
PENENTUAN RUTE MOBIL PENGANGKUT SEPEDA DALAM PROSES REBALANCING SEBAGAI VEHICLE ROUTING PROBLEM

MIRANI OKTAVIA

Teknik Industri

Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Raya Tengah Kelurahan Gedong Pasar Rebo Jakarta Timur 13760

Email: miranioktavia1510@gmail.com

Abstract. The use of bicycles facilitated by a college can be seen as one of the interesting phenomena because the campus is required always to ensure that the number of bicycles in each bicycle storage area (shelter) must return to normal when the beginning of the lecture starts every day while the existence of the mobility process carried out by all stakeholders of the campus is very possible to occur the creation of bicycles in a shelter which also resulted in the reduction of bicycles in other shelters. Therefore, a method is needed to return the number of bicycles like the early morning according to the capacity of each shelter using the car that is transporting which is then called the rebalancing process of the bicycle. In this study, a model of the operational of the car carrier was designed during the rebalancing process. Therefore, information is needed on which shelter routes to visit and how many bicycles are moved from one shelter to another. This distribution problem is categorized as one form of vehicle routing problem (VRP) to minimize mileage of the car that is transporting of bikes.

Keywords: the bikes of campus, rebalancing process, and vehicle routing problems

Abstrak. Pemakaian sepeda yang difasilitasi oleh suatu perguruan tinggi dapat dipandang sebagai salah satu fenomena yang menarik karena pihak kampus dituntut untuk selalu memastikan bahwa banyaknya sepeda di setiap tempat penyimpanan sepeda (*shelter*) harus kembali seperti sedia kala ketika awal perkuliahan dimulai setiap harinya. Sementara dengan adanya proses mobilitas yang dilakukan oleh seluruh *stakeholder* kampus sangat memungkinkan terjadi penumpukan sepeda di suatu *shelter* tertentu yang juga mengakibatkan adanya pengurangan sepeda di *shelter* lainnya. Manajemen pengelolaan jumlah sepeda di setiap *shelter* yang terstruktur ditandai dengan kestabilan banyaknya sepeda yang tersedia. Keberhasilan pengelolaan tersebut menjadi salah satu penunjang kelancaran mahasiswa dalam melakukan aktivitas akademik terutama di lokasi-lokasi yang strategis. Selain itu, penggunaan sepeda di lingkungan perguruan tinggi dinilai sebagai wujud nyata penerapan suasana kampus hijau yang secara langsung dapat menciptakan atmosfer teduh, asri, sejuk, dan kondusif untuk melakukan kegiatan belajar. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode untuk mengembalikan banyaknya sepeda seperti jumlah semula sesuai daya tampung setiap *shelter* menggunakan mobil pengangkut yang kemudian dinamakan proses *rebalancing* sepeda. Dalam penelitian ini dirancang sebuah model rute pengoperasian mobil pengangkut selama *rebalancing process*. Karenanya, dibutuhkan informasi mengenai *shelter* mana saja yang harus dikunjungi dan berapa banyak sepeda yang dipindahkan. Masalah pendistribusian ini dikategorikan sebagai salah satu bentuk *vehicle routing problem* (VRP) untuk meminimumkan jarak tempuh mobil pengangkut sepeda.

Kata Kunci: sepeda kampus, *rebalancing process*, dan *vehicle routing problem*

PENDAHULUAN

Suatu instansi yang memiliki kawasan cukup luas disertai beberapa *shelter* yang terpisahkan cukup jauh satu sama lain banyak yang akhirnya difasilitasi dengan moda transportasi memadai yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh *stakeholder* terkait. Moda transportasi yang sering

digunakan adalah sepeda yang diketahui bersama merupakan alat transportasi aman, sehat, praktis, hemat, dan beberapa keuntungan lainnya. Mobilitas sepeda di setiap tempat pada kawasan tersebut haruslah dikelola sebaik mungkin agar keseimbangan jumlah sepeda dapat terus terjaga (Chemlaa, 2013).

Di beberapa negara berkembang sepeda dijadikan sebagai alat transportasi yang disediakan di berbagai tempat strategis dan dikelola oleh pemerintah setempat (Brinkmann, 2016). Sistem transportasi sepeda juga menjadi populer kota-kota urban. Kunci sukses untuk sistem berbagi sepeda adalah efektivitas penyeimbangan pengoperasian, yaitu upaya untuk mengembalikan jumlah sepeda di setiap *shelter* (Liu, 2016). Sedangkan di Indonesia penggunaan sepeda yang terkelola lebih sering disediakan oleh instansi pendidikan khususnya kawasan perguruan tinggi. Penyediaan sepeda tersebut sangatlah besar manfaatnya bagi mahasiswa yang merupakan pengguna utama karena dapat memudahkan mahasiswa ketika melakukan aktivitas akademik di beberapa tempat dalam lingkungan kampus yang cukup berjauhan.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba mempelajari situasi dan kondisi sepeda yang disediakan, digunakan, dan dikelola oleh suatu perguruan tinggi. Berikut disajikan gambaran keadaannya.

- a. Kondisi sepeda di setiap *shelter* pada pagi hari
Tertata rapi; Banyaknya sepeda sesuai dengan jumlah awal yang telah ditentukan berdasarkan luas setiap *shelter*
- b. Kondisi sepeda di setiap *shelter* pada siang hari
Terjadi perpindahan posisi dari satu *shelter* ke *shelter* yang lainnya;
Sepeda yang diambil dari satu *shelter* tidak selalu kembali ke *shelter* semula;
Perpindahan akan terus berlangsung selama proses mobilitas terjadi sepanjang hari;
- c. Kondisi sepeda di setiap *shelter* pada sore hari
Proses perpindahan sepeda antar *shelter* sudah tidak terjadi lagi;
Banyak sepeda pada setiap *shelter* sangat mungkin berubah dari kondisi awal (pagi hari).

Dari gambaran situasi dan kondisi di atas, peneliti memandang perlu diadakannya sebuah sistem pendistribusian sejumlah sepeda yang optimal ke setiap *shelter* agar dapat memenuhi kebutuhan mahasiswa akan alat transportasi yang memadai dan mudah dijangkau sehingga proses aktivitas akademik mahasiswa dapat berjalan secara kondusif.

Oleh karena itu, dalam kajian ini akan dijelaskan *rebalancing process* dari sepeda yaitu suatu proses menentukan rute pendistribusian sepeda ke setiap *shelter* menggunakan mobil pengangkut yang bekerja di sore atau malam hari ketika aktivitas akademik tidak berlangsung. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengembalikan banyaknya sepeda setiap pagi hari agar sesuai dengan daya tampung setiap *shelter* yang telah ditetapkan. Masalah ini dalam keilmuan riset operasi dikategorikan sebagai salah satu bentuk dari *vehicle routing problem* (VRP) yang solusinya dapat diperoleh dengan bantuan *linear programming software*. Model formulasi matematik yang telah dirancang kemudian diaplikasikan pada kasus proses *rebalancing* sepeda di lingkungan kampus Institut Pertanian Bogor (IPB) Dramaga.

METODE

Dalam disiplin ilmu riset operasi, permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini merupakan salah satu kasus dari *vehicle routing problem* (VRP). Oleh karena itu, untuk memperoleh solusi penentuan rute operasional dari mobil pengangkut sepeda agar banyaknya sepeda di setiap *shelter* pada awal periode selalu kembali seperti sedia kala.

Berikut didefinisikan sejumlah himpunan, parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala-kendala untuk memodelkan masalah menjadi bentuk formulasi matematika.

Himpunan

V = Himpunan verteks yang disusun oleh $n + 1$, $V = \{0, \dots, N\}$. Verteks $\{1, \dots, N\}$ menyatakan seluruh *shelter* sepeda yang ada dan verteks 0 menyatakan depot.

A = Himpunan arc. Setiap arc $(i_1, i_2) \in A$ menyatakan jalan yang dapat dilalui oleh mobil pengangkut.

Parameter

c_{i_1, i_2} = jarak tempuh dari *shelter* i_1 ke *shelter* i_2
 p_i = banyaknya sepeda sore hari di *shelter* i
 q_i = banyaknya sepeda pagi hari (keesokan harinya) di *shelter* i setelah *rebalancing process*
 Q = kapasitas mobil pengangkut

Variabel Keputusan

$x_i = \begin{cases} 1; & \text{jika shelter } i \text{ dikunjungi} \\ 0; & \text{selainnya} \end{cases}$
 $z_{i_1, i_2} = \begin{cases} 1; & \text{jika mobil pengangkut sepeda mengunjungi shelter } i_2 \\ & \text{setelah mengunjungi shelter } i_1 \\ 0; & \text{selainnya} \end{cases}$
 y_{i_1, i_2} = banyaknya sepeda yang dibawa pada saat pemindahan

Fungsi Objektif

Menentukan rute mobil pengangkut sepeda dalam *rebalancing proses* agar jarak tempuh seminimum mungkin.

$$\min \sum_{(i_1, i_2) \in A} c_{i_1, i_2} z_{i_1, i_2}$$

Kendala-kendala

1. Ada mobil pengangkut sepeda yang datang dari *shelter* i_1 ke *shelter* i_2 jika *shetrer* i_1 harus dikunjungi.

$$\sum_{i_1=1}^K z_{i_1, i_2} = x_{i_1}, \quad \forall i_1$$

2. Memastikan mobil pengangkut sepeda mulai beroperasi pada depot (bagasi mobil pengangkut sepeda) ($i_1 = 1$).

$$\sum_{i_1=1}^K z_{i_1, i_2} = 1, \quad \forall i_1 = 1, i_2 \neq 1$$

3. Memastikan mobil pengangkut sepeda selesai beroperasi pada depot ($i_1 = 1$)

$$\sum_{i_1=1}^K z_{i_2, i_1} = 1, \quad \forall i_1 = 1, i_2 \neq 1$$

4. Banyak sepeda yang diangkut sesuai dengan kapasitas mobil pengangkut.

$$y_{i_1, i_2} \leq Q z_{i_1, i_2}, \quad \forall i_1, i_2 \in V$$

5. Banyak sepeda yang pergi dan datang ditambah dengan banyak sepeda keadaan mula – mula pada setiap *shelter* i sama dengan banyak sepeda pada keadaan terakhir (proses *rebalancing*).

$$\sum_{i_2 \neq 1} (y_{i_2, i_1} - y_{i_1, i_2}) + p_{i_1} = q_{i_1}, \quad \forall i_1 \in V, i_1 \neq 1$$

6. Kendala bilangan biner

$$z_{i_1, i_2} \in \{0,1\}, \quad \forall (i_1, i_2) \in A$$

$$x_{i_1} \in \{0,1\}, \quad \forall i_1 \in V$$

7. Kendala bilangan integer positif

$$y_{i_1, i_2} \in Z^+ \quad \forall (i_1, i_2) \in A$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model dengan bentuk umum seperti yang telah dipaparkan pada penjelasan di atas dapat diujikan untuk beberapa ilustrasi kasus sederhana sebagai berikut.

Ilustrasi: Kasus 1

Tabel 1. Jarak dari suatu *shelter* ke *shelter* lainnya (meter)

<i>Shelter</i>	1	2	3	4	5
1	0	3	4	9	2
2	3	0	5	6	10
3	4	5	0	4	2
4	9	6	4	0	9
5	2	10	2	9	0

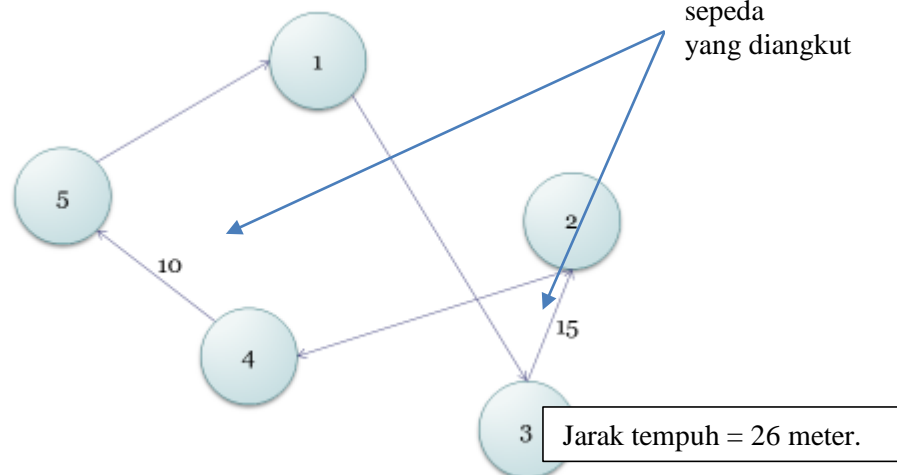
Tabel 2. Banyaknya sepeda di akhir periode dan awal periode di setiap *shelter* (buah)

<i>Shelter</i>	1	2	3	4	5
p_i	0	15	65	40	40
q_i	0	30	50	30	50

Kapasitas mobil pengangkut = 50.

Berikut diperoleh rute kunjungan mobil pengangkut untuk Kasus 1.

Banyaknya sepeda yang diangkut



Gambar 1. Rute *rebalancing process* mobil pengangkut untuk Kasus 1
 Ilustrasi: Kasus 2

Tabel 3. Jarak dari suatu *shelter* ke *shelter* lainnya (meter)

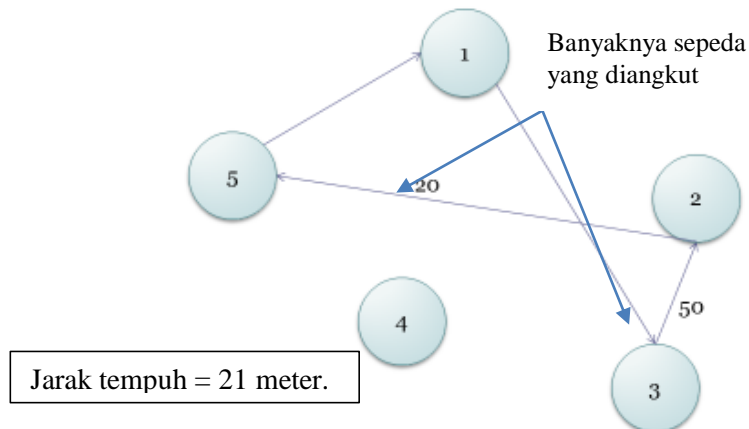
Shelter	1	2	3	4	5
1	0	3	4	9	2
2	3	0	5	6	10
3	4	5	0	4	2
4	9	6	4	0	9
5	2	10	2	9	0

Tabel 4. Banyaknya sepeda di akhir periode dan awal periode di setiap *shelter* (buah)

Shelter	1	2	3	4	5
p_i	0	15	100	40	40
q_i	0	45	50	40	60

Kapasitas mobil pengangkut = 50.

Berikut diperoleh rute kunjungan mobil pengangkut untuk Kasus 2.



Gambar 2. Rute *rebalancing process* mobil pengangkut untuk Kasus 2

Ilustrasi: Kasus 3

Tabel 5. Jarak dari suatu *shelter* ke *shelter* lainnya (meter)

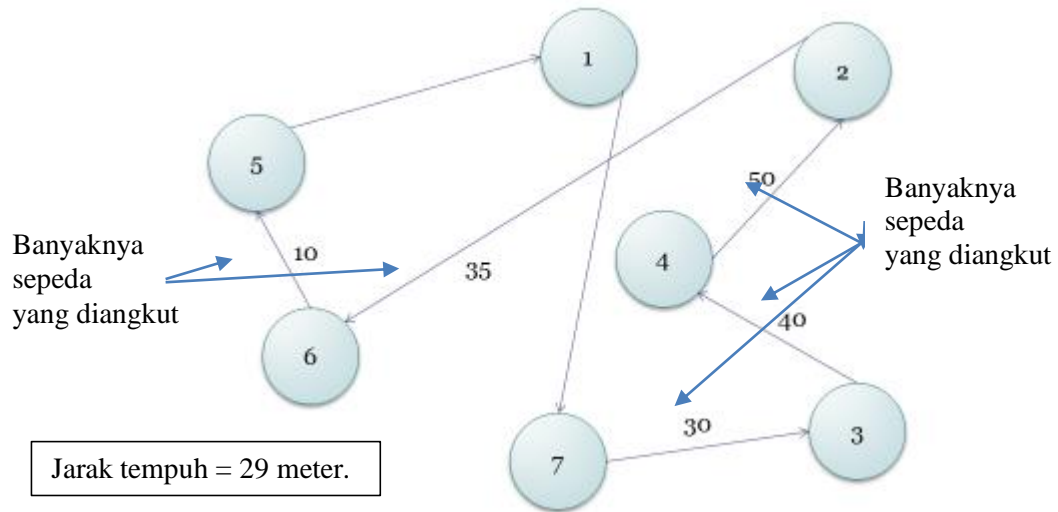
Shelter	1	2	3	4	5	6	7
1	0	3	4	9	2	6	8
2	3	0	5	6	10	5	9
3	4	5	0	4	2	3	1
4	9	6	4	0	9	5	10
5	2	10	2	9	0	3	7
6	6	5	3	5	3	0	6
7	8	9	1	10	7	6	0

Tabel 6. Banyaknya sepeda di akhir periode dan awal periode di setiap *shelter* (buah)

Shelter	1	2	3	4	5	6	7
p_i	0	15	65	40	40	25	85
q_i	0	30	55	30	50	50	55

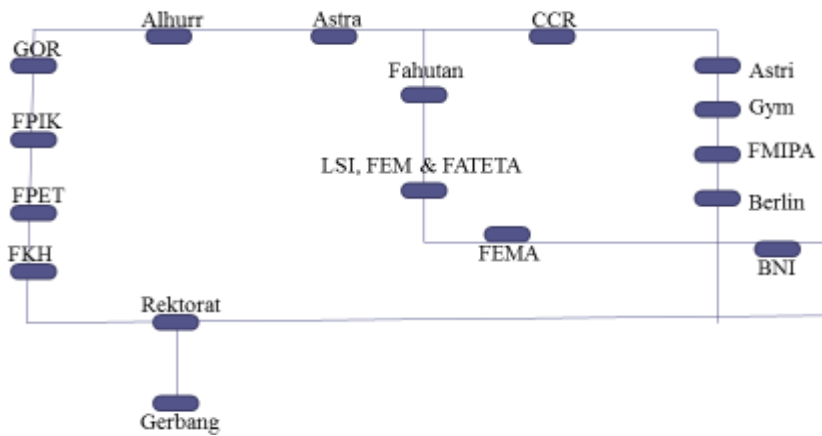
Kapasitas mobil pengangkut = 50.

Berikut diperoleh rute kunjungan mobil pengangkut untuk Kasus 3.

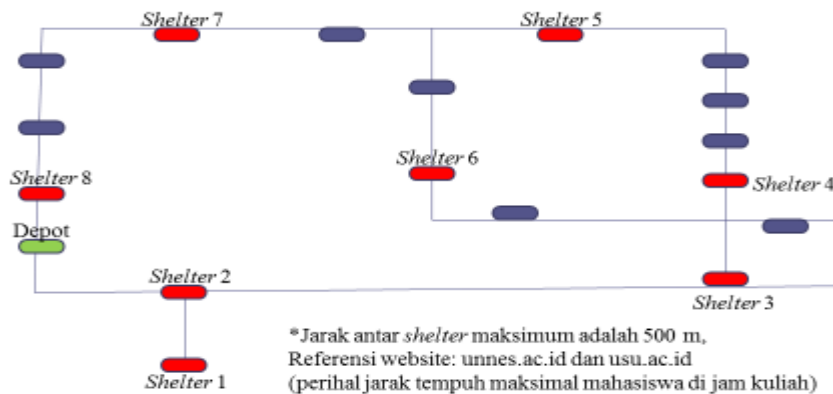


Gambar 3. Rute *rebalancing process* mobil pengangkut untuk Kasus 3

Studi Kasus: Kampus Institut Pertanian Bogor



Gambar 4. Denah spot-spot strategis yang dilalui mahasiswa dengan bersepeda



Gambar 5. Penetapan shelter-shelter sepeda dan depot

Setelah posisi setiap shelter ditetapkan, maka perlu diketahui jarak tempuh antar shelter agar jarak tempuh minimum dapat diperoleh. Berikut disajikan jarak antar shelter pada Tabel 7 serta banyak sepeda di sore hari (sebelum proses *rebalancing*) dan banyak sepeda pagi hari (setelah proses *rebalancing*) ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 7. Jarak dari suatu shelter ke shelter lainnya (meter)

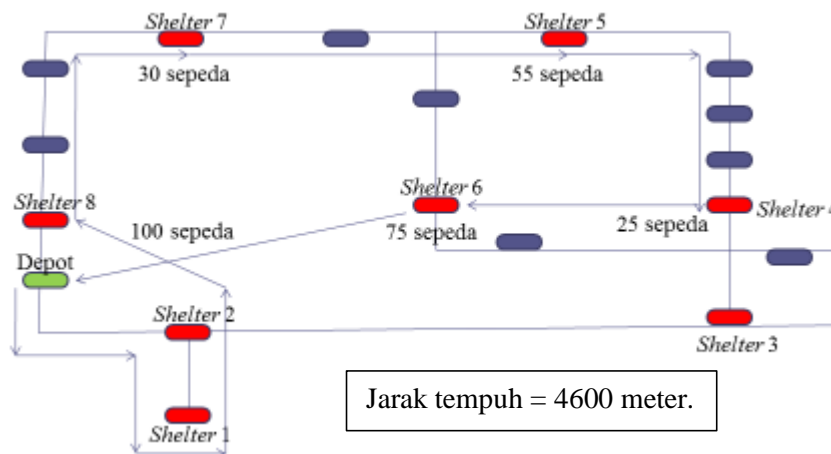
Depot	Shelter 1	Shelter 2	Shelter 3	Shelter 4	Shelter 5	Shelter 6	Shelter 7	Shelter 8	
Depot	0	850	500	1000	1450	1100	800	500	100
Shelter 1	850	0	350	850	1300	1700	1650	1350	850
Shelter 2	500	350	0	500	950	1350	1350	1000	600
Shelter 3	1000	850	500	0	450	850	1150	1450	1000
Shelter 4	1450	1300	950	450	0	400	700	1000	1500
Shelter 5	1100	1700	1350	850	400	0	300	600	1100
Shelter 6	800	1650	1350	1150	700	300	0	700	1200
Shelter 7	500	1350	1000	1450	1000	600	700	0	400
Shelter 8	100	850	600	1000	1500	1100	1200	400	0

Tabel 8. Banyaknya sepeda di sore dan pagi hari di setiap shelter (buah)

Shelter	1	2	3	4	5	6	7	8
p_i	200	100	100	150	70	25	125	30
q_i	100	100	100	100	100	100	100	100

Kapasitas mobil pengangkut = 100.

Berikut diperoleh rute kunjungan mobil pengangkut selama proses *rebalancing* sepeda untuk studi kasus di Kampus Institut Pertanian Bogor.



Gambar 4. Rute *rebalancing process* mobil pengangkut di Kampus IPB

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa proses *rebalancing* sepeda dapat terjadi manakala terdapat jalan yang menghubungkan setiap *shelter*. Mobil pengangkut yang digunakan sebagai media pemindah posisi sepeda dari satu *shelter* ke *shelter* lainnya akan kembali ke depot setelah semua *shelter* dipenuhi kebutuhan akan sepeda sesuai daya tampungnya. Tidak semua *shelter* dikunjungi karena di *shelter* tersebut jumlah sepeda tidak mengalami perubahan. Karena proses *rebalancing* sepeda tersebut dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka setiap pagi hari mahasiswa dapat memanfaatkan sepeda semaksimal mungkin.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengambil kasus dengan jumlah sepeda pada beberapa *shelter* melebihi kapasitas daya tampung mobil pengangkut sehingga diperlukan kunjungan yang lebih dari sekali pada *shelter* tersebut namun harus dipastikan jarak tempuh proses *rebalancing* seminimum mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinkmann J, Ulmer MW, Mattfeld CD. 2016. Inventory Routing for Bike Sharing Systems. Elsevier B.V.
- Chemlaa D, Meuniera F, Calvo RW. 2013. Bike sharing systems: Solving the static rebalancing problem. Elsevier B.V.
- Liu J, dkk. 2016. Rebalancing Bike Sharing Systems: A Multi-source Data Smart Optimization. ACM-DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2939672.2939776>.
- Winston WL. 2004. *Operations Research Applications and Algorithms*. Ek ke-4. New York (US): Duxbury.
- Wolsey LA. 1998. *Integer Programming*. New York (US): John Willey & Sons.