



Optimalisasi Program Bank Sampah berbasis Masyarakat menggunakan Pemodelan Program Linear

Optimization of Community-based Waste Bank Programs using Linear Program Modeling

Marwah Dewi Sapitri, Prodi Matematika FMIPA UNY
Hartono*, Prodi Matematika FMIPA UNY
*e-mail: hartono@uny.ac.id

Abstrak

Berdasarkan pernyataan Kepala Bidang Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta dari jumlah bank sampah di Kota Yogyakarta hanya mampu mengurangi sebesar 2% total sampah. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model program linear yang optimal pada program bank sampah Kota Yogyakarta dan memaparkan analisis sensitivitas hasil optimal model program linear dari program bank sampah Kota Yogyakarta. Penelitian ini merupakan penelitian secara terapan dan teori dengan metode program linear sebagai solusi penyelesaian. Penyelesaian model program linear dibantu menggunakan program LINGO 18.0 selanjutnya dianalisis dengan uji sensitivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sampah maksimal yang diolah bank sampah sebanyak 7.272,447 kg per hari dari total 481 bank sampah yang meliputi jenis sampah plastik, kertas, logam, dan kaca dengan efisiensi sampah terolah mencapai 12% untuk seluruh bank. Berdasarkan hasil uji sensitivitas, jika terjadi kenaikan atau penurunan pada penjualan sampah plastik, kertas, dan kaca serta pendapatan keuntungan dengan tidak melewati nilai batas, baik batas maksimal atau minimal maka tidak mengubah kuantitas sampah yang terkumpul di bank sampah. Sedangkan, pada kendala penyeteroran, sampah tereduksi, dan penjualan sampah logam hanya terdapat batas minimal sehingga belum perlu menambahkan sampah yang akan disetorkan, direduksi, dan sampah logam yang dijual melewati batas minimal.

Kata kunci: bank sampah, pengurangan sampah, program linear, LINGO, analisis sensitivitas.

Abstract

Based on the statement of the Head of the Waste Management Division of the Yogyakarta City Environmental Agency, the number of waste banks in Yogyakarta City is only able to reduce 2% of total waste. This study aims to obtain the optimal linear program model of the Yogyakarta City waste bank program and explain the sensitivity analysis of the optimal results of the linear program model of the Yogyakarta City waste bank program. This research is an applied and theoretical research with the linear program method as a solution. The solution of the linear program model is assisted using the LINGO 18.0 program and then analyzed by sensitivity testing. The results showed that the maximum amount of waste processed by waste banks was 7,272.447 kg per day from a total of 481 waste banks which included plastic, paper, metal, and glass waste types with the efficiency of processed waste reaching 12% for all banks. Based on the results of the sensitivity test, if there is an increase or decrease in the sale of plastic, paper, and glass waste and profit income without exceeding the limit value, either the maximum or minimum limit, it does not change the quantity of waste collected in the waste bank. Meanwhile, in the constraints of depositing, reducing waste, and selling metal waste, there is only a minimum limit so there is no need to add waste to be deposited, reduced, and metal waste sold past the minimum limit.

Keywords: waste bank, waste reduction, linear program, LINGO, sensitivity analysis.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu sebab permasalahan lingkungan yang perlu diselesaikan bersama oleh seluruh masyarakat. Setiap tahunnya, sampah yang dihasilkan di Indonesia sebanyak 64 juta ton sampah. Merujuk pada data *Sustainable Waste Indonesia* (SWI) tahun 2017, sebesar 7% dari jumlah sampah tersebut yang didaur ulang, sementara 69% lainnya menumpuk di tempat pembuangan akhir (TPA), dan lebih parahnya sebesar 24% dibuang sembarangan dan mencemari lingkungan (Tim Publikasi Katadata, 2019). Kondisi tersebut memerlukan upaya yang efisien dan efektif guna mengoptimalkan proses pengelolaan sampah.

Pada filosofi mendasar mengenai pengelolaan sampah sesuai dengan ketentuan dalam Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, perlu adanya perubahan cara pandang dan berpikir masyarakat mengenai sampah dan cara mengelolanya (Pemerintah Indonesia, 2008). Berdasarkan Undang-undang tersebut, terealisasikan program Bank Sampah sebagai kegiatan pengelolaan sampah yang dapat mengurangi dan menangani sampah. Prinsip bank sampah menggunakan prinsip kerja bank, yang melayani masyarakat dalam menampung sampah terpilah yang dapat didaur ulang. Masyarakat dapat menerima hasil tabungan berupa uang tunai. Pada kegiatan bank sampah masyarakat secara langsung berpartisipasi dalam usaha mengurangi sampah dan dapat menambah pendapatan. Kegiatan bank sampah mampu mengurangi jumlah sampah yang dibawa ke TPA. Maka dari itu, bank sampah merupakan salah satu solusi terbaik dalam pengelolaan sampah dengan melibatkan masyarakat secara langsung serta dapat menambah nilai ekonomi masyarakat (Winarso & Larasati, 2011).

Salah satu permasalahan yang dihadapi bank sampah yaitu rendahnya jumlah sampah yang masuk ke bank sampah. Berdasarkan studi yang dilakukan Unilever Indonesia, bekerjasama dengan *Sustainable Waste Indonesia* (SWI) dan *Indonesian Plastics Recyclers* (IPR), diketahui bahwa baru sekitar 11,83% sampah plastik di area perkotaan Pulau Jawa yang berhasil dikumpulkan dan didaur ulang, sisanya sebanyak 88,17% tetap diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) atau berserakan di lingkungan. Rincian dari 11,83% sampah plastik yang telah terkumpul, sebanyak 9,78% berasal dari pemulung, 1,78% dari TPS-3R/TPST dan hanya 0,26% berasal dari bank sampah (Widyaningrum, 2020). Hal tersebut diakibatkan oleh rendahnya partisipasi masyarakat yang peduli dan berkenan memilah sampah rumah tangga untuk disetorkan ke bank sampah. Sementara itu, jika partisipasi masyarakat makin tinggi maka makin banyak jumlah sampah yang dikelola bank sampah (Indrianti, 2016). Berdasarkan hambatan tersebut, program bank sampah perlu dioptimalkan dalam hal kinerja sebagai solusi pengurangan sampah. Hal tersebut dapat realisasikan ke model matematika yang diselesaikan menggunakan pemodelan program linear.

Pemodelan program linear bertujuan membawa permasalahan nyata ke bentuk matematis hingga memperoleh nilai optimal dengan pengalokasian jumlah sumber daya yang terbatas. Tujuan lainnya yaitu membantu dalam pengambilan keputusan, menentukan batasan dan tindakan secara ilmiah (Mulyono, 2016). Menurut ilmu Matematika persoalan program linear adalah suatu persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel keputusan sehingga nilai fungsi tujuan atau fungsi objektif yang linear menjadi optimum, baik maksimum atau minimum dengan memperhatikan batasan atau kendala yang ada yaitu batasan yang dinyatakan dalam bentuk sistem pertidaksamaan linear (Abdillah, 2013). Persoalan dalam program linear yang dinyatakan dalam pernyataan umum, kemudian diubah menjadi model matematika. Model matematika tersusun oleh peubah dan notasi matematika. Jadi, model yang dibentuk bertujuan untuk mengetahui bahwa program bank sampah jika dikelola secara optimal dapat memaksimalkan pengurangan sampah di TPA dan di lingkungan dengan memperhatikan faktor pembatas yang ada. Pemodelan program linear tersebut akan diselesaikan dengan bantuan program *LINGO* 18.0.

Objek penelitian ini yaitu bank sampah Kota Yogyakarta. Berdasarkan pernyataan Kepala Bidang Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta di media antaranews, target

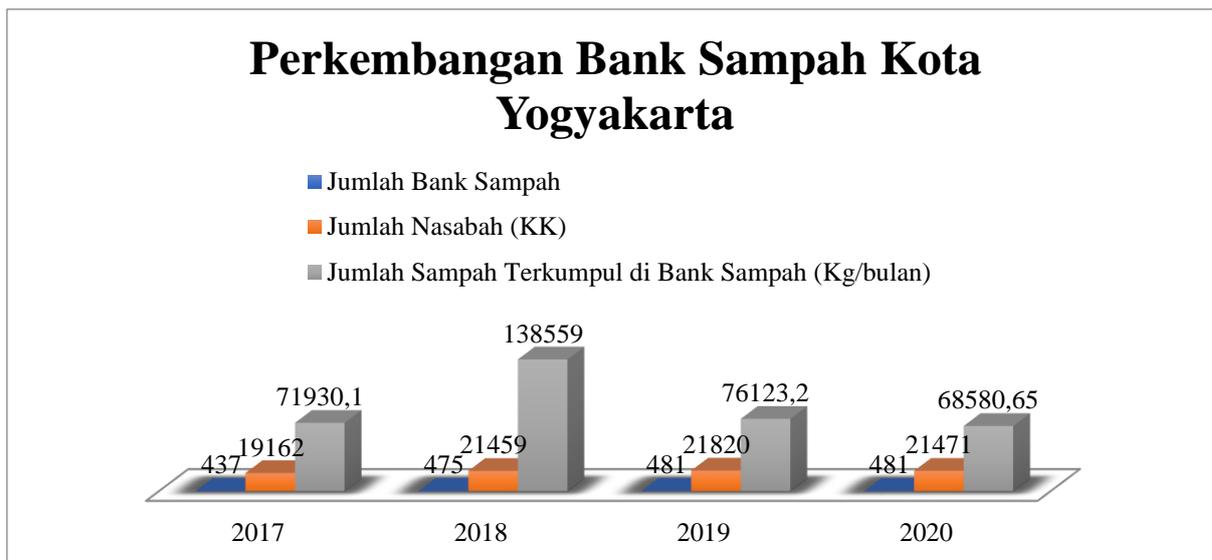
jumlah bank sampah Kota Yogyakarta yaitu setiap RW memiliki 1 bank sampah, tetapi dari jumlah bank sampah yang telah terbentuk hanya mampu mengurangi sampah sekitar dua persen dari total sampah yang dihasilkan di Kota Yogyakarta dan terdapat dua puluh persen dari total keseluruhan bank sampah yang dinilai belum memiliki kegiatan yang optimal sehingga pada tahun 2021 memilih memaksimalkan peran bank sampah dan tidak menambah jumlah bank sampah (Rusqiyati, 2021). Pernyataan tersebut didasari pada keadaan Bank Sampah Unit Kota Yogyakarta tahun 2020 yang mengalami penurunan dibanding tahun 2019. Pada tahun 2020, Bank Sampah Unit Kota Yogyakarta hanya mengelola sebanyak 68.580,65 kg/bulan atau setara dengan 1,3% dari total timbulan sampah sebanyak 5.357.265 kg/bulan (Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, 2020). Sedangkan, pada tahun 2019 Bank Sampah Unit Kota Yogyakarta mampu mengelola sampah sebanyak 76.123,2 kg/bulan atau setara dengan 4,3% dari total timbulan sampah sebanyak 1.766.400 kg/bulan (Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, 2019). Maka dari itu, peran bank sampah sebagai salah satu upaya mengurangi ketergantungan Kota Yogyakarta terhadap TPA Piyungan perlu dioptimalkan.

METODE

Metode penelitian diawali dengan pemaparan secara deskriptif mengenai pengelolaan Bank Sampah Unit Kota Yogyakarta. Selanjutnya dilakukan penyusunan model matematika menggunakan model program linear. Langkah pertama menyusun model yaitu menentukan variabel keputusan meliputi jumlah sampah plastik, kertas, logam, dan kaca. Kemudian menentukan fungsi tujuan, yaitu memaksimalkan jumlah sampah plastik, kertas, logam dan kaca yang dapat dikelola Bank Sampah. Selanjutnya menentukan fungsi kendala sampah plastik, kertas, logam, dan kaca yang disetorkan ke bank sampah, jumlah sampah yang tereduksi melalui bank sampah, jumlah sampah maksimum yang dapat dijual setelah diolah melalui bank sampah, dan keuntungan yang diperoleh bank sampah. Setelah model terbentuk dilakukan penyelesaian model dengan dibantu program LINGO 18.0. Hasil akhir penelitian adalah pemecahan masalah yang dapat digunakan sebagai rujukan bank sampah Kota Yogyakarta dalam melakukan pengurangan sampah ke TPA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bank sampah Kota Yogyakarta telah dibentuk sejak tahun 2012 yang didorong dan difasilitasi oleh BLH Kota Yogyakarta. Perkembangan Bank Sampah Unit Kota Yogyakarta untuk tahun 2017 hingga 2020 mengalami peningkatan. Perkembangan dilihat dari beberapa faktor seperti jumlah nasabah, jumlah bank sampah, dan total sampah yang dikelola Bank Sampah. Berikut grafik data perkembangan jumlah Bank Sampah dari tahun 2017 hingga 2020 (Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, 2019).



Gambar 1. Grafik Perkembangan Bank Sampah Tahun 2017-2020

Berdasarkan Gambar 1, perkembangan Bank Sampah Unit di Kota Yogyakarta saat tahun 2019 memiliki kesempatan sebagai acuan untuk meningkatkan peran bank sampah sebagai solusi pengurangan sampah dengan jumlah bank sampah yang sama pada tahun berikutnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengurangan sampah melalui bank sampah diperlukan dalam pembuatan model matematika. Faktor tersebut akan ditentukan sebagai fungsi kendala. Faktor-faktor tersebut adalah penyeteroran sampah ke bank sampah, sampah yang tereduksi melalui bank sampah, penjualan masing-masing jenis sampah yang telah direduksi melalui bank sampah, dan keuntungan yang diperoleh bank sampah. Sedangkan, fungsi tujuan model tersebut yaitu menentukan jumlah sampah yang dapat terkumpul di bank sampah Kota Yogyakarta. Model program linear bank sampah yang terbentuk sebagai berikut.

Fungsi Tujuan:

$$\text{Max } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

Fungsi Kendala:

$$\text{Kendala Sampah tereduksi: } 0,33x_1 + 0,19x_2 + 0,06x_3 + 0,32x_4 \leq 7.282$$

$$\text{Kendala Keuntungan: } 1.385x_1 + 806x_2 + 2.004x_3 + 505x_4 \leq 7.215.739$$

$$\text{Kendala Penyeteroran: } 0,98x_1 + 0,56x_2 + 0,19x_3 + 0,97x_4 \leq 58.880$$

$$\text{Kendala Penjualan sampah plastik: } x_1 \leq 2.641$$

$$\text{Kendala Penjualan sampah kertas: } x_2 \leq 1.513$$

$$\text{Kendala Penjualan sampah logam: } x_3 \leq 519$$

$$\text{Kendala Penjualan sampah kaca: } x_4 \leq 2.609$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Model tersebut diselesaikan menggunakan program *LINGO* 18.0. Berdasarkan hasil pengolahan data pada program *LINGO* diperoleh solusi optimal yaitu jumlah sampah plastik (x_1) yang terkumpul sebanyak 2.641 kg/hari, jumlah sampah kertas (x_2) sebanyak 1.513 kg/hari, jumlah sampah logam (x_3) sebanyak 509,447 kg/hari, dan jumlah sampah kaca (x_4) sebanyak 2.609 kg/hari. Total sampah yang terkumpul sebanyak 7.272,447 kg/hari dari 481 bank sampah yang terdapat di Kota Yogyakarta. Berdasarkan hasil optimal tersebut, total bank sampah yang terdapat di Kota Yogyakarta dapat mengurangi sampah ke TPA sebanyak 12% dari total timbulan sampah. Setelah memperoleh hasil optimal dilakukan uji sensitivitas. Hasil uji sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sensitivitas Koefisien Fungsi Tujuan

Variabel	Nilai Koefisien	Batas Penambahan	Batas Pengurangan
X1	1.000	Infinity	0.309
X2	1.000	Infinity	0.598
X3	1.000	0.447	1.000
X4	1.000	Infinity	0.748

Berdasarkan Tabel 1, perubahan koefisien fungsi tujuan memiliki batas maksimal dan minimal sesuai dengan nilai koefisien yang ditambahkan dan dikurangkan agar hasil optimal model bernilai tetap. Batas penambahan koefisien fungsi tujuan yang bernilai infinity berarti bahwa berapa pun penambahan yang terjadi pada koefisien tersebut tidak mempengaruhi hasil solusi optimal. Selanjutnya hasil uji sensitivitas pada nilai ruas kanan kendala disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Sensitivitas Ruas Kanan Kendala

Nama Variabel	Nilai Ruas Kanan Kendala	Batas Minimal	Batas Maksimal
Penyetoran	58.880	6.062,98	<i>Infinity</i>
Sampah Tereduksi	7.282	2.024,447	<i>Infinity</i>
Keuntungan	7.215.739	6.194.808	7.234.884
Penjualan Sampah Plastik	2.641	2.627,18	3.379,13
Penjualan Sampah Kertas	1.513	1.489,25	2.779,66
Penjualan Sampah Logam	519	509,447	<i>Infinity</i>
Penjualan Sampah Kaca	2.609	2.571,089	4.630,646

Berdasarkan Tabel 2, perubahan kendala keuntungan, penjualan sampah plastik, penjualan sampah kertas, dan penjualan sampah kaca menunjukkan tingkat kepekaan model setelah hasil optimasi karena terdapat batas maksimal dan minimal. Sedangkan, kondisi pada batas maksimal kendala sampah tereduksi, penjualan sampah logam, dan penyetoran menunjukkan bahwa Bank Sampah Kota Yogyakarta belum perlu menambahkan sampah tereduksi, penyetoran sampah, dan penjualan sampah logam lebih dari batas minimal. Berikut Tabel 3 yang menunjukkan jumlah optimal sampah yang dapat terkumpul di bank sampah Kota Yogyakarta.

Tabel 3. Jumlah Kapasitas Optimal Bank Sampah

Kendala	Batasan	Satuan	Kapasitas Optimal Harian
Penyetoran	58.880	Kg	58.880
Sampah Tereduksi	7.282	Kg	7.282
Keuntungan	7.215.739	Rp	7.215.739
Penjualan Sampah Plastik	2.641	Kg	2.641
Penjualan Sampah Kertas	1.513	Kg	1.513
Penjualan Sampah Logam	519	Kg	509,447
Penjualan Sampah Kaca	2.609	Kg	2.609
Sampah Terkumpul		Kg	7.272,447

Berdasarkan Tabel 3, jumlah sampah yang dapat terkumpul di bank sampah per hari sebanyak 7.272,447 kg dengan masing-masing bank sampah dapat mengumpulkan sebanyak 15,12 kg per hari. Total maksimal sampah yang dapat disetorkan ke bank sampah sebanyak 58.880 kg/hari. Apabila jumlah keseluruhan nasabah (KK) Kota Yogyakarta aktif menyetorkan sampah ke bank sampah, maka jumlah sampah maksimal yang dapat disetorkan ke bank sampah untuk setiap nasabah (KK) sebanyak 2,7 kg per hari. Akan tetapi, pengurangan sampah maksimal yang dapat dilakukan Bank Sampah Kota Yogyakarta sebanyak 7.282 kg/hari yang

kemudian akan dijual ke pihak ketiga dengan masing-masing jenis sampah yaitu plastik, kertas, logam dan kaca terkumpul sebanyak 2.641 kg/hari, 1.513 kg/hari, 519 kg/hari, dan 2.609 kg/hari. Jumlah keuntungan maksimal dari hasil sampah yang telah dijual sebesar Rp7.215.739/hari. Jumlah sampah yang terkumpul paling banyak adalah sampah plastik dan jumlah sampah terkecil adalah sampah logam. Walaupun sampah logam terkumpul lebih sedikit dari tiga jenis sampah lainnya, pengumpulan sampah logam tetap dilakukan mengingat bank sampah merupakan salah satu sarana yang bertujuan untuk mengurangi sampah menuju tempat pembuangan akhir (TPA).

Demi mencapai tujuan tersebut, setiap warga di masing-masing RW saling bekerja sama dan berusaha aktif sebagai nasabah dalam menyetorkan sampah ke bank sampah. Tujuan tersebut tidak luput dari perhatian pemerintah setempat dengan turut membantu pembiayaan fasilitas, sarana, dan biaya dalam meningkatkan bank sampah serta membantu memberikan warga informasi melalui kegiatan pelatihan atau penyuluhan mengenai manfaat menyetorkan sampah ke bank sampah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, total keseluruhan bank sampah unit Kota Yogyakarta dapat mengurangi sampah sebesar 7.272,447 kg per hari atau 12% dari total timbulan sampah Kota Yogyakarta sebanyak 58.880 kg per hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Prodi Matematika dan Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu dan membimbing sehingga artikel dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. (2013). *Program Linear*. Makassar: Dua Satu Press.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. (2019). *Data Bank Sampah Kota Yogyakarta Tahun 2019*. Yogyakarta: Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. (2020). *Data Bank Sampah Kota Yogyakarta Tahun 2020*. Yogyakarta: Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.
- Indrianti, N. (2016). Community-based Solid Waste Bank Model for Sustainable Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 224, 158-166.
- Mulyono, S. (2016). *Riset Operasi Edisi 2*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Pemerintah Indonesia. (2008). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Rusqiyati, E. A. (18 Februari 2021). *DLH Sebut 20 Persen Bank Sampah di Yogyakarta Belum Optimal*. (A. Jauhary, Penyunting) Diambil pada 12 Januari 2022, dari <https://www.antaraneews.com/>.
- Tim Publikasi Katadata. (10 Desember 2019). *Menuju Indonesia Peduli Sampah*. Diambil pada 17 Desember 2020, dari <https://katadata.co.id/>.
- Widyaningrum, G. L. (23 Agustus 2020). *Bank Sampah Berperan Dalam Menangani Sampah Plastik, Bagaimana Memaksimalkannya?* Diambil pada 27 April 2021, dari <https://nationalgeographic.grid.id/>
- Winarso, H., & Larasati, A. (2011). Dari Sampah Menjadi Upah: Inovasi Pengolahan Sampah di Tingkat Akar Rumput Kasus Program Bank Sampah "Sendu" di Kelurahan Pasar Minggu Jakarta Selatan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 18 (1), 43-59.