



Strategi Penerapan Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah Menggunakan Metode AHP di Pondok Pesantren

Ghina Nazhifah, Dino Rimatho*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya No. 56, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 13 Maret 2024

Artikel direvisi: 11 September 2024

Artikel diterima: 28 September 2024

Kata kunci

AHP

MFA

Pengelolaan Sampah

Pondok Pesantren

Strategi

ABSTRAK

Sampah meningkat setiap hari di Indonesia, sehingga peningkatan sampah sebanding dengan pertumbuhan eksponensial penduduk. Pada tahun 2020 akumulasi sampah harian 24,790 juta ton, dengan populasi Jawa Barat mencapai 49,9 juta orang. Hanya 10-15% sampah plastik yang berhasil didaur ulang, 60-70% sisanya ditimbun, dan 15-30% masih belum terkelola. Untuk menjaga lingkungan pesantren tetap sehat, pemerintah melalui Kementerian Negara Lingkungan Hidup bertanggung jawab untuk mengawasi pengelolaan sampah pondok pesantren. Untuk menjaga lingkungan pondok pesantren tetap sehat. Prinsip 5R yaitu reduce, reuse, recycle, replace, dan repair, yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk pengelolaan sampah, dengan konsep zero waste. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi eksisting dan menentukan strategi yang paling efektif untuk proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan limbah padat pondok pesantren. Penentuan strategi tersebut menggunakan metode MFA dan AHP. Menurut hasil analisis MFA, sampah tahunan sekitar 22,93 ton berasal dari kamar santri, rumah ustadz, taman, dan dapur. Mulai dari sampah makanan, yang biasanya digunakan untuk pakan ikan, dan jika, sampah sudah tercampur biasanya dibakar langsung, untuk sampah anorganik diberikan kepada pengumpul. Selanjutnya hasil dari kondisi sampah saat ini di Pondok Pesantren ABC akan dianalisis menggunakan AHP. Tujuannya adalah untuk menentukan strategi pengelolaan limbah padat yang paling cocok untuk strategi ekonomi sirkular. Hasil menunjukkan bahwa strategi pengelolaan sampah memiliki kriteria tertinggi, repair, dengan nilai bobot 0,330, sub kriteria tertinggi, perbaikan barang yang rusak, dengan nilai bobot 0,465, dan kriteria alternatif tertinggi, menyediakan sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria dengan bobot nilai 0,420. Untuk mempermudah pengolahan dan pemilahan sampah, Strategi Pondok Pesantren ABC dapat menawarkan sarana pengumpulan sampah yang sesuai dengan kebutuhan pondok pesantren.

ABSTRACT

In Indonesia, waste is growing daily, hence the rapid rise in population is associated with waste growth. In 2020, daily waste accumulation was 24.790 million tons, with West Java's population reaching 49.9 million people. Ten to fifteen percent of plastic garbage is successfully recycled; sixty to seventy percent is landfilled, and fifteen to thirty percent is left unregulated. To keep the boarding school environment healthy, the government through the Ministry of Environment is responsible for overseeing the waste management of boarding schools. To keep the boarding school environment healthy. As an alternative to trash management, the 5R principle—reduce, reuse, recycle, replace, and repair—can be applied to the idea of zero waste garbage treatment. Therefore, the purpose of this research is to identify the existing and determine the most effective strategy for the decision-making process in the management of solid waste of the boarding school. The determination of the strategy uses the MFA and AHP methods. The MFA analysis's findings indicate that the santri rooms, ustadz homes, gardens, and kitchens account for roughly 22.93 tonnes of garbage annually. For inorganic trash sent to collectors, the process normally begins with food waste, which is typically used for fish feed. If the garbage is combined, it is typically burned directly. Furthermore, the results of the current waste conditions at Pondok Pesantren ABC will be analyzed using AHP. Finding the best solid waste management approach for the circular economy strategy was the goal. The findings indicate that the waste management strategy has the highest alternative criterion, offering waste collection facilities in accordance with criteria, with a weight value of 0.420; the highest sub-criteria, repair of damaged goods, with a weight value of 0.465; and the highest criterion, repair, with a weight value of 0.330. To facilitate the processing and sorting of waste, the ABC Islamic Boarding School Strategy can offer waste collection facilities that are in accordance with the needs of the boarding school.

Keywords

AHP

MFA

Waste Management

Islamic Boarding School

Strategy

* Penulis Korespondensi

Dino Rimatho

E-mail: dino.rimatho@univpancasila.ac.id

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



© 2024. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Jumlah sampah meningkat seiring dengan pembangunan infrastruktur dan populasi yang meningkat di Indonesia. Hal ini terjadi karena tidak ada sistem pengelolaan sampah yang memadai. Sampah organik dan anorganik adalah dua kategori sampah. Sampah anorganik sulit terurai dan sering diabaikan, sampah organik mudah terurai dan biasanya diubah menjadi kompos. Apabila sampah dibiarkan, berpotensi mencemari lingkungan (Prihatin, 2020).

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, jumlah sampah pada tahun 2022 pada tahun 2022 adalah 36.079.674.53 juta ton, dengan proporsi limbah makanan 40,8%, plastik 18%, kayu 13%, kertas 11,03%, logam 3%, kain 2,6%, karet 2,1%, dan jenis lainnya 7,1% (Madyatmadja et al., 2023). Selain itu, hanya sekitar 10,7% diproses melalui proses 3R, insinerasi, atau pembuatan bahan mentah dan barang jadi, dan bahkan 3% tidak dikelola sama sekali (Alfian & Phelia, 2021).

Menurut statistik ini, Indonesia memiliki tingkat pengumpulan sampah terendah pada tahun 2020—hanya 36,4% jika dibandingkan dengan negara-negara Asia Tenggara lainnya, karena rata-ratanya lebih dari 70%. (Widiantara, 2023). Sebagai contoh, pada tahun 2022, Jawa Barat adalah provinsi ke empat yang menghasilkan sampah terbanyak. Pada tahun 2020 saja, total sampah harian di Jawa Barat adalah 24,790 juta ton, dengan populasi 49,9 juta orang (Islami & Suyuti, 2021). Sementara itu, produksi sampah di Kabupaten Bogor tempat dimana penelitian ini berlangsung, mencapai 2.800 ton per hari, sementara DLH Kabupaten Bogor hanya dapat mengangkut 700 ton per hari menurut data dinas lingkungan hidup Kabupaten Bogor pada tahun 2022. Artinya, masih ada sekitar 2.150 ton sampah dari rumah tangga, restoran, perkantoran, dan industri yang tidak diangkut oleh truk besar berwarna kuning milik Pemerintah Kabupaten Bogor dan kurangnya titik TPA (Ansy, 2021).

Studi yang dilakukan oleh Soekiswati et al. (2022) menggarisbawahi bahwa sejumlah permasalahan dalam pengelolaan sampah di Indonesia, seperti banyaknya sampah yang dihasilkan, pengelolaan yang buruk, kurangnya lokasi pembuangan akhir, lembaga pengelolaan sampah, dan rendahnya biaya pengelolaan pemerintah. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 mengamanatkan bahwa pengurangan sampah menjadi prioritas utama semua pihak. Prinsip 3R (reduce, reuse, dan recycle) harus diterapkan pada tindakan atau proses manusia sehari-hari yang membuang bahan organik atau anorganik padat atau semi padat ke lingkungan, baik yang dapat terurai secara hayati maupun tidak. (Dewi & Raharjo, 2019).

Selain itu terdapat regulasi pengelolaan sampah yang berfokus terhadap keadaan pesantren, sesuai dengan perjanjian kerjasama antara Kementerian Lingkungan Hidup dan Departemen Agama Nomor B-17/DEP.VI/LH/XII/2006 dan Nomor DJ.II/511E/E/2006, lembaga pendidikan Islam diwajibkan untuk meningkatkan pengelolaan sampah di pesantren melalui program Eco Pesantren (Diavaono, 2022). Eco-Pesantren adalah upaya untuk menunjukkan bahwa pesantren telah berkontribusi aktif pada pelestarian atau konservasi lingkungan (Suryanto, 2019).

Pondok Pesantren Qur'an ABC terletak di Jalan Raya Parung, Kampung Kramat, Desa Pabuaran, Kecamatan Kemang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Dimana pesantren ini adalah pesantren *tahfizh* Al-Qur'an khusus *ikhwan* atau putra, dengan jumlah santri sekitar 300 orang. Dimana pesantren ini mempunyai permasalahan banyaknya sampah yang menumpuk dan tidak adanya manajemen pesantren yang secara khusus menangani pengelolaan sampah.

Pengelolaan sampah dengan konsep sirkular ekonomi memaksimalkan potensi setiap bahan dengan cara yang paling efektif dengan kemajuan teknologi yang lebih ramah lingkungan, serta dapat memulihkan limbah-limbah yang sudah hasil dari kegiatan pesantren (Masruroh & Nikmatul, 2022). Bank sampah adalah contoh sirkular ekonomi dalam kehidupan rumah tangga (Wibowo, 2023). Konsep ekonomi sirkular mengurangi kerusakan yang ditimbulkan oleh strategi ekonomi linier sebelumnya terhadap masyarakat dan lingkungan. 5R—Reduce (Kurangi), Reuse (Gunakan Kembali), Recycle (Daur Ulang), Replace (Ganti), dan Repair (Perbaiki)—merupakan penekanan utama inisiatif ekonomi sirkular; metode pemrosesan yang tepat harus digunakan (Zuhdi & Azizah, 2022). *Reduce* prinsip mengurangi melibatkan penggunaan produk atau material sesedikit mungkin. *Reuse* prinsip penggunaan kembali atau dapat dilakukan ulang diterapkan. *Recycle* memanfaatkan sebanyak mungkin bahan yang sudah ada. Prinsip *Replace* merupakan penggantian yang mempertimbangkan produk yang digunakan sehari-hari *Repair* melakukan perbaikan atau pemeliharaan tanpa meningkatkan volume limbah (Ponisri & Soekanto, 2020).

Ekonomi sirkular didasarkan pada pendekatan integratif yang mempertimbangkan faktor-faktor relevan untuk bergeser dari model pertumbuhan ekonomi linier klasik. Ekonomi sirkular dapat dipahami sebagai model alternatif yang akan mendorong produsen untuk menemukan solusi inovatif guna mengurangi produksi limbah dan sejalan dengan produksi hijau serta penggunaan sumber daya yang efisien (Rimantho et al., 2022). Lebih lanjut, ekonomi sirkular didasarkan pada pendekatan integratif yang mempertimbangkan faktor-faktor relevan untuk bergeser dari model pertumbuhan ekonomi linier klasik. Ekonomi sirkular dapat dipahami sebagai model alternatif yang akan mendorong produsen untuk menemukan solusi inovatif guna mengurangi produksi limbah dan sejalan dengan produksi hijau serta penggunaan sumber daya yang efisien.

Untuk membantu menganalisis kondisi eksisting sampah di Pesantren ABC dibutuhkan pendekatan metode MFA (*Material Flow Analysis*) sebagai skenario untuk memodelkan pengelolaan sampah. Tujuan otentikasi MFA adalah untuk menggambarkan dan memberikan informasi sistem secara nyata dan sedetail mungkin (Fauziah et al., 2023). Selain itu, MFA merupakan informasi penting tentang sumber pengelolaan limbah, seperti air limbah, kotoran, dan limbah dapur, nutrisi, dan kebutuhan udara di kota atau negara (Budihardjo et al., 2023). jalur material, stok, dan aliran dapat dipahami dengan menggunakan teknik MFA. Akibatnya, manajemen aliran material dapat dianggap sebagai manajemen limbah. Adanya arus dan pemangku kepentingan yang memberikan kontribusi langsung maupun tidak langsung terhadap sistem merupakan

landasan konsep pengelolaan sampah strategis. (Rimantho, et al., 2019)

Metode MFA tidak dapat menjadi salah satu penentuan strategi pengambilan keputusan dalam pengelolaan sampah di pondok pesantren. Dengan demikian, dibutuhkan metode pengambilan keputusan multi kriteria yang dapat sumber penentuan keputusan strategis pada manajemen limbah padat. Salah satu metode tersebut yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Pendekatan metode AHP mempertimbangkan faktor-faktor yang mempunyai skala tertentu, dengan demikian dapat dilakukan pemilihan opsi terbaik berdasarkan tujuan (Fadillah et al., 2021). Lebih lanjut, AHP dapat mengevaluasi validitas berbagai kriteria dan alternatif yang terpilih oleh pengambil kebijakan. Selain itu, metode AHP juga mempertimbangkan kepekaan terhadap ketidakkonsistenan dan mempunyai struktur hierarki kriteria terpilih dan subkriteria yang terkecil (Rimantho & Tamba, 2021)

Sebagian besar penelitian-penelitian terdahulu yang mengimplementasikan topik ini lebih banyak mengukur pengetahuan atau perilaku santri, dan manajemen pengelolaan sampahnya, akan tetapi sangat sedikit yang mengulas aliran material sampah di pesantren dan strategi pengelolannya yang didasarkan pada konsep ekonomi sirkular. Penelitian ini menggunakan sirkular ekonomi dengan prinsip 5R yang dijadikan pertimbangan dalam elemen hirarki pengelolaan sampah limbah padat di pondok pesantren. Selain itu, pada penelitian dilaksanakan di pondok pesantren ABC Bogor dengan menggunakan data pengukuran sampah pada bulan puasa dengan melakukan pengambilan data dua kali yaitu pada saat sahur dan berbuka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aliran material sampah dengan mengaplikasikan metode *Material Flow Analysis* (MFA) untuk menggambarkan secara visual aliran material dalam metode pengelolaan sampah di Pondok Pesantren. Selanjutnya, dengan menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) memungkinkan untuk menggabungkan subjektivitas dan objektivitas dalam proses pengambilan keputusan serta membantu dalam menentukan elemen penting, salah satunya untuk mencari skenario strategi terbaik dalam pengambilan keputusan pengelolaan limbah padat untuk strategi ekonomi sirkular.

2. METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah pemilihan alternatif strategi untuk mengelola sampah padat dan mengidentifikasi masalah terkait dengan kondisi pengelolaan sampah saat ini di Pondok Pesantren. Pengumpulan data menggunakan penyebaran kuesioner yang dibagikan kepada 3 ustadz dan dari jumlah sampah yang dihasilkan harus dihitung dengan data historis selama 10 hari. Tujuan dari metode yang digunakan adalah untuk memberikan gambaran eksisting dan gambaran tingkat kepentingan dengan mempertimbangkan hubungan antar kriteria dengan pembobotan sub kriteria dan alternatif strategi untuk pengelolaan sampah di pesantren. Lebih lanjut, penentuan kriteria, sub kriteria dan alternatif dilakukan menggunakan kuesioner yang didistribusikan pada lima orang pakar yang memahami permasalahan pengelolaan sampah.

Pengolahan data menggunakan metode MFA

(*Material Flow Analysis*) :

1. Mengumpulkan dan memperkirakan jumlah sampah dengan menimbang sampah dari berbagai sumber sampah, seperti kamar, dapur.
2. Sampah yang telah dikumpulkan dipisahkan menurut karakteristiknya. Data hasil pengukuran akan diproses menggunakan *Microsoft Excel* untuk menghitung total timbulnya sampah dan penyebabnya..
3. Analisis hasil timbulan sampah dengan Metode Aliran Material (MFA)
4. Data diolah menggunakan *software STAN* untuk diagram alir otentikasi multi-faktor (MFA).

Selanjutnya, pada tahapan pengambilan keputusan dilakukan dengan mengaplikasikan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*):

1. Menyusun struktur hirarki AHP
2. Pembuatan matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk setiap kriteria.
3. Penetapan bobot kriteria
4. Menghitung konsistensi logis dengan menguji Indeks Konsistensi (CI) dan Konsistensi Rasio (RC)
 - a. Melakukan perkalian tiap nilai dari kolom pertama melalui prioritas elemen pertama dan selanjutnya.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}w_j=d_i \tag{1}$$

dimana a_{ij} : Nilai rata-rata geometrik perbandingan berpasangan kriteria A_i dengan A_j untuk N responden; dan c_{ij} : Normalisasi nilai rata-rata geometrik perbandingan berpasangan kriteria A_i dengan A_j untuk N responden

- b. Penjumlahan masing-masing baris.
- c. Membagi hasil penjumlahan dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan.
- d. Penjumlahan hasil dengan banyaknya elemen yang ada dan diperoleh λ_{maks} .

$$\lambda_{maks}=\frac{\sum x_i}{n} \tag{2}$$

dimana, λ_{maks} : Nilai *eigen* maksimal dari matriks n ; X : Hasil dari nilai d_i dibagi w_i ; dan N : *Ordo matriks*

- e. Menghitung *Consistency Index* (CI)

$$CI=\frac{\lambda_{maks}-n}{n-1} \tag{3}$$

dengan n adalah banyaknya kriteria

- f. Menghitung Rasio Konsistensi Pencantuman

$$CR=\frac{CI}{RI} \tag{4}$$

dengan RI adalah *Random Consistency Index* (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai *Random Index*

Ukuran Matriks	Nilai IR	Ukuran Matriks	Nilai IR
1,2	0,00	6	1,24
3	0,58	7	1,32
4	1,90	8	1,41
5	1,12	9	1,45
6	1,24	10	1,49
7	1,32		

Jika nilai CR lebih dari 0,10, penilaian data keputusan harus diperbaiki. Namun, jika rasio konsistensi (CR) lebih kecil atau sama dengan 0,1, maka hasil

perhitungan dapat dianggap benar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Laju Timbulan Sampah Pondok Pesantren

Penelitian dilakukan secara langsung selama 10 hari untuk menghitung laju timbulnya sampah di Pesantren. Jumlah sampah rata-rata per hari dengan bobot terbesar yaitu untuk makanan dengan berat 45,05 kg, dan plastik bekas kemasan dengan berat 10,22 kg (Tabel 2). Di antara sumber lain, dapur menangani jumlah sampah makanan terbesar, dengan 65% atau 406,73 kilogram. Selain itu, dari diagram di atas diketahui bahwa limbah plastik sebesar 27%, atau 171,13 kilogram, kertas sebesar 5%, atau 34,42 kilogram, kaca sebesar 2%, atau 10,12 kilogram, dan logam sebesar 1%, atau 4,67 kilogram.

Tabel 2 Hasil Pemilahan Sampah Pondok Pesantren

Jenis sampah	Berat (Kg)	Rata-rata per hari
Buku	4,45	0,49
Kertas Campur	2,96	0,33
Kardus	27	3
Styrofoam	4,65	0,52
Plastik Kresek	39,4	4,38
Kemasan	91,94	10,22
Botol Plastik	33,81	3,76
Makanan	405,46	45,05

3.2. Hirarki Penentuan Strategi Terbaik

Kriteria (Tabel 3) dan sub kriteria (Tabel 4) pada penelitian ini diperoleh berdasarkan penelitian terdahulu serta literatur dan pendapat para pakar. Untuk menentukan kriteria yang tepat yang digunakan dalam penentuan strategi alternatif (Tabel 5), maka disebar-kan kuesioner kepada 3 para pakar, yaitu ustad yang memiliki kemampuan dan mengetahui permasalahan

mengenai kondisi pengelolaan sampah di pesantren, Hasil yang didapatkan berasal dari skala perbandingan berpasangan yang diisi melalui kuesioner dimana tingkat kepentingan relatif antara satu kriteria dan kriteria lainnya akan diisi dengan skala angka 1 sampai dengan 9.

Tabel 3. Kriteria pengelolaan sampah

Kriteria	Kode
<i>Reduce</i>	R(1)
<i>Reuse</i>	R(2)
<i>Recycle</i>	R(3)
<i>Replace</i>	R(4)
<i>Repair</i>	R(5)

3.3. Analisis Eksisting Sampah Pondok Pesantren

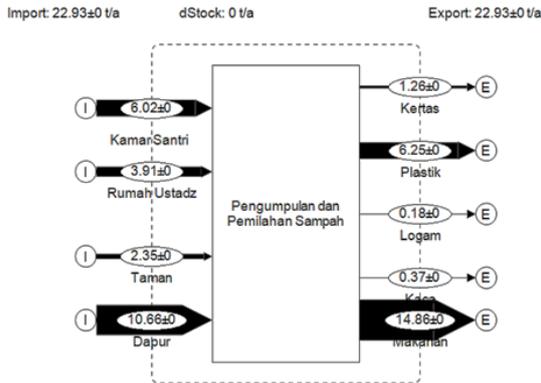
Sampah yang masuk dari kamar santri, rumah ustadz, taman, dan dapur mencapai sekitar 22,93 ton sampah per tahun (Gambar 1). Dalam proses pengelolaan sampah pesantren didapatkan, kamar santri, rumah ustadz, dapur, dan taman adalah semua tempat di mana sampah akan dikumpulkan. Dimana dapur merupakan tempat penghasil sampah makanan terbanyak. Tidak ada proses pemilahan terlebih dahulu saat pengumpulan; semua jenis sampah dicampur bersama. Sampah kemudian diangkut ke bak sampah oleh petugas kebersihan. Makanan yang dihasilkan oleh pesantren biasanya langsung dibakar, terkadang juga digunakan sebagai pakan ikan dan Maggot BSF. Sementara sampah plastik seperti botol plastik, kardus, dan logam biasanya diambil oleh petugas kebersihan untuk dijual ke pengepul dan hasilnya diberikan kepada petugas kebersihan, sisa plastik seperti styrofoam, plastik kemasan, dedaunan, dan plastik lainnya dibakar.

Tabel 4. Sub Kriteria Pengelolaan Sampah

Sub Kriteria	Kode
Pengurangan Pemakaian Material Sekali Pakai	Sub(1)
Evaluasi Tingkat Pengetahuan Masyarakat Pesantren	Sub (2)
Menggunakan Barang Yang Tahan Lama	Sub (3)
Memanfaatkan Kembali Barang Bekas	Sub (4)
Memaksimalkan Barang Pribadi Yang Digunakan	Sub (5)
Mengumpulkan Barang Bekas Untuk Disumbangkan	Sub (6)
Melakukan Proses Daur Ulang	Sub (7)
Pemilahan Sampah Sesuai Kategori	Sub (8)
Memanfaatkan Barang Bekas Menjadi Menteri Baru	Sub (9)
Mengganti Material Sekali Pakai Dengan Kain	Sub (10)
Mengganti Bahan Plastik Dengan Bahan Ramah Lingkungan	Sub (11)
Membuat Kebiasaan Menggunakan Barang Berulang Kali	Sub (12)
Melakukan Reboisasi	Sub (13)
Membuang Sampah Tidak Sembarangan	Sub (14)
Memperbaiki Barang Yang Rusak	Sub (15)

Tabel 5. Strategi Alternatif Kriteria

Alternatif	Kode
Penggunaan Barang Yang Ramah Lingkungan	Alt(1)
Pengendalian Dalam Mengolah Sampah	Alt (2)
Daur Ulang Sampah Mandiri	Alt (3)
Bekerja Sama Dengan Pihak Ke 3	Alt (4)
Penyediaan Sarana Pengumpulan Sampah Sesuai Kriteria	Alt (5)



Gambar 1. Kondisi Eksisting Pondok Pesantren

3.4. Prioritas Kriteria Menggunakan AHP

Pada tahap ini, dimana matriks diperoleh dengan cara nilai setiap baris dari hasil dan pengumpulan data kriteria ketiga responden yang sudah dibuat menjadi matriks perbandingan berpasangan selanjutnya akan dikalikan lalu di akar pangkat tiga (Tabel 6).

Tabel 6. Matriks Perbandingan Berpasangan Pada Kriteria

Kriteria	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)	R(5)
R(1)	1	0,58	0,58	0,37	0,27
R(2)	1,71	1	0,58	0,58	0,58
R(3)	1,71	1,71	1	0,2	0,2
R(4)	2,71	1,71	5	1	1
R(5)	3,68	1,71	5	1	1
Jumlah	10,818	6,714	12,169	3,153	3,056

Perhitungan matriks nilai kriteria dilakukan dengan cara:

Baris R1 kolom R2 : $\sqrt[3]{1 \times 0,2 \times 1} = 0,58$, dan seterusnya
 Perhitungan jumlah dari setiap kolom matriks nilai kriteria dilakukan dengan cara berikut ini
 Kolom R1: $1+1,71+1,71+2,71+3,68 = 10,818$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya.

Tabel 7. Matriks Normalisasi Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)	R(5)
R(1)	0,092	0,087	0,048	0,116	0,088
R(2)	0,158	0,148	0,048	0,185	0,191
R(3)	0,158	0,254	0,082	0,063	0,065
R(4)	0,25	0,254	0,41	0,317	0,327
R(5)	0,34	0,254	0,41	0,317	0,327
Jumlah	1	1	1	1	1

Tahap penentuan nilai matriks kriteria dari Tabel 7 Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan dimana. Nilai ini didapatkan melalui nilai Kolom pada tiap kriteria dari Matriks nilai kriteria dibagi dengan hasil jumlah dari masing-masing kolomnya :
 Kolom R1 : $(1/10,818=0,092) + (1,71/10,818= 0,158) + (1,71/10,818= 0,158) + (2,71/10,818= 0,250) + (3,68/10,818= 0,340) = 1$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya

Tabel 8. Hasil Normalisasi Pembobotan

Kriteria	Σ	X
R(1)	0.433	0.086
R(2)	0.731	0.146
R(3)	0.623	0.124
R(4)	1.56	0.312
R(5)	1.65	0.33
Jumlah	5	1

Jumlah dari normalisasi bobot perbandingan berpasangan (Tabel 8) adalah $0,433+ 0,731 + 0,623 + 0,312 + 1,650 = 5$.

Dalam penentuan nilai *vector eigen* yang dinormalkan dari masing-masing baris dari matrik normalisasi yang akan menghasilkan *vector* prioritas dari tiap kriteria melalui perhitungan jumlah perbaris dibagi jumlah kriteria. Prioritas untuk R1: $0,433/3 = 0,086$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *Weighted Sum Vector* (a) didapatkan dari perkalian dengan matriks asal yaitu dari Matriks nilai kriteria dengan *vector eigen* yang dinormalkan yaitu rata-rata (x).

$$a = \begin{bmatrix} 1 & 0,58 & 0,584 & 0,368 & 0,271 \\ 1,71 & 1 & 0,584 & 0,584 & 0,584 \\ 1,71 & 1,709 & 1 & 0,2 & 0,2 \\ 2,71 & 1,709 & 5 & 1 & 1 \\ 3,68 & 1,709 & 5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,086 \\ 0,146 \\ 0,124 \\ 0,312 \\ 0,330 \end{bmatrix}$$

$$a = \begin{bmatrix} 0,45 \\ 0,743 \\ 0,651 \\ 1,751 \\ 1,835 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dengan menggunakan tabel matrik perbandingan berpasangan untuk menghitung Jumlah elemen matriks bobot kriteria dengan cara membagi *Weighted Sum Vector* (a) dengan setiap baris *vector eigen* yang dinormalkan (x).

Kolom R1 : $0,449/ 0,086 = 5,191$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya,

$$\sum \frac{a}{x} = \frac{0,45}{0,086} + \frac{0,743}{0,146} + \frac{0,651}{0,124} + \frac{1,751}{0,312} + \frac{1,835}{0,330}$$

D = 26,663.

Jadi hasil dari jumlah elemen matriks bobot kriteria (D) adalah 26,663

Selanjutnya mencari rasio konsentrasi, perhitungan Rasio Konsistensi untuk memberi kepastian bahwa nilai Rasio Konsistensi $CR < 0,1$. Bila nilai CR lebih besar dari 0,1 maka harus diulang kembali.

$\lambda_{maks} = \text{Jumlah. Elemen matriks bobot kriteria}/N$
 $\lambda_{maks} = 26,663/5$
 $\lambda_{maks} = 5,332$

Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - N}{N - 1}$$

$$CI = \frac{(5,332-5)}{(5-1)}$$

$$CI = 0,083$$

Consistency Ratio (CR)

$$CR = CI/RI$$

$$CR = \frac{0,083}{1,12}$$

CR = 0,074

Tabel 9. Perangkingan Prioritas Kriteria

Kriteria	Bobot	Consistency Ratio	Prioritas
R1	0,086	7%	5
R2	0,146		3
R3	0,124		4
R4	0,312		2
R5	0,330		1

Hasil **Tabel 9** diperoleh *Consistency Ratio* (CR) utama adalah 7% yang berarti konsisten karena CR < 10% berarti preferensi responden konsisten dan kriteria dengan prioritas tertinggi adalah *repair* dengan nilai 0,330.

3.5. Prioritas Sub Kriteria Menggunakan AHP

Dari hasil **Tabel 10** perankingan prioritas sub kriteria yang dapat dilihat bahwa prioritas paling tinggi adalah memperbaiki barang barang yang rusak, mengumpulkan barang bekas untuk disumbangkan, melakukan proses daur ulang, membuat kebiasaan menggunakan barang berulang kali, Evaluasi tingkat pengetahuan masyarakat pesantren, menggunakan barang yang tahan lama, mengganti bahan plastik dengan bahan ramah lingkungan, pemilahan sampah sesuai kategori, memaksimalkan barang pribadi yang digunakan, membuang sampah tidak sembarangan, Pengurangan pemakaian material sekali pakai, mengganti material sekali pakai dengan kain, memanfaatkan barang bekas menjadi meteri baru, memanfaatkan kembali barang bekas dan melakukan reboisasi.

Tabel 10. Prangkingan Prioritas Sub Kriteria

SK	Kriteria	Bobot	CR	Ranking
Sub1	Reduce	0,256	1%	11
Sub 2		0,416		5
Sub 3		0,326		6
Sub 4	Reuse	0,226	4%	14
Sub 5		0,319		9
Sub 6		0,454		2
Sub 7	Recycle	0,42	2%	3
Sub 8		0,325		8
Sub 9		0,249		13
Sub 10	Replace	0,253	2%	12
Sub 11		0,326		7
Sub 12		0,42		4
Sub 13	Repair	0,22	6%	15
Sub 14		0,317		10
Sub 15		0,465		1

3.6. Prioritas Strategi Alternatif Kriteria

Matrik ini diperoleh dengan cara nilai setiap baris dari tabel hasil dan pengumpulan data kriteria dikalikan lalu di akar pangkat tiga. Perhitungan matrik nilai kriteria dilakukan dengan cara:

Baris Alt1 kolom AK2 : $\sqrt[3]{1/2 \times 1 \times 1 \times 0,20} = 0,46$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya. Penentuan nilai dari setiap kolom matriks nilai kriteria dilakukan dengan Kolom Alt 1: $1 + 2,154 + 2,714 + 2,714 + 5,848 = 14,431$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya (**Tabel 11**).

Tabel 11. Matrik Perbandingan Berpasangan Alternatif

Kriteria	Alt (1)	Alt (2)	Alt (3)	Alt (4)	Alt (5)
Alt (1)	1	46%	0,368	0,368	0,17
Alt (2)	2,154	1	0,368	0,5	0,522
Alt (3)	2,714	2,714	1	0,854	0,584
Alt (4)	2,714	2	1,169	1	0,17
Alt (5)	5,848	1,9123	1,709	5,848	1
Jumlah	14,431	8,091	4,616	8,571	2,449

Tabel 12. Matrik Normalisasi Perbandingan Berpasangan Alternatif

Kriteria	Alt (1)	Alt (2)	Alt (3)	Alt (4)	Alt (5)
Alt (1)	0,069	0,057	0,079	0,042	0,069
Alt (2)	0,149	0,123	0,079	0,058	0,213
Alt (3)	0,188	0,335	0,216	0,099	0,238
Alt (4)	0,188	0,247	0,253	0,116	0,069
Alt (5)	0,405	0,236	0,37	0,682	0,408
Jumlah	1	1	1	1	1

Cara menghitung matrik nilai kriteria didasarkan pada **Tabel 12** Normalisasi Matrik Perbandingan Berpasangan. Matriks ini didapatkan melalui nilai Kolom dari setiap alternatif kriteria pada Matrik nilai kriteria dibagi dengan jumlah dari masing-masing kolomnya. Kolom Alt 1 : $(1/14,431=0,069) + (2,154/14,431= 0,149) + (2,714/14,431= 0,188) + (2,714/14,431= 0,188) + (5,848/14,431= 0,405) = 1$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya, Jumlah dari Normalisasi bobot perbandingan berpasangan $0,063+ 0,124+ 0,215+ 0,175+ 0,420= 5$ (**Tabel 13**).

Tabel 13. Hasil Normalisasi Pembobotan Penilaian Perbandingan Berpasangan Alternatif

Kriteria	Σ	X
Alt (1)	0,319	0,063
Alt (2)	0,624	0,124
Alt (3)	1,078	0,215
Alt (4)	0,875	0,175
Alt (5)	2,102	0,42
Jumlah	5	1

Langkah menentukan *vector eigen* (x) yang dinormalkan pada masing-masing baris dari matrix hasil normalisasi yang merupakan gambaran *vector* prioritas dari setiap alternatif kriteria dengan cara jumlah per baris dibagi jumlah kriteria. Prioritas untuk Alt 1 : $0,319/5 = 0,638$, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya, *Weighted Sum Vector* (a) didapatkan dari hasil perkalian antara matriks sebelumnya yaitu Matriks nilai kriteria dengan *vector eigen* yang dinormalkan (x).

$$a = \begin{bmatrix} 1 & 0,46 & 0,368 & 0,368 & 0,170 \\ 2,154 & 1 & 0,368 & 0,5 & 0,522 \\ 2,714 & 2,714 & 1 & 0,854 & 0,584 \\ 2,714 & 2 & 1,169 & 1 & 0,170 \\ 5,848 & 1,913 & 1,709 & 5,848 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,063 \\ 0,124 \\ 0,215 \\ 0,175 \\ 0,420 \end{bmatrix}$$

$$a = \begin{bmatrix} 0,337 \\ 0,649 \\ 1,123 \\ 0,922 \\ 2,425 \end{bmatrix}$$

Tabel matriks perbandingan berpasang untuk alternatif kriteria digunakan untuk menghitung Jumlah elemen matriks bobot kriteria dengan cara membagi *Weighted Sum Vector* (a) dengan setiap baris *vector eigen* yang dinormalkan (x):
 Kolom Alt 1 : 1,213/ 0,222 = 5,448, dan seterusnya untuk perhitungan lainnya,

$$\sum \frac{a}{x} = \frac{0,337}{0,063} + \frac{0,649}{0,124} + \frac{1,123}{0,215} + \frac{0,922}{0,175} + \frac{2,425}{0,420}$$

$$D = 26,73$$

Hasil jumlah elemen matrik bobot kriteria (D) adalah 26,73

Selanjutnya mencari rasio konsentrasi guna memperoleh kepastian bahwa nilai Rasio Konsistensi CR < 0,1 . Jika ternyata CR lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan harus diperbaiki.

Nilai rata-rata dari hasil pembagian tersebut merupakan nilai *eigen* maksimum.

λ_{maks} = Jumlah. Elemen matriks bobot kriteria/N

$$\lambda_{maks} = 26,73 / 5$$

$$\lambda_{maks} = 5,346$$

Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - N}{N(N-1)}$$

$$CI = \frac{(5,346-5)}{(5-1)}$$

$$CI = 0,086$$

Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0,086}{1,12}$$

$$CR = 0,077$$

Nilai N pada *Consistency Index* (CI) menunjukkan 5 kriteria, diperoleh *Consistency Ratio* (CR) utama adalah 8% yang berarti konsisten karena CR < 10% berarti preferensi responden konsisten.

Tabel 14. Perangkingan Prioritas Alternatif

Kriteria	Bobot	Consistency Ratio	Prioritas
Alt 1	0.063	8%	5
Alt 2	0.124		4
Alt 3	0.215		2
Alt 4	0.175		3
Alt 5	0.42		1

Hasil perhitungan kriteria menunjukkan urutan prioritas yang paling tinggi yaitu penyediaan sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria, daur ulang sampah mandiri, bekerja sama dengan pihak ke 3, pengendalian dalam mengolah sampah, dan penggunaan barang yang ramah lingkungan (Tabel 14). Prioritas kriteria tertinggi yaitu kriteria repair dengan nilai bobot 0,330. Untuk prioritas sub kriteria tertinggi yaitu memperbaiki barang yang rusak dengan nilai bobot 0,465, Untuk prioritas alternatif strategi kriteria tertinggi yaitu penyediaan sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria dengan bobot nilai 0,420. Sedangkan pada pondok pesantren hasil yang dibutuhkan adalah dengan menyediakan sarana tempat sampah sesuai kriteria yang berhubungan dengan keadaan pesantren saat ini, dimana setelah sempat dilakukan sosialisasi pengolahan sampah sebelumnya pada tahun 2022 dengan menghasilkan data sampah, saat ini pada saat mengambil data kuesioner menurut penuturan responden banyak perubahan yang terjadi, salah

satunya dengan memperbaiki dan memelihara barang atau fasilitas yang digunakan di pesantren. Pada saat ini pesantren lebih berfokus pada menambah santri santri baru serta dengan memelihara fasilitas ini lebih menghemat pengeluaran pesantren dan juga salah satu cara usaha perbaikan demi lingkungan dengan meminimalisir pembuangan sampah berlebih.

Strategi penyediaan sampah sesuai kriteria ini memudahkan untuk memilah sampah, dimana nantinya dapat memilah sampah yang masih layak digunakan, sampah yang mungkin digunakan kembali, sampah yang akan diproses daur ulang, serta sampah yang dapat dijual kepada pengepul yang nantinya hasil penjualan sampah bisa membantu perekonomian karyawan pesantren. Tidak diragukan lagi, pemilahan sampah dengan memperbanyak sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria di Institusi pendidikan adalah sarana yang tepat untuk mengajarkan nilai-nilai cinta lingkungan dan peduli dengan alam (Febriyanti et al., 2023).

Dalam pengelolaan limbah padat terdapat gagasan keberlanjutan dalam pengelolaan sampah. Keberlanjutan pengelolaan sampah terdiri dari aspek sosial, lingkungan dan ekonomi, serta aspek administrasi yang mencakup berbagai masalah terkait pengelolaan limbah padat. Tujuan dari gagasan ini agar mampu mempertahankan diri dari waktu ke waktu tanpa menghabiskan sumber daya yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini terdapat aspek yang mendekati yaitu aspek lingkungan karena terdapat upaya pengurangan pencemaran lingkungan dan konservasi sumber daya (Ayuba et al., 2015). Salah satu pola pikir memanfaatkan sumber daya yang berkelanjutan adalah zero waste, termasuk didalamnya terdapat prinsip 5R. Hasil dari analisis penelitian ini dengan menggunakan prinsip 5R untuk penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah Pondok Pesantren ABC adalah penyediaan sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria sebagai strategi pengelolaan sampah di pondok pesantren dengan nilai prioritas tertinggi.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis MFA (*Material Flow Analysis*), kondisi eksisting pengelolaan sampah di Pondok Pesantren ABC dari data pengambilan sampah selama 10 hari yakni sampah per tahun sekitar 22,93 ton/tahun dengan sumber terbanyak yang menghasilkan sampah adalah dapur. Strategi yang terbaik dalam pengambilan Keputusan pengelolaan limbah padat untuk strategi ekonomi sirkular adalah prioritas kriteria tertinggi yaitu *repair* dengan nilai bobot 0,330, lalu disusul oleh prioritas kriteria *replace* (0,312) Untuk sub kriteria dengan prioritas tertinggi yaitu memperbaiki barang barang yang rusak dengan nilai bobot 0,465, lalu disusul oleh sub kriteria mengumpulkan barang bekas untuk disumbangkan (0,454). Untuk alternatif strategi tertinggi dengan prioritas tertinggi yaitu penyediaan sarana pengumpulan sampah sesuai kriteria (0.420), daur ulang sampah mandiri (0.215).

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan *software* pengambilan keputusan sehingga dapat dibandingkan antara hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak untuk lebih mudah melihat analisisnya dalam bentuk gambar dan menggunakan responden yang lebih banyak untuk hasil

yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). Evaluasi Efektifitas Sistem Pengangkutan Dan Pengelolaan Sampah Di Tpa Sarimukti Kota Bandung. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 16. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i01.1084>
- Ansy, S. N. (2021). *Estimasi Volume Sampah Kota Bogor Dan Kabupaten Bogor Di Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Galuga Tahun 2020 - 2030*. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/63923>
- Ayuba, I., Achuen, A., & Choji, C. (2015). Sustainability of Solidwaste Management in Nigerian Urban Areas: Challenges and Solution. *International Journal of Sciences and Energy Research*, 3(November), 522–542. <https://www.researchgate.net/publication/281270148>
- Budihardjo, M. A., Sumiyati, S., Sawitri, D. R., Octaviani, Y. N., & Wati, H. R. (2023). Using Material Flow Analysis (MFA) for Waste Management Planning in Batang Regency. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1239, No. 1, p. 012029). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1239/1/012029>
- Dewi, Y., & Raharjo, T. (2019). Aspek Hukum Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan Serta Solusinya. *Kosmik Hukum*, 19(1). <https://doi.org/10.30595/kosmikhukum.v19i1.4082>
- Diavano, A. (2022). Program Eco-Pesantren Berbasis Kemitraan Sebagai Upaya Memasyarakatkan Isu-Isu Lingkungan Melalui Pendidikan. *Jurnal Litbang Sukowati: Media Penelitian Dan Pengembangan*, 5(2), 113–125. <https://doi.org/10.32630/sukowati.v5i2.312>
- Fadillah, R., Dur, S., & Cipta, H. (2021). Penerapan Metode *Analytical Hierarchy Process* dalam Menentukan Gaji Bonus Karyawan Pada PTPN III Sei Putih. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 7(2), 73–84. <https://doi.org/10.24014/jsms.v7i2.12968>
- Fauziah, E. N., Sari, M. M., & Suryawan, I. W. K. (2023). *Possibility of Municipal Waste Management with Refuse-Derived Fuel (RDF) Mixed Paper and Garden in Depok City*. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies*, 4(1), 33–38. <https://doi.org/10.33751/injast.v4i1.7171>
- Febriyanti, R., Vita Amelia Rahayu, N., Daya Pitaloka, W., Yakob, A., & Samsuri, M. (2023). Edukasi Pemilahan Sampah sebagai Upaya Penanganan Masalah Sampah di SD Muhammadiyah Baitul Fallah Mojogedang. *Buletin KKN Pendidikan*, 5(1), 37–45. <https://doi.org/10.23917/bkkndik.v5i1.22456>
- Islami, P. Y. N., & Suyuti, S. (2021). Pemberdayaan Masyarakat Desa dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Melalui Media Youtube (Studi Kasus: Kampung Benge, Desa Bojong Jengkol, Kecamatan Ciampea, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 1(2), 263–274. <https://doi.org/10.54082/jamsi.73>
- Madyatmadja, E. D., Widjaja, S. A., Pangukir, J. P. H., Budiharjo, M., Rianky, R., & Heryanda, O. (2023). Data Visualisai Tingkat Kenaikan Limbah Sampah di Indonesia. *Journal of Technology Information*, 9(2), 187–192. <https://doi.org/10.37365/jti.v9i2.200>
- Masruroh, N. (2022). *Ekonomi Sirkular dan Pembangunan Berkelanjutan*. Jejak Pustaka. <https://repository.syekh Nurjati.ac.id/9350/1/EKONOMI%20SIRKULAR.pdf>
- Müller, E., Hilty, L. M., Widmer, R., Schluep, M., & Faulstich, M. (2014). Modeling metal stocks and flows: a review of dynamic material flow analysis methods. *Environmental science & technology*, 48(4), 2102–2113. <https://doi.org/10.1021/es403506a>
- Ponisri, P., & Soekamto, M. H. (2020). Pemanfaatan Limbah Anorganik Untuk Penataan Taman Di Kelurahan Malawe. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 23–29. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v2i1.810>
- Prihatin, R. B. (2020). Pengelolaan Sampah di Kota Bertipe Sedang: Studi Kasus di Kota Cirebon dan Kota Surakarta. *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.46807/aspirasi.v11i1.1505>
- Rimantho, D., & Tamba, M. (2021). Usulan strategi pengelolaan sampah padat di TPA Burangkeng Bekasi dengan pendekatan SWOT dan AHP. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 383–391. <https://doi.org/10.14710/jil.19.2.383-391>
- Rimantho D, Syaiful S, Nurfaida and Sulandari U (2022), Electronic waste bank model as a solution for implementing circular economy: Case study DKI Jakarta-Indonesia. *Front. Built Environ*. 8:1030196. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1030196>
- Rimantho, D., Noor, E., Eriyatno, dan Efendi, H. (2019). Penilaian aliran limbah elektronika di DKI Jakarta menggunakan Material Flow Analysis (MFA). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 120–129. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.120-129>
- Soekiswati, S., Sulistyani, S., Lestari, N., Sintowati, R., & Fauziah, N. F. (2022). Pengelolaan Sampah Bernilai Ekonomis Di Desa Jetis: Upaya Perubahan Perilaku Peduli Sampah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Medika*, 80–86. <https://doi.org/10.23917/jpmmedika.v2i2.637>
- Suryanto, B. T. (2019). Eko-Pesantren: Mewujudkan Pesantren Peduli Dan Berbudaya Lingkungan Berbasis Kemandirian. *Jurnal ISLAM NUSANTARA*, 03(01), 263–286. <https://doi.org/10.33852/jurnal.in.v3i1.111>
- Wibowo, R. J. A., Tresnoputri, C., Wijaya, F. A., Bastanta, A., Junior, A., & Claudia, J. (2023). Studi komparatif ekonomi sirkular dalam arah kebijakan hukum pengelolaan sampah kemasan

- plastik di Indonesia dan Jerman. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 10(5), 2467-2480.
<https://doi.org/10.31604/jjps.v10i5.2023.2467-2480>
- Widiantara, P. E. (2023). Evaluasi Kebijakan Swakelola Pengelolaan Sampah di Kota Denpasar Provinsi Bali. *Thesis*. <http://eprints.ipdn.ac.id/14263/>
- Zuhdi, A., & Azizah, F. N. (2022). Implementasi Circular Economy pada Rumah Inovasi dan Daur Ulang Bank Sampah Nusantara Pondok Pesantren Al Ihya Ulumaddin Kesugihan Cilacap. *Jurnal Syntax Transformation*, 3(12), 1625–1631.
<https://doi.org/10.46799/jst.v3i12.660>