

Analisis Pembiayaan Pengelolaan Sampah Perdesaan Jawa Barat

Yudha Hadian Nur¹, David Sutasurya², Arief Dhany Sutadian¹, Ricky Alamsyah², Muthya Diana¹, Anita Vitriana¹, Isma Hanifa Ma'ruf², Saniar Rabithoh Wijaya², Windi Indranoviyanti²

¹Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (BP2D) Jawa Barat; e-mail: yhadiannur@gmail.com

²Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan (YPBB)

ABSTRAK

Pembangunan perdesaan merupakan bagian penting dari pembangunan nasional mengingat 82% wilayah Indonesia adalah perdesaan. Sistem persampahan di perdesaan masih belum mendapat atensi yang sama dengan sistem pengelolaan sampah di perkotaan. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya kesenjangan cakupan pengelolaan sampah yang tinggi antara pengelolaan sampah di kawasan perkotaan dan perdesaan. Kesenjangan ini juga ditemui dalam pengelolaan sampah di Provinsi Jawa Barat. Pada studi ini, dikembangkan sembilan skenario pengelolaan sampah (S1-S9) di kawasan perdesaan dengan durasi perencanaan 20 tahun, yang dibagi berdasarkan tipologi kawasan *peri-urban* dan *rural*. Tujuan studi adalah untuk mencari model pengelolaan sampah terbaik dari segi finansial yang dapat diterapkan di kawasan perdesaan Jawa Barat, khususnya di kawasan DAS Citarum. Analisis menghasilkan dua perbandingan, yaitu *capital expenditures* (CAPEX) dan *operating expenses* (OPEX) dalam satuan rupiah per ton. Hasil studi menunjukkan bahwa skenario pengelolaan sampah berbasis *home composting* (S9), baik di kawasan *peri-urban* ataupun *rural* paling efisien dari segi finansial. Sementara itu, skenario berbasis sampah tercampur dengan penanganan residu di TPA (S2) baik di kawasan *peri-urban* ataupun *rural* adalah yang memerlukan biaya paling tinggi. Akumulasi biaya pengelolaan sampah didominasi oleh OPEX, sehingga dibutuhkan kebijakan investasi yang berperspektif jangka panjang yang dapat mengurangi beban OPEX tersebut.

Kata kunci: analisis finansial, pengelolaan sampah, perdesaan, skenario, jawa barat

ABSTRACT

Rural development is an integral part of national development, considering that 82% of Indonesia's territory is rural. Rural waste management has received different attention than those urban areas. This can be seen from the high gap between urban and rural areas, also found in West Java Province. This study developed nine waste management scenarios of rural areas for 20-year planning (S1-S9), which were divided based on rural and peri-urban. The study aimed to find the best model of rural waste management from a financial perspective that can be applied in West Java, especially in the rural area of Citarum watershed area. Analysis of the finances provided two types of costs: capital expenditures (CAPEX) and operational expenditures (OPEX) in rupiah per ton. The study results showed that home composting (S9) for both peri-urban and rural areas is the most efficient. Meanwhile, the mixed-based scenario with landfill-based residue handling (S2) in both peri-urban and rural areas was the one that required the highest cost. OPEX dominated the accumulation of waste management costs, so an investment policy with a long-term perspective is needed to reduce that OPEX.

Keywords: financial analysis, waste management, rural area, scenario, west java

Citation: Nur, Y. H., Sutasurya, D., Sutadian, A. D., Alamsyah, R., Diana, M., Vitriana, A., Ma'ruf, I. H., Wijaya, S. R., dan Indranoviyanti, W. (2023). Analisis Pembiayaan Pengelolaan Sampah Perdesaan Jawa Barat, Jurnal Ilmu Lingkungan, 21(2), 363-375. doi:10.14710/jil.21.2.363-375

1. Pendahuluan

Timbulan sampah di Indonesia menjadi salah satu permasalahan nasional yang serius. Pertumbuhan jumlah penduduk, kemajuan teknologi dan perubahan gaya hidup masyarakat Indonesia juga berdampak kepada peningkatan jumlah dan jenis sampahnya. Data capaian kinerja

pengelolaan sampah Kabupaten/Kota se-Indonesia tahun 2021, timbulan sampah nasional mencapai 24,51 juta ton/tahun, dengan persentase sampah terkelola sebesar 62,74% sedangkan 35,63% sampah tidak terkelola, dimana komposisi sumber sampah didominasi berasal dari sampah rumah tangga sebesar

41,1%, kegiatan pasar tradisional 15,7% dan sisanya adalah kegiatan sektor lainnya (KLHK, 2022).

Amanat Undang-Undang (UU) No. 18 tahun 2008, tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa pengelolaan sampah dilakukan dengan sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan, meliputi upaya penanganan dan pengurangan sampah. UU 18/2008 juga mengamanatkan perubahan paradigma pengelolaan sampah dari kumpul-angkut-buang menjadi pengurangan di sumber dan daur ulang. Lebih jauh, Peraturan Presiden No. 97 tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga menekankan kepada dua strategi besar, yaitu (i) pengurangan dan (ii) penanganan sampah, dengan target pengurangan sampah sebesar 30% dan penanganan sampah sebesar 70% pada tahun 2025. Hal di atas, kemudian juga diadopsi oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat, melalui Peraturan Daerah No. 91 tahun 2018 tentang Penyusunan Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sampah Jawa Barat. Dengan demikian, Pemerintah Kota/Kabupaten memiliki tanggung jawab untuk menyusun Kebijakan dan Strategi Daerah (Jakstrada), melaksanakan pemantauan dan evaluasi pelaksanaan Jakstrada serta menyampaikan hasil pelaksanaan Jakstrada tersebut, termasuk rencana dan target pengelolaan persampahan di kawasan perdesaan.

Pembangunan perdesaan merupakan bagian yang penting dari pembangunan nasional, mengingat 82% wilayah Indonesia adalah perdesaan dan sekitar 44% penduduk Indonesia masih tinggal di kawasan perdesaan (BPS, 2021). Upaya pembangunan perdesaan dilakukan oleh pemerintah melalui berbagai kebijakan dan program berkelanjutan, termasuk di antaranya yaitu pada sektor persampahan. Masyarakat pedesaan pasti menghasilkan sampah dari aktivitas mereka sehari-hari walaupun jumlahnya tidak sebanyak yang dihasilkan masyarakat perkotaan. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat pedesaan tetap harus dikelola dengan baik untuk mencegah dampak negatif dan kerusakan lingkungan.

Namun demikian, sistem persampahan di perdesaan Jawa Barat masih belum mendapatkan atensi yang cukup besar dibandingkan dengan kawasan perkotaan. Hal ini dapat terlihat dari adanya kesenjangan yang tinggi antara perkotaan dan perdesaan dalam hal cakupan pengelolaan sampah, jumlah armada pengangkutan, sarana prasarana dan teknologi pengolahan, menyebabkan tingkat pengelolaan sampah di kabupaten relatif tertinggal dibandingkan di kawasan perkotaan. Padahal, pengelolaan sampah di kawasan perdesaan berpengaruh secara langsung terhadap pencapaian *sustainable development goals* Desa (SDGs Desa) No. 11) 364

Kawasan Pemukiman Desa Aman dan Nyaman; dan No. 12) Konsumsi dan Produksi Desa Sadar Lingkungan. Pencapaian SDGs Desa dapat diwujudkan dengan pemenuhan kebutuhan permukiman layak huni dengan standar sarana prasarana yang memadai salah satunya adalah dengan tersedianya pengelolaan limbah dan sampah di desa.

Untuk mencapai cakupan layanan pengelolaan sampah kawasan perdesaan yang ideal, aspek pembiayaan memiliki peran vital apakah target yang ditetapkan dapat tercapai atau tidak. Di negara berkembang, kurangnya pembiayaan, dan rendahnya biaya pelayanan, seringkali menyebabkan sulitnya pengelolaan sampah dapat terlaksana secara handal dan efisien (Wilson et al., 2006). Aspek pembiayaan merupakan sumber daya penggerak agar roda sistem pengelolaan persampahan dapat bergerak dengan lancar (Damanhuri, 2010). Namun demikian, sampai saat ini aspek pengelolaan sampah kawasan perdesaan belum seutuhnya didiskusikan selayaknya aspek pembiayaan dalam sampah perkotaan. Pada pengelolaan sampah perkotaan, biaya yang dikeluarkan terdiri atas pengumpulan & transportasi; (ii) perawatan & pemrosesan limbah; dan (iii) pembuangan akhir (Aleluia dan Ferrão, 2016). Ketika mempertimbangkan biaya yang terkait dengan implementasi fasilitas pengolahan limbah, biaya berkaitan dengan pengeluaran keuangan yang terkait dengan investasi (CAPEX) dan pengoperasian (OPEX) fasilitas pengolahan limbah (Hogg, 2006; Weng dan Fujiwara, 2011; NPMC, 2021). CAPEX dan OPEX merupakan biaya tertinggi yang ditanggung oleh pengelola. Lebih jauh, Aleluia dan Ferrão (2017) menyarankan bahwa pertimbangan CAPEX dan OPEX tidak dapat dipisahkan dari biaya eksternal yang mungkin timbul dalam pengelolaan persampahan perkotaan. Oleh karena itu, menggunakan pendekatan yang sama, studi ini mengadopsi perhitungan CAPEX dan OPEX yang biasanya digunakan dalam menghitung biaya internal pengelolaan sampah perkotaan.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan perhitungan pembiayaan tiap skenario atau simulasi yang dikembangkan untuk pengelolaan sampah kawasan perdesaan. Dua tipologi kawasan perdesaan berbeda di Kabupaten Bandung, yakni *peri-urban* (Desa Parung Serab) dan *rural* (Desa Rancabali) dipilih sebagai lokasi penelitian. Kedua lokus studi ini merepresentasikan dua tipologi desa yang kontras meskipun berada pada wilayah administrasi yang sama. Oleh karenanya, studi ini memberikan kontribusi yang signifikan kepada: (1) pengembangan skenario atau simulasi pengelolaan sampah ini dapat diterapkan di kawasan perdesaan lainnya, secara khusus di Jawa Barat atau tempat lainnya di Indonesia; dan 2) dari sisi praktis, hasil simulasi perhitungan skenario pembiayaan ini dapat digunakan oleh para

pengambil kebijakan sebagai dasar pengelolaan sampah kawasan perdesaan di Jawa Barat.

Tujuan dari studi ini adalah mengembangkan dan mencari skenario pengelolaan sampah terbaik dari segi pembiayaan melalui perhitungan estimasi *capital expenditures* (CAPEX) dan *operating expenditures* (OPEX) atas pilihan masing-masing skenario pengelolaan sampah di perdesaan yang dapat diterapkan di kawasan perdesaan di Jawa Barat.

2. Metodologi

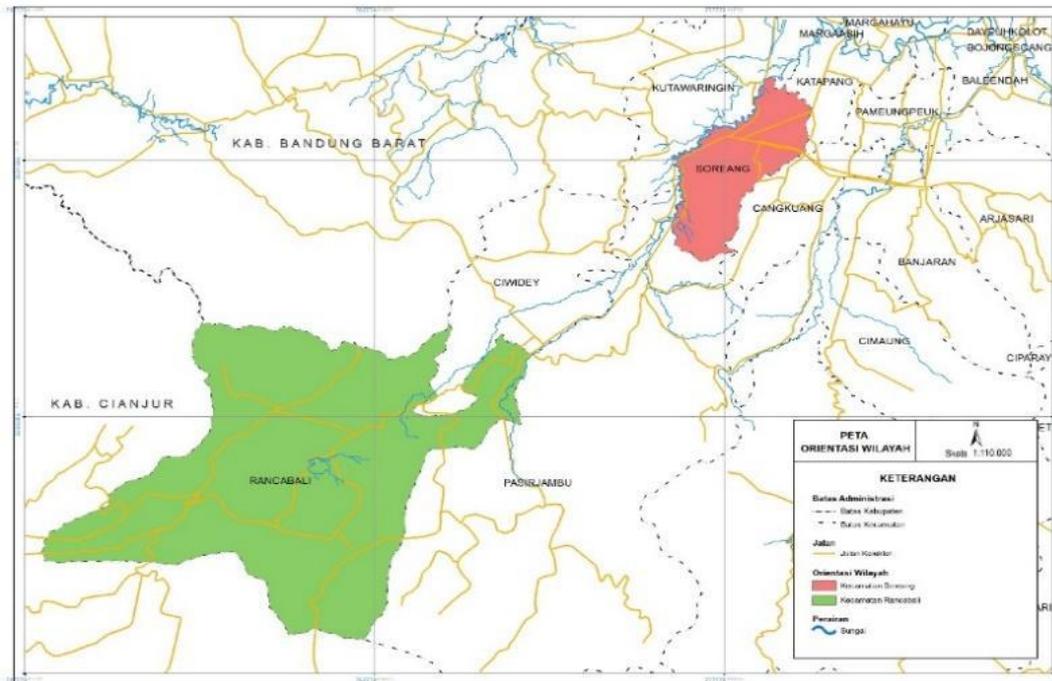
2.1 Lokasi Penelitian

Klasifikasi tipologi perdesaan yang menjadi objek penelitian mengacu kepada aspek kepadatan penduduk, aksesibilitas, pola permukiman, dan tata guna lahan eksisting (Budiyantini dan Pratiwi, 2016). Pengembangan dan perhitungan aspek finansial dari masing-masing skenario dianalisis berdasarkan dua contoh tipologi yang berbeda: (1) kawasan perdesaan *peri-urban* diwakili oleh Desa Parungserab, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung; dan (2) perdesaan *rural* diwakili oleh Desa Rancabali, Kecamatan Rancabali, Kabupaten Bandung. Kawasan *peri-urban* adalah kawasan

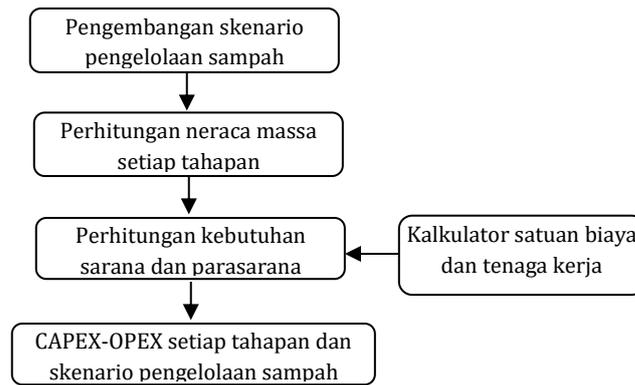
perdesaan yang terletak tidak jauh dari pusat kota atau berada di pinggiran kota, sehingga memiliki aksesibilitas yang baik terhadap pusat pertumbuhan. Sedangkan kawasan desa *rural* adalah kawasan perdesaan dengan tingkat aksesibilitas yang rendah dan/atau jarak yang jauh dari pusat pertumbuhan. Lokasi penelitian dapat dilihat di Gambar 1 Kawasan perdesaan *peri-urban* dan *rural*.

2.2 Research Framework

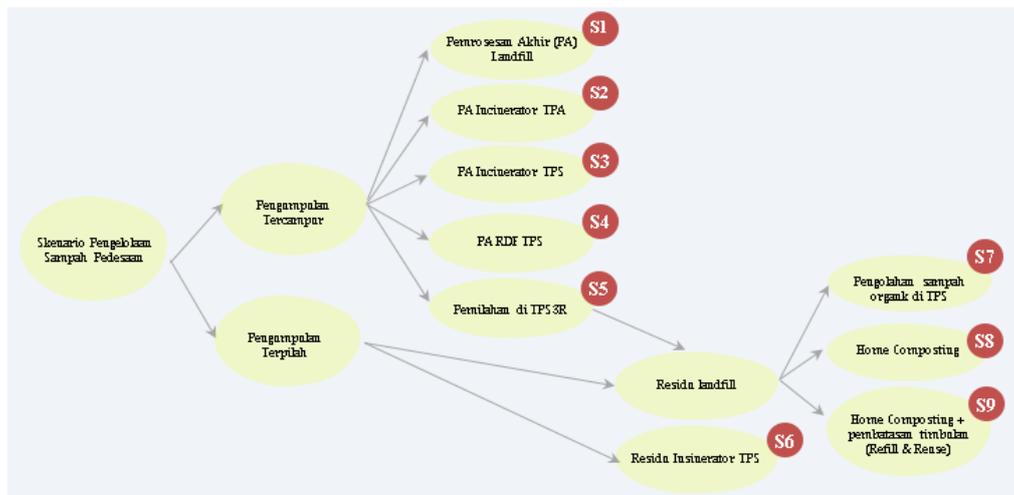
Untuk mendapatkan aspek pembiayaan terbaik pengelolaan kawasan perdesaan, studi ini menggunakan lima langkah pendekatan yaitu (1) mengembangkan skenario pengelolaan sampah berbeda-beda; (2) menghitung neraca massa dari masing-masing tahapan pengelolaan sampah setiap skenario; (3) menghitung kebutuhan sarana dan prasarana dari setiap tahapan pengelolaan sampah; (4) mengembangkan kalkulator satuan biaya dan satuan tenaga kerja, sarana dan prasarana setiap tahapan pengelolaan; dan (5) terakhir menghitung CAPEX dan OPEX dari masing-masing skenario pengelolaan kawasan perdesaan yang akan dipilih, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kawasan Perdesaan *Peri-Urban* (Desa Parungserab) dan *Rural* (Desa Rancabali)



Gambar 2. Research Framework



Gambar 3. Sembilan Skenario Pengelolaan Persampahan Kawasan Perdesaan

2.2.1 Pengembangan Skenario

Terdapat sembilan model pengelolaan sampah berbeda-beda yang dikembangkan dan kemudian dibandingkan dalam bentuk skenario-skenario berbeda (S1-S9), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. 2. Seluruh skenario pengelolaan sampah pada studi ini dikembangkan berdasarkan hasil identifikasi dan diskusi dalam berbagai pertemuan dengan stakeholder terkait melalui forum *Focum Group Discussion* bersama perwakilan Pemerintah Kabupaten/Kota di DAS Citarum. Kesembilan skenario dimaksud dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

- S1: Sistem Pengumpulan Tercampur dengan Pemrosesan Akhir Landfill. Sampah dikumpulkan tanpa pemilahan. Kemudian sampah tercampur disimpan sementara di Tempat Pemrosesan Sementara (TPS), dengan lama waktu maksimal penyimpanan satu hari, dan diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dengan metode sanitary landfill.
- S2: Sistem Pengumpulan Tercampur dengan Pemrosesan Akhir Insinerator TPA. Sampah dikumpulkan tanpa pemilahan. Lalu, disimpan sementara di TPS dan diangkut ke TPA. Di TPA sampah melalui proses pembakaran menggunakan insinerator, dan hanya abu sisa

pembakaran yang ditimbun di TPA. Sehingga dibutuhkan TPA dengan desain khusus untuk penanganan abu insinerator.

- S3: Sistem Pengumpulan Tercampur dengan Pemrosesan Akhir Insinerator Lokal. Sampah dikumpulkan dalam keadaan tercampur dan di TPS hanya sampah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang dipisahkan dari sampah tercampur untuk kemudian diangkut ke TPA B3. Sedangkan sampah tercampur dibakar di insinerator lokal dan abu sisa pembakaran diangkut menuju TPA. Sehingga akan dibutuhkan pengangkutan abu ke TPA dan penanganan untuk abu hasil incinerator untuk pemrosesan akhir. Sistem ini tentunya akan sangat mengurangi jumlah ritasi pengangkutan ke TPA karena hanya abu saja yang perlu diangkut.
- S4: Sistem Pengumpulan Tercampur dengan Penanganan Residu RDF. Sampah tercampur dikumpulkan dan diangkut ke tempat Pemrosesan Sampah Terpadu (TPST) *Refuse Derive Fuell* (RDF) yang merupakan sarana pengolahan sampah dengan metode biodrying, sehingga menghasilkan produk berupa pelet RDF. Tujuan pengaplikasian teknologi RDF, selain untuk mengurangi jumlah sampah ke TPA

juga untuk mengubah sampah menjadi bahan bakar pengganti batu bara. Dalam sistem ini, selain pengolahan dengan RDF, akan terdapat pula kegiatan pemisahan sampah B3 dan *unsuitable waste* yang disertai pengangkutan sampah B3 ke TPA B3 dan *unsuitable waste* ke TPA.

- S5: Sistem Pengumpulan Tercampur dan Dipilah Di TPS 3R. Sampah dikumpulkan secara tercampur dan dipilah di TPS 3R (*reduce, reuse dan recycle*), sampah organik diolah, sampah Potensi Daur Ulang (SPDU) didaur ulang sedangkan residu diangkut ke TPA. Sehingga dibutuhkan tenaga untuk melakukan pemilahan di TPS, gudang penyimpanan sampah daur ulang, pengangkutan sampah daur ulang ke pengguna manfaat dan pengangkutan residu menuju TPA. TPS 3R membutuhkan lahan yang lebih luas dibanding TPS pada umumnya karena proses pemilahan berbagai jenis sampah akan memakan banyak ruang.
- S6: Sistem Pengumpulan Terpilah dan Pemrosesan Akhir Insinerator Lokal. Pemilahan dilakukan oleh sumber sampah menjadi sampah organik dan non organik, kemudian sampah non organik dipilah lebih rinci di TPST untuk memisahkan sampah yang bisa di daur ulang dan *unsuitable waste*. Di TPS, sampah organik diolah sedang sampah residu dibakar di insinerator lokal dan hanya abu sisa pembakaran yang akan diangkut menuju TPA. Sehingga akan dibutuhkan pengangkutan abu ke TPA dan penanganan untuk abu hasil insinerator serta dibutuhkan pengangkutan sampah B3 dari sampah yang telah dipilah masyarakat menuju TPA B3 dan penanganan sampah di TPA B3.
- S7: Sistem Pengumpulan Terpilah dengan Penanganan Residu TPA. Pemilahan dilakukan oleh sumber sampah dan di TPS dilakukan pemilahan lanjutan berupa daur ulang SPDU, pengolahan sampah organik, sedangkan residu diangkut ke TPA. Sistem ini memungkinkan untuk efisiensi pendanaan bila dibanding sistem tercampur dengan pemilahan di TPS 3R karena tidak membutuhkan tenaga tambahan untuk memilah. Sistem ini juga memungkinkan proses daur ulang yang efisien dan non polutif karena menghindari terjadinya kontaminasi sampah daur ulang dari sampah organik.
- S8: Sistem Pengumpulan Terpilah dengan Home Composting. Pemilahan dilakukan oleh sumber sampah. Sampah organik rumah tangga diolah oleh warga di rumah masing-masing. Untuk yang tidak bisa mengolah, sampah organik akan dibawa ke TPS bersama sampah terpilah lainnya. Di TPS dilakukan pemilahan lanjutan untuk SPDU, sampah organik diolah, residu diangkut ke TPA. Dalam sistem, ini diperlukan penyiapan sarana prasarana untuk melakukan *home composting*.

S9: Sistem Pengumpulan Terpilah dengan Home Composting dan Pembatasan Timbulan. Pemilahan dilakukan oleh sumber sampah. Warga mengolah sampah organik di rumah masing-masing. Untuk yang tidak bisa mengolah, sampah organik akan dibawa ke TPS bersama sampah terpilah lainnya. Di TPS dilakukan pemilahan lanjutan untuk SPDU daur ulang dan pengolahan sampah organik. Dalam sistem, ini diberlakukan pembatasan/ pengurangan sampah residu dengan menerapkan kebijakan *refill/reuse*. Sehingga terjadi pengurangan signifikan sampah residu yang perlu diangkut ke TPA.

Dari kesembilan skenario di atas, perbandingan dan perhitungan CAPEX dan OPEX dengan durasi perencanaan (20 tahun) dilakukan, melalui pengumpulan data terkait investasi dan operasional pada setiap alur atau tahap pengelolaan dan penanganan sampah: mulai dari pengumpulan, pengangkutan, pengomposan sampah organik, daur ulang, insinerasi, dan lahan urug. CAPEX meliputi barang, properti, pabrik, mesin, peralatan, kendaraan, bangunan, lahan dan peningkatan teknologi. Sedangkan, OPEX mencakup perhitungan karyawan, upah, energi, utilitas, depresiasi properti, pemeliharaan, pengendalian limbah dan polusi.

2.2.2 Perhitungan Kebutuhan Sarana dan Prasarana

Beban setiap kegiatan pengelolaan sampah pada neraca massa dikonversi menjadi proyeksi beban setiap jenis sarana dan prasarana. Asumsi jenis sarana yang digunakan ditentukan berdasarkan desain sistem operasional pada setiap skenario. Pada tahap ini diperoleh proyeksi beban setiap jenis sarana dari waktu ke waktu dalam satuan ton per hari.

2.2.3 Kalkulator Biaya Satuan dan Tenaga Kerja

Biaya Satuan (*unit cost*) yang digunakan dalam pengelolaan sampah adalah biaya yang dikeluarkan untuk setiap ton sampah yang ditangani, mulai dari pengumpulan sampai pemrosesan akhir. Seluruh formula dan pendekatan yang digunakan dalam perhitungan biaya satuan ini mengacu kepada Buku Saku Perhitungan Biaya Penanganan Sampah (PUPR 2022). Mengingat data buku saku PUPR berdasarkan kondisi urban, modifikasi dan penyesuaian perlu dilakukan, mencakup sejumlah data untuk menyesuaikan dengan kondisi Jawa Barat, serta estimasi perbedaan nilai berbagai variabel antara *peri urban* dan *urban*.

Biaya Satuan diperlukan untuk mengestimasi biaya penanganan sampah berdasarkan kebutuhan CAPEX dan OPEX, meliputi biaya-biaya: 1) Pengumpulan Rp/ton sampah per hari, yang kemudian dikonversi menjadi Rp/Tahun; 2) Investasi Sarpras; 3) Pemeliharaan; 4) Kebutuhan tenaga kerja, dsb; 5) Pengolahan dan daur ulang; 6)

Pengangkutan; 7) Penanganan Residu; dan 8) Pemrosesan Akhir.

Adapun komponen biaya satuan meliputi: 1) Satuan Harga, menggunakan referensi satuan biaya barang dan jasa Jawa Barat 2019 dan beberapa referensi lain; 2) Asumsi Teknis Sarpras dalam proses pengangkutan dan penanganan sampah; 3) Densitas dan komposisi dari setiap jenis sampah yang berbeda; dan 4) Jarak, dalam studi ini dilakukan melalui model *levelling* dari Sarpras pemrosesan sampah yang diasumsikan dalam bentuk suatu wilayah pengelolaan, yaitu wilayah kota dan regional. Sarpras di tingkat regional hanya SPA (Stasiun Peralihan Akhir) dan TPA saja, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

Beban setiap jenis sarana dikonversi menjadi proyeksi biaya dan kebutuhan tenaga kerja berdasarkan kalkulator satuan biaya dan tenaga kerja. Kalkulator ini berisi perhitungan yang cukup kompleks untuk setiap jenis sarana dan kegiatan pengelolaan sampah, berdasarkan data-data terbaru mengenai harga berbagai komponen investasi dan operasional suatu sarana serta kondisi wilayah.

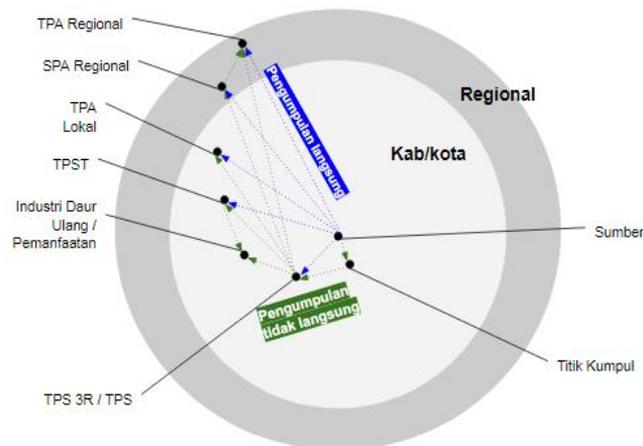
Dalam perhitungan biaya satuan akan terdapat perbedaan antara biaya satuan perdesaan *peri urban*

dan biaya satuan perdesaan *rural*. Hal ini didasarkan pada perbedaan besar komponen-komponen biaya satuan dan tenaga kerja, dimana komponen biaya yang digunakan didasarkan pada variabel-variabel penting penanganan sampah, didasarkan pada variabel-variabel penting penanganan sampah, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, kemudian perbedaan antara nilai sejumlah variabel antara *peri-urban* dan *rural* dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai asumsi teknis yang digunakan dalam perhitungan analisis finansial. Tabel 2 (Sarpras Pengumpulan) dan 3 (Sarpras Pengangkutan) merupakan contoh perbedaan beberapa variabel yang dikembangkan dan digunakan dalam perhitungan analisis finansial bagi kawasan *peri-urban* dan *rural*.

2.2.4 Perhitungan CAPEX dan OPEX

Pada studi ini estimasi CAPEX dan OPEX pada setiap tahapan dan skenario pengelolaan persampahan kawasan pedesaan dihitung dengan menggunakan formula 1 dan 2, secara berurutan.



Gambar 4. Skema Jarak Wilayah Pengelolaan Sampah

Tabel 1. Aspek dan Variabel Penting Pengelolaan Sampah

Aspek	Variabel	Peri Urban	Rural
Aksesibilitas (Jarak dan Kualitas Jalan)	Ritasi Pengangkutan	Ritasi sama dengan perkotaan	Pengurangan ritasi
Kepadatan Penduduk	Ritasi Pengumpulan	Ritasi sama dengan perkotaan	Pengurangan ritasi
Struktur pemukiman	Sarpras Pengumpulan	Mosam/Gerobak	Pickup
Aktivitas Ekonomi: Pertanian-non pertanian	Komposisi sampah	>> Anorganik << Organik	<< Anorganik >> Organik
Tingkat konsumtifitas penduduk	Timbulan sampah rumah tangga	Timbulan hampir sama dengan perkotaan	Timbulan lebih rendah

$$CPX_{i,n} = \Sigma(SX_{Tahap\ ke-i} \times F_{weight} \times BIPras_{i,n} \times \frac{365\ hari}{tahun}) \dots (1)$$

Dimana:

$CPX_{i,n}$ adalah Nilai Biaya investasi tahapan penanganan ke-i pada tahun ke-n (Rupiah/tahun)

$SX_{Tahap\ ke-i}$ adalah Kondisi Sampah X yang ditangani di tahapan ke-i (ton/hari)

F_{weight} adalah Koefisien Perubahan Berat dari sampah yang ditangani (Dimensionless, berkisar 0 - 1)

$BIPras_{i,n}$ adalah Biaya Satuan Investasi jenis sarpras pada tahapan penanganan ke-i pada tahun ke-n (Rupiah/ton)

$$OM_{i,n} = \Sigma(SX_{Tahap\ ke-i} \times F_{weight} \times OMPras_{i,n} \times \frac{365\ hari}{tahun}) \dots (2)$$

Dimana:

$OM_{i,n}$ adalah Biaya OM tahapan penanganan ke-i pada tahun ke-n (Rupiah/tahun)

$SX_{Tahap\ ke-i}$ adalah Kondisi Sampah X yang ditangani di tahapan ke-i (ton/hari)

F_{weight} adalah Koefisien Perubahan Berat dari sampah yang ditangani (Dimensionless, berkisar 0 - 1)

$OMPras_{i,n}$ adalah Biaya Satuan OM jenis sarpras pada tahapan penanganan ke-i pada tahun ke-n (Rupiah/ton)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Neraca Massa

Neraca Massa merupakan gambaran aliran massa dimana jumlah massa yang masuk ke dalam sistem sama dengan total massa yang terakumulasi dan massa yang keluar pada waktu tertentu (Khuriati et al., 2020). Dalam analisis neraca massa, sejumlah material dapat menjadi input dari proses pengelolaan lainnya, yang dikenal sebagai *Recovery Factor* (Meidiana et al., 2020). Dinamika dan distribusi beban pengelolaan sampah dalam level apa pun dapat digambarkan melalui analisis neraca massa timbulan sampah. Beban ini dihitung berdasarkan setiap tahapan dari pengelolaan persampahan mulai dari kondisi eksisting hingga perencanaan 20 tahun kemudian. Hasil perhitungan neraca massa ini menjadi dasar bagi langkah perhitungan berikutnya. Pada studi ini dilakukan pembagian neraca massa berdasarkan dua tipologi desa, yaitu desa peri-urban dan desa rural, sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Keduanya dibuat dalam neraca massa yang berbeda karena akan terdapat perbedaan pada asumsi-asumsi teknis dalam membangun neraca massa antara lain: (1) Persentase Perdesaan Peri-urban dan Perdesaan Rural dalam suatu kabupaten. Berdasarkan data IDM dari Kementerian Desa, Persentase peri urban 32 % sedangkan rural 68 %; dan (2) Timbulan per kapita didapatkan berdasarkan *professional judgement*, dimana peri-urban diperoleh timbulan sebesar

0,18-0,26 kg/orang/hari, sedangkan desa terisolasi 0,23-0,36 kg/orang/hari. Analisis komposisi sampah ditampilkan pada Tabel 2. Komposisi sampah pada studi ini dijelaskan pada Tabel 2 terdiri dari 5 (lima) asumsi teknis yang terdiri dari 1) sampah organik lunak berada di pedesaan peri-urban dengan presentasi sebesar 34.57% sedangkan di pedesaan rural sebesar 28.00%, 2) sampah organik keras di pedesaan peri-urban sebesar 22.36% dan di pedesaan rural sebesar 60.00%, 3) SPDU High Value di pedesaan peri-urban 7.47% sedangkan di pedesaan rural 3.00%, 4) SPDU low value pada pedesaan peri-urban 7.47% sedangkan di pedesaan rural 3.00%, 4) Sampah residu di pedesaan peri-urban sebesar 17.51% sedangkan di pedesaan rural sebesar 5.00% dan terakhir 5) Sampah B3 berada di pedesaan peri-urban sebesar 10.63% sedangkan di pedesaan rural sebesar 1.00%.

3.2 Sarana dan Prasarana

Perbedaan antara nilai sejumlah variabel antara peri-urban dan rural dalam studi ini dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai asumsi teknis yang digunakan dalam perhitungan analisis finansial. Tabel 3 (Sarpras Pengumpulan) dan 4 (Sarpras Pengangkutan) merupakan contoh perbedaan beberapa variabel yang dikembangkan dan digunakan dalam perhitungan analisis finansial bagi kawasan peri-urban dan rural.

Tabel 2. Komposisi Sampah

Asumsi Teknis	Peri-urban	Rural
Sampah Organik Lunak	34.57%	28.00%
Sampah Organik Keras	22.36%	60.00%
SPDU High Value	7.47%	3.00%
SPDU Low Value	7.47%	3.00%
Residu	17.51%	5.00%
B3	10.63%	1.00%

Tabel 3. Asumsi Teknis Sarpras Pengumpulan di Kawasan *Peri-urban* dan *Rural*

Pengumpulan dari Sumber ke TPS	Satuan	Peri-urban	Rural
Hari kerja	Hari/Tahun	288	144
Gaji operator	Rp/orang/Bulan	Rp3,337,644	Rp1,668,822
Rit/hari Terpilah	Rit/Hari	2	1
Rit/hari Tercampur	Rit/Hari	3	2
Jarak (km/rit)	Km/Rit	3	5
Jenis Sarpras	Unit	motor Sampah	Pick Up

Tabel 4. Asumsi Teknis Sarpras Pengangkutan di Kawasan *Peri-urban* dan *Rural*

Pengangkutan TPS3R / TPS ke Pemrosesan Akhir Regional	Satuan	<i>Peri-urban</i>	<i>Rural</i>
Hari kerja	Hari/Tahun	96	48
Gaji operator	Rp/orang/Bulan	Rp1,112,548	Rp556,274
Rit/hari	Rit/Hari	2	1
Jarak	Km/Rit	70	100
Kapasitas	m3	12	12
Jenis Sarpras	Unit	Armroll	Armroll

3.3 Perdesaan *Peri-urban*

CAPEX untuk sembilan skenario dihitung berdasarkan tahapan penanganan sampahnya mulai dari pengumpulan sampai pemrosesan akhir. Masing-masing tahapan penanganan berkontribusi dalam memberikan total CAPEX yang dibutuhkan untuk masing-masing skenario sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5 Kebutuhan CAPEX 9 Skenario Kawasan *Peri-urban* pada Setiap Tahapan Penanganan. Pada Gambar 5, pengumpulan dan pemindahan sampah terpilah (S6-S9) memerlukan CAPEX yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan pengumpulan dan pemindahan sampah tercampur (S1-S5). Hal tersebut terjadi karena umur teknis Sarpras pengumpulan dan pemindahan sampah terpilah lebih lama dibandingkan dengan Sarpras pengumpulan sampah tercampur. Umur teknis akan berkorelasi dengan pengadaan armada baru yang pada akhirnya akan berdampak pada kebutuhan biaya investasi per ton. Pengumpulan dan pemindahan sampah tercampur akan menghasilkan lindi (air sampah) yang bersifat korosif, sehingga menjadi lebih cepat rusak Tahapan pengolahan non daur ulang menghasilkan CAPEX yang mendominasi pada skenario tercampur insinerator lokal (S2), terpilah insinerator lokal (S3) dan tercampur RDF (S4). Hal ini terjadi karena teknologi yang digunakan adalah teknologi “*advance*” dan padat modal, sehingga biaya per unit teknologinya sangat besar dan akan menutupi biaya investasi untuk pengadaan sarana prasarana lain seperti pengumpulan dan pengangkutan. Namun pada tahap pengangkutan sampah ke TPA, biaya investasi pada ketiga skenario tersebut (S2-S4) lebih kecil dibandingkan dengan skenario yang lain. Hal ini dikarenakan sisa residu yang diangkut ke TPA hanya tinggal abu hasil insinerasi.

Penanganan pengolahan daur ulang S7-S9, seperti pengolahan sampah organik lunak dan organik keras atau SPDU *High Value* (SPDU HV) dan SPDU *Low Value* (SPDU LV), CAPEX yang diperlukan akan lebih kecil dibandingkan dengan biaya investasi non daur ulang seperti RDF (S4), dan insinerator (S2-S3). Namun pengangkutan untuk hasil pengolahan daur ulang lebih tinggi daripada non daur ulang. Walaupun jika dibandingkan antara pengangkutan setelah tahapan pengolahan daur ulang dengan tercampur maka pengangkutan tercampur lebih tinggi signifikan hingga tiga kali lipat daripada daur

ulang. Sementara itu, OPEX setelah pengumpulan kurang lebih sama untuk S1-S7. Ini mengindikasikan bahwa pembakaran sampah di dekat sumber atau mengkonversi sampah menjadi RDF tidak mengurangi total biaya, sebagaimana pemahaman selama ini, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 OPEX 9 Skenario Kawasan *Peri-urban*. Gambar 6 juga memperlihatkan bahwa OPEX pengangkutan dan pemrosesan akhir metode tercampur lebih tinggi (S1-S5) dan signifikan yaitu hingga tiga kali lipat daripada metode terpilah (S6-S9). Hal ini disebabkan karena pengangkutan sampah terpilah hanya dilakukan untuk komposisi sampah residu. Hal ini juga mempengaruhi CAPEX untuk lahan yang dibutuhkan untuk melakukan pemrosesan akhir dimana landfill yang dibutuhkan jauh lebih kecil luasannya, sehingga luas lahan TPA yang ditetapkan bisa digunakan lebih lama. Pemrosesan akhir pada S2 paling tinggi daripada skenario lainnya karena pada S2 terdapat insinerator skala TPST yang akan mengolah seluruh sampah tercampur dari sumber tanpa ada pengurangan apa pun sebelum akhirnya limbah abu insinerasi ditimbun di *landfill*.

Dari Gambar 6 juga dapat dilihat bahwa pengumpulan masih mendominasi keseluruhan OPEX dan untuk seluruh skenario tidak memiliki perbedaan signifikan, kecuali pada S9. Namun demikian, pengumpulan dan pemindahan pada sistem terpilah membutuhkan jauh lebih banyak tenaga kerja, tetapi biayanya tidak jauh berbeda. Dengan demikian dengan biaya yang sama sistem pengumpulan terpilah menghasilkan *benefit* sosial yang lebih besar.

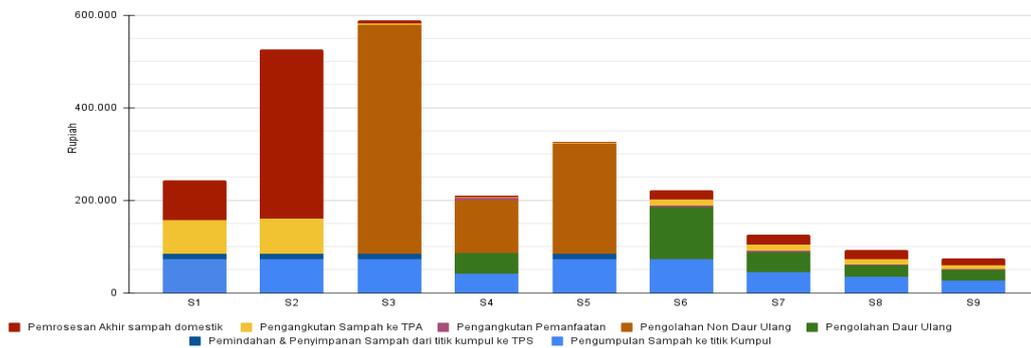
Pembiayaan pengumpulan belum dibiayai keseluruhan oleh kabupaten/kota, melainkan dititik beratkan pembiayaannya oleh warga. Sebagai strategi efektif guna menunjang ketercapaian pengumpulan 100% maka lebih baik biaya penyelenggaraan pengumpulan ditanggung sepenuhnya oleh pemerintah. Sehingga, proses pemilahan sampah akan sangat mempengaruhi OPEX keseluruhan yang dikeluarkan secara *regular* pada pengelolaan sampah. Pada tahapan pengolahan (warna merah tua), OPEX antara daur ulang (S7-S9) dengan non daur ulang hampir sama (S6). Namun pembeda di antara dua aspek tersebut adalah OPEX pada non daur ulang (S6) biayanya digunakan untuk pengoperasian mesin, sedangkan OPEX pada sistem daur ulang (S1-S9), biaya tersebut akan terserap

untuk tenaga kerja. Selain itu, hasil dari daur ulang akan *circular* dan kembali ke sistem atau dapat diterima oleh pasar, sehingga dari hal tersebut akan mendapatkan keuntungan dari penjualannya. Dari kedua perbandingan tersebut dengan pengeluaran biaya yang sama lebih baik dipilih sistem pengelolaan sampah berbasis daur ulang (S7-S9) karena akan membuka lapangan kerja baru daripada biaya tersebut terserap pada operasional mesin.

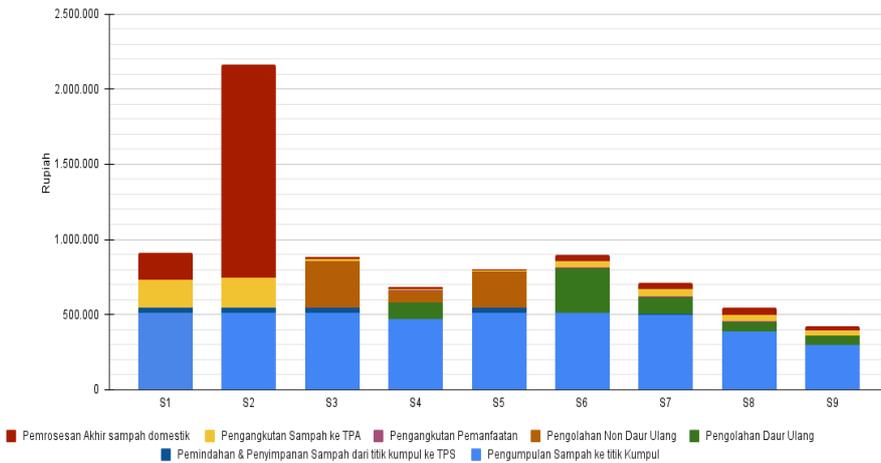
Pada tahapan pengangkutan dan pemrosesan akhir (warna kuning), metode tercampur (S1-S2), besaran OPEX dua sampai tiga kali lipat lebih tinggi daripada dengan metode terpilah (S6-S9). OPEX untuk pengangkutan akan berkorelasi dengan beban pemrosesan akhir yang mengikuti dari besaran timbulan sampah tersebut. Pengelolaan sampah

terpilah akan lebih sedikit beban yang ditanggung pada tahapan pengangkutan dan pemrosesan akhir.

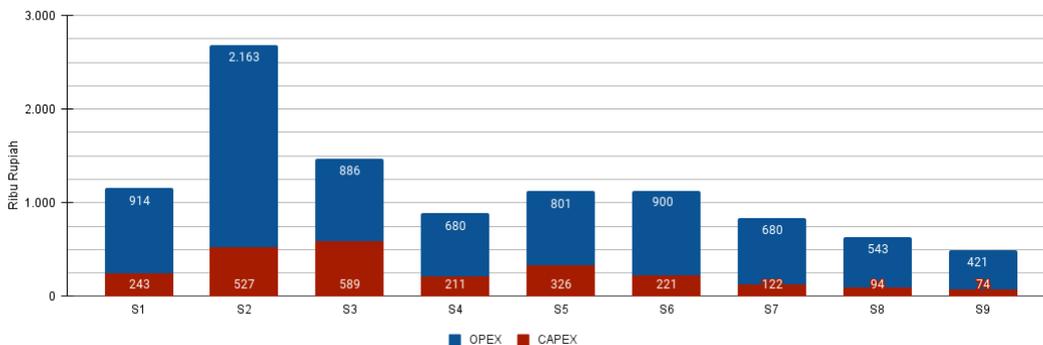
Secara keseluruhan, OPEX yang diperlukan di kawasan peri urban akan lebih tinggi hingga dua sampai tiga kali lipat daripada besaran pembiayaan CAPEX nya untuk seluruh skenario yang telah direncanakan. Oleh karena itu, komponen OPEX perlu diperhatikan karena akan menjadi tanggung jawab pemerintah kabupaten dalam penyediaannya. Maka, pemilihan skenario yang efektif perlu melihat kemampuan pembiayaan pemerintah kabupaten dalam membiayai OPEX tersebut. Total expenditures dan perbandingan CAPEX dan OPEX untuk 9 Skenario di Kawasan *Peri-urban* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 5. Kebutuhan CAPEX 9 Skenario Kawasan *Peri-Urban*



Gambar 6. Kebutuhan OPEX 9 Skenario Kawasan *Peri-Urban*



Gambar 7. Biaya Total 9 Skenario Kawasan *Peri-Urban*

3.4 Perdesaan Rural

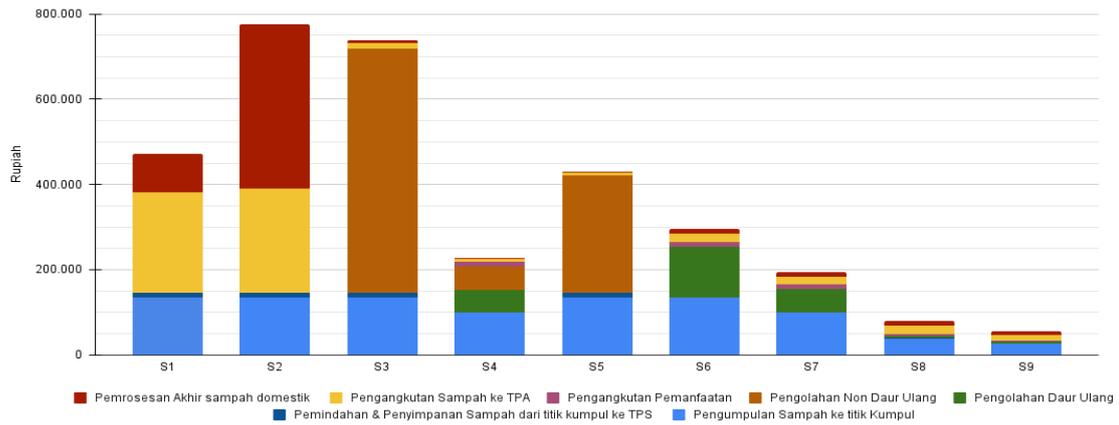
Pembiayaan untuk pengumpulan paling mendominasi pada CAPEX pengelolaan sampah di kawasan perdesaan rural, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 8. CAPEX pada tahapan pengumpulan menyerap pembiayaan cukup besar sehingga dibutuhkan Sarpras yang mampu menempuh jarak dengan cakupan wilayah yang luas dan medan yang cukup sulit dan cenderung menanjak (pada kawasan yang menjadi studi kasus). Oleh sebab itu, mobil pickup sebagai sarana pengumpul sampah, merupakan pilihan yang paling rasional. Pada aspek pengumpulan di perdesaan *rural* tidak disertai sistem pemindahan melainkan langsung diangkut ke TPS atau TPS 3R. Sehingga pembiayaan hanya terkait penyimpanan residu atau sampah tercampur yang akan disimpan terlebih dahulu di TPS atau TPS 3R sebelum diangkut ke tahap berikutnya. Sistem pengumpulan dan penyimpanan ini menyerap pembiayaan sangat besar, namun jika dilakukan kegiatan *home composting* di setiap rumah dengan harapan sampah organik sebagai penyumbang komposisi terbesar dari perdesaan rural dapat diolah dan dimanfaatkan di sumber, maka besaran pembiayaan aspek pengumpulan dapat turun secara signifikan. CAPEX pada tahapan pengolahan di perdesaan rural hampir sama di peri urban, bahwa pengolahan non daur ulang mendominasi keseluruhan pembiayaan (S1-S5).

Pada Gambar 8 terlihat bahwa CAPEX untuk tahapan pengangkutan lebih rendah karena yang diangkut berupa abu insinerasi atau hasil pembakaran termal lainnya. Namun demikian, CAPEX untuk pengangkutan berbasiskan sistem pengolahan daur ulang lebih kecil jika dibandingkan dengan sistem yang tercampur. Apabila dibandingkan besaran pembiayaan pada daur ulang dengan non daur ulang maka proporsi penyerapan pembiayaannya untuk pengolahan non daur ulangnya sangat signifikan. Perbedaan pengangkutan dan pemrosesan akhir antara sistem tercampur dan sistem terpilah di perdesaan rural jauh lebih signifikan daripada di perdesaan peri urban. Di perdesaan *peri-urban* besaran pembiayaan tercampur mencapai tiga kali lipat, sedangkan di perdesaan *rural* besaran pembiayaan dengan sistem tercampur mencapai enam kali lipat. Signifikansi biaya investasi antara urban dan peri-urban ini terkait dengan variabel aksesibilitas.

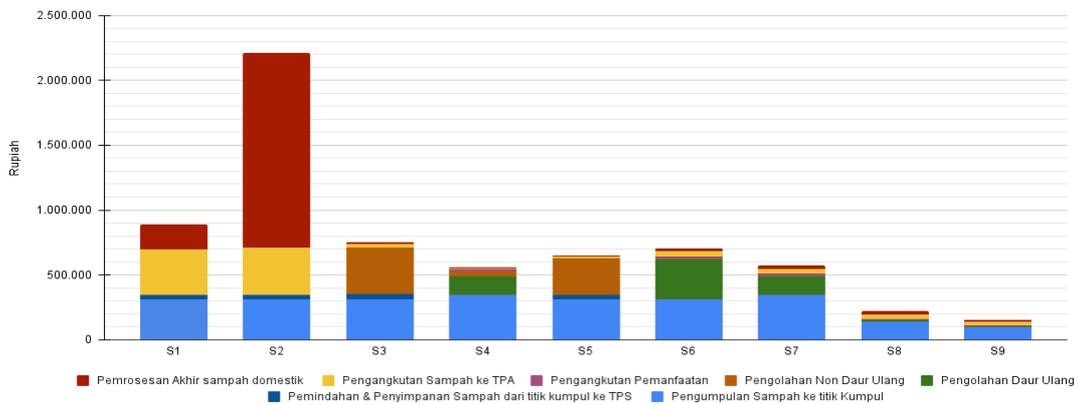
OPEX pada seluruh skenario pengelola persampahan di kawasan perdesaan *rural* dapat dilihat pada Gambar 9. Pada tahapan

pengumpulan (warna biru muda) di perdesaan *rural* merupakan sektor paling mendominasi penyerapan pembiayaan. Tahapan pemindahan dan penyimpanan di perdesaan rural tidak terdapat titik kumpul sehingga yang tercakup adalah penyimpanan saja, baik penyimpanan sampah tercampur maupun penyimpanan sampah residu. Skenario penyimpanan tercampur (S1-S5) mempunyai porsi pembiayaan cukup besar daripada terpilah (S6-S9) karena penyimpanan dilakukan selama 2 hari menyesuaikan dengan frekuensi 2 hari sekali karena jarak pelayanan cukup jauh. Oleh karena itu, penyimpanan sampah tercampur perdesaan rural memerlukan biaya yang lebih besar daripada kawasan perdesaan peri urban.

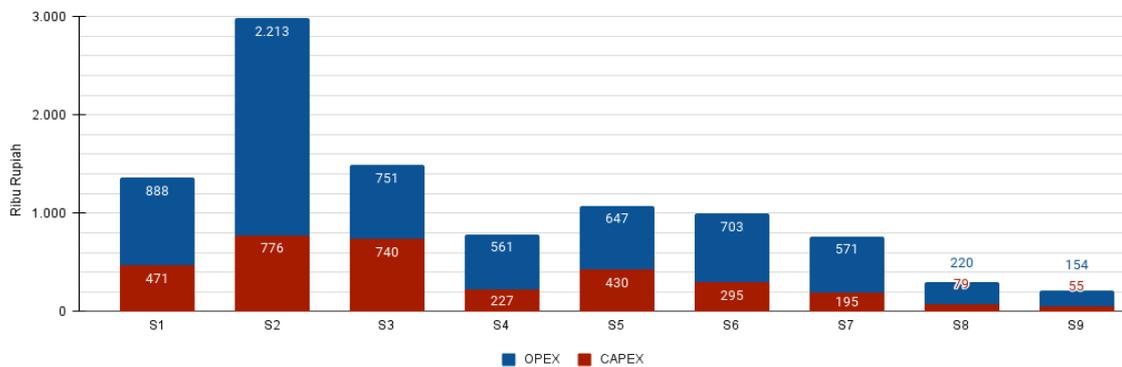
Dari Gambar 9 juga dapat dilihat bahwa OPEX pada skenario pengolahan daur ulang dan non daur ulang besaran biaya hampir sama dengan kawasan *peri-urban*. Pembiayaan daur ulang terserap lebih banyak di aspek operasional. Pembiayaan daur ulang terserap lebih banyak oleh sistem padat karya, sehingga dampak positif dari sistem tersebut akan membuka peluang tenaga kerja operasional. Tahapan pemrosesan akhir skenario-skenario terpilah memerlukan biaya operasional cukup rendah. Pengolahan di sumber akan mengurangi beban biaya pada tahapan pemrosesan akhir karena pengurangan sebagian besar komposisi sampah organik yang sangat dominan di kawasan *rural*. Sampah jenis lainnya sangat sedikit jika dibandingkan kawasan *peri-urban*. Biaya Total dan perbandingan antara CAPEX dan OPEX seluruh skenario pengelolaan persampahan kawasan *rural* ditunjukkan pada Gambar 10. Dari gambar 10 tersebut terungkap bahwa OPEX lebih mendominasi dibandingkan CAPEX, dimana secara umum lebih besar OPEX hingga dua sampai tiga kali lipat besaran CAPEX-nya. Oleh karena itu, pemilihan skenario operasional yang paling efektif perlu dipertimbangkan dengan baik. Sehingga dapat menyesuaikan kemampuan besaran pembiayaan operasional pengelolaan persampahan untuk setiap pemerintah kabupaten. Selain itu, penyelesaian sampah di sumber terutama organik dengan cara *home composting* akan berpengaruh signifikan terhadap keseluruhan pembiayaan di kawasan perdesaan rural. Metode *home composting* akan mereduksi sampah di sumber cukup besar sehingga menghemat besaran pembiayaan lima sampai dua puluh kali lipat jika dibandingkan dengan skenario yang lain.



Gambar 8. Kebutuhan CAPEX 9 Skenario Kawasan Rural



Gambar 9. Kebutuhan OPEX 9 Skenario Kawasan Rural



Gambar 10. Biaya Total 9 Skenario Kawasan Rural

3.5 Pilihan Skenario

Temuan-temuan studi ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah baik tercampur atau terpilah berbasis TPA Landfill/Insinerator/RDF (S1-S6) membutuhkan pembiayaan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengelolaan sampah terpilah berbasis *home composting* (S9), baik dari sisi CAPEX maupun OPEX untuk kedua tipe perdesaan (*peri-urban* dan *rural*). Hal ini dapat dilihat pada *total expenditures* pada Tabel 6, untuk seluruh skenario untuk kedua kawasan tipologi perdesaan yang diteliti. Oleh karena itu, jika pemerintah mempertimbangkan keterbatasan anggaran dan mengambil opsi pengelolaan sampah secara terpilah sebagai

pilihan kebijakan, maka partisipasi masyarakat menjadi bagian penting dari kebijakan tersebut. Namun demikian, saat ini, peran serta masyarakat dalam memilah sampah dinilai masih rendah. Survei yang dilakukan oleh Katadata Insight Center (KIC) menunjukkan bahwa 50,8% responden di lima ibu kota provinsi di Jawa tidak melakukan pemilahan sampah. Dari 49,8% yang melakukan pemilahan, 77,6% hanya memilahnya menjadi dua kategori (sampah basah dan sampah kering/sampah organik dan anorganik) (Tim Publikasi Katadata, 2020b). Hal ini menunjukkan bahwa upaya edukasi kepada masyarakat masih perlu ditingkatkan. Rendahnya peran serta masyarakat ini juga terjadi di berbagai daerah

lainnya di Indonesia, di antaranya di Banjarmasin (M.E. Redhani; Suriyani E, 2022), di Bitung (Tanod et al., 2014), di Pekanbaru (Yulianto, 2016), di Teluk Bintuni (Riruma et al., 2021), di Ternate (Rosnawati et al., 2018), dan di Lombok (Hutabarat & Purnomo, 2021). Rendahnya partisipasi masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah menurut Aprilia, et al (2011) disebabkan karena kebijakan-kebijakan tersebut meletakkan partisipasi masyarakat dalam konteks sukarela dan tidak bersifat memaksa. Kebijakan tersebut tidak mengatur adanya sanksi bagi yang tidak menjalankan, sehingga belum banyak masyarakat yang mau menerapkan inisiatif tersebut. Namun survei Katadata Insight Center menunjukkan bahwa 98% masyarakat tergerak untuk mulai memilah sampah jika ada insentif pemerintah dan 58% rumah tangga berkeberatan jika berlaku denda bagi sampah

yang tidak terpilah (Tim Publikasi Katadata, 2020a).

Dengan demikian, kebijakan pemerintah daerah untuk menerapkan pengelolaan sampah terpilah sebaiknya dititikberatkan pada dukungan kebijakan pemberian insentif bagi warga yang melaksanakan pemilahan sampah. Selain itu, untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, pemerintah juga perlu melibatkan berbagai elemen dan lembaga masyarakat yang ada di desa, mempermudah regulasi dan memfasilitasi pendirian Pusat Daur Ulang Sampah maupun Pusat Olah Sampah 3R mendukung teknologi, permodalan, jaringan dan informasi pasar daur ulang serta memberikan pendampingan secara berkelanjutan kepada komunitas warga yang melakukan pemilahan dan olah sampah dari sumber.

Tabel 6. Total Expenditure Per Ton Sampah 9 Skenario Perdesaan *Peri-urban dan Rural*

Total Expenditures	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Per urban (Juta)	1,15	2,69*	1,5	0,890	1,13	1,12	0,802	0,636	0,495**
Rural (Juta)	1,13	2,98*	1,5	0,788	1,07	997	0,765	0,299	0,209**

*memerlukan biaya paling tinggi
**paling efisien dari segi finansial

4. Kesimpulan

Analisis Pembiayaan Pengelolaan Sampah Perdesaan Jawa Barat dilakukan dengan mengembangkan sembilan skenario dan mencari skenario pengelolaan sampah terbaik melalui perhitungan estimasi CAPEX dan OPEX.

Dari sembilan skenario pengelolaan sampah kawasan perdesaan yang dikembangkan untuk kawasan *peri-urban* dan *rural*, estimasi CAPEX dan OPEX skenario pengumpulan tercampur dengan pemrosesan akhir insinerator TPA (S2) memerlukan biaya paling tinggi, dimana total expensidurenya mencapai Rp. 2,69 juta/ton dan Rp. 2,98 juta/ton untuk kawasan *peri-urban* dan *rural* secara berurutan. Sebaliknya, skenario pengelolaan sampah kawasan perdesaan berdasarkan skenario pengumpulan terpilah dengan *home composting* dan pembatasan timbulan (S9) secara signifikan paling efisien. Biaya CAPEX dan OPEX dari skenario ini mencapai Rp. 0,21 juta/ton untuk kawasan *rural* dan Rp. 0,49 juta/ton untuk kawasan perdesaan *peri urban*.

Pada umumnya biaya pengelolaan sampah untuk kawasan *rural* lebih kecil dibandingkan kawasan *peri-urban*, kecuali pada skenario berbasis tercampur dan pemrosesan akhir di TPA (S2). Biaya skenario *home composting* (S8) dan (S9) pada kawasan *rural* secara signifikan lebih kecil dibandingkan skenario lainnya baik pada kawasan perdesaan *peri-urban* ataupun *rural*. Terlebih jika dibandingkan dengan skenario

pengelolaan sampah tercampur (S1-S4), skenario pengumpulan terpilah dengan pembakaran residu pada insinerator skala lokal (S6) dan skenario pengumpulan tercampur dengan pemilahan dan pengolahan di TPS3R (S5) sama-sama memiliki biaya total tingkat menengah.

Aspek pembiayaan dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan dimensi biaya internal pengelolaan sampah perdesaan melalui estimasi CAPEX dan OPEX dengan mengadopsi pendekatan yang dilakukan dalam pengelolaan sampah di kawasan perkotaan. Padahal, Aleluia dan Ferrão (2017) menyarankan bahwa estimasi aspek pembiayaan sebaiknya juga mempertimbangkan dimensi biaya eksternal (biaya yang ditimbulkan akibat dampak negatif seperti biaya lingkungan atau sosial). Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang mempertimbangkan dua dimensi aspek pembiayaan dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, A., Tezuka, T., and Spaargaren, G. (2011). Municipal Solid Waste Management with Citizen Participation: An Alternative Solution to Waste Problems in Jakarta, Indonesia. *Green Energy and Technology*, 66(March 2016). <https://doi.org/10.1007/978-4-431-53910-0>
- Aleluia, J. and P. Ferrão (2016). "Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: A new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension". *Waste Management* 58: 415-429.

- BPS 2021. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021. Jakarta.
- Budiyantini, Y. & Pratiwi, V. 2016. Peri-urban Typology of Bandung Metropolitan Area. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227, 833-837.
- Damanhuri, E. 2010. Diktat Pengelolaan Sampah. Bandung: ITB.
- Hogg, D., 2006. Costs for Municipal Waste Management in the EU: Final Report to Directorate General Environment, European Commission. <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/eucostwaste.pdf> [accessed 12.02.2022].
- Hutabarat, L. E., & Purnomo, C. C. (2021). Tingkat Pemahaman Masyarakat Terhadap Pemilahan Sampah Rumah Tangga di Dusun Pademare Lombok Utara. *E-Journal CENTECH*, 2(2).
- Khuriati, A., Purwanto, P., Huboyo, H. S., Sumariyah, S., Suryono, S., & Putranto, A. B. (2020). Numerical calculation based on mass and energy balance of waste incineration in the fixed bed reactor. *Journal of Physics: Conference Series*, 1524, 1 - 6. 10.1088/1742-6596/1524/1/012002
- KLHK. 2022. CAPAIAN KINERJA PENGELOLAAN SAMPAH 2021 [Online]. Jakarta. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> [Accessed 28.03.2022].
- Meidiana, C., Tomoo, S., Agustina, D., & Subagiyo, A. (2020, 11 25). Improving mass balance of municipal solid waste through waste reduction by informal sectors. *E3S Web Conf.*,211(03015). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021103015>
- M.E. Redhani; Suriyani E. (2022). Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Antasan Besar Kecamatan Banjarmasin Tengah Kota Banjarmasin. *Al-Ulum Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 8(April), 45-54.
- National Project Management Consultant (NPMC). (2021). Penyusunan Master Plan Pengelolaan Sampah Regional dan Kota Metropolitan ISWMP. Laporan Akhir untuk Direktorat Jenderal Cipta Karya. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Riruma, N., Sinaga, N., & Lekitoo, M. N. (2021). Kajian Pengelolaan Sampah Rumah Tangga (SRT) dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (SSRT)) di Kabupaten Teluk Bintuni. *Cassowary*, 4(1), 39-51. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v5.i1.67>
- Rosnawati, W. O., Bahtiar, B., & Ahmad, H. (2018). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Masyarakat Pemukiman Atas Laut Di Kecamatan Kota Ternate. *Techno: Jurnal Penelitian*, 6(02), 48. <https://doi.org/10.33387/tk.v6i02.569>
- Tanod, S. T., Rengkung, M. M., & Tondobala, L. (2014). Partisipasi Masyarakat Kecamatan Madidir Terhadap Program Pengelolaan Sampah Kota Bitung. *Arsitektur*, 6(3), 263-272.
- Tim Publikasi Katadata. (2020a). Budaya Pilah Sampah Perlu Ditingkatkan. Katadata.Co.Id. <https://katadata.co.id/timpublikasikatadata/infografik/5e9a470d5ba3c/budaya-pilah-sampah-perlu-ditingkatkan>
- Tim Publikasi Katadata. (2020b). Kesadaran Warga Memilah Sampah Masih Rendah. Katadata.Co.Id. <https://katadata.co.id/timpublikasikatadata/berita/5e9a470c74665/kesadaran-warga-memilah-sampah-masih-rendah>
- Weng, Y.-C. and T. Fujiwara (2011). "Examining the effectiveness of municipal solid waste management systems: An integrated cost-benefit analysis perspective with a financial cost modeling in Taiwan." *Waste Management* 31(6): 1393-1406.
- Wilson, D. C., Velis, C. & Cheeseman, C. 2006. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30, 797-808.