos, Olivier Thierry Sosso, Evangelos I. Sakellariou, and Jean Gaston Tamba. 2023. "Economic Analysis of Biomassa Briquettes Made from Coconut Shells, Rattan Waste, Banana Peels and Sugarcane Bagasse in Households Cooking." International Journal of Energy and Environmental Engineering 14(2):179–87. doi: 10.1007/s40095-022-00508-2.

B. Christina, N. Dwi N, dan N. Syifa R, "Potensi Pemanfaatan Emisi CH4 Dari Sektor Limbah Cair Domestik Sebagai Energi Listrik Di Kota Cimahi," Envirous, vol. 2, no. 2, hlm. 41–48, 2023, doi: 10.33005/envirous.v2i2.108.

B. H. Saharjo dan C. S. Putri, "Pendugaan Emisi Gas Karbondioksida Akibat Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat," Journal of Tropical Silviculture, vol. 10, no. 3, hlm. 152–158, 2019, doi: 10.29244/j-siltrop.10.3.152-158.

Gowlla, Jyothsna, Bahurudeen Abdul Salam, and Prasanta Kumar Sahu. 2025. "Cleaner Energy Production by Combined Use of Biomassa Plants and Thermal Plants : A Novel Approach for Sustainable Environment." Sustainable Environment Research. doi: 10.1186/s42834-025-00248-y.

Brunerová, A., Roubík, H., Brožek, M., Herák, D., Šleger, V., & Mazancová, J. (2017). Potential of tropical fruit waste biomassa for production of bio-briquette fuel: Using Indonesia as an example. Energies, 10(12). https://doi.org/10.3390/en10122119

Chavan, S., Mitra, D., & Ray, A. (2024). Current Research in Microbial Sciences Harnessing rice husks : Bioethanol production for sustainable future. Current Research in Microbial Sciences, 7(September), 100298. https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100298

Hoof, B. Van, Solano, A., Riaño, J., Mendez, C., & Medaglia, A. L. (2024). Decision-making for circular economy implementation in agri-food systems: A transdisciplinary case study of cacao in Colombia. Journal of Cleaner Production, 434(October 2023). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140307

Hsu, E. (2021). Cost-benefit analysis for recycling of agricultural wastes in Taiwan. Waste Management, 120, 424–432. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.051

H. N. Ardiansyah dan D. I. Fatihah, "Analisis Kelayakan Aspek Keuangan Rencana Pengembangan Usaha Pembuatan Briket Sekam Padi (Studi Kasus Pada UMKM Desa Waringinkarya Kab Karawang)," Jurnal EK&BI, vol. 6, no. 2, hlm. 2620–7443, 2023, doi: 10.37600/ekbi.v6i2.1097

Hiloidhari, Moonmoon, Marjia Afroz Sharno, D. C. Baruah, and Achintya N. Bezbaruah. 2023. "Green and Sustainable Biomassa Supply Chain for Environmental, Social and Economic Benefits." Biomassa and Bioenergy 175(February):106893. doi: 10.1016/j.biombioe.2023.106893.

H. Susilawati Lina, A. Dariah, dan F. Agus, Metode Perhitungan Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian. 2020.

Indriati, A., Hidayat, D. D., & Darmajana, D. A. (2019). Performance Test And Economic Evaluation Of Pyrolysis Furnace Small Scale-Worth The Business For Producing Liquid Smoke. 251, 1–9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012007

Ji, C., Cheng, K., Nayak, D., & Pan, G. (2018). Environmental and economic assessment of crop residue competitive utilization for biochar, briquette fuel and combined heat and power generation. Journal of Cleaner Production, 192(November 2014), 916–923. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.026

J. Wahyudi dkk., "Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model Ipcc Greenhouse Gases Emissions From Municipal Solid Waste Burning Using Ipcc Model," Jurnal Litbang, vol. XV, no. 1, hlm. 65–76, 2019.

Kaniapan, S., Pasupuleti, J., Nesan, K. P., & Abubackar, H. N. (2022). A Review of the Sustainable Utilization of Rice Residues for Bioenergy Conversion Using Different Valorization Techniques , Their Challenges , and Techno-Economic Assessment. 1–30.

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. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2023.08.005

Lubwama, M., Birungi, A., Nuwamanya, A., & Andrew, V. (2024). Characteristics of rice husk biochar briquettes with municipal solid waste cassava , sweet potato and matooke peelings as binders. 243–254.
M. I. Rahmanto, "Identifikasi Potensi Dan Pemanfaatan Limbah Pertanian Di Kabupaten Bekasi," Cefars : Jurnal Agribisnis Dan Pengembangan Wilayah, vol. 2, no. 2, hlm. 36–50, 2011, [Daring]. Tersedia pada: https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/cefars/article/view/76
M. Tegar Arief Pradana, Bambang Yunianto, "Analisis Karakteristik Biopelet Berbahan Dasar Limbah Pertanian dan Perkebunan Dengan Campuran Zat Perekat Alami," Teknik Mesin S-1, vol. 11, no. 3, hlm. 494–499, 2023.
M. Elbayoumi dan A. H. Albelbeisi, "Biomassa use and its health effects among the vulnerable and marginalized refugee families in the Gaza Strip," Front Public Health, vol. 11, no. April, 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1129985.
M. A. Ariski dan M. Mikhratunnisa, "Uji Karakteristik Briket Berbahan Baku Tempurung Kelapa Dengan Perekat Tepung Kanji Berdasarkan Dimensi dan Berat," Jurnal Agroteknologi Pertanian & Publikasi Riset Ilmiah, vol. 5, no. 2, hlm. 01–16, 2023, doi: 10.55542/jappri.v5i2.756.
N. A. Sutisna, F. Rahmiati, dan G. Amin, "Optimalisasi Pemanfaatan Sekam Padi Menjadi Briket Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani di Desa Sukamaju, Jawa Barat," Agro Bali: Agricultural Journal, vol. 4, no. 1, hlm. 116–126, Mar 2021, doi: 10.37637/ab.v4i1.691.
Noblet, C., Besombes, J. L., Lemire, M., Pin, M., Jaffrezo, J. L., Favez, O., Aujay-Plouzeau, R., Dermigny, A., Karoski, N., Van Elsuve, D., Dubois, P., Collet, S., Lestremau, F., & Albinet, A. (2021). Emission factors and chemical characterization of particulate emissions from garden green waste burning. Science of the Total Environment, 798, 149367. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149367
O. Nasution, J. Napitupulu, L. Siahaan, dan Y. Ginting, "Tinjauan Pemakaian Listrik Sendiri Pada Bangunan Industri," vol. 30, no. April, hlm. 131–141, 2022.
Primadanty, R. P. (2023). Potensi Biomassa dalam Transisi Energi di Indonesia. 2(2), 136–143.
R. Saba, Sabine, Makram El Bachawati, and Mike Malek. 2020. "Cradle to Grave Life Cycle Assessment of Lebanese Biomassa Briquettes." Journal of Cleaner Production 253:119851. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119851. Lestari, "Pengaruh Campuran Sekam Padi Pada Briket Batubara," 2022.
Tatiana, A., Ramírez, O., Tovar, M. R., & Marrufo, O. S. (2024). Rice husk reuse as a sustainable energy alternative in Tolima , Colombia. Scientific Reports, 1–13. https://doi.org/10.1038/s41598-024-60115-5
T. Udjianto, T. Sasono, dan B. P. Manunggal, "Potensi Sekam Padi Sebagai Bahan Bakat Alternatif PLTBm Di Sumatera Barat," Jurnal Teknik Energi, vol. 11, no. 1, hlm. 11–18, 2021, doi: 10.35313/energi.v11i1.3499.
V. P. S. Wibawani, R. Q. A. Anna, V. Rahmawati, R. A. Putri, dan E. K. Panggiarti, "Analisis Penerapan PSAK No. 16 Terhadap Perlakuan Asset Tetap," Maeswara: Jurnal Riset Ilmu Manajemen dan Kewirausahaan, vol. 4(5), no. 11, hlm. 38–46, 2024.
Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2021). Transforming biomassa pyrolysis technologies to produce liquid smoke food fl avouring. Journal of Cleaner Production, 294, 125368. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125368