IMPLEMENTASI ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MENENTUKAN *MAXIMUM FLOW* PADA PENDISTRIBUSIAN PRODUK

Skripsi

Oleh

NOVI LUPITASARI
NPM. 2217031061

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE FORD-FULKERSON ALGORITHM TO DETERMINE MAXIMUM FLOW IN PRODUCT DISTRIBUTION

By

Novi Lupitasari

Abstract

This study aims to determine the maximum flow value in the distribution process of PT Sinar Sosro products to consumers using the Ford–Fulkerson Algorithm. The data used is the distribution data of PT Sinar Sosro products in Bandar Lampung City which includes source points, transit points, destination points, distribution routes, and delivery capacity on each route. The distribution network is modeled in the form of a weighted directed graph and analyzed using the Ford–Fulkerson Algorithm. The results of manual calculations and computations using MATLAB show that the maximum flow value obtained is 39.800 cartons per week. This value indicates the maximum capacity of the distribution network, where all routes have been optimally utilized and there are no more augmenting paths that allow additional flow without violating the capacity limit.

Keywords: Maximum flow, Ford-Fulkerson Algorithm, product distribution, graph.

ABSTRAK

IMPLEMENTASI ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MENENTUKAN *MAXIMUM FLOW* PADA PENDISTRIBUSIAN PRODUK

Oleh

Novi Lupitasari

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai aliran maksimum dalam proses distribusi produk PT Sinar Sosro kepada konsumen menggunakan Algoritma Ford–Fulkerson. Data yang digunakan adalah data distribusi produk PT Sinar Sosro di Kota Bandar Lampung yang meliputi titik sumber, titik transit, titik tujuan, rute distribusi, dan kapasitas pengiriman pada setiap rute. Jaringan distribusi dimodelkan dalam bentuk graf berarah berbobot dan dianalisis menggunakan Algoritma Ford–Fulkerson. Hasil perhitungan manual dan komputasi menggunakan MATLAB menunjukkan bahwa nilai aliran maksimum yang diperoleh adalah 39.800 karton per minggu. Nilai ini menunjukkan kapasitas maksimum jaringan distribusi, di mana semua rute telah dimanfaatkan secara optimal dan tidak ada lagi jalur tambahan yang memungkinkan aliran tambahan tanpa melanggar batas kapasitas.

Kata kunci: Aliran maksimum, Algoritma Ford-Fulkerson, pendistribusian produk, graf.

IMPLEMENTASI ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MENENTUKAN *MAXIMUM FLOW* PADA PENDISTRIBUSIAN PRODUK

NOVI LUPITASARI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026

Judul Skripsi	:	**IMPLEMENTASI ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MENENTUKAN *MAXIMUM FLOW* PADA PENDISTRIBUSIAN PRODUK**
Nama Mahasiswa	:	*Novi Lupitasari*
Nomor Pokok Mahasiswa	:	**2217031061**
Program Studi	:	**Matematika**
Fakultas	:	**Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Muslim Ansori, M.Si.	**Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.**
NIP 197202271998021001	NIP 196311081989022001

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua	:	**Dr. Muslim Ansori, M.Si.**	....
Sekretaris	:	**Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.**	....
Penguji Bukan Pembimbing	:	**Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.**	....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **19 Mei 2026**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	**Novi Lupitasari**
Nomor Pokok Mahasiswa	:	**2217031061**
Jurusan	:	**Matematika**
Judul Skripsi	:	**Implementasi Algoritma Ford-Fulkerson untuk Menentukan *Maximum Flow* pada Pendistribusian Produk**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Mei 2026

Penulis

METERAI TEMPEL

84B66AOX023042398

Novi Lupitasari

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Novi Lupitasari yang lahir di Tiga Jaya, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat pada tanggal 16 Mei 2004. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putri dari pasangan Marsono dan Lastri.

Penulis memulai pendidikan awal di TK Sinar Jaya, Kabupaten Lampung Barat pada tahun 2009 sampai tahun 2010. Pada tahun 2010 sampai 2016 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sekolah dasar di SD Negeri Tiga Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sekolah menengah pertama di MTs Miftahul Ulum Braja Selebah, Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2016 sampai tahun 2019 dan pada tahun 2019 sampai 2022 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Sekincau, Kabupaten Lampung Barat.

Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan terdaftar sebagai mahasiswa S1 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA). Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti organisasi yaitu pada tahun 2024, penulis terpilih menjadi kepala departemen riset dan teknologi pada Unit Kegiatan Mahasiswa Sains dan Teknologi Universitas Lampung dan menjadi bendahara umum Unit Kegiatan Mahasiswa Sains dan Teknologi Universitas Lampung pada tahun 2025.

Sebagai penerapan ilmu yang didapat, pada akhir tahun 2024 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik Kabupaten Pringsewu selama 40 hari. Kemudian pada tahun 2025 bulan Juli sampai dengan Agustus penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Beringin Jaya, Kecamatan Kemiling, Bandar Lampung.

KATA INSPIRASI

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui."
(Q.S. Al Baqarah : 216)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."
(Q.S. Al Insyirah: 5-6)

"Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya untuk menemukanmu."
(Ali bin Abi Thalib)

"Tak perlu pikirkan bagaimana kamu terjatuh, tapi pikirkan bagaimana kamu mampu terbangun."
(Vince Lombardi)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillah dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Terimakasih kepada orang tuaku atas segala pengorbanan, motivasi, doa dan ridho serta dukungannya selama ini. Terimakasih telah memberikan pelajaran berharga kepada anakmu ini tentang makna perjalanan hidup yang sebenarnya sehingga kelak bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi banyak orang.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan motivasi, memberikan arahan serta ilmu yang berharga.

Sahabat-sahabatku

Terimakasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasinya, serta doa-doanya dan senantiasa memberikan dukungan dalam hal apapun.

Almamater Tercinta
Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul ”implementasi Algoritma Ford-Fulkerson untuk menentukan *maximum flow* pada pendistribusian produk” dengan baik dan lancar serta tepat pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, arahan, motivasi serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Muslim Ansori, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran, serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

2. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D., selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

3. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si., selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.

4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

5. Bapak Drs. Nusyirwan, M. Si., selaku dosen pembimbing akademik.

6. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Ayah tercinta, Bapak Marsono. Meskipun beliau tidak sempat mengenyam pendidikan hingga jenjang perguruan tinggi, beliau mampu mendidik penulis dengan penuh kesabaran, mendoakan tanpa henti, memberikan kasih sayang yang tulus, serta mengajarkan arti kesederhanaan dalam menjalani kehidupan. Beliau juga senantiasa memberikan motivasi dan dukungan finansial yang tidak ternilai, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi hingga jenjang

sarjana. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, dan selalu menjaga beliau dalam rahmat-Nya.

8. Ibuku tercinta, Ibu Lastri, yang senantiasa menjadi rumah dan tempat kembali bagi penulis. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan atas segala bentuk bantuan, dukungan, semangat, serta doa yang tiada henti beliau berikan selama ini. Ibu selalu menjadi pengingat, penyemangat, dan penguat paling hebat dalam setiap langkah penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, serta selalu menjaga beliau dalam rahmat-Nya.

9. Kakak tercinta, Andri, yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, serta semangat kepada penulis dalam menempuh pendidikan hingga saat ini.

10. Sahabat penulis diantaranya Risma Puri, Nia Dwi, Gita Cahyani, Reyna Belva, Susi Ambar Wati, Rosa Shafira, Risqia Ananda, Fera Yunika, Niken Sabella, Hhabrina, dan Riahana yang telah banyak memberikan tawa dan selalu meluangkan waktu untuk saling membantu.

11. Teman-teman UKM-U Sains dan Teknologi Universitas Lampung periode 2024 dan 2025 yang telah memberikan semangat dan juga dukungan selama masa perkuliahan.

12. Teman-teman seperjuangan Jurusan Matematika angkatan 2022.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 19 Mei 2026

Novi Lupitasari

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI . . . . **xiii**
DAFTAR GAMBAR . . . . **xiv**
I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Tujuan Penelitian 2
1.3 Manfaat Penelitian 2
II TINJAUAN PUSTAKA **3**
2.1 Konsep Dasar Graf 3
2.2 Masalah Aliran Maksimum (*Maximum Flow*) 7
2.3 Algoritma Ford-Fulkerson 8
2.4 MATLAB 15
III METODE PENELITIAN **16**
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 16
3.2 Data Penelitian 16
3.3 Metode Penelitian 16
3.4 Diagram Alir Penelitian 17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN **19**
4.1 Data Penelitian 19
4.2 Pemodelan Graf dari Data 20
4.3 Penerapan Algoritma Ford-Fulkerson 21
V KESIMPULAN DAN SARAN **37**
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA **38**
LAMPIRAN **39**

DAFTAR GAMBAR

2.1 Jembatan K ¨onigsberg.
Sumber : *https://www.britannica.com/science/Konigsberg-bridge-problem*. 3

2.2 Contoh Gambar Graf dengan 5 Titik dan 8 Sisi. 4

2.3 Contoh Graf yang Memuat Sisi Paralel dan *Loop* dengan 4 Titik. 5

2.4 Contoh Graf Lengkap. 5

2.5 Contoh Graf dengan Titik-Titik Berderajat 0, 1, dan 4. 6

2.6 Contoh Graf Berarah. 6

2.7 Contoh Algoritma Ford-Fulkerson. 11

3.1 *Flowchart* Penelitian Algoritma Ford-Fulkerson. 18

4.1 Pemodelan Graf Pendistribusian Produk PT Sinar Sosro di Bandar Lampung. 20

4.2 Inisialisasi *Flow* Untuk Setiap Sisi Diberikan *Flow* Nol. 21

4.3 Graf Iterasi 1 dengan *Flow* 4.600. 22

4.4 Graf Iterasi 2 dengan *Flow* 4.300. 23

4.5 Graf Iterasi 3 dengan *Flow* 3.800. 24

4.6 Graf Iterasi 4 dengan *Flow* 3.500. 25

4.7 Graf Iterasi 5 dengan *Flow* 4.000. 27

4.8 Graf Iterasi 6 dengan *Flow* 3.900. 28

4.9 Graf Iterasi 7 dengan *Flow* 3.500. 29

4.10 Graf Iterasi 8 dengan *Flow* 3.300. 30

4.11 Graf Iterasi 9 dengan *Flow* 3.600. 32

4.12 Graf Iterasi 10 dengan *Flow* 900. 33

4.13 Graf Iterasi 11 dengan *Flow* 4.400. 34

4.14 Jaringan Distribusi yang Telah Mencapai Aliran Maksimum.. 35

4.15 Output Perhitungan Menggunakan Matlab. 36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teori graf merupakan salah satu cabang matematika yang memiliki penerapan yang sangat luas di berbagai bidang, seperti teknik, fisika, ilmu sosial, biologi, dan lain sebagainya (Deo, 1989). Perkembangan teori ini dimulai pada tahun 1736 ketika Leonhard Euler, seorang ahli matematika asal Swiss, untuk pertama kalinya menggunakan konsep graf dalam menyelesaikan permasalahan Konigsberg. Masalah tersebut berkaitan dengan pencarian lintasan yang memungkinkan seseorang menyeberangi tujuh jembatan di Kota Konigsberg tepat satu kali mulai dari satu tempat, dan kembali ke tempat semula. Dalam penyelesaiannya, Euler memodelkan jembatan dan daratan sebagai titik (*vertex*) dan sisi (*edge*) dalam suatu struktur graf. Pendekatan sederhana namun inovatif ini menjadi fondasi bagi munculnya teori graf modern.

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, teori graf semakin banyak menarik perhatian karena kemampuannya yang tinggi dalam memodelkan berbagai permasalahan kompleks di dunia nyata (Moukia *et al.*, 2025). Salah satu permasalahan yang dapat dimodelkan menggunakan teori graf adalah pencarian *maximum flow*, yaitu suatu permasalahan optimasi yang bertujuan untuk menentukan nilai *flow* terbesar atau batas kapasitas maksimum yang dapat dialirkan pada suatu sistem jaringan (Ryu, 2018). Salah satu contoh penerapan *maximum flow* pada suatu jaringan adalah pada permasalahan pendistribusian produk. Sistem ini terdiri atas pabrik produksi atau gudang serta kapasitas muatan kendaraan pengangkut. Permasalahan tersebut dapat dimodelkan dalam bentuk graf, dengan pabrik produksi dan gudang sebagai titik (*vertex)*, sedangkan kapasitas muatan kendaraan pada setiap rute jalan yang menghubungkan pabrik produksi dengan pabrik penyimpanan direpresentasikan sebagai sisi (*edge)* (Mahesa & Helmi, 2024).

Permasalahan *maximum flow* yang dibahas dalam penelitian ini adalah jaringan pendistribusian produk pada perusahaan minuman PT Sinar Sosro. Dalam proses pendistribusian, perusahaan menghadapi beberapa kendala, antara lain perbedaan jumlah permintaan di setiap lokasi distribusi, keterbatasan kapasitas, serta lokasi titik pendistribusian yang tersebar dengan jarak antartitik distribusi yang relatif jauh. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan ketidakefisienan dalam proses pengiriman produk. Oleh karena itu, diperlukan analisis aliran maksimum untuk meningkatkan efisiensi pengiriman, mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas kendaraan, serta membantu perusahaan dalam memenuhi permintaan pada setiap titik distribusi secara optimal. Untuk menyelesaikan permasalahan pencarian *maximum flow*, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, antara lain *Max-Flow Min-Cut Theorem*, algoritma Dijkstra, dan algoritma Ford–Fulkerson (Sumiarti, 2017). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma Ford–Fulkerson efektif diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan aliran maksimum, seperti pada jaringan listrik di wilayah Lubuk Pakam yang berhasil memaksimalkan kapasitas arus hingga 600 Ampere dengan melibatkan 17 titik dan 21 sisi (Moukia *et al.*, 2025). Berdasarkan keberhasilan penerapan algoritma tersebut pada penelitian terdahulu, maka dalam penelitian ini algoritma Ford–Fulkerson dipilih untuk menentukan *maximum flow* pada jaringan pendistribusian produk PT Sinar Sosro di Bandar Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai aliran maksimum (*maximum flow*) pada proses pendistribusian produk dari PT Sinar Sosro hingga ke konsumen dengan menggunakan Algoritma Ford-Fulkerson.

1.3 Manfaat Penelitian

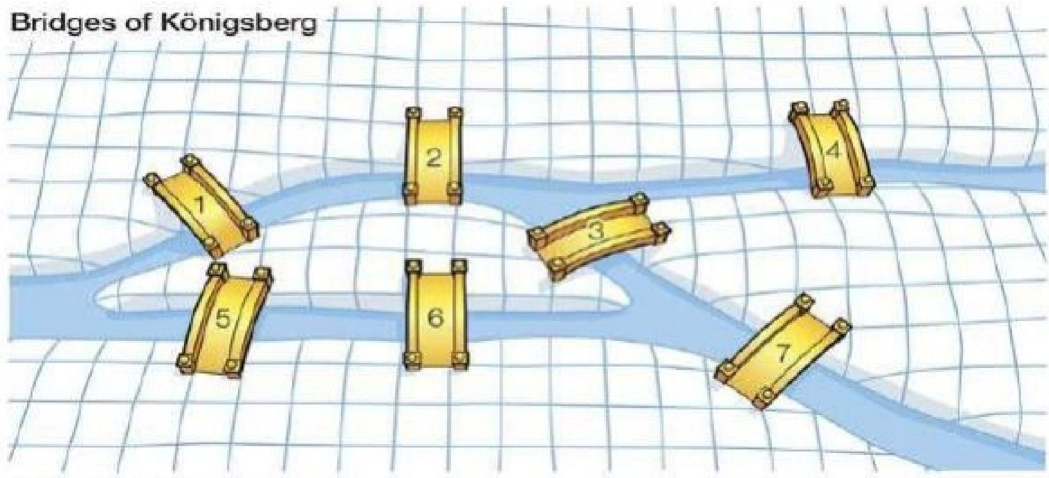
Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menambah dan memperluas pengetahuan mengenai konsep *maximum flow* dalam proses pendistribusian produk, serta memberikan gambaran penerapan Algoritma Ford–Fulkerson pada kondisi nyata. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan bagi mahasiswa atau peneliti selanjutnya yang ingin mengkaji permasalahan *maximum flow* dengan menggunakan metode atau algoritma yang berbeda.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Graf

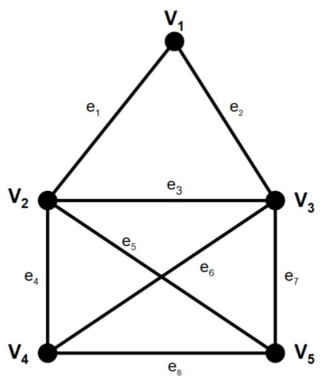
Sejarah teori graf bermula ketika Euler pada tahun 1736 memecahkan masalah tujuh jembatan Königsberg. Kota Königsberg memiliki tujuh jembatan yang menghubungkan dua pulau kecil yaitu pulau Kneiphof dan Lomse yang terletak di tengah sungai Pregel dengan kedua tepi sungai. Permasalahan yang muncul dari jembatan Königsberg adalah apakah seseorang dapat memulai dari salah satu dari empat daratan, menyeberangi ketujuh jembatan tersebut masing-masing satu kali, lalu kembali ke tempat semula. Penduduk setempat telah mencoba melakukannya dan yakin bahwa hal itu tidak mungkin, namun mereka tidak mampu memberikan pembuktian formal terhadap ketidakmungkinan tersebut.



Gambar 2.1 Jembatan Königsberg.
Sumber: *https://www.britannica.com/science/Konigsberg-bridge-problem*

Melalui karyanya yang berjudul *solution problematis ad geometriam situs pertinentis*, Euler mengemukakan solusi matematis dengan memodelkan setiap daratan sebagai titik dan setiap jembatan sebagai sisi. Pemodelan ini kemudian menjadi dasar lahirnya konsep teori graf. Euler menyatakan bahwa suatu lintasan yang melewati seluruh jembatan tepat satu kali dan kembali ke titik awal hanya dapat terjadi apabila seluruh titik memiliki derajat genap. Dalam model tersebut, daratan digambarkan sebagai titik (*vertex/node*) dan jembatan sebagai sisi (*edge*), dengan setiap titik diberi label $A, B, C,$ dan D. Berdasarkan hasil analisisnya, Euler menyimpulkan bahwa lintasan yang melalui seluruh jembatan satu kali dan kembali ke titik semula tidak dapat dilakukan karena terdapat titik-titik yang memiliki derajat ganjil (Wamiliana, 2022).

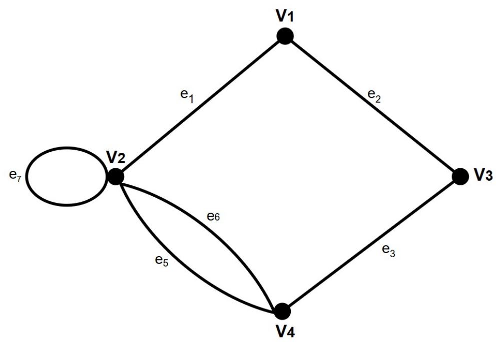
Definisi 2.1.1 Graf $G = (V, E)$ didefinisikan sebagai pasangan terurut himpunan $(V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{v_1, v_2, \ldots\}$ merupakan himpunan titik atau *vertex* atau *node*, $V(G) \neq \varnothing$ dan $E(G) = \{e_1, e_2, \ldots\}$ merupakan himpunan sisi (*edge*) dari pasangan tak terurut titik di $V(G)$ (Deo, 1989).



Gambar 2.2 Contoh Gambar Graf dengan 5 Titik dan 8 Sisi.

Banyaknya elemen pada himpunan titik $V(G)$ disebut sebagai orde dari graf G. Titik v_1 dan v_2 dikatakan bertetangga (*adjacent*) jika titik v_1 dan v_2 dihubungkan oleh suatu sisi e_1. Sedangkan titik v_1 dan v_2 dikatakan menempel (*incident*) dengan sisi e_1, sebaliknya sisi e_1 dikatakan menempel dengan titik v_1 dan v_2. Himpunan tetangga (*neigborhood*) dari suatu titik v, yang dinotasikan dengan $N(v)$ adalah himpunan titik-titik yang bertetangga dengan v (Asmiati, 2016).

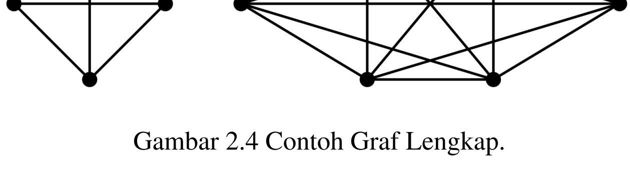
Menurut Deo (1989), suatu sisi yang memiliki titik awal dan titik akhir yang sama disebut *loop*. Sementara itu, sisi paralel merupakan dua atau lebih sisi yang menghubungkan pasangan titik yang sama. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung *loop* maupun sisi paralel, sedangkan graf yang mengandung salah satu atau keduanya disebut graf tak sederhana. Berikut ini merupakan contoh graf dengan empat titik dan enam sisi. Pada graf tersebut terdapat satu *loop* yang ditunjukkan oleh sisi e_7, dan pasangan sisi pararel, yaitu pasangan e_5 dan e_6.



Gambar 2.3 Contoh Graf yang Memuat Sisi Paralel dan *Loop* dengan 4 Titik.

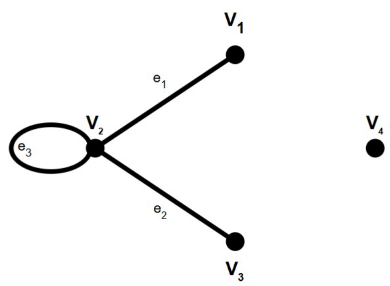
Walk adalah barisan berhingga dari titik (*vertex*) dan sisi (*edge)* yang dimulai dan berakhir pada suatu titik. *Walk* yang dimulai dan berakhir di titik yang sama disebut *closed walk*. Sedangkan yang melewati titik yang berbeda disebut sebagai lintasan (*path*). Suatu *path* yang dimulai dan diakhiri pada titik yang sama disebut *cycle*. Graf G disebut graf terhubung (*connected graph*) apabila terdapat sekurang-kurangnya satu *path* yang dapat menghubungkan setiap pasangan titik di dalam graf tersebut. Sementara itu, graf G dikatakan tidak terhubung apabila terdiri dari dua atau lebih graf terhubung.

Graf lengkap (*complete graph*) merupakan graf di mana setiap pasangan titik terhubung oleh sisi. Graf lengkap yang memiliki n titik dinyatakan dengan notasi K_n dan banyak sisinya adalah $1/2(n-1)$. Untuk contoh graf lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.4.



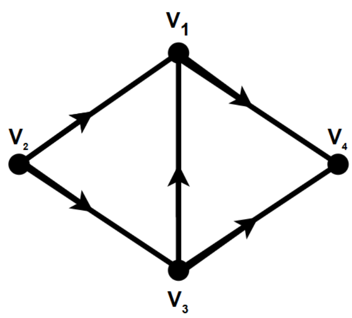
Gambar 2.4 Contoh Graf Lengkap.

Derajat *(degree)* suatu titik v pada graf G adalah banyaknya sisi yang menempel pada titik v yang dinotasikan dengan $deg(v)$. *Loop* adalah sisi pada graf yang berawal dan berakhir pada titik yang sama. Setiap *loop* yang terdapat pada suatu titik dihitung sebagai dua dalam derajat titik tersebut, karena sisi tersebut berkontribusi sebagai sisi masuk dan sisi keluar secara bersamaan. Berdasarkan derajatnya, titik yang memiliki derajat nol disebut titik terisolasi. Sementara itu, titik yang memiliki derajat satu disebut titik daun (*pendant*). Untuk contoh graf dengan satu titik terisolasi dan satu titik *pendant* dapat dilihat pada Gambar 2.5., di mana $deg(v_1) = 1$, $deg(v_2) = 4$, $deg(v_3) = 1$, dan $deg(v_4) = 0$.



Gambar 2.5 Contoh Graf dengan Titik-Titik Berderajat 0, 1, dan 4.

Graf berarah (*directed graph*) adalah suatu graf yang semua sisinya mempunyai arah. Sedangkan, graf tak-berarah (*undirected graph*) adalah suatu graf yang semua sisinya tidak mempunyai arah. Berikut contoh graf berarah dengan empat titik (Wamiliana, 2022).



Gambar 2.6 Contoh Graf Berarah.

2.2 Masalah Aliran Maksimum (*Maximum Flow*)

Masalah aliran maksimum melibatkan perhitungan *flow* melalui suatu jaringan dengan satu titik sumber (*single-source)* dan satu titik tujuan (*single-sink*) sehingga *flow* yang melewati jaringan tersebut mencapai nilai maksimum. Titik sumber dan titik tujuan masing masing dinotasikan sebagai titik s dan titik t. *Maximum flow* adalah jumlah *flow* terbesar yang dapat bergerak dari titik s melewati sisi-sisi (*edges*) dalam jaringan, dan akhirnya keluar melalui titik tujuan t. Setiap sisi yang menghubungkan dua titik dalam graf memiliki dua informasi penting, yaitu *flow* yang melewati sisi tersebut dan kapasitas sisi, yang merupakan batas maksimum *flow* yang melewati sisi tersebut.

Dalam suatu jaringan aliran $G = (V, E)$ adalah graf berarah di mana setiap sisi $(u, v) \in E$ memiliki kapasitas nonnegatif $c(u, v) \geq 0$ dan jika sisi (u, v) tidak termasuk dalam himpunan sisi E, maka kapasitasnya dianggap bernilai 0. Jaringan ini memiliki satu titik sebagai sumber (s) dan satu titik sebagai tujuan (t), serta diasumsikan bahwa setiap titik v dalam himpunan V terletak pada suatu jalur yang menghubungkan sumber (s) menuju tujuan (t). Berikut adalah tiga ketentuan yang terdapat dalam masalah aliran maksimum (*maximum flow*), yaitu (Cormen et al., 2009)

1. Batas kapasitas:
$$\forall u, v \in V, \quad f(u, v) \leq c(u, v) \tag{2.2.1}$$

2. Simetri asimetris:
$$\forall u, v \in V, \quad f(u, v) = -f(v, u) \tag{2.2.2}$$

3. Konservasi aliran:
$$\forall u \in V - \{s, t\}, \quad \sum_{v \in V} f(u, v) = 0 \tag{2.2.3}$$

Menurut Hillier & Lieberman (2005), masalah aliran maksimum adalah permasalahan dalam jaringan yang bertujuan untuk menentukan jumlah *flow* terbesar yang dapat bergerak dari satu titik sumber (*source*) ke satu titik tujuan (*sink*) melalui berbagai jalur yang tersedia, tanpa melebihi kapasitas yang ditetapkan pada setiap sisi (*edge*) jaringan. Dengan demikian, masalah *maximum flow* berfokus pada pencarian kombinasi rute terbaik agar *flow* yang dikirimkan dapat mencapai nilai maksimum tanpa melanggar batasan kapasitas yang telah ditentukan. Prinsip ini memastikan bahwa *flow* yang bergerak melalui jaringan dapat dioptimalkan secara efisien tanpa menyebabkan kelebihan kapasitas pada jalur yang dilalui.

Secara umum, karakteristik masalah aliran maksimum (*maximum flow)* adalah sebagai berikut:

1. Seluruh *flow* dalam jaringan terarah bersumber dari satu titik yang disebut *source*, dan berakhir pada satu titik lain yang disebut *sink*.
2. Titik selain *source* dan *sink* merupakan titik transit.
3. *Flow* hanya dapat melalui busur sesuai arah panah, dengan kapasitas maksimum tertentu. Pada *source*, seluruh busur mengarah keluar, sedangkan pada *sink*, seluruh busur mengarah masuk.
4. Tujuan utama adalah memaksimalkan total *flow* dari *source* ke *sink*, yang dapat diukur melalui total *flow* yang keluar dari *source* atau total *flow* yang masuk ke *sink*, yang keduanya memiliki nilai yang setara.

Berikut adalah beberapa contoh penerapan masalah aliran maksimum.

1. Maksimalkan *flow* dalam jaringan distribusi perusahaan dari pabrik ke pelanggan.
2. Memaksimalkan *flow* minyak melalui sistem pipa.
3. Memaksimalkan *flow* air melalui sistem saluran air.
4. Memaksimalkan *flow* kendaraan melalui jaringan transportasi.

2.3 Algoritma Ford-Fulkerson

Menurut Cormen *et al*., (2009) Algoritma Ford-Fulkerson diperkenalkan oleh Ford dan Fulkerson pada tahun 1965. Metode Ford-Fulkerson merupakan algoritma yang digunakan untuk menentukan *maximum flow* dalam suatu jaringan. Algoritma ini meningkatkan nilai *flow* secara bertahap, dimulai dari kondisi awal dengan *flow* nol pada seluruh sisi. Pada setiap iterasi, Ford-Fulkerson mencari *augmenting path* pada *residual network*, yaitu jalur yang masih memungkinkan terjadinya penambahan *flow* dari titik sumber (*source*) menuju titik tujuan (*sink*). Setelah jalur tersebut ditemukan, *flow* ditingkatkan sepanjang jalur tersebut. Proses ini dilakukan berulang hingga tidak ada lagi *augmenting path* yang tersedia. Ketika tidak ada *augmenting path* yang tersisa, *flow* yang diperoleh adalah *maximum flow*.

Berikut adalah dua hal yang penting dalam Algoritma Ford-Fulkerson (Cormen et al., 2009):

1. *Residual Network*

   Diberikan suatu *residual network G* dan suatu *flow f*, maka *residual network* G_f merupakan jaringan yang terdiri dari sisi-sisi dengan kapasitas yang menunjukkan sejauh mana *flow* pada sisi-sisi dalam G masih dapat diubah atau ditambah. Suatu sisi dalam *residual network* masih memungkinkan penambahan *flow* sebesar selisih antara kapasitas sisi tersebut dan *flow* yang sedang melaluinya. Apabila selisih tersebut bernilai positif, sisi tersebut dimasukkan ke dalam *residual network* G_f dengan kapasitas residual $c_f(u, v) = c(u, v) - f(u, v)$. Dengan demikian, sisi-sisi dalam G yang muncul pada *residual network* G_f hanya mencakup sisi-sisi yang masih memungkinkan terjadinya penambahan *flow*. Sebaliknya, sisi (*u,v*) yang alirannya telah mencapai kapasitas akan memiliki $c_f(u, v) = 0$ sehingga tidak dimasukkan ke dalam G_f.

   Secara umum, misalkan terdapat sebuah *residual network* $G = (V, G)$ dengan titik sumber s dan titik tujuan t. Pada jaringan G diberikan suatu *flow* f dan dua titik $u, v \in V$. Kapasitas residual $c_f(u, v)$ didefinisikan sebagai berikut:

   $$c_f(u, v) = \begin{cases} c(u, v) - f(u, v), & \text{jika } (u, v) \in E, \\ f(v, u), & \text{jika } (v, u) \in E, \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases} \tag{2.3.4}$$

2. *Augmenting Path*

   Diberikan suatu *residual network* $G = (V, E)$ dan sebuah *flow* f, *augmenting path* p didefinisikan sebagai jalur sederhana dari s ke t dalam *residual network*

G_f. Berdasarkan definisi *residual network*, *flow* pada suatu sisi (u, v) yang termasuk dalam *augmenting path* dapat ditingkatkan hingga sebesar kapasitas residual $c_f(u, v)$ dan tidak melebihi batas kapasitas pada sisi (u, v) maupun sisi (v, u) yang terdapat dalam *residual network* G.

Dengan demikian, besarnya penambahan *maximum flow* yang dapat diberikan secara bersamaan pada seluruh sisi dalam *augmenting path* (p) disebut sebagai kapasitas residual jalur p. Nilai ini ditentukan oleh kapasitas residual paling kecil diantara seluruh sisi pada jalur tersebut. Kapasitas residual p didefinisikan sebagai:

$$c_f(p) = \min\{\, c_f(u, v) \mid (u, v) \in p\,\} \tag{2.3.5}$$

Pada setiap iterasi Algoritma Ford-Fulkerson, suatu *augmenting path* p dicari dan digunakan untuk memperbarui *flow* f. Pada metode ini menghitung *maximum flow* pada *residual network* $G = (V, E)$ melalui pembaruan nilai *flow* pada setiap sisi $(u, v) \in E$. Jika dalam *residual network* tidak ada sisi yang menghubungkan titik u ke titik v, maka dianggap bahwa tidak ada *flow* yang mengalir dari titik u ke titik v. Sehingga nilai *flow* pada pasangan titik tersebut bernilai nol. Kapasitasnya dinyatakan bernilai nol apabila (u, v) tidak berada dalam E.

Perhitungan kapasitas residual inilah yang memungkinkan Algoritma Ford-Fulkerson menentukan apakah masih terdapat *augmenting path* yang dapat digunakan untuk menambah *flow*. Dengan demikian, pada setiap iterasi, *flow* pada jaringan dapat ditingkatkan secara bertahap hingga tidak ditemukan lagi *augmenting path* dalam *residual network*. Ketika tidak ada *augmenting path* yang tersisa, *flow* yang diperoleh adalah *maximum flow*.

Adapun langkah-langkah pencarian *maximum flow* menggunakan Algoritma Ford-Fulkerson adalah (Farizal *et al*., 2014)

1. Inisialisasi
   Untuk tahap ini diberikan *flow* nol pada setiap sisi pada jaringan atau *flow* dianggap belum ada.

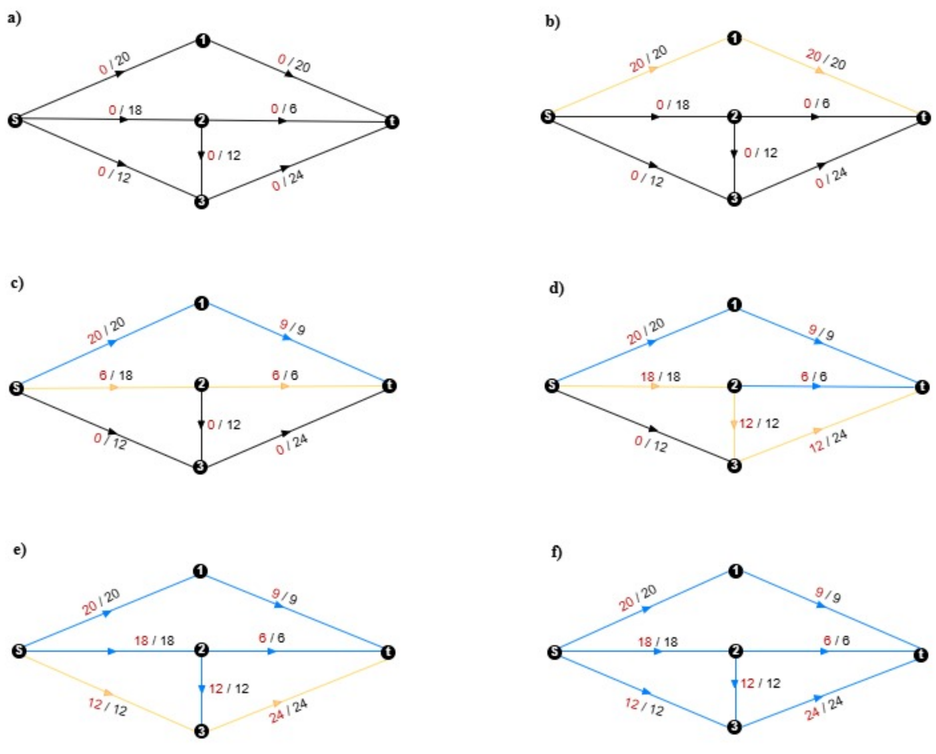
2. Titik pertama diberi label $[-, \infty]$ menyatakan kapasitas awal yang tidak berhingga.

3. Periksa apakah setiap sisi (u, v) telah terorientasi dengan baik (*properly oriented*), yaitu memiliki arah yang jelas serta sesuai dengan arah aliran dari titik sumber (*source*) ke titik tujuan (*sink*).

4. Titik v diberi label $[u, min(F_u, C_{(u,v)} - F_{(u,v)})] = [u, F_u]$, dimana u dan v adalah suatu titik, $C_{(u,v)}$ adalah kapasitas pada titik u dan v, $F_{(u,v)}$ adalah *flow* pada sisi (u, v), dan F_u adalah *flow* pada titik u.

5. Ulangi sampai sudah tidak ada lagi *augmenting path*.

6. *Maximum flow* telah diperoleh.



Gambar 2.7 Contoh Algoritma Ford-Fulkerson.

Gambar 2.7 menunjukkan contoh penentuan aliran maksimum (*maximum flow*) dengan menggunakan Algoritma Ford–Fulkerson. Proses penentuan *maximum flow* tersebut dilakukan melalui beberapa iterasi hingga tidak ditemukan lagi *augmenting*

path dari titik sumber ke titik tujuan. Untuk memudahkan proses penyelesaian, pada tahap awal setiap sisi diberikan nilai *flow* nol seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.a. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi awal belum terdapat *flow* atau distribusi yang terjadi dalam jaringan. Adapun lintasan yang dilewati pada proses penentuan *maximum flow* yaitu:
$s - 1 - t$
$s - 2 - t$
$s - 2 - 3 - t$
$s - 3 - t$

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada setiap iterasi dalam menentukan nilai *maximum flow* dengan menggunakan Algoritma Ford–Fulkerson:

1. Iterasi 1
   Pada Gambar 2.7.b ditunjukkan iterasi pertama, di mana *augmenting path* atau lintasan yang dilewati pada proses penentuan *maximum flow* adalah
   $s - 1 - t$

   (a) Inisialisasi *flow*
   Untuk setiap sisi diberikan *flow* nol. Titik s diberi label $[-, \infty]$.

   (b) Sisi $(s, 1)$ termasuk *properly orriented*

   (c) Titik 1 diberi label $[s,\text{min } (\infty, 20 - 0)] = [s, 20]$

   (d) Sisi $(1, t)$ termasuk *properly orriented*

   (e) Titik t diberi label $[1,\text{min } (20, 20 - 0)] = [1, 20]$

   Karena titik t telah berlabel, maka pada iterasi pertama *flow* dapat ditingkatkan sebesar 20. Akibatnya, nilai *flow* pada setiap jalur yang dilalui mengalami penambahan sebagai berikut:
   $F_{(s,1)} = 0 + 20 = 20$
   $F_{(1,t)} = 0 + 20 = 20$.
   Pada iterasi pertama, sisi $(s, 1)$ dan $(1, t)$ telah mencapai kapasitas maksimum sehingga tidak memungkinkan adanya penambahan *flow*. Oleh karena itu, lintasan yang melalui sisi tersebut tidak dipertimbangkan pada iterasi berikutnya. Selanjutnya, proses perhitungan dilanjutkan ke iterasi ke-2.

2. Iterasi 2

   Pada Gambar 2.7.c ditunjukkan iterasi kedua, di mana *augmenting path* atau lintasan yang dilewati pada proses penentuan *maximum flow* adalah
   $s - 2 - t$

   (a) Inisialisasi *flow*
   Untuk setiap sisi diberikan *flow* nol. Titik s diberi label $[-, \infty]$.

   (b) Sisi $(s, 2)$ termasuk *properly orriented*

   (c) Titik s diberi label $[s,\text{min } (\infty, 18 - 0)] = [s, 18]$

   (d) Sisi $(2, t)$ termasuk *properly orriented*

   (e) Titik t diberi label $[2,\text{min } (18, 6 - 0)] = [2, 6]$

   Karena titik t telah berlabel, maka pada iterasi kedua *flow* dapat ditingkatkan sebesar 6. Akibatnya, nilai *flow* pada setiap jalur yang dilalui mengalami penambahan sebagai berikut:
   $F_{(s,2)} = 0 + 6 = 6$
   $F_{(2,t)} = 0 + 6 = 6$.
   Pada iterasi kedua, sisi $(2, t)$ telah mencapai kapasitas maksimum sehingga tidak memungkinkan adanya penambahan *flow*. Oleh karena itu, lintasan yang melalui sisi tersebut tidak dipertimbangkan pada iterasi berikutnya. Selanjutnya, proses perhitungan dilanjutkan ke iterasi ke-3.

3. Iterasi 3

   Pada Gambar 2.7.d ditunjukkan iterasi ketiga, di mana *augmenting path* atau lintasan yang dilewati pada proses penentuan *maximum flow* adalah
   $s - 2 - 3 - t$

   (a) Inisialisasi *flow*
   Untuk setiap sisi diberikan *flow* nol. Titik s diberi label $[-, \infty]$.

   (b) Sisi $(s, 2)$ termasuk *properly orriented*

   (c) Titik 2 diberi label $[s,\text{min } (\infty, 18 - 6)] = [s, 12]$

   (d) Sisi $(2, 3)$ termasuk *properly orriented*

   (e) Titik 3 diberi label $[2,\text{min } (18, 12 - 0)] = [2, 12]$

(f) Sisi $(3, t)$ termasuk *properly orriented*

(g) Titik t diberi label [3,min $(12, 24 - 0)] = [3, 12]$

Karena titik t telah berlabel, maka pada iterasi ketiga *flow* dapat ditingkatkan sebesar 12. Akibatnya, nilai *flow* pada setiap jalur yang dilalui mengalami penambahan sebagai berikut:
$F_{(s,2)} = 6 + 12 = 18$
$F_{(2,3)} = 0 + 12 = 12$
$F_{(3,t)} = 0 + 12 = 12$.
Pada iterasi ketiga, sisi $(s, 2)$ dan $(2, 3)$ telah mencapai kapasitas maksimum sehingga tidak memungkinkan adanya penambahan *flow*. Oleh karena itu, lintasan yang melalui sisi tersebut tidak dipertimbangkan pada iterasi berikutnya. Selanjutnya, proses perhitungan dilanjutkan ke iterasi ke-4.

4. Iterasi 4
Pada Gambar 2.7.e ditunjukkan iterasi keempat, di mana *augmenting path* atau lintasan yang dilewati pada proses penentuan *maximum flow* adalah
$s - 3 - t$

(a) Inisialisasi *flow*
Untuk setiap sisi diberikan *flow* nol. Titik s diberi label $[-, \infty]$.

(b) Sisi $(s, 3)$ termasuk *properly orriented*

(c) Titik 3 diberi label [s,min $(\infty, 12 - 0)] = [s, 12]$

(d) Sisi $(3, t)$ termasuk *properly orriented*

(e) Titik t diberi label [3,min $(12, 24 - 12)] = [3, 12]$

Karena titik t telah berlabel, maka pada iterasi keempat *flow* dapat ditingkatkan sebesar 12. Akibatnya, nilai *flow* pada setiap jalur yang dilalui mengalami penambahan sebagai berikut:
$F_{(s,3)} = 0 + 12 = 12$
$F_{(3,t)} = 12 + 12 = 24$.
Pada iterasi keempat, sisi $(s, 3)$ dan $(3, t)$ telah mencapai kapasitas maksimum sehingga tidak memungkinkan adanya penambahan *flow*. Oleh karena itu, lintasan yang melalui sisi tersebut tidak dipertimbangkan pada iterasi berikutnya. Karena tidak ada lagi lintasan atau *augmenting path* seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 2.7.f, maka diperoleh nilai *maximum flow* berikut: $\mathrm{F}_{(s,1)} + F_{(2,t)} + F_{(2,3)} + F_{(s,3)} = 20 + 6 + 12 + 12 = 50.$

Dengan demikian, nilai *maximum flow* yang diperoleh adalah sebesar 50. Nilai ini menunjukkan jumlah *maximum flow* yang dapat dialirkan dari titik sumber (*source*) ke titik tujuan (*sink*) pada suatu jaringan, dengan tetap memperhatikan seluruh batasan kapasitas pada setiap sisi. Hasil tersebut juga menandakan bahwa jaringan telah berada pada kondisi optimal, di mana tidak terdapat lagi *augmenting path* yang memungkinkan untuk menambah nilai *flow* tanpa melanggar kapasitas maksimum yang tersedia.

2.4 MATLAB

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan perangkat lunak untuk analisis dan komputasi numerik serta bahasa pemrograman matematika tingkat lanjut yang dikembangkan dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan struktur matriks. Sebagai produk komersial dari perusahaan MathWorks, Inc., MATLAB telah menjadi aplikasi yang sangat berguna dalam pengolahan aljabar linier dan berbagai perhitungan matematis lainnya. MATLAB juga dilengkapi dengan berbagai fungsi *built-in* yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas-tugas komputasi numerik berbasis matriks yang umumnya sulit dilakukan secara manual. Oleh karena itu, MATLAB sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang melibatkan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi, dan perhitungan numerik lainnya (Rizki, 2022).

Secara umum, kegunaan MATLAB meliputi (Atina, 2019):

1. Matematika dan komputasi.
2. Pengembangan algoritma.
3. Pemodelan, simulasi, dan pembuatan *prototype*.
4. Analisis data, eksplorasi, dan visualisasi.
5. Pembuatan aplikasi termasuk pengembangan *Graphical User Interface* (GUI).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamatkan di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pendistribusian produk PT Sinar Sosro di Kota Bandar Lampung yang mencakup titik sumber, titik transit, titik tujuan, jalur pendistribusian, serta kapasitas pengiriman pada setiap jalur. Data tersebut diperoleh melalui wawancara langsung dengan narasumber dari PT Sinar Sosro pada hari Selasa, 02 Desember 2025.

3.3 Metode Penelitian

Data tersebut selanjutnya digunakan untuk membentuk jaringan aliran (*flow network*) sebagai dasar penerapan Algoritma Ford–Fulkerson dalam menentukan aliran maksimum (*maximum flow*) pada pendistribusian produk. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan bahan studi pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini.
2. Mempelajari studi pustaka yang sudah dikumpulkan.
3. Mencari data yang dibutuhkan melalui wawancara langsung dengan pihak PT Sinar Sosro.

4. Membuat pemodelan graf dari data yang diperoleh.
5. Menentukan aliran maksimum (*maximum flow*) menggunakan Algoritma Ford–Fulkerson dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

    a. pencarian *augmenting path* sampai *augmenting path* tidak lagi ditemukan lagi

    b. inisialisasi, dimana pada proses ini untuk setiap sisinya diberikan *flow* nol

    c. setiap titik pertama diberi label $[-, \infty]$

    c. periksa apakah setiap sisi (u, v) telah terorientasi dengan baik (*properly oriented*), yaitu memiliki arah yang jelas serta sesuai dengan arah aliran dari titik sumber (*source*) ke titik tujuan (*sink*).

    d. pemberian label pada titik yang memenuhi *properly oriented*

    e. jika *flow* pada suatu sisi sudah maksimum, maka lintasan yang melewati sisi tersebut tidak perlu dihitung

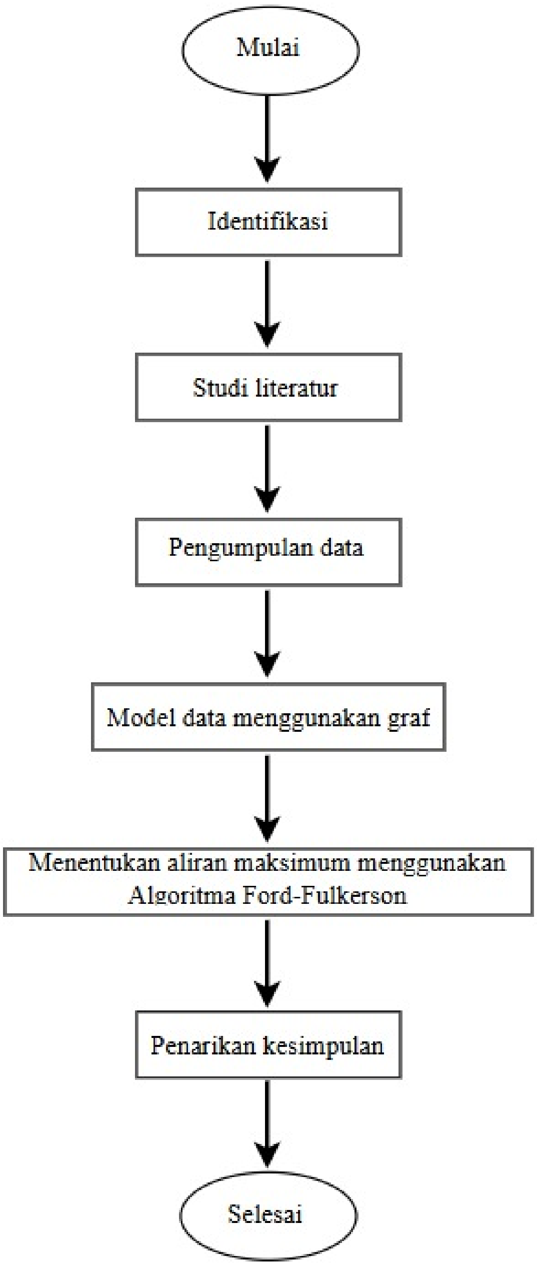
    f. jika titiknya sudah berlabel maka *flow* ditambah pada sisi yang *properly oriented*

    g. *maximum flow* diperoleh ketika sudah tidak ada *augmenting path*

6. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir atau *flowchart* merupakan representasi langkah-langkah penyelesaian suatu masalah yang digambarkan melalui simbol-simbol tertentu. *Flowchart* digunakan untuk menyajikan tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terstruktur, sistematis, dan mudah dipahami dengan menggunakan simbol-simbol standar (Pradnyana *et al*., 2025). Oleh karena itu, untuk mempermudah pemahaman terhadap alur dan tahapan penelitian yang dilakukan, proses penelitian ini disajikan dalam bentuk *flowchart*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian Algoritma Ford-Fulkerson.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan komputasi menggunakan MATLAB dengan algoritma Ford–Fulkerson, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian untuk menentukan nilai aliran maksimum (*maximum flow*) pada proses pendistribusian produk PT Sinar Sosro hingga ke konsumen telah tercapai. Nilai *maximum flow* yang diperoleh adalah sebesar 39.800 karton per minggu. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas maksimum jaringan pendistribusian, di mana seluruh jalur distribusi telah dimanfaatkan secara optimal dan tidak terdapat lagi *augmenting path* yang memungkinkan penambahan *flow* tanpa melanggar batas kapasitas yang tersedia. Dengan demikian, sistem pendistribusian produk PT Sinar Sosro di Bandar Lampung berada pada kondisi optimal dan mampu memenuhi kebutuhan distribusi secara maksimal sesuai dengan batasan kapasitas jaringan.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan penentuan *maximum flow* pada berbagai kasus permasalahan dalam aktivitas kehidupan sehari-hari yang berbeda, seperti sistem transportasi, distribusi logistik, maupun jaringan pelayanan publik, sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas dan fleksibilitas dari metode yang digunakan. Selain itu, penggunaan algoritma lain sebagai pembanding perlu dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi waktu komputasi dan perbedaan hasil *maximum flow* yang diperoleh, sehingga dapat ditentukan metode yang paling sesuai untuk setiap karakteristik permasalahan.

DAFTAR PUSTAKA

Asmiati. (2016). *Graf dan Aplikasinya Pada Jarak Terpendek*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Atina, A. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (Jupiter)*, 1(1), 28-34.

Carlson, S.C. (2025). *Königsberg bridge problem. Encyclopedia Britannica*. https://www.britannica.com/science/Konigsberg-bridge-problem. diakses pada tanggal 2 Desember 2026 pukul 20.00.

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L.,& Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms (3-rd edition)*. MIT Press and McGraw-Hill.

Deo, Narsingh. 1989. *Graph Theory with Aplications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.

Farizal, T., Suyitno, H., & Darmo, D. (2014). Pencarian Aliran Maksimum dengan Algoritma Ford-Fulkerson (Studi kasus pada Jaringan Listrik Kota Tegal). *Unnes Journal of Mathematics*, 3(1), 105-110.

Hillier, F. S., & Lieberman, G.J. (2005). *Introduction to operations research*. McGrawHill.

Mahesa, N., & Helmi, H.(2024). Implementasi Algoritma Edmon-Karp pada Pencarian Aliran Maksimum. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 13(3), 331-338.

Moukia, G. A., Dur, S., & Panjaitan, D. J. (2025). Implementasi Algoritma Ford-Fulkerson Dalam Memaksimalkan Jaringan Aliran Listrik Di Lubuk Pakam. *Journal of Science and Social Research*, 8(2), 3046-3053.

Pradnyana, I. W. Y., Juliantara, I. W. A., Putra, I. M. A. W., Ariawan, W. E., Guna, I. N. A., Sarjana, I. W. M. (2025). Study Literatur Pemahaman Mahasiswa

Tentang Logika Informatika Dalam Pemrograman. *Jurnal Ilmiah Sains Sosial, Kewirausahaan dan Kebudayaan*, 3(2), 16-22.

Rizki, R. (2022). Pengaplikasian Matlab pada Perhitungan Matriks. *Papanda Journal of Mathematics and Science Research*, 1(2), 81-93.

Ryu, S. Optimasi Sistem Distribusi, *Jurnal UNS*. 2018; 5(2): 62-70

Sumiarti, F. (2017). Pencarian Aliran Maksimum Dengan Algoritma Ford-Fulkerson Dan Modifikasinya. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 6(01). 29-36.

Wamiliana. (2022). *Minimum Spanning Tree dan Desain Jaringan*. Pusaka Media. Bandarlampung.