

Penerapan Modifikasi Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow Pada Pengiriman Barang

Santry Achmad¹, Muhammad Ilyas²

Correspondensi Author

¹SD Negeri 24 Temmalebba, Palopo, Indonesia

²Universitas Cokroaminoto Palopo, Fakultas Sains, Palopo, Indonesia

¹[Email: anthy.choysiwon87@gmail.com]

²[Email: muhammadilyas@uncp.ac.id]

Kata Kunci:

Algoritma Ford-Fulkerson; Flow maksimum; Pengiriman barang

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menerapkan modifikasi Algoritma Ford-Fulkerson yang berfungsi untuk memaksimumkan flow pada pengiriman barang. Penelitian ini menggunakan modifikasi Algoritma Ford-Fulkerson yang memberikan jaringan baru dengan menambahkan satu titik sumber utama, satu titik tujuan utama pada jaringan baru dan memberi nilai flow awal sebesar nol kemudian membentuk nilai kapasitas pada setiap busur. Selanjutnya memaksimumkan flow menggunakan Algoritma Ford-Fulkerson dengan melakukan pelabelan titik, menggunakan prosedur balik dan mencari lintasan peningkatan sampai semua titik yang terlabel telah teramati dan titik tujuan utama tidak terlabel sehingga iterasi dihentikan. Analisis data pengiriman barang dengan tiga titik sumber dan tiga titik tujuan yang dimisalkan jaringan N dan mencari flow maksimum dengan menggunakan modifikasi Algoritma Ford-Fulkerson menghasilkan jaringan yang termodifikasi yang misalkan jaringan N^* . Dari hasil modifikasi tersebut didapatkan flow maksimum sebesar $f_5 = 32$, dan pada jaringan yang dipartisi didapatkan flow maksimum dengan nilai $f_3 = 32$.

PENDAHULUAN

Pengiriman barang sangat diperlukan dalam sebuah perusahaan agar dapat menunjang operasional perusahaan. Dengan begitu banyaknya tahapan proses pengiriman, maka dibutuhkan sistem informasi yang akan membantu untuk mempermudah dalam pengolahan data pengiriman yang meliputi data jenis kirim atau data pengiriman, dengan tujuan mempermudah dalam pengolahan data lebih optimal dan efektif (Anwar dan Safitri, 2017).

Masalah pengiriman barang atau hasil produksi suatu perusahaan dalam memenuhi permintaan setiap konsumen merupakan salah satu kendala yang harus dihadapi oleh suatu perusahaan. Jarak dan kapasitas merupakan kendala utama bagi suatu perusahaan untuk menghemat biaya yang dikeluarkan dalam distribusi produknya agar tidak menimbulkan kerugian. Dalam pengiriman barang, salah satu alat transportasi

yang biasa digunakan yaitu truk. Setiap truk mempunyai kapasitas yang berbeda. Untuk memenuhi permintaan distributor, maka manajemen distribusi sebuah perusahaan harus memiliki keputusan yang tepat dalam pemilihan truk. Pemilihan truk ini bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas truk sesuai dengan jumlah permintaan distributor dan rute yang diambil oleh truk itu sendiri (Panhareni dan Mahmudy, 2015).

Andriany (2016) yang membahas tentang Algoritma *Ford-Fulkerson* untuk memaksimalkan *flow* pada penjadwalan jalur kereta api. Dalam penelitian tersebut ia menganalisis Algoritma *Ford-Fulkerson* untuk memaksimalkan *flow* penjadwalan jalur kereta api Stasiun kota Baru Malang pada lima jalur aktif yang digunakan sebagai jalur kedatangan dan keberangkatan kereta api. Jalur tersebut dapat dimaksimalkan nilai *flow*-nya sehingga penggunaan jalur kereta api dapat ditingkatkan. Algoritma *Ford-Fulkerson* membentuk jaringan baru dengan menambahkan satu titik sumber utama (v_s) dan satu titik tujuan utama (v_t). Kemudian memberi nilai *flow* awal sebesar nol dan membentuk kapasitas pada setiap busur. Selanjutnya memaksimalkan *flow* dengan menggunakan Algoritma *Ford-Fulkerson* yaitu melakukan pelabelan titik, menggunakan prosedur balik, dan titik tujuan utama tidak terlabel kemudian iterasi dihentikan. Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa pada jalur kereta api Stasiun kota Baru Malang diperoleh *flow* maksimum pada seluruh jalur kereta api dengan *flow* f_{19} bernilai 118,34.

Sumarti (2017) membahas tentang pencarian aliran maksimum dengan Algoritma *Ford-Fulkerson* dan modifikasinya. Penelitian berfokus pada Algoritma *Ford-Fulkerson* yang digunakan untuk mengetahui aliran maksimum pada sebuah jaringan dengan satu simpul awal dan simpul akhir. Untuk jaringan yang memiliki simpul awal atau simpul akhir lebih dari satu maka algoritma *Ford-Fulkerson* tidak bisa digunakan untuk pencarian aliran maksimum. Oleh karena itu dilakukan modifikasi algoritma *Ford-Fulkerson*. Modifikasi algoritma *Ford-Fulkerson* dilakukan untuk membentuk jaringan baru, menambahkan satu titik sumber utama dan satu titik sumber tujuan serta membentuk kapasitas di busur dari beberapa titik tujuan ke satu titik tujuan utama. Kapasitas di busur dibentuk dengan nilai kapasitas maksimum dan memberi nilai aliran awal sebesar nol. Ilustrasi pada jaringan untuk menentukan aliran maksimum dengan modifikasi algoritma *Ford-Fulkerson* dilakukan dengan mengambil empat titik sumber dan empat titik tujuan. Langkah penyelesaiannya yaitu melakukan pelabelan pada titik, menggunakan prosedur balik, serta mencari *augmenting path* sampai semua titik yang terlabel telah teramati dan titik tujuan utama tidak terlabel. Oleh karena itu pada penelitian ini membahas tentang penerapan modifikasi Algoritma *Ford-Fulkerson* untuk memaksimalkan *flow* pada pengiriman barang. Penelitian ini berfokus pada bagaimana penerapan modifikasi Algoritma *Ford-Fulkerson* untuk memaksimalkan *flow* pada pengiriman barang.

METODE

Data pengiriman barang yang disediakan merupakan data simulasi yang memiliki tiga titik sumber dan tiga titik tujuan. Pencarian *flow* maksimum dilakukan dengan memodifikasi Algoritma *Ford-Fulkerson* agar algoritma ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pengiriman barang.

Langkah – langkah modifikasi Algoritma *Ford-Fulkerson* untuk menentukan *flow* maksimum dari sebuah jaringan N :

1. Mengkonstruksi suatu *flow* f sebarang pada jaringan N dengan titik sumber s dan titik tujuan t . Hal ini selalu dapat dilakukan, misalnya dimulai dengan *flow* nol dimana *flow* yang mengaitkan setiap busur N dengan bilangan nol.

2. Mencari lintasan P dari titik s ke titik t pada graph dasar G dari N yang nilainya positif. Jika tidak ada lintasan yang demikian, maka iterasi dihentikan dan $flow f$ adalah $flow$ maksimum di N , jika ditemukan lintasan P yang demikian, lanjut ke langkah 3.
3. Membuat $flow$ baru misalnya f_1 , dari $flow f$ berdasarkan lintasan P tersebut. Nilai $flow f_1$ lebih besar dari pada nilai $flow f$, sehingga $flow$ diganti menjadi $flow f_1$, kemudian kembali ke langkah 2.

Jadi, untuk mendapatkan lintasan P yang demikian, akan digunakan teknik pelabelan titik, yang pada prinsipnya melabel titik-titik N dengan titik tertentu dimulai titik s , kemudian dilanjutkan melabel titik yang lain. Jika dengan teknik tersebut dapat dilabel titik t , maka dengan teknik prosedur balik lintasan P ditemukan, tetapi jika titik t tidak dapat dilabel, maka tidak ada lintasan P seperti itu pada N . Secara sistematis, langkah-langkah pada Algoritma *Ford-Fulkerson* adalah sebagai berikut: (Budayasa, 2007).

Input: Jaringan $N = (V, G)$ dengan titik sumber s dan titik tujuan t .

Langkah 1: Misalkan f sebuah $flow$ dari s ke t pada jaringan N . (Boleh dimulai dengan $flow f$ bernilai nol, yaitu $v_s = 0, \forall (i, j) \in \Gamma$) dilanjutkan ke *routin*-pelabelan.

Langkah 2: *routin*-pelabelan

Label $v_s = (s, +, \varepsilon(s) = \sim)$. Titik v_s telah terlabel dan belum teramati. (Sebuah titik v dikatakan telah teramati jika semua titik yang dapat dilabel dari titik v sudah terlabel).

1. Memilih sebarang titik yang terlabel tetapi belum teramati, misalkan titik tersebut v_x . Untuk $\forall v_y \exists (x, y) \in \Gamma, v_y$ belum berlabel dan $f(y, x) > 0$, maka label $v_y = (x, -, \varepsilon(y))$ dengan $\varepsilon(y) = \min\{\varepsilon(x), f(y, x)\}$. Titik v_y telah terlabel, tetapi belum teramati. Untuk $\forall v_y \exists (x, y) \in \Gamma, v_y$ belum terlabel dan $c(x, y) > f(x, y)$, maka label $v_y = (x, +, \varepsilon(y))$ dengan $\varepsilon(y) = \min\{\varepsilon(x), c(x, y) - f(y, x)\}$. Titik v_y terlabel, tetapi belum teramati. Diubah label v_x dengan cara melingkari tanda $+$ atau $-$. Selanjutnya titik v_x terlabel dan teramati.
2. Mengulangi langkah b sampai:
 - a. Titik v_t terlabel, atau semua titik terlabel, telah teramati tetapi titik v_t tak terlabel.
 - b. Jika titik v_t terlabel, lanjut ke langkah 3 atau jika semua titik terlabel telah teramati tetapi titik v_t tak terlabel, maka iterasi dihentikan dan $flow f$ adalah $flow$ maksimum pada *network* N .

Langkah 3: Prosedur balik, dicari lintasan peningkatan P dengan $i(P)$ adalah label v_t .

Langkah 4: Rutin Peningkatan, meningkatkan nilai $flow f$ sebesar label v_t , berdasarkan lintasan-peningkatan P dengan menggunakan rutin-peningkatan sebagai berikut:

1. Misalkan: $Z = t$ dilanjutkan ke langkah b.
2. Jika label $v_z = (q, +, \varepsilon(t))$ ditingkatkan nilai $f(q, z)$ dengan $\varepsilon(t) = i(P)$. Jika label $v_z = (q, -, \varepsilon(t))$ turunkan nilai $f(z, q)$ dengan $\varepsilon(t) = i(P)$.
Jika $q = s$, semua label dihapus. Kemudian diperoleh $flow f$ baru dengan nilai $= i(P) +$ nilai $flow f$ lama. Selanjutnya, diganti $flow f$ dengan $flow f$ yang baru, dan kembali ke langkah 1.

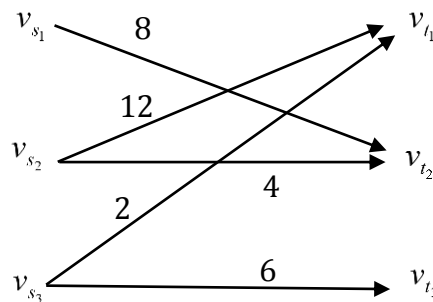
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengiriman barang disajikan dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Data Simulasi Pengiriman Barang

| Titik Sumber | Titik Tujuan | Kapasitas (Ratusan) |
|--------------|--------------|---------------------|
| v_{s1} | v_{t1} | 0 |
| | v_{t2} | 8 |
| | v_{t3} | 0 |
| v_{s2} | v_{t1} | 12 |
| | v_{t2} | 4 |
| | v_{t3} | 0 |
| v_{s3} | v_{t1} | 2 |
| | v_{t2} | 0 |
| | v_{t3} | 6 |

Data Tabel 1 dibentuk menjadi sebuah jaringan yang dimisalkan sebagai jaringan N sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

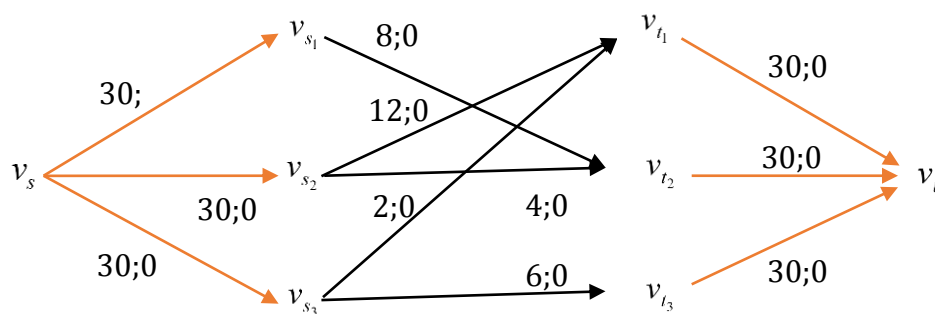


Gambar 1. Jaringan N

Selanjutnya jaringan N dicari *flow* maksimumnya menggunakan modifikasi Algoritma *Ford-Fulkerson* dengan langkah sebagai berikut:

1. Membentuk sebuah jaringan baru N^* dari N dengan menambahkan satu titik sumber baru (v_{si}) dan satu titik tujuan baru (v_{t1}) sedemikian hingga titik v_s merupakan titik sumber utama dan titik v_t merupakan titik tujuan utama di N^* dimana titik v_s dan titik v_t pada jaringan N^* diberi warna merah.

Membuat kapasitas busur (v_s, v_{s1}) , (v_s, v_{s2}) , (v_s, v_{s3}) dan (v_{t1}, v_t) , (v_{t2}, v_t) , (v_{t3}, v_t) yang juga diberi warna merah dengan nilai kapasitas utama yaitu 30 dan nilai *flow* awal 0, seperti pada Gambar 2, Tabel 2 dan Tabel 3 berikut:



Gambar 2. Jaringan N^* dengan nilai *flow* awal $f = 0$

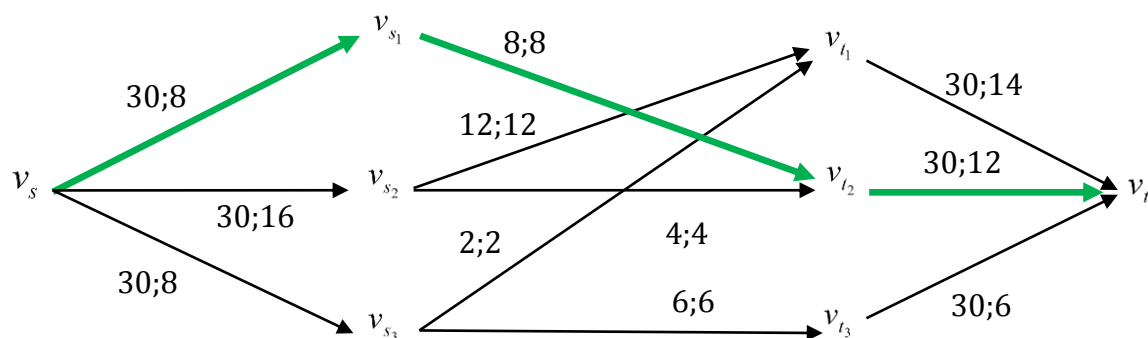
Tabel 2. Nilai kapasitas pengiriman barang

| C | V_s | V_{s1} | V_{s2} | V_{s3} | V_{t1} | V_{t2} | V_{t3} | V_t |
|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| V_s | - | 30 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V_{s1} | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 |
| V_{s2} | 0 | 0 | - | 0 | 12 | 4 | 0 | 0 |
| V_{s3} | 0 | 0 | 0 | - | 2 | 0 | 6 | 0 |
| V_{t1} | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 30 |
| V_{t2} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 30 |
| V_{t3} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 30 |
| V_t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Total | | | | | | | | 0 |

Tabel 3. Nilai flow awal pada pengiriman barang

| f | V_s | V_{s1} | V_{s2} | V_{s3} | V_{t1} | V_{t2} | V_{t3} | V_t |
|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| V_s | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V_{s1} | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V_{s2} | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V_{s3} | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V_{t1} | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| V_{t2} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| V_{t3} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 |
| V_t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Total | | | | | | | | 0 |

Jaringan N^* pada Gambar 2, ambil sebarang nilai kapasitas di titik v_s sebesar 30 dimana tidak boleh melewati nilai total kapasitas di beberapa titik sumber (v_{s_i}) dengan nilai sebesar 32. Selanjutnya dilakukan prosedur Algoritma Ford-Fulkerson agar nilai *flow* segera terpenuhi maka dilakukan *flow* maksimum dengan mencari lintasan peningkatan dari titik s kemudian dipilih titik sumber v_{s_i} yang busur terhubungnya paling banyak serta titik sumber v_{s_i} yang mempunyai kapasitas terbesar, sehingga urutan iterasi untuk lintasan peningkatan yang dipilih ialah titik $v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_1}$. Sehingga untuk titik yang terlabel dan teramati, diberi tanda \oplus . Selanjutnya, pencarian *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t menggunakan modifikasi Algoritma Ford-Fulkerson diperoleh hasil seperti pada gambar 3 yang merupakan representasi dari tabel 4 berikut:

**Gambar 3.** Jaringan N^* dengan nilai flow baru $f_5 = 32$.

Tabel 4. Nilai $flow f_5$ pada pengiriman barang

| f | v_s | v_{s1} | v_{s2} | v_{s3} | v_{t1} | v_{t2} | v_{t3} | v_t |
|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| v_s | - | 8 | 16 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| v_{s1} | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| v_{s2} | 0 | 0 | - | 0 | 12 | 4 | 0 | 0 |
| v_{s3} | 0 | 0 | 0 | - | 2 | 0 | 6 | 0 |
| v_{t1} | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 14 |
| v_{t2} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 12 |
| v_{t3} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 6 |
| v_t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Total | | | | | | | | 32 |

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa seluruh busur di jaringan N^* telah terlewati dan semua titik di N^* yang terlabel telah teramati semua dan titik v_t tidak berlabel maka iterasi di hentikan dan $flow f_5$ adalah $flow$ maksimum pada jaringan N^* dengan nilai 32.

KESIMPULAN

Model SIR (*Susceptible-Infected-Recovered*) dalam penyebaran penyakit kanker serviks di Kota Palopo memiliki dua titik keseimbangan yaitu $TE_1 = \left(\frac{K}{\mu}, 0, 0\right)$ dan $TE_2 = \left(\frac{\gamma + \mu}{\beta}, \frac{K\beta - \gamma\mu - \mu^2}{\beta(\gamma + \mu)}, \frac{\gamma(K\beta - \gamma\mu - \mu^2)}{\beta(\gamma + \mu)}\right)$. Titik keseimbangan bebas penyakit (TE_1) yaitu kondisi yang tidak terdapat individu *infectious* dalam populasi. Titik keseimbangan $TE_1 = \left(\frac{K}{\mu}, 0, 0\right)$ memiliki sistem yang stabil asimptotik karena seluruh bagian dari nilai eigen bernilai positif. Nilai dari $R_0 = 0.915032681$ sehingga $R_0 < 1$ yang artinya titik keseimbangan bebas penyakit kanker serviks atau penyakit kanker serviks akan hilang. Titik keseimbangan (TE_2), yaitu kondisi terdapat individu *infectious* dalam populasi. $TE_2 = \left(\frac{\gamma + \mu}{\beta}, \frac{K\beta - \gamma\mu - \mu^2}{\beta(\gamma + \mu)}, \frac{\gamma(K\beta - \gamma\mu - \mu^2)}{\beta(\gamma + \mu)}\right)$ dapat dikatakan titik keseimbangan epidemik karena titik keseimbangan (TE_2) memiliki sistem yang tidak stabil, dapat dilihat dari seluruh bagian nilai eigen TE_2 yang bernilai positif, sehingga untuk memodelkan penyebaran penyakit kanker serviks di Kota Palopo dapat dilihat dari titik keseimbangan TE_1 yang menyatakan bahwa kanker serviks di Kota Palopo akan berangsur-angsur hilang.

REFERENSI

- Kasiram, Moh. 2010. *Metodologi penelitian: Kualitatif-Kuantitatif*. UIN-Maliki Press, Malang. ISBN 978-602-958-280-2. Diakses pada tanggal 18 November 2019.
- Li, J dan Z. Ma. 2009. *Dynamical Modeling and Analysis of Epidemics*. World Scientific Publishing, Singapore. Diakses pada tanggal 05 November 2019.
- Sari, Ilmiyati dan Hengki Tasman. 2014. *Model Epidemik SIR untuk Penyakit yang Menular Secara Horizontal dan Vertikal*. Prosiding ini disajikan pada Konferensi Nasional Matematika XVII, ITS, Surabaya, 11-14 Juni 2014.
- Sulistiowati, Eva dan Anna Maria Sirait. 2014. Pengetahuan tentang Faktor Risiko, Perilaku dan Deteksi Dini Kanker Serviks dengan Inspeksi Visual Asam Asetat

(Iva) pada Wanita di Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor. *Jurnal Kesehatan*. 43(2):193-195.

Ulfah, Ifadatul dan Kuzairi. 2016. Analisis Bifurkasi Terhadap Model Penyakit Kanker Serviks. *Zeta Math Journal* ISSN: 2459-9948 Vol 2 No. 2.