 ISSN: 2830-0408

Pemodelan Sistem dan Optimasi Jaringan *Reverse Logistics* untuk Daur Ulang Sepeda (*Bike Sharing*)

Firdaus Ashari[a*], Nida An Khofiyah[a]
[a] Program Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126, Indonesia
* Corresponding author: firdaus.ashari@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Sistem sepeda berbagi (bike sharing) berkembang pesat di berbagai kota karena mampu menjawab kebutuhan perjalanan jarak pendek penggunanya. Namun, minimnya kedisiplinan pengguna dalam memarkir sepeda serta tindakan pengrusakan menyebabkan banyak sepeda rusak dan tertumpuk di ruang publik sehingga mengganggu lalu lintas. Penelitian ini bertujuan membangun model sistem untuk mengoptimalkan jaringan reverse logistics daur ulang sepeda berbagi yang rusak, dengan ukuran performansi berupa minimasi biaya pembangunan jaringan. Pendekatan pemodelan sistem digunakan mulai dari penggambaran rich picture, identifikasi sistem relevan, wider dan narrow system, influence diagram, hingga formulasi model matematis berbasis mixed integer programming yang melibatkan variabel keputusan lokasi initial collection point, lokasi processing and repair center (PRC), serta alokasi sepeda dari delivery point. Model diuji pada data numerik sepuluh initial collection point dan dua PRC, kemudian diselesaikan menggunakan perangkat lunak LINGO. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa struktur model mampu merepresentasikan trade-off antara biaya pembangunan fasilitas, biaya transportasi, biaya penyimpanan, biaya perbaikan, dan biaya kepuasan pelanggan, meskipun penyelesaian numerik penuh memerlukan penyederhanaan variabel agar solver dapat konvergen.

Kata Kunci: daur ulang sepeda, jaringan reverse logistics, model matematis, optimasi biaya, sepeda berbagi

ABSTRACT

Bike sharing systems have grown rapidly in many cities because they meet users' short-distance travel needs. However, undisciplined parking behaviour and vandalism have caused a large number of bicycles to become damaged and piled up in public spaces, disrupting traffic. This study develops a system model to optimize the reverse logistics network for recycling damaged shared bicycles, with the performance measure being minimization of network construction cost. A systems modelling approach was applied, starting from a rich picture, relevant system identification, wider and narrow system definition, and an influence diagram, leading to a mixed integer programming formulation involving decision variables for initial collection point locations, processing and repair center (PRC) locations, and bicycle allocation from delivery points. The model was tested on numerical data of ten initial collection points and two PRCs and solved using LINGO software. The results show that the model structure is able to represent the trade-off between facility construction cost, transportation cost, inventory cost, repair cost, and customer-satisfaction cost, although a full numerical solution required simplifying the decision variables for the solver to converge.

Keywords: *bicycle recycling, bike sharing, cost optimization, mathematical model, reverse logistics network*

ISSN: 2830-0408

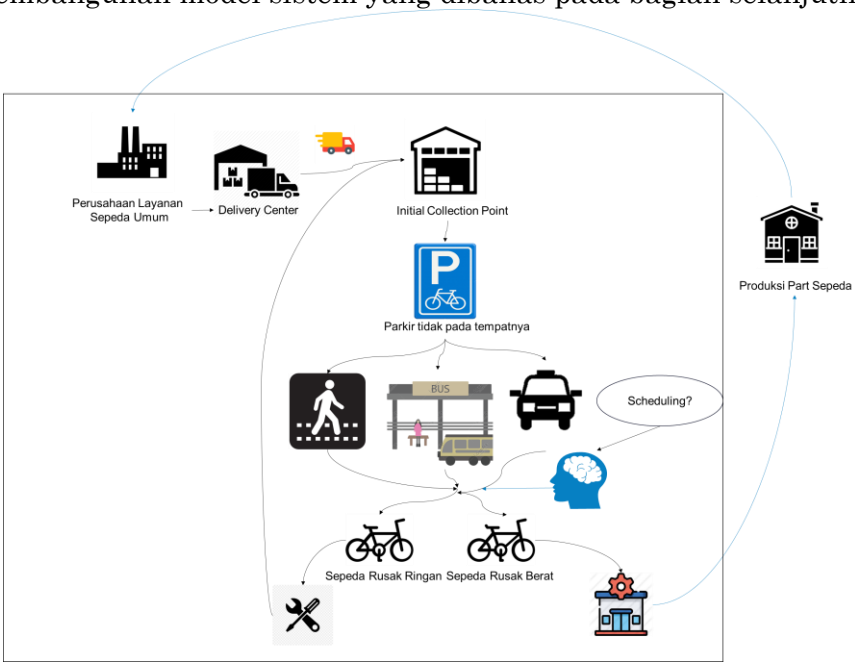
1. Pendahuluan

Sejak diperkenalkan di Hangzhou, Cina, pada tahun 2008, sistem sepeda umum berkembang pesat di berbagai kota besar maupun menengah. Pada tahun 2014, kemunculan layanan berbagi sepeda berbasis internet membuat sepeda tanpa dok (dockless) menggantikan sepeda yang harus dikembalikan ke tempat parkir tetap. Berbagi sepeda menjawab kebutuhan perjalanan kilometer terakhir (last-mile) bagi pengguna, terutama kalangan muda, dan pada akhir tahun 2016 jumlah penggunanya di pasar Cina telah mencapai 18,86 juta orang.

Di sisi lain, fleksibilitas parkir sepeda berbagi memicu masalah baru. Sebagian pengguna memarkir sepeda secara sembarangan sehingga menutup halte bus, tempat pemberhentian taksi, dan trotoar, yang mengganggu arus lalu lintas. Tindakan pencurian dan perusakan turut memperbanyak jumlah sepeda yang rusak dan tidak dapat digunakan. Salah satu laporan menyebutkan bahwa pada Mei 2017 tumpukan sepeda berbagi di sebuah gang sepanjang 300 meter dekat Stasiun Kereta Api Timur Beijing menyebabkan pejalan kaki berbaris dan memblokir lalu lintas. Semakin banyak sepeda yang beredar, semakin besar pula potensi sepeda yang dibuang dan menumpuk.

Berdasarkan situasi tersebut, perusahaan penyedia layanan sepeda berbagi memerlukan sebuah jaringan reverse logistics untuk mengumpulkan, memperbaiki, dan mendaur ulang sepeda yang rusak. Masalah yang dihadapi adalah pemakaian sepeda umum yang tidak terjadwal dengan baik: pengguna tidak memarkir sepeda pada tempatnya sehingga menimbulkan kemacetan, sementara pencurian dan pengrusakan mempercepat tingkat kerusakan sepeda, baik kerusakan ringan maupun berat. Tujuan yang ingin dicapai adalah meminimumkan biaya cadangan logistik sekaligus menjaga kepuasan pelanggan pada wilayah yang signifikan melalui pembangunan jaringan reverse logistics bagi sepeda yang rusak. Ukuran performansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah minimasi biaya pembangunan jaringan reverse logistics untuk daur ulang sepeda berbagi.

Sepeda dengan kerusakan ringan akan diperbaiki dan dikembalikan ke perusahaan layanan sepeda, sedangkan sepeda dengan kerusakan berat akan dibongkar menjadi komponen yang dijual kembali kepada produsen komponen sepeda untuk diproduksi ulang. Skema alur kerusakan dan penjadwalan sepeda berbagi ini menjadi dasar bagi pembangunan model sistem yang dibahas pada bagian selanjutnya.



Gambar 1. Rich picture situasi masalah sistem sepeda berbagi

ISSN: 2830-0408

2. Tinjauan Pustaka

Fleischmann dkk. (1997) mendefinisikan logistik terbalik (reverse logistics) sebagai proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian arus masuk serta penyimpanan produk sekunder beserta informasi terkait secara efektif. Thierry dan Van Nunen (1995) membagi struktur jaringan logistik terbalik menjadi lima jenis menurut metode penanganannya, yaitu pengembalian bisnis, pemeliharaan, penggunaan kembali, remanufaktur, dan daur ulang. Beberapa penelitian lain memodelkan jaringan logistik terbalik pada konteks yang berbeda-beda, misalnya masalah pengembalian produk pada sistem e-commerce yang diselesaikan dengan algoritma genetika hibrida dan simulated annealing, penggunaan kembali kemasan melalui studi kasus, serta model jaringan berbasis pemrograman fuzzy maupun model dua tingkat untuk sistem remanufaktur seperti komputer bekas, mesin cuci, dan pengering.

Penelitian mengenai sepeda berbagi umumnya terbagi menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama berfokus pada pemilihan lokasi sepeda dengan dok tetap, misalnya model perencanaan untuk permintaan deterministik dan stokastik, model jaringan sepeda listrik dengan rantai perjalanan, model dua tingkat untuk pemilihan lokasi penyewaan yang mempertimbangkan kepentingan pemerintah dan pengguna, serta model regresi berulang berbasis kepadatan populasi dan pendapatan rata-rata. Kelompok kedua berfokus pada peramalan permintaan berbagi sepeda, antara lain menggunakan data historis tiap titik sewa, jaringan saraf tiruan BP untuk memprediksi frekuensi peminjaman, model mixed integer linear programming untuk penyeimbangan ulang statis, algoritma pencarian lokal iteratif, serta jaringan saraf Elman untuk memprediksi permintaan pada stasiun tunggal.

Berbeda dengan sepeda umum berdok tetap, sepeda berbagi tidak memiliki lokasi parkir yang pasti sehingga proses daur ulang sepeda yang rusak menjadi lebih sulit dilakukan. Studi-studi di atas memberikan dasar konsep dan metode bagi perancangan jaringan logistik terbalik, namun belum secara khusus mengakomodasi karakteristik sepeda berbagi tanpa dok. Penelitian ini membangun dan mengoptimalkan jaringan logistik terbalik yang disesuaikan dengan karakteristik sepeda berbagi tersebut.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan sistem yang terdiri atas identifikasi sistem relevan, penggambaran wider dan narrow system, penyusunan influence diagram, penetapan asumsi dan notasi, hingga perumusan model matematis. Strategi penelitian yang diadopsi mengikuti klasifikasi Reisman (1988), yaitu structuring strategy: mengidentifikasi permasalahan yang belum banyak diteliti dan menyusunnya ke dalam bentuk model matematis.

3.1 Identifikasi Sistem Relevan

Identifikasi sistem relevan dilakukan untuk menentukan entitas sistem yang penting bagi pembangunan model dan mengabaikan entitas yang tidak relevan, mengikuti kaidah Daellenbach (1995). Hasil identifikasi entitas sistem ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Entitas sistem relevan

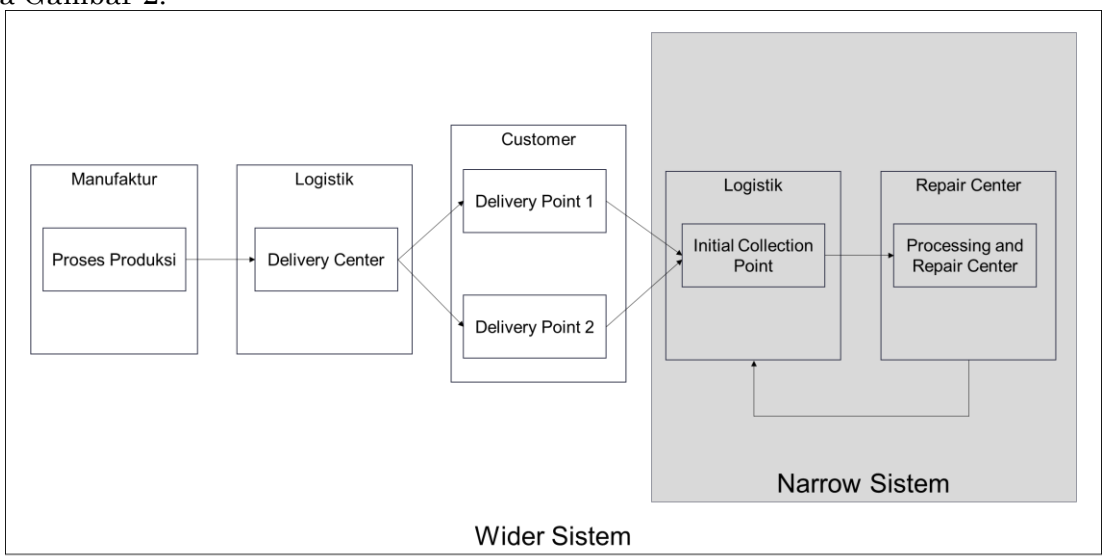
Entitas	Identifikasi
Hari kerja (working day)	Input
Biaya inventory pada initial collection point	Input
Sepeda didaur ulang dari delivery point ke initial collection point	Variabel keputusan
Biaya initial collection dan penyimpanan	Output
Biaya proses initial collection point untuk produk daur ulang	Input

ISSN: 2830-0408

Entitas	Identifikasi
Rata-rata biaya perawatan untuk produk daur ulang yang digunakan kembali	Input
Biaya operasi produk daur ulang pada PRC	Input
Rasio produk yang diperbaiki dan digunakan kembali	Input
Biaya operasi dan perawatan	Output
Rata-rata harian produk daur ulang saat pengiriman	Input
Biaya proses daur ulang dan perawatan	Input
Biaya perluasan/pembangunan baru initial collection point	Output
Tingkat pembuangan limbah minimum dari pengolahan terpusat	Input
Rasio kerusakan sepeda	Input
Lokasi initial collection point diperluas/diperbarui	Variabel keputusan
Biaya pembangunan initial collection point	Input
Indeks posisi	Input
Biaya transportasi	Input
Periode penyimpanan di initial collection point	Input
Biaya kehilangan kepuasan pelanggan	Output
Biaya transportasi dari initial collection point ke PRC	Output
Biaya setup perbaikan dan proses	Input
Lokasi PRC diperluas/diperbarui	Variabel keputusan
Biaya proses sepeda umum	Output
Minimasi biaya	Ukuran performansi

3.2 Wider System dan Narrow System

Wider system pada penelitian ini mencakup keseluruhan sistem transportasi kota yang dipengaruhi oleh keberadaan sepeda berbagi, sedangkan narrow system difokuskan pada jaringan reverse logistics daur ulang sepeda, mulai dari delivery point, initial collection point, hingga processing and repair center (PRC), sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Wider system dan narrow system

3.3 Interest Stakeholder

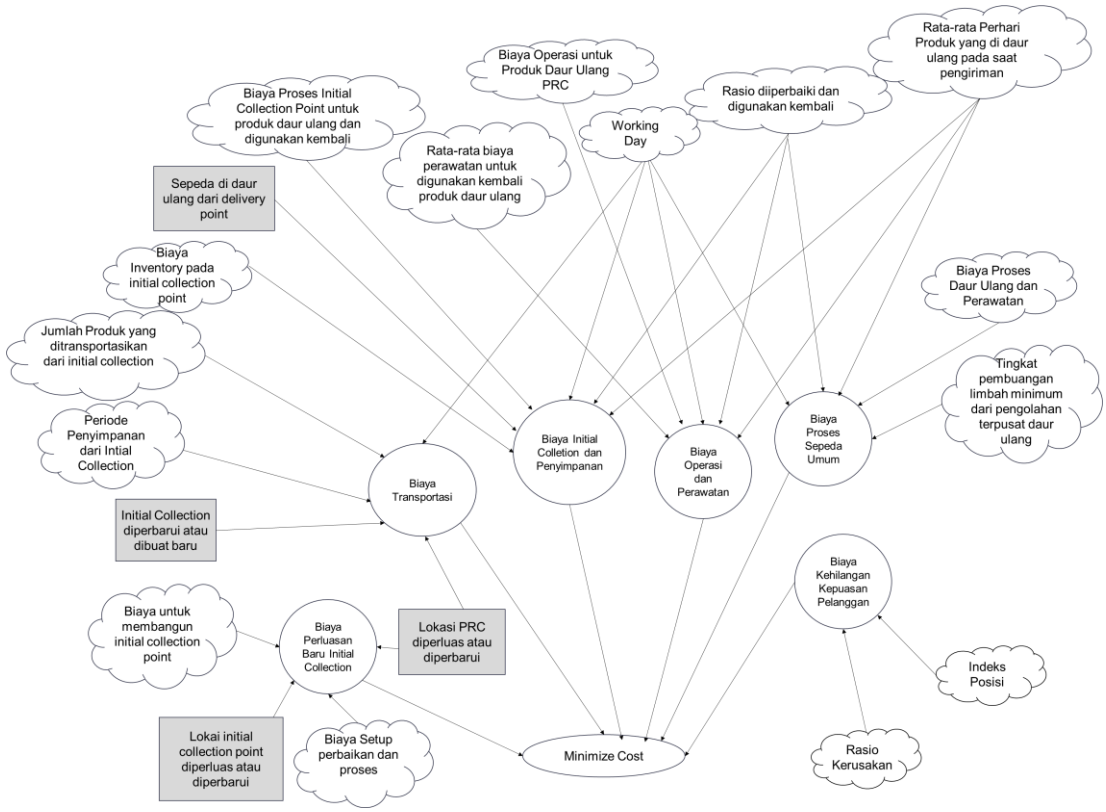
Problem owner dalam sistem ini adalah manajer logistik perusahaan layanan sepeda umum yang memiliki kendali atas keputusan tindakan yang diambil. Problem user adalah pengguna sepeda umum, sedangkan problem customer meliputi pemerintah, pengguna jalan, pengguna halte bus dan taksi, serta masyarakat sekitar yang terdampak

 ISSN: 2830-0408

langsung oleh tumpukan sepeda rusak. Problem solver adalah konsultan atau pihak lain yang ditunjuk untuk merumuskan penyelesaian masalah.

3.4 Influence Diagram

Influence diagram digunakan untuk menggambarkan pengaruh input terkendali (variabel keputusan) dan input lain terhadap komponen sistem serta pengaruhnya terhadap output, khususnya ukuran performansi. Diagram tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Influence diagram

Variabel keputusan yang terlibat adalah lokasi initial collection point yang diperluas atau diperbarui, lokasi PRC yang diperluas atau diperbarui, serta jumlah sepeda yang didaur ulang dari delivery point ke initial collection point. Biaya perluasan/pembangunan baru initial collection point dipengaruhi oleh lokasi PRC, biaya pembangunan initial collection point, lokasi initial collection point, dan biaya setup perbaikan. Biaya transportasi dipengaruhi oleh lokasi initial collection point, periode penyimpanan, jumlah produk yang ditransportasikan, lokasi PRC, dan hari kerja. Biaya initial collection dan penyimpanan dipengaruhi oleh biaya simpan, jumlah sepeda yang didaur ulang, rasio produk yang diperbaiki dan digunakan kembali, serta rata-rata harian produk daur ulang. Biaya operasi dan perawatan dipengaruhi oleh rata-rata biaya perawatan, hari kerja, biaya operasi PRC, dan rasio produk yang digunakan kembali. Biaya proses sepeda umum dipengaruhi oleh biaya proses daur ulang, hari kerja, rasio produk digunakan kembali, dan tingkat pembuangan limbah minimum, sedangkan biaya kehilangan kepuasan pelanggan dipengaruhi oleh indeks posisi dan rasio kerusakan.

Sistem yang dimodelkan bersifat deterministik-statis: deterministik karena tidak melibatkan variabel atau parameter probabilistik, dan statis karena model menggunakan binary variable.

 ISSN: 2830-0408

3.5 Asumsi Model

- Daur ulang sepeda mengikuti urutan yang ketat, dari delivery point ke initial collection point, hingga processing and repair center (PRC).
- Kapasitas initial collection point memenuhi persyaratan pemulihan sepeda.
- Jarak antara initial collection point dan delivery point sangat singkat sehingga biaya transportasinya dapat diabaikan.
- PRC dipandang sebagai bagian yang berbeda dari organisasi perusahaan layanan sepeda.

3.6 Notasi

H = tingkat kerusakan sepeda berbagi (H = 1,2,3,4,5)
C_i^int = biaya penetapan initial collection point pada lokasi i
C_i^inv = biaya penyimpanan pada initial collection point di lokasi i
C_j^cent = biaya pengadaan processing and repair center pada lokasi j
C_oper = biaya unit operasi produk daur ulang pada PRC
C_deal = biaya unit proses daur ulang pada processing and maintenance center
C_i^t = biaya unit pengiriman dari initial collection point ke delivery point terdekat
C_clean = biaya unit proses produk initial collection point yang dikembalikan untuk digunakan kembali
C_j^c = biaya unit pengiriman dari PRC ke pusat distribusi terdekat
C_repair^H = biaya unit rata-rata perbaikan untuk nilai berbeda dari produk daur ulang
N_k = rata-rata harian jumlah produk daur ulang pada delivery point k
d_max = jarak maksimum yang diperbolehkan dari kelompok delivery point ke initial collection point
d_ij, d_ki = jarak initial collection point i ke repair center j, dan delivery point k ke initial collection point i
Q_j = kapasitas maksimum PRC j
f(u_ij, d_ij) = fungsi biaya transportasi
ρ_i = indeks posisi i
ΔT_i = waktu utilitas pengiriman di lokasi i
G_i = dampak sepeda rusak terhadap lingkungan masyarakat
γ = tingkat pembuangan limbah minimum dari pengolahan terpusat daur ulang
q_int, q_cent = kapasitas maksimum initial collection point dan PRC
u_ij = jumlah produk yang diangkut dari initial collection point i ke PRC
T_i = periode penyimpanan pada initial collection point i
ə = rasio biaya perusahaan terhadap kekecewaan pelanggan
λ = rasio produk yang dapat digunakan kembali dan diperbaiki
W_i = rasio pergantian sepeda
α_i = rasio kerusakan sepeda berbagi pada posisi i
D = jumlah hari kerja

3.7 Model Matematis

Fungsi tujuan model adalah minimasi biaya pembangunan jaringan reverse logistics untuk daur ulang sepeda berbagi, dinyatakan sebagai Min C, yang diuraikan menjadi enam komponen biaya: biaya perluasan/pembangunan baru initial collection point dan PRC (C1), biaya transportasi dari initial collection point ke PRC (C2), biaya initial collection point dan biaya simpan (C3), biaya perbaikan dan operasi di PRC (C4), biaya proses sepeda berbagi di PRC (C5), serta biaya kehilangan kepuasan pelanggan (C6), dengan bobot ə pada komponen keenam:

$$\text{Min } C = \sum(i=1..5)\ Ci + ə\ C6 \quad (1)$$

$$C1 = \sum(i=1..m)\ Ci^{int}\ xi + \sum(j=1..n)\ Cj^{cent}\ yj \quad (2)$$

$$C2 = \sum(j=1..n)\ \{\ yj\ \sum(i=1..m)\ (\mu ij \cdot D/Ti) \cdot f(\mu ij, dij)\ \} \quad (3)$$

$$C3 = D \cdot Cclean \sum(i=1..m)\sum(k=1..r)\ \lambda\ Nk\ Zki + D \sum(i=1..m)\ Ci^{inv} \sum(k=1..r)\ (1-\lambda)\ Nk\ Zki \quad (4)$$

$$C4 = Crepair \cdot D \sum(j=1..m)\ \lambda\ Nk + Coper \cdot D \sum(j=1..n)\ (1-\lambda)\ Nk \quad (5)$$

$$C5 = Cdeal \cdot D \sum(k=1..r)\ Nk\ (1-\lambda-\gamma) \quad (6)$$

$$C6 = \sum(i=1..m)\ \alpha i\ \rho i \quad (7)$$

ISSN: 2830-0408

Pada persamaan (2), biaya Ci^int dikalikan dengan jumlah initial collection point yang dipilih, ditambah biaya pengadaan Cj^cent untuk PRC pada lokasi j. Persamaan (3) memuat fungsi biaya transportasi f(μij, dij) dari initial collection point ke PRC. Persamaan (4) memuat perkalian rata-rata harian jumlah produk daur ulang pada delivery point k dengan jumlah produk yang disimpan, Ci^inv ∑(1-λ)Nk Zki. Persamaan (5) memuat biaya unit rata-rata perbaikan Crepair dan biaya unit operasi Coper untuk produk daur ulang di PRC. Persamaan (6) memuat biaya unit proses daur ulang Cdeal, sedangkan persamaan (7) memuat rasio kerusakan αi dan indeks posisi ρi pada tiap lokasi i.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Numerik

Model diuji menggunakan data numerik yang terdiri atas sepuluh kandidat lokasi initial collection point dan dua kandidat lokasi PRC. Tabel 2 menyajikan biaya perluasan/pembangunan baru initial collection point.

Tabel 2. Biaya perluasan/pembangunan baru initial collection point

i	Ci_int (yuan)	Ci_inv (yuan)	Ci_t (yuan)	rho_i (yuan)	alpha_i (yuan)
1	980	0.9	1.8	1.25	0.02
2	1020	0.8	1.8	1.0	0.01
3	1050	1.0	1.8	1.5	0.02
4	1030	1.0	1.8	1.5	0.02
5	1000	0.9	1.8	1.25	0.01
6	950	0.8	1.8	1.0	0.02
7	930	0.8	1.8	1.0	0.01
8	1010	1.0	1.8	1.5	0.02
9	1020	0.9	1.8	1.25	0.01
10	1050	1.0	1.8	1.5	0.01

Tabel 3. Biaya perluasan/pembangunan baru processing and repair center

j	Cj_cent (yuan)	Qj (yuan)	Cj_c (yuan)
1	5050	1000	0.9
2	5045	1000	1.0

Tabel 4 menunjukkan rasio distribusi rata-rata jumlah sepeda daur ulang (μij) dari sepuluh initial collection point (p1–p10) ke dua PRC (m1, m2), sedangkan parameter lain yang relevan (Ccl ean, λ, Coper, Crepair, Cdeal, D, γ) ditetapkan sebagaimana pada Tabel 5.

Tabel 4. Rata-rata jumlah sepeda didaur ulang per PRC

Titik	m1	m2
p1	300	0
p2	200	0
p3	300	0
p4	400	0
p5	300	0
p6	0	300
p7	0	300
p8	0	400
p9	0	300
p10	0	200

Tabel 5. Parameter lain yang relevan

Parameter	Nilai
Cclean (yuan)	15
λ (konstanta)	0,6
Coper (yuan)	5
Crepair (yuan)	10
Cdeal (yuan)	5
D (hari)	260
γ (konstanta)	0,15

 ISSN: 2830-0408

4.2 Formulasi dan Penyelesaian dengan LINGO

Model matematis pada persamaan (1)-(7) diterjemahkan ke dalam notasi LINGO dengan variabel biner xi (pembangunan initial collection point i), yj (pembangunan PRC j), dan zki (alokasi delivery point k ke initial collection point i), beserta kendala keseimbangan alokasi dan kapasitas. Pada percobaan awal dengan seluruh variabel keputusan (10 initial collection point, 2 PRC, dan 50 titik delivery point), solver LINGO belum berhasil memperoleh solusi karena besarnya jumlah variabel biner z. Model kemudian disederhanakan dengan membatasi jumlah faktor x, y, dan z yang dilibatkan menjadi dua faktor saja, sehingga solver dapat dijalankan dan menghasilkan solusi optimal lokal berikut.

4.3 Hasil dan Analisis

Tabel 6. Ringkasan hasil optimasi LINGO

Variabel	Nilai	Reduced Cost
X1	0,00000004	0,000000
X2	0,000000	1.020.000
Y1	0,000000	5.050.000
Y2	0,000000	5.045.000
U11	0,000000	0,000000
U21	0,000000	0,000000
T	1.216.078	0,000000
D11	0,000000	0,000000
D12	0,9973444	0,000000
N1	0,000000	3.380.000
N2	0,000000	2.250.000
Z12	1,000000	0,000000
F	0,9426117	0,000000
U12	1,000000	0,000000
M	23.184.750	0,000000
QJ	4.630.668	0,000000
DMAX	1,000000	0,000000
QINT	0,00000004	0,000000

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa variabel X1 dan U12 bernilai positif, mengindikasikan bahwa initial collection point pada lokasi 1 terpilih untuk dibangun/diperluas dan mengalokasikan sepeda ke PRC kedua (U12 = 1). Nilai reduced cost yang besar pada variabel X2, Y1, dan Y2 menunjukkan bahwa penambahan initial collection point atau PRC lain pada solusi saat ini akan meningkatkan biaya total secara signifikan, sehingga solusi cenderung mempertahankan konfigurasi jaringan yang minimal. Variabel dual price pada beberapa baris kendala bernilai nol, menandakan kendala tersebut tidak aktif (slack) pada solusi optimal yang diperoleh. Secara umum, struktur model mampu menangkap trade-off antara biaya pembangunan fasilitas baru, biaya transportasi, dan biaya penyimpanan, meskipun penyelesaian pada skala penuh (10 initial collection point, 2 PRC, 50 delivery point) memerlukan penyederhanaan variabel keputusan agar solver dapat konvergen. Hal ini membuka peluang penelitian lanjutan untuk menyelesaikan model skala penuh menggunakan metaheuristik, misalnya algoritma genetika hibrida sebagaimana digunakan pada penelitian acuan.

ISSN: 2830-0408

5. Kesimpulan

Penelitian ini membangun model sistem untuk mengoptimalkan jaringan reverse logistics daur ulang sepeda berbagi yang rusak, dengan ukuran performansi berupa minimasi total biaya pembangunan jaringan. Melalui tahapan identifikasi sistem relevan, penggambaran wider-narrow system, dan influence diagram, diperoleh tujuh komponen biaya utama yang membentuk fungsi tujuan model mixed integer programming. Uji coba numerik dengan software LINGO menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan trade-off antar komponen biaya, meskipun penyelesaian pada skala penuh memerlukan penyederhanaan jumlah variabel keputusan. Penelitian lanjutan disarankan untuk menyelesaikan model pada skala penuh menggunakan pendekatan metaheuristik seperti algoritma genetika hibrida, serta memvalidasi model pada studi kasus nyata sebagaimana dilakukan pada penelitian acuan di Kota Yinchuan, Cina.

Pustaka

[1] M. Fleischmann, J. M. Bloemhof-Ruwaard, and R. Dekker, "Quantitative models for reverse logistics: A review," European Journal of Operational Research, vol. 103, no. 1, pp. 1-17, 1997.
[2] Bo He and Chao Yang, "Trade-offs between cost and customer service in reverse logistics network design," Chinese Journal of Management Science, vol. 16, no. 4, pp. 90-95, 2008.
[3] L. Kroon and G. Vrijens, "Returnable containers: An example of reverse logistics," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 25, no. 2, pp. 56-68, 1995.
[4] Meilian Liu, Huilan Li, and Jianwei Qiu, "Design for the reverse logistics network of WEEE based on fuzzy programming," Industrial Engineering and Management, vol. 16, no. 2, pp. 109-122, 2011.
[5] J. Lee, M. Gen, and K. Rhee, "Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm," Computers & Industrial Engineering, vol. 56, no. 3, pp. 951-964, 2009.
[6] S. A. Alumur, S. Nickel, F. Saldanha-da-Gama, and V. Verter, "Multi-period reverse logistics network design," European Journal of Operational Research, vol. 220, no. 1, pp. 67-78, 2012.
[7] Mingang Zeng and Mingjian Zhou, "A reverse logistics model for the recycling of scrap computers," Industrial Engineering Journal, vol. 9, no. 6, pp. 55-60, 2009.
[8] Shangyao Yan, Jenn-Rong Lin, Yi-Chun Chen, and Fang-Rui Xie, "Rental bike location and allocation under stochastic demands," Computers & Industrial Engineering, vol. 107, pp. 1-11, 2017.
[9] Yucong Hu, Zhiwei Chen, and Jingxiang Huang, "Location model for public electric bicycle rent based on bi-level programming," Journal of South China University of Technology, vol. 45, no. 4, pp. 118-123, 2017.
[10] Yong Ni, Changjiang Zheng, and Rui Li, "Study on location of public bicycle rental points based on bi-level programming model," Journal of East China Jiaotong University, vol. 34, no. 3, pp. 46-52, 2017.
[11] Yi Wang, "Research on public bicycle rental sites selection and stock demand forecasting of a small city," Journal of Transport Science and Engineering, vol. 32, no. 1, pp. 96-100, 2016.
[12] Liu He, Xuhong Li, Dawei Chen, Jing Lu, and Yuanyuan Wu, "Research on the demand forecast model of public bike dynamic scheduling system," Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), vol. 37, no. 2, pp. 278-282, 2013.
[13] Xinyun Chen, Yongkang Jiang, Muyuan Li, and Xiwei Ke, "Scheduling demand of single public bicycle station based on BP neural network," Transport Research, vol. 2, no. 3, pp. 20-25, 2016.
[14] A. Pal and Y. Zhang, "Free-floating bike sharing: Solving real-life large-scale static rebalancing problems," Transportation Research Part C, vol. 80, pp. 92-116, 2017.
[15] F. Cruz, A. Subramanian, B. P. Bruck, and M. Iori, "A heuristic algorithm for a single vehicle static bike sharing rebalancing problem," Computers & Operations Research, vol. 79, pp. 19-33, 2017.
[16] Xiaoping Xie, Jiandong Qiu, and Min'an Tang, "Demand prediction of public bicycle rental station based on Elman neural network," Computer Engineering and Application, vol. 53, no. 16, pp. 221-224, 2017.

 ISSN: 2830-0408

[17] X. Wang, Y. Zhang, and et al., "Reverse logistic network optimization research for sharing bikes," in Proc. 22nd Int. Conf. Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES2018), Belgrade, Serbia, Sep. 3-5, 2018.
[18] H. G. Daellenbach, Systems and Decision Making: A Management Science Approach. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.
[19] A. Reisman, "On alternative strategies for doing research in the management and social sciences," IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 35, no. 4, pp. 215-220, 1988.
[20] G. Thierry and J. A. E. E. van Nunen, "Waste prevention through reverse logistics: A framework," TNO Report, 1995.