JURNAL PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN KEBIJAKAN
Volume 05 Nomor 01 - Bulan April 2025

KAJIAN OPTIMASI PENGANGKUTAN SAMPAH KECAMATAN CIANJUR

Achmad F. Iscahyono[1], Adelia N. Javani[2], Habibi M. M. Sudrajat[1], Nur D. Safitri[1]
[1] Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PH. H. Mustofa No. 23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Bandung
[2] Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Coblong, Bandung

[1]Email : fauzancahyo@gmail.com

DOI : **10.35472/jppk.v5i1.2126**

ABSTRACT

Cianjur District is an area with the largest service scale in Cianjur Regency that requires the most crucial attention, especially in the provision of waste infrastructure. With the increasing population in Cianjur District every year, it is estimated that it will be followed by an increase in the amount of waste that needs to be transported. This study aims to formulate optimal waste transportation in Cianjur District. This study uses a quantitative descriptive method. Optimization of waste transportation is carried out based on an analysis of existing conditions and transportation needs by maximizing working hours to then create a scenario for increasing trips and the number of transport vehicles. The results of this study show that the existing condition of waste transportation in Cianjur District uses the direct individual method with the SCS system which has not been implemented optimally. Therefore, it is necessary to add transport vehicles for waste transportation in Cianjur District every day and increase the number of minimum trips that need to be carried out. If the waste transportation needs can be fulfilled, the level of waste transportation performance in Cianjur District will increase in the future.

Keywords: *optimization, waste transportation, trips, vehicles*

A. PENDAHULUAN

Keberadaan sampah merupakan imbas dari setiap kegiatan manusia (Kasam, 2011). Secara umum, peningkatan volume sampah terpengaruh oleh adanya peningkatan jumlah dan tingkat konsumsi penduduk serta sistem pengelolaan sampah yang diterapkan di tiap daerah. Timbulan sampah yang terus meningkat tanpa diiringi sistem manajemen yang baik, dukungan dana pengelolaan, serta kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah hanya akan memperburuk permasalahan persampahan itu sendiri (Baso *et al*., 2017).

Secara umum, proses pengelolaan sampah memerlukan waktu yang cukup panjang, diawali dari pengumpulan hingga ke pemrosesan akhir. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mendefinisikan pengelolaan sampah sebagai kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang mencakup pengurangan serta penanganan sampah. Pengurangan sampah mencakup aktivitas pembatasan produksi sampah, daur ulang, serta pemanfaatan kembali sampah, sedangkan penanganan sampah terdiri atas kegiatan memilah, mengumpulkan, mengangkut, mengolah, hingga pemrosesan akhir. Hakikat sampah sebagai sesuatu yang keberadaannya tidak diinginkan perlu diatasi dengan pengelolaan yang baik agar tidak mengakibatkan bahaya dan degradasi lingkungan (Tchobanoglous *et al*., 1997).

Permasalahan pengelolaan sampah masih menjadi tantangan bagi banyak kabupaten/kota di Indonesia (Chaerul *et al*., 2022). Salah satu aspek krusial dalam

Received 04 February 2025 | Accepted 24 February 2025 | Published 04 April 2025
OJS (Open Journal Systems) | PKP (Public Knowledge Project) © 2025 ITERA

pengelolaan sampah adalah pengangkutan, yang bertujuan untuk membawa atau memindahkan sampah dari sumbernya menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) (Alfian & Phelia, 2021). Sampah yang diangkut ke TPA adalah sampah yang dihasilkan di lingkungan rumah tangga, kantor, sekolah, dan fasilitas umum (Maryati *et al*., 2017). Efisiensi pengangkutan sampah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sarana dan prasarana, terutama bagi daerah dengan luas administrasi yang besar, tetapi memiliki keterbatasan fasilitas (Dobiki, 2018). Keberhasilan pengelolaan sampah sangat bergantung pada efektivitas sistem transportasi sampah yang digunakan.

Kabupaten Cianjur, sebagai salah satu wilayah di Provinsi Jawa Barat dengan luas 361.434,98 hektar dan jumlah penduduk mencapai 2.535.002 jiwa pada tahun 2023, menghasilkan timbulan sampah sekitar 1.258,21 ton/hari atau 459.246 ton/tahun (BPS Kabupaten Cianjur, 2024). Kecamatan Cianjur, sebagai pusat pemerintahan dan aktivitas utama di Kabupaten Cianjur, memiliki jumlah penduduk tertinggi pada tahun 2023 dan merupakan wilayah dengan skala layanan terbesar di Kabupaten Cianjur yang memerlukan perhatian paling krusial. Peningkatan jumlah penduduk ini berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi dan produksi sampah, sehingga menuntut sistem pengangkutan yang lebih optimal agar sampah tidak menumpuk dan mengganggu lingkungan (Tchobanoglous *et al*., 1993). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa jumlah pekerja dan kapasitas sarana pengangkut berpengaruh terhadap efisiensi pengangkutan sampah (Sharholy *et al*., 2008). Kapasitas armada pengangkut berperan penting dalam menentukan jumlah sampah yang dapat terangkut setiap harinya (Ningrum & Istiqomah, 2020). Apabila pengangkutan tidak berjalan optimal, maka sampah yang tidak terangkut akan menumpuk dan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Pada tahun 2022, Kabupaten Cianjur mencatat timbulan sampah sebesar 454.590 ton/tahun, tetapi hanya sekitar 206,58 ton/hari atau 19,52% dari total produksi sampah yang berhasil ditangani dan diangkut ke TPA (DLH Kabupaten Cianjur, 2022). Paradigma pengelolaan sampah yang masih menerapkan pola kumpul-angkut-buang serta terbatasnya sarana pengangkutan menjadi salah satu penyebab rendahnya persentase pengelolaan sampah yang optimal (Damanhuri & Padmi, 2010). Kabupaten Cianjur hanya memiliki 26 unit armada pengangkut sampah, sehingga dari 32 kecamatan yang ada, hanya 14 kecamatan yang mendapatkan layanan pengangkutan. Kecamatan Cianjur menjadi salah satu kecamatan yang mendapatkan layanan pengangkutan sampah. Kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak ini menghasilkan timbulan sampah mencapai 11.742,05 ton/tahun atau sekitar 32,17 ton/hari (BPS Kabupaten Cianjur, 2023). Kendaraan pengangkut yang beroperasi hanya berjumlah 8 unit dengan kapasitas 7 m^3 dan frekuensi ritasi 1 rit/hari, sehingga volume sampah yang dapat terangkut hanya sekitar 70 m^3/hari atau setara dengan 17,5 ton/hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa terdapat selisih signifikan antara jumlah timbulan sampah yang dihasilkan dengan jumlah yang dapat terangkut, yang menyebabkan penumpukan sampah di beberapa titik.

Optimasi pengangkutan sampah menjadi langkah strategis dalam mengatasi permasalahan tersebut. Adanya pengangkutan sampah yang tidak optimal dapat meningkatkan dampak lingkungan seperti pencemaran, juga dampak ekonomi (Alfian &

Phelia, 2021). Pengangkutan sampah yang tidak optimal berpotensi mencemari tanah dan badan air di sekitarnya (Marlina, 2024). Adapun lebih dari 50% anggaran pengelolaan sampah di banyak negara berkembang dialokasikan untuk pengumpulan sampah, tetapi tingkat pengumpulan yang berhasil masih di bawah 20% dari total timbulan sampah (Ezeudu & Ugochukwu, 2024). Inefisiensi dalam pengangkutan sampah, seperti rute yang tidak optimal dan frekuensi ritasi yang rendah, dapat memperbesar biaya operasional karena meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar, tenaga kerja, serta jumlah armada yang digunakan. Pengangkutan sampah yang optimal dapat dicapai dengan mempertimbangkan berbagai variabel, seperti rute pengangkutan, jadwal operasional, jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, serta efisiensi tenaga kerja dan bahan bakar. Fokus penelitian ini memiliki kecenderungan pada optimalisasi volume sampah yang dapat terangkut melalui frekuensi ritasi, jumlah kendaraan, serta kapasitas angkut yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengkaji cara mengoptimalkan pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur agar sampah dapat terangkut secara optimal dan tidak menimbulkan permasalahan di waktu mendatang.

B. METODE PENELITIAN

1. Metode dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan deduktif. Pendekatan deduktif dalam proses penelitian ini bertujuan menjawab permasalahan yang didasari oleh konsep atau teori untuk menentukan hipotesis penelitian. Metode kuantitatif yang dimaksud adalah dengan menggunakan perhitungan analisis optimasi pengangkutan sampah berdasarkan jumlah ritasi dan jumlah kendaraan yang beroperasi berdasarkan kapasitas armada pengangkutan yang digunakan. Secara umum, kajian optimasi pengangkutan sampah memerlukan perhitungan terhadap kapasitas, atau secara teknis melihat komparasi data, sehingga lebih tepat dilakukan dengan pendekatan kuantitatif.

2. Metode Pengumpulan Data

Secara umum, metode pengumpulan data penelitian dibedakan berdasarkan sumbernya, yaitu sumber data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung terhadap pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur. Observasi dalam penelitian ini dilakukan melalui pengamatan, inventarisasi, maupun dokumentasi data lapangan secara langsung dan akurat. Tujuan dari observasi ini yaitu untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai kegiatan operasional serta masalah terkait pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur. Observasi hanya akan dilakukan terhadap kendaraan pengangkut sampah yang dikelola atau dimiliki oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cianjur. Adapun kegiatan observasi yang dilakukan berupa kegiatan *routing* mengikuti rute pengangkutan yang ada. Kegiatan *routing* akan dilakukan sebanyak 1 (satu) kali untuk tiap rute. Berdasarkan informasi yang diperoleh, sistem pengumpulan sampah yang digunakan di Kabupaten Cianjur adalah sistem pengumpulan individual langsung (*door to door*) dan metode pengangkutan SCS

(*Stationary Container System*). Hasil dari observasi nantinya akan diolah dan dianalisis untuk mendukung identifikasi kondisi eksisting pengangkutan sampah dan perhitungan optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur. Pengamatan dan pengukuran akan dilakukan terhadap pola dan rute pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur serta data pengangkutan sampah, seperti: a) jumlah ritasi per hari; b) jarak tempuh pengangkutan; c) waktu yang dibutuhkan selama proses pengangkutan; dan d) faktor *off route*.

Adapun data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari hasil survei instansi maupun kajian literatur yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Intansi yang dituju untuk memperoleh data yang dibutuhkan yaitu Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cianjur dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Cianjur. Data sekunder yang dibutuhkan tersebut, meliputi: a) volume sampah yang terangkut ke TPA; b) standar timbulan sampah di Kabupaten Cianjur; c) jumlah dan spesifikasi kendaraan pengangkut sampah; d) rute pelayanan pengangkutan sampah; e) jadwal pengangkutan sampah; dan f) jumlah penduduk Kecamatan Cianjur tahun 2018─2023.

3. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang ada. Berikut ini merupakan beberapa metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini.

a. Analisis Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah

Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi eksisting pengangkutan sampah Kabupaten Cianjur, khususnya di Kecamatan Cianjur ditinjau dari tingkat pelayanan hingga teknis operasionalnya. Tingkat pelayanan pengangkutan akan dilihat dari perbandingan antara jumlah timbulan sampah di Kecamatan Cianjur dengan jumlah sampah yang terangkut ke TPA berdasarkan jumlah dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Adapun teknis operasional akan berkaitan dengan pola dan metode pengangkutan yang digunakan, jumlah ritasi per hari, rute dan jadwal pengangkutan, hingga jarak serta waktu pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur. Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis kondisi eksisting pengangkutan sampah menggunakan sistem SCS (*Stationary Container System*), yaitu sebagai berikut (Damanhuri & Padmi, 2010):

$$T_{SCS} = (P_{SCS} + s + h) \quad (1)$$

$$P_{SCS} = C_T(U_C) + (np - 1)(dbc) \quad (2)$$

Keterangan:

Tscs	= waktu pengangkutan (jam/rit)
Pscs	= waktu pengambilan (jam/rit)
s	= waktu *unloading* di TPA(jam/rit)
h	= waktu dari lokasi terakhir ke TPA (jam/rit)
CT	= jumlah kontainer yang dikosongkan per rit (kontainer/rit)
Uc	= waktu pemindahan sampah ke kontainer (jam/rit)
np	= jumlah lokasi sampah yang diambil per rit (lokasi/rit)
dbc	= waktu untuk bergerak dari lokasi ke lokasi lain (jam/lokasi)

Adapun untuk menghitung jumlah ritasi kendaraan menggunakan persamaan berikut (Damanhuri & Padmi, 2010):

$$Nd \frac{\{H\,(1-w)-(t1+t2)\}}{T_{SCS}} \quad (3)$$

Keterangan:
Nd = jumlah ritasi per hari (rit/hari)
H = waktu kerja/hari (jam/hari)
t_1 = waktu dari *pool* ke lokasi pertama (jam)
t_2 = waktu dari TPA ke *pool* (jam)
W = faktor *off route*

Keefektifan jam kerja dapat dilihat melalui waktu *off route* (waktu non produktif yang melebihi waktu istirahat) selama masa pengangkutan. Menurut Tchobanoglous *et al*. (1993), nilai faktor *off route* yang ideal adalah 0,1 – 0,15. Faktor *off route* (W) dapat dihitung melalui persamaan berikut ini.

$$W = \frac{w}{H} \quad (4)$$

Keterangan:
W = faktor *off route*
w = waktu *off route* (jam)
H = jam kerja (jam)
Data yang digunakan untuk analisis ini diperoleh melalui wawancara dan observasi berupa kegiatan *routing*.

b. Analisis Kebutuhan Pengangkutan Sampah Tahun 2027

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan terhadap pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur tahun 2027. Kebutuhan pengangkutan akan didasarkan pada hasil proyeksi jumlah timbulan sampah. Maka, terlebih dahulu dilakukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode geometrik.
Persamaan proyeksi penduduk dengan metode geometrik yaitu sebagai berikut:

$$P_n = P_0(1+r)^n \quad (5)$$

Keterangan:
P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n
P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar
n = periode waktu proyeksi
r = rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk (%)

Setelah mendapatkan hasil proyeksi jumlah penduduk, akan dihitung proyeksi timbulan sampah di Kecamatan Cianjur menggunakan standar laju timbulan sampah di Kabupaten Cianjur berdasarkan hasil wawancara dengan Dinas Lingkungan Hidup

Kabupaten Cianjur, yaitu sebesar 0,5 kg/orang/hari. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung proyeksi timbulan sampah di Kecamatan Cianjur (Diana, 2019):

$$V_n = P_n \times v \quad (6)$$

Keterangan:

Vn = jumlah timbulan sampah tahun ke-n (kg)
Pn = jumlah populasi penduduk tahun ke-n
v = laju timbulan sampah (0,5 kg/orang/h)

c. Analisis Optimasi Pengangkutan Sampah

Analisis optimasi pengangkutan dilakukan berdasarkan kondisi eksisting dan kebutuhan pengangkutan yang telah dilakukan sebelumnya. Optimasi pengangkutan dapat dilakukan dengan memperkecil nilai faktor *off route* (W), memanfaatkan sisa waktu kerja, memangkas jarak tempuh, memangkas waktu di TPA, atau memperpanjang jam operasional. Jika ada hasil yang didapat merujuk pada penambahan ritasi, maka akan dilakukan penambahan ritasi pada tiap kendaraan yang ada dengan menyesuaikan jam kerja per hari. Selain itu, juga dapat dengan mengefisiensikan waktu pengangkutan melalui optimasi waktu *off route* yang tinggi. Optimasi pada penelitian ini akan dibatasi hanya pada variabel waktu, sebab jarak tempuh tidak dapat dipangkas karena jarak pengangkutan di Kecamatan Cianjur tidak terlalu jauh dan rute yang ada saat ini merupakan rute tercepat untuk menuju ke lokasi tujuan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah

Sampah di Kecamatan Cianjur dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cianjur, baik sampah dari kawasan permukiman, fasilitas umum, maupun pasar. Kegiatan operasional pengangkutan sampah dilakukan setiap hari dan terbagi menjadi 3 (tiga) *shift* pengangkutan, yaitu *shift* pagi mulai pukul 05.00 WIB s.d selesai, *shift* siang pada pukul 14.00 WIB s.d selesai, dan *shift* malam pada pukul 19.00 WIB s.d selesai. Jumlah kendaraan pengangkut yang beroperasi setiap harinya untuk mengangkut sampah dari sumber sampah ke TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Pasir Sembung, yaitu 8 (delapan) unit *dump truck* dengan total rute pengangkutan sebanyak 10 (sepuluh) rute. Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cianjur menetapkan jumlah ritasi pengangkutan untuk tiap kendaraan yaitu 2 (dua) rit per *shift* dalam sehari. Namun, berdasarkan hasil observasi lapangan, didapati setiap kendaraan hanya mampu melakukan 1 (satu) ritasi saja per *shift* dalam sehari. Berdasarkan hal tersebut, pengangkutan sampah oleh seluruh kendaraan yang beroperasi di Kecamatan Cianjur per harinya yaitu sebanyak 10 pengangkutan. Pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur dilakukan menggunakan *dump truck* dengan sistem SCS (*Stationary Container System*) atau sistem kontainer tetap.

Tingkat pelayanan pengangkutan sampah Kecamatan Cianjur dapat diperoleh melalui perbandingan antara jumlah sampah yang diangkut ke TPA dengan total timbulan sampah di Kecamatan Cianjur. Volume sampah yang terangkut ke TPA didapat dari kapasitas

kendaraan pengangkut dikali dengan jumlah pengangkutan yang dilakukan per hari. Adapun kapasitas kendaraan pengangkut sampah yang digunakan di Kecamatan Cianjur yaitu 7 m^3 dengan jumlah pengangkutan per hari sebanyak 10 pengangkutan, sehingga dapat diasumsikan bahwa volume sampah di Kecamatan Cianjur yang terangkut ke TPA pada tahun 2022 yaitu sebanyak 70 m^3/hari atau setara dengan 17,5 ton/hari. BPS Kabupaten Cianjur mencatat bahwa timbulan sampah di Kecamatan Cianjur pada tahun 2022 adalah 32,17 ton/hari. Berdasarkan angka tersebut, dapat diperoleh tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur pada tahun 2022 yaitu sebesar 54%.

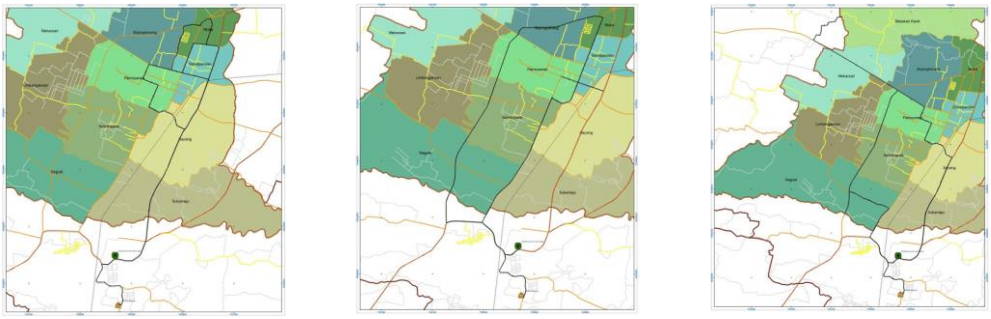
a. Jarak Pengangkutan Sampah

Berdasarkan rute pengangkutan sampah yang berbeda untuk tiap kendaraan, maka jarak yang ditempuh selama proses pengangkutan sampah pun bervariasi. Hasil pengukuran jarak diperoleh dari 1 (satu) kali observasi karena rute yang dilewati setiap harinya selalu sama. Jarak ritasi pengangkutan sampah hasil *routing* kendaraan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 1, Gambar 1, dan Gambar 2.

Tabel 1. Jarak Tempuh Pengangkutan Sampah Berdasarkan Observasi

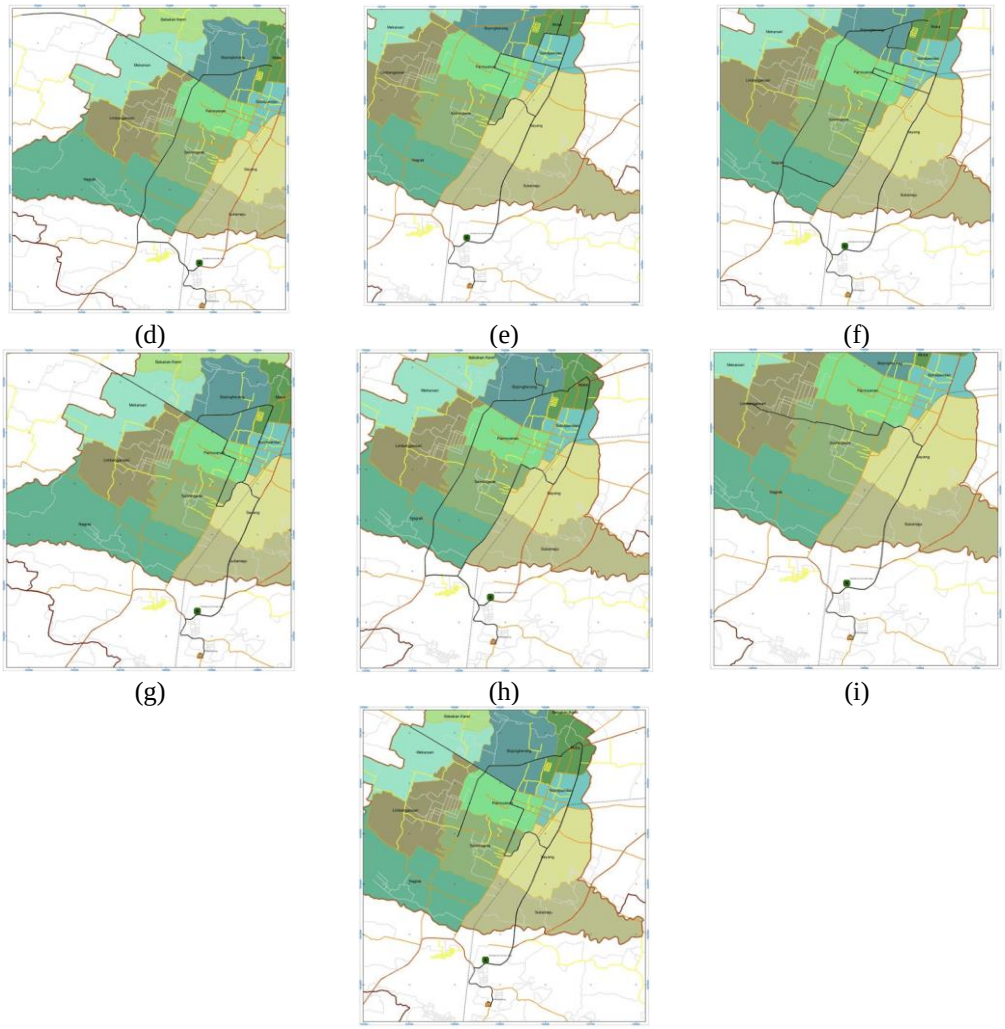
Kode	Nomor Kendaraan	Nama Jalur Pengangkutan	Jarak Tempuh(km)
01	F 8168 W	Sayang─Bojongherang	17,89
02	F 8219 W	Tugu Tauco─Cikidang	14,64
03	F 8295 W	Alun-alun Atas─Nagrak	19,24
04	F 8296 W	Bypass─Panembong	19,10
05	F 8296 W	Sayang─Muka	15,84
06	F 8314 W	Alun-Alun Bawah─Perumahan Rancabali	25,15
07	F 8317 W	Arciko─Sinar	16,95
08	F 8318 W	Bypass─SMPN 4 Cianjur	18,10
09	F 8319 W	Joglo─Gombong	15,35
10	F 8319 W	Salakopi─Tugu Meong	46,75
		Rata-Rata	**16, 20**

Sumber : Peneliti (2023)



(a) (b) (c)

Gambar 1. Peta Rute Pengangkutan Sampah dengan Jalur Pengangkutan Sayang─Bojongherang (a), Tugu Tauco─Cikidang (b), Alun-alun Atas─Nagrak (c), Bypass─Panembong (d), Sayang─Muka (e), Alun-Alun Bawah─Perumahan Rancabali (f), Arciko─Sinar (g), Bypass─SMPN 4 Cianjur (h), Joglo─Gombong (i), dan Salakopi─Tugu Meong (j)



(d) (e) (f)

(g) (h) (i)

(j)

Sumber : Peneliti (2023)

Gambar 2. (lanjutan) Peta Rute Pengangkutan Sampah dengan Jalur Pengangkutan Sayang─Bojongherang (a), Tugu Tauco─Cikidang (b), Alun-alun Atas─Nagrak (c), Bypass─Panembong (d), Sayang─Muka (e), Alun-Alun Bawah─Perumahan Rancabali (f), Arciko─Sinar (g), Bypass─SMPN 4 Cianjur (h), Joglo─Gombong (i), dan Salakopi─Tugu Meong (j)

b. Waktu Pengangkutan Sampah

Pencatatan waktu pengangkutan dimulai dari waktu persiapan kendaraan dari *pool* untuk menuju rute pengangkutan hingga kendaraan menyelesaikan ritasi pengangkutan dan kembali ke *pool*. Selain menghitung waktu produktif selama proses pengangkutan sampah, dihitung pula waktu *off route*. Nilai faktor *off route* (W) pada kegiatan pengangkutan sampah hasil *routing* di Kecamatan Cianjur dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa nilai rata-rata faktor *off route* (W) pada pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur yaitu 0,1. Namun, kendaraan kode 10 dengan nomor kendaraan F 8319 W memiliki nilai faktor *off route* (W) di atas rentang ideal.

Hal tersebut dikarenakan pada proses pengangkutan didapati beberapa hambatan yang membuat banyaknya waktu non-produktif pada saat operasi pengangkutan sampah.

Tabel 2. Perhitungan Nilai *Off Route* (W)

Kode	Nomor Kendaraan	Jam Kerja (jam)	Waktu *Off Route* (w) (jam)	Faktor *Off Route* (W)
01	F 8168 W	8	0,433	0,05
02	F 8219 W	8	0,417	0,05
03	F 8295 W	8	0,717	0,09
04	F 8296 W	8	0,283	0,04
05	F 8296 W	8	0,217	0,03
06	F 8314 W	8	1,067	0,13
07	F 8317 W	8	0,283	0,04
08	F 8318 W	8	0,283	0,04
09	F 8319 W	8	1,583	0,20
10	F 8319 W	8	0,267	0,03
		Rata-Rata		0,10

Sumber : Peneliti (2023)

Tabel 3. Perhitungan Waktu Operasional Pengangkutan Sampah di Kecamatan Cianjur

Kode	No Kendaraan	t waktu pemindah-an sampah ke kontainer (Uc)	t pindah antar lokasi (dbc)	t dari *pool* ke lokasi pertama (t1)	t dari TPAke *pool* (t2)	t *unloading* di TPA (s)	t dari lokasi terakhir ke TPA (h)	t *off route* (w)
		(jam/rit)	(jam/lokasi)	(jam/rit)	(jam/rit)	(jam/rit)	(jam/rit)	(jam/rit)
01	F 8168 W	4,100	0,011	0,100	0,800	0,050	0,500	0,433
02	F 8219 W	2,150	0,007	0,250	0,117	0,067	0,333	0,417
03	F 8295 W	2,933	0,017	0,183	0,200	0,033	0,233	0,717
04	F 8296 W	2,433	0,015	0,183	0,117	0,050	0,267	0,283
05	F 8296 W	2,750	0,005	0,133	0,117	0,050	0,300	0,217
06	F 8314 W	3,200	0,031	0,117	0,100	0,067	0,300	1,067
07	F 8317 W	2,120	0,004	0,167	0,100	0,050	0,467	0,283
08	F 8318 W	2,067	0,008	0,133	0,133	0,067	0,250	0,283
09	F 8319 W	4,317	0,029	0,450	0,100	0,050	0,367	1,583
10	F 8319 W	2,217	0,007	0,200	0,083	0,067	0,283	0,267

Sumber : Peneliti (2023)

Tabel 4. Perhitungan Waktu Kerja Pengangkutan Sampah Per Ritasi di Kecamatan Cianjur

Kode	Jam Efektif (Lapangan)				Total Jam Efektif	Jam Kerja	Waktu *Off Route*			Sisa Waktu
	No Kendaraan	t	s	t-ops			Non-produktif	t-ham	t-istirahat	
		(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)
01	F 8168 W	5,117	0,067	0,000	5,184	8	0,267	0,067	0,167	2,315
02	F 8219 W	2,400	0.067	0,000	2,467	8	0,250	0,033	0,167	5,083
03	F 8295 W	3,467	0,050	0,100	3,617	8	0,200	0,133	0,500	3,550
04	F 8296 W	3,383	0,050	0,000	3,433	8	0,150	0,033	0,133	4,251
05	F 8296 W	3,450	0,050	0,150	3,650	8	0,067	0,067	0,000	4,216
06	F 8314 W	4,283	0,083	0,000	4,366	8	0,233	0,083	0,833	2,485
07	F 8317 W	2,667	0,067	0,000	2,733	8	0,000	0,033	0,283	4,950
08	F 8318 W	2,783	0,067	0,150	3,000	8	0,067	0,083	0,133	3,283
09	F 8319 W	5,450	0,133	0,000	5,583	8	0,967	0,183	0,567	0,700
10	F 8319 W	3,000	0,067	0,133	3,200	8	0,050	0,083	0,000	4,667

Sumber : Peneliti (2023)

Berdasarkan hasil *routing* dan perhitungan juga dapat diketahui waktu pengangkutan yang dibutuhkan masing-masing kendaraan untuk operasional pengangkutan sampah setiap hari. Waktu operasional pengangkutan sampah hasil *routing* dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil *routing* menunjukkan bahwa rata-rata waktu efektif yang dibutuhkan untuk mengangkut sampah tiap ritasi, yaitu sekitar 3─5 jam. Selain itu, didapati pula sisa waktu kerja per hari dari masing-masing kendaraan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

c. Perhitungan Jumlah Ritasi Pengangkutan Sampah

Hasil *routing* yang dilakukan pada 8 (delapan) kendaraan *dump truck* atau 10 (sepuluh) rute pengangkutan di Kecamatan Cianjur menjadi dasar dalam menghitung waktu yang diperlukan dalam mengangkut sampah dari lokasi pertama hingga lokasi terakhir (P_{SCS} dan T_{SCS}) serta jumlah ritasi pengangkutan per hari. Semua kendaraan memiliki pola pengangkutan yang sama dengan jumlah ritasi sebanyak 1 (satu) rit/hari. Hasil perhitungan P_{SCS} dan T_{SCS} dapat dilihat pada Tabel 5. Setelah diketahui waktu yang diperlukan untuk memuat sampah, maka dapat dihitung jumlah ritasi pengangkutan per hari yang dapat dilakukan oleh masing-masing kendaraan *dump truck* (Nd).

Tabel 5. Perhitungan Waktu yang Diperlukan untuk Mengangkut Sampah dari Lokasi Awal Hingga Akhir (P_{SCS} dan Tscs)

Kode	No Kendaraan	Ct (kontainer/rit)	Uc (jam/rit)	np (lokasi/rit)	dbc (jam/lokasi)	P_{SCS} (jam/rit)	s (jam/rit)	h (jam/rit)	T_{SCS} (jam/rit)
01	F 8168 W	1	4,100	34	0,011	4,456	0,050	0,500	5,006
02	F 8219 W	1	2,150	24	0,007	2,310	0,067	0,333	2,710
03	F 8295 W	1	2,933	30	0,017	3,433	0,033	0,233	3,699
04	F 8296 W	1	2,433	28	0,015	2,851	0,050	0,267	3,168
05	F 8296 W	1	2,750	31	0,005	2,895	0,050	0,300	3,245
06	F 8314 W	1	3,200	18	0,031	3,735	0,067	0,300	4,102
07	F 8317 W	1	2,120	60	0,004	2,333	0,050	0,467	2,850
08	F 8318 W	1	2,067	26	0,008	2,275	0,067	0,250	2,592
09	F 8319 W	1	4,317	15	0,029	4,721	0,050	0,367	5,138
10	F 8319 W	1	2,217	30	0,007	2,426	0,067	0,283	2,776

Sumber : Peneliti (2023)

Hasil perhitungan jumlah ritasi pengangkutan per hari kendaraan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa rata-rata jumlah ritasi pengangkutan yang dapat dilakukan kendaraan *dump truck* per harinya, yaitu 2 (dua) rit/hari.

Tabel 6. Perhitungan Jumlah Ritasi Kendaraan Pengangkut Sampah Per Hari di Kecamatan Cianjur

No.	No Kendaraan	W	H	(1-W)H	t1 (jam/rit)	t2 (jam/rit)	t1+t2 (jam/rit)	Tscs (jam/rit)	Nd (rit/hari)
01	F 8168 W	0,05	8	7,567	0,100	0,800	0,900	5,006	1
02	F 8219 W	0,05	8	7,583	0,250	0,117	0,367	2,710	3
03	F 8295 W	0,09	8	7,283	0,183	0,200	0,383	3,699	2
04	F 8296 W	0,04	8	7,717	0,183	0,117	0,300	3,168	2
05	F 8296 W	0,03	8	7,783	0,133	0,117	0,250	3,245	2
06	F 8314 W	0,13	8	6,933	0,117	0,100	0,217	4,102	2
07	F 8317 W	0,04	8	7,717	0,167	0,100	0,267	2,850	3
08	F 8318 W	0,04	8	7,717	0,133	0,133	0,267	2,592	3
09	F 8319 W	0,20	8	6,417	0,450	0,100	0,550	5,138	1
10	F 8319 W	0,03	8	7,733	0,200	0,083	0,283	2,776	3

Sumber : Peneliti (2023)

2. Analisis Kebutuhan Pengangkutan Sampah Tahun 2027

Proyeksi timbulan sampah dihitung hingga tahun 2027 atau merupakan tahun awal di periode RPJMD Cianjur berikutnya. Rentang waktu tersebut dipilih karena menyesuaikan dengan masa bakti pimpinan DLH Kabupaten Cianjur dan kondisi TPA Pasir Sembung yang sudah *overload* dan masa tampungnya diperkirakan tidak akan lama lagi. Adapun untuk menghitung proyeksi timbulan sampah menggunakan data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Cianjur sebagai dasar perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Proyeksi Penduduk Kecamatan Cianjur Berdasakan Desa/Kelurahan Tahun 2023─2027

No	Desa/ Kelurahan	2023	2024	2025	2026	2027
1	Nagrak	18.114	18.795	19.476	20.157	20.838
2	Sukamaju	11.512	12.459	13.405	14.351	15.297
3	Sayang	36.201	36.486	36.771	37.057	37.342
4	Solokpandan	11.410	11.245	11.083	10.923	10.765
5	Muka	19.480	19.877	20.274	20.671	21.068
6	Bojongherang	17.504	18.036	18.567	19.098	19.629
7	Pamoyanan	14.984	15.038	15.092	15.146	15.201
8	Sawahgede	15.632	15.275	14.927	14.586	14.253
9	Limbangansari	12.444	12.799	13.165	13.541	13.928
10	Mekarsari	13.408	13.890	14.371	14.853	15.334
11	Babakankaret	11.218	11.925	12.631	13.337	14.044
Kecamatan Cianjur		**181.908**	**185.824**	**189.762**	**193.720**	**197.700**

Sumber : Peneliti (2023)

Berdasarkan hasil proyeksi, jumlah penduduk Kecamatan Cianjur pada tahun 2027 diperkirakan mencapai 197.700 jiwa. Berdasarkan hasil proyeksi penduduk Kecamatan Cianjur yang menunjukkan peningkatan setiap tahunnya, hal tersebut akan memengaruhi jumlah timbulan sampah yang ada. Adapun untuk proyeksi timbulan sampah pada Tabel 8 dihitung menggunakan standar timbulan sampah yang digunakan di Kabupaten Cianjur, yaitu 0,5 kg/orang/hari (Sugandi & Samsudin, 2023).

Tabel 8. Proyeksi Timbulan Sampah di Kecamatan Cianjur Tahun 2023─2027

Tahun	Proyeksi Timbulan Sampah		
	Satuan berat		Satuan volume
	(kg/hari)	(ton/hari)	(m^3/hari)
2023	90.954	90,95	363,82
2024	92.912	92,91	371,65
2025	94.881	94,88	379,52
2026	98.860	96,86	387,44
2027	98.850	98,85	395,40

Sumber : Peneliti (2023)

Berdasarkan perhitungan proyeksi, jumlah timbulan sampah pada tahun 2027 mencapai 98,85 ton/hari atau setara dengan 395,40 m^3/hari. Adapun proyeksi kebutuhan pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Proyeksi Kebutuhan Pengangkutan Sampah di Kecamatan Cianjur Tahun 2023─2027

Tahun	Timbulan sampah (m^3/hari)	Pelayanan pengangkutan (%)	Sampah yang terangkut (m^3/hari)	Kebutuhan pengangkutan (unit/hari)	Kapasitas pengangkutan (m^3/hari)
			Eksisting		
2022	128,68	54%	70	10	70
			Proyeksi		
2023	363,82	56%	203,74	30	210
2024	371,65	58%	215,58	31	217
2025	379,52	60%	227,71	32	231
2026	387,44	62%	240,21	33	245
2027	395,40	64%	253,07	34	259

Sumber : Peneliti (2023)

Tingkat pelayanan pengangkutan sampah Kecamatan Cianjur tahun 2022 yaitu sebesar 54%. Perhitungan kebutuhan pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur hingga tahun 2027 didasarkan pada hasil proyeksi timbulan sampah yang mengalami peningkatan jumlah timbulan sampah rata-rata sebesar 2% tiap tahun. Oleh karena itu, tingkat pelayanan pengangkutan sampah juga dibuat mengalami kenaikan sebesar 2% per tahunnya. Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan pengangkutan, kebutuhan pengangkutan di Kecamatan Cianjur untuk tahun 2027 yaitu 34 unit/hari dengan perkiraan tingkat pelayanan pengangkutan maksimum mencapai 64%. Adapun proyeksi jumlah penambahan kendaraan pengangkut sampah untuk memenuhi kebutuhan pengangkutan untuk 5 (lima) tahun ke depan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Proyeksi Jumlah Penambah Jumlah Kendaraan Pengangkut Sampah di Kecamatan Cianjur Tahun 2023─2027

Tahun	Jumlah Kendaraan (unit)	Kapasitas (m^3)	Frekuensi Ritasi (rit/unit/hari)	Kebutuhan Pengangkutan (unit/hari)	Penambahan Jumlah *Dump Truck* (unit)
			Eksisting		
2022	8	7	1	-	-
			Proyeksi		
2023	13	7	2	30	5
2024	14	7	2	31	1
2025	14	7	2	32	0
2026	15	7	2	33	1
2027	15	7	2	34	0

Sumber : Peneliti (2023)

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dalam rentang tahun 2023─2027 dibutuhkan penambahan kendaraan *dump truck* dengan kapasitas 7 m^3 total sebanyak 7 unit. Pada tahun 2027, Kecamatan Cianjur diproyeksikan perlu memiliki 15 unit kendaraan *dump truck* untuk dioperasikan mengangkut sampah setiap harinya. Adapun tiap kendaraan tersebut diasumsikan melakukan ritasi minimum sebanyak 2 rit/hari.

3. Analisis Optimasi Pengangkutan Sampah

Optimasi pengangkutan sampah perlu dilakukan untuk memaksimalkan volume sampah yang terangkut ke TPA, sehingga pelayanan pengangkutan sampah dapat meningkat. Optimasi pengangkutan dapat dilakukan dengan memperkecil nilai faktor *off route*, memanfaatkan sisa waktu kerja, memangkas jarak tempuh, memangkas waktu di TPA, maupun memperpanjang jam operasional.

Optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur memungkinkan untuk dilakukan melalui pemanfaatan sisa waktu kerja dengan menambah ritasi. Penambahan ritasi pengangkutan sampah dilakukan menjadi 2-3 rit untuk beberapa rute pengangkutan yang memiliki sisa waktu kerja untuk dimanfaatkan. Adapun kondisi awalnya, tiap kendaraan hanya melakukan 1 (satu) ritasi saja untuk tiap rute pengangkutannya. Dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata ritasi bagi tiap rute pengangkutan yaitu 2 (dua) rit/hari, dengan asumsi nilai faktor *off route* (W) yaitu dalam rentang 0,1-0,15 (dalam kata lain berada pada kondisi ideal). Oleh karena itu, pengaturan penambahan rute baru harus dibuat dengan memperhatikan pemerataan waktu kerja dan jarak tempuh.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil temuan, terdapat waktu kerja yang tersisa pada setiap rute pengangkutan sehingga keberjalanan pengangkutan sampah yang telah terlaksana di Kecamatan Cianjur dapat dinilai belum optimal. Optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur dapat dilakukan melalui penambahan ritasi dengan memanfaatkan sisa waktu kerja. Optimasi tersebut dilakukan dengan tujuan agar jumlah timbulan sampah di Kecamatan Cianjur dapat terangkut ke TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) secara optimal. Dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Kecamatan Cianjur yang semakin bertambah setiap tahunnya, diperkirakan diikuti dengan pertambahan jumlah timbulan sampah yang perlu dilakukan pengangkutan. Oleh karena itu, diperlukan penambahan armada pengangkutan sampah jenis *dump truck* dengan kapasitas 7 m^3 untuk mengangkut sampah di Kecamatan Cianjur setiap harinya serta dengan peningkatan jumlah ritase minimum yang perlu dilakukan, yaitu 2 (dua) rit/unit/hari. Bila kebutuhan pengangkutan tersebut dapat terpenuhi oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cianjur, maka tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Cianjur akan mengalami peningkatan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Alfian, R., & Phelia, A. (2021). Evaluasi Efektifitas Sistem Pengangkutan dan Pengelolaan Sampah di TPA Sarimukti Kota Bandung. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering*, *2*(01), 16─22.

[2] Baso, A. N. A., Hadiwidodo, M., & Samudro, G. (2017). Perencanaan Sistem Pengelolaan Persampahan Pelayanan TPA Kaligending Kabupaten Kebumen (Doctoral dissertation, Diponegoro University).

[3] BPS Kabupaten Cianjur. (2023). Kabupaten Cianjur Dalam Angka 2023. Badan Pusat Statistik Kabupaten Cianjur.

[4] BPS Kabupaten Cianjur. (2023). Kecamatan Cianjur Dalam Angka 2023. Kabupaten Cianjur: Badan Pusat Statistik Kabupaten Cianjur.
[5] Chaerul, M., Putuhuru, M., & Artika, I. (2022). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus: Kabupaten Manokwari, Papua Barat). *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, *10*(1), 55─68.
[6] Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). Diktat Pengelolaan Sampah. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung, 65.
[7] DLH Kabupaten Cianjur. (2022). Laporan Kinerja Instansi Pemerintah. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cianjur.
[8] Diana, A. R. (2019). Kontribusi Pengangkutan Sampah Terhadap Optimalisasi Pengelolaan Sampah di Kota Bandung. Bandung.
[9] Dobiki, J. (2018). Analisis Ketersediaan Prasarana Persampahan di Pulau Kumo dan Pulau Kakara di Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Spasial*, 220─228.
[10] Ezeudu, O. B., & Bristow, D. (2024). Financing methods for solid waste management: A review of typology, classifications, and circular economy implications. *Sustainable Development*.
[11] Kasam, I. (2011). Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul). *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, *3*(1), 19─30.
[12] Marlina, M. (2024). Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat untuk Mendukung SDGs Tahun 2030 (Tujuan 11-Kota dan Permukiman yang Berkelanjutan) di Kota Makassar. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi*, *3*(2), 111─120.
[13] Maryati, S., Miharja, M., Iscahyono, A. F., Arsallia, S., & Humaira, A. S. (2017, July). Towards Sustainable Ambon Bay: Evaluation of Solid Waste Management in Ambon City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 79, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
[14] Ningrum, C. M., & Istiqomah, A. (2020). Sistem Pengelolaan dan Nilai Ekonomi Sampah di Pemukiman Kampung Pulo Geulis Kota Bogor. *Jambura Agribusiness Journal, I* (2), 52-62.
[15] Sharholy, M., Ahmad, K., Mahmood, G., & Trivedi, R. C. (2008). Municipal Solid Waste Management in Indian Cities – A Review. *Waste Management*, *28*(2), 459─467.
[16] Sugandi, & Samsudin, A. (2023, Oktober 27). Sistem Pengelolaan dan Pengangkutan Sampah di Kabupaten Cianjur. (A. N. Javani, Interviewer).
[17] Tchobanoglous, G., Eliassen, R., & Theisen, H. (1997). Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues. *New York: McGraw-Hill Book Co*.
[18] Tchobanoglous, G., Hilary, T., & Samuel, V. (1993). Integrated Solid Waste Management. *New York: McGraw-Hill*.
[19] Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.