

**PENENTUAN ALIRAN ARUS MAKSIMUM PADA JARINGAN LISTRIK
DENGAN MENERAPKAN ALGORITMA EDMONS KARP**

(Skripsi)

Oleh

NATASHA SARAH ADELIA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

DETERMINATION MAXIMUM CURRENT FLOW AT ELECTRICITY NETWORK BY USING EDMONS KARP ALGORITHM

By

Natasha Sarah Adelia

Bandar Lampung is the biggest city in Lampung and the third in Sumatra where every resident uses electricity for many things. In electricity network, electric current flow that passes a maximum limit of a wire causes a damage to the wire. Therefore, it is needed a way to handle it by maximizing the electricity current flow without passing the capacity of a wire. In this research, will be discussed a determination maximum current flow of an electricity network, region Wayhalim Bandar Lampung by using Edmons Karp Algorithm. In this research, we made an Edmons Karp Algorithm program script at MATLAB R2013b software to help to find maximum current flow at electricity network region Wayhalim Bandar Lampung.

Key word : *Graph, Maximum Flow, Edmons Karp Algorithm, Electricity Network Region Wayhalim Bandar Lampung*

ABSTRAK

PENENTUAN ALIRAN ARUS MAKSIMUM PADA JARINGAN LISTRIK DENGAN MENERAPKAN ALGORITMA EDMONS KARP

Oleh

Natasha Sarah Adelia

Kota Bandar Lampung merupakan kota terbesar di Provinsi Lampung dan terpadat ketiga di Pulau Sumatera dimana setiap penduduknya memanfaatkan listrik untuk berbagai hal. Pada jaringan listrik, aliran arus listrik yang melewati batas maksimum suatu kabel dapat menyebabkan kerusakan pada kabel tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mengatasinya dengan memaksimalkan aliran arus listrik tanpa melewati kapasitas suatu kabel. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan aliran arus maksimum pada jaringan listrik rayon Wayhalim kota Bandar Lampung dengan menggunakan Algoritma Edmons Karp. Pada penelitian ini penulis membuat script program Algoritma Edmons Karp pada *software* MATLAB R2013b untuk membantu mencari aliran arus maksimum pada jaringan listrik rayon Wayhalim kota Bandar Lampung.

Kata kunci : *Graf, Aliran Maksimum, Algoritma Edmons Karp, Jaringan Listrik Rayon Way Halim Kota Bandar Lampung*

**PENENTUAN ALIRAN ARUS MAKSIMUM PADA JARINGAN LISTRIK
DENGAN MENERAPKAN ALGORITMA EDMONS KARP**

Oleh

Natasha Sarah Adelia

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENENTUAN ALIRAN ARUS MAKSIMUM PADA
JARINGAN LISTRIK DENGAN MENERAPKAN
ALGORITMA EDMONS KARP**

Nama Mahasiswa : *Natasha Sarah Adelia*

No. Pokok Mahasiswa : 1517031078

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.
NIP 19731109 200012 2 001

Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.
NIP 19760411 200012 2 001

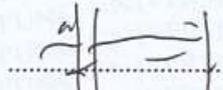
2. Ketua Jurusan Matematika

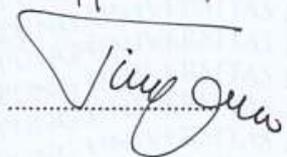
Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP 19631108 198902 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.** 

Sekretaris : **Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **16 Januari 2019**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Natasha Sarah Adelia

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517031078

Judul : Penentuan Aliran Arus Maksimum Pada Jaringan
Listrik Dengan Menerapkan Algoritma Edmons
Karp

Jurusan : Matematika

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan ilmiah Universitas Lampung. 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, Januari 2019

Penulis,



Natasha Sarah Adelia
NPM. 1517031078

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Natasha Sarah Adelia, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 04 Juni 1997. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan suami istri Bapak Rachmat Ichsan dan Ibu Rosemeilia, serta adik dari Nadya Astri Adelia.

Penulis memulai pendidikan di TK Bhayangkara Bandar Lampung tahun 2001. Pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 2 Palapa Bandar Lampung tahun 2003. Pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 25 Bandar Lampung tahun 2009. Pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 10 Bandar Lampung tahun 2012.

Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN. Penulis pernah menjadi anggota magang bidang Eksternal Himpunan Mahasiswa Matematika Tahun 2015 dan menjadi anggota Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Basket Universitas Lampung. Sebagai bentuk penerapan ilmu perkuliahan, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) bersama BNP2TKI pada tahun 2018 selama 32 hari di desa Taman Endah, kecamatan Purbolinggo, kabupaten Lampung Timur, provinsi Lampung. Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Kantor Perum BULOG Divre Lampung selama kurang lebih satu bulan pada tahun 2018.

MOTTO

“Jangan memandang segala sesuatu dengan anggapan beban, daripada hanya mengeluh dan berdiam diri, sebaiknya jalani, usaha sebaik mungkin dan beribadah pada Yang Kuasa, maka engkau akan mendapatkan jalan keluar.”

(Natasha Sarah Adelia)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S Al-Insyirah : 6-8)

"Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua."

(Aristoteles)

*“Learn from the mistakes of others. You can not live long enough to do all the fault
itself.”*

(Martin Vanbe)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas hidayah dan kasih
sayang-Nya

Sebuah karya sederhana yang penuh perjuangan telah selesai

Kupersembahkan Skripsi ini untuk :

Papa Rachmat Ichsan & Mama Rosemeilia

Serta

Kakak Nadya Astri Adelia

Terimakasih atas doa, dukungan, dan semangat yang telah diberikan

Terimakasih atas cinta dan kasih sayang yang telah diberikan

Terimakasih atas kesabaran yang telah diberikan

SANWANCANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulisan skripsi dengan judul “Penentuan Aliran Arus Maksimum Pada Jaringan Listrik dengan Menerapkan Algoritma Edmons Karp” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, teladan terbaik sepanjang masa.

Pada proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan, bimbingan serta kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini mampu terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, semangat, dan motivasi dengan kesabarannya dalam membimbing hingga skripsi ini terselesaikan.
2. Ibu Dr. Asmiati, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, memberi masukan, dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

3. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Agus Sutrisno, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A, Ph.D., selaku dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Dosen, staf dan karyawan Jurusan Matematika FMIPA UNILA yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan segala bentuk bantuan kepada penulis.
8. PT. PLN (Persero) Distribusi Lampung (Area Tanjung Karang) yang telah memberikan data dukungan penelitian dan izin penelitian.
9. Kedua orang tua, kakak, dan Najela serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis.
10. Sahabat-sahabatku yaitu Anggun, Anita, Cintya, Intan, Moni, Nurah, Rani, Thalia, Tirania, Rina, Rini, Indras, dan Dhenty yang telah mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis dalam melalui proses perkuliahan.
11. Teman-teman mahasiswa angkatan 2015 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Januari 2019
Penulis

Natasha Sarah Adelia

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR	xi
----------------------------	-----------

DAFTAR TABEL	xii
---------------------------	------------

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Teori Graf	5
2.2 Masalah Aliran Maksimum.....	12
2.3 Algoritma <i>Edmons Karp</i>	14
2.4 MATLAB	16

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Metode Penelitian	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian	20
4.2 Penerapan Algoritma <i>Edmons Karp</i>	25
4.3 Hasil Aliran Maksimum.....	26

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan..... 28

5.2 Saran..... 28

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Contoh graf dengan 5 titik dengan 6 sisi.....	5
Gambar 2. (a) Contoh graf dengan sisi paralel (b) Contoh graf dengan <i>loop</i>	6
Gambar 3. (a) Contoh graf sederhana (b) Contoh graf tidak sederhana.....	6
Gambar 4. Contoh graf dengan 1 titik terasing dan 1 titik <i>pendant</i>	7
Gambar 5. Contoh graf berarah dengan 5 titik dan 10 sisi.....	8
Gambar 6. Contoh graf berarah sederhana.....	9
Gambar 7. Contoh graf berarah lengkap simetris dengan 4 titik.....	10
Gambar 8. Contoh graf berarah yang memiliki bobot.....	11
Gambar 9. Contoh graf berarah dan matriks ketetangannya.....	11
Gambar 10. Contoh jaringan transportasi.....	12
Gambar 11. Graf jaringan listrik rayon Way Halim Kota Bandar Lampung....	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik listrik hantaran udara alumunium campuran (A3C).....	20
Tabel 2. Titik (<i>vertex</i>) jaringan listrik rayon Way Halim Kota Bandar Lampung.....	21
Tabel 3. Sisi (<i>edge</i>) jaringan listrik rayon Way Halim Kota Bandar Lampung.....	22

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Teori graf merupakan salah satu cabang ilmu matematika terapan yang sudah berkembang dan banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah kehidupan sehari-hari. Teori graf dapat mempresentasikan suatu masalah dengan lebih sederhana dan mampu menerangkan secara detail masalah tersebut, sehingga mampu mencari suatu solusi.

Salah satu pembahasan dalam teori graf adalah jaringan (*network*). Jaringan adalah sebuah graf berarah yang sederhana yang mempunyai sumber dan tujuan yang setiap sisi mempunyai kapasitas. Di dalam jaringan terdapat beberapa model yang bisa digunakan untuk membantu memecahkan masalah-masalah, diantaranya adalah model distribusi kendali, model rentang jaringan minimum, model rute terpendek, dan model aliran maksimum. Model aliran maksimum (*maximum flow*), sesuai dengan namanya adalah sebuah model yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai maksimum aliran di dalam sebuah sistem jaringan.

Contoh aliran maksimum pada sebuah jaringan adalah jaringan listrik, pipa saluran, dan jalur lalu lintas. Kapasitas pada setiap jaringan akan membatasi jumlah arus atau aliran yang melewatinya. Sebagai contoh suatu kabel listrik dengan kapasitas 50 Ampere akan segera terbakar jika kita memaksa kabel itu dilewati oleh arus 90 Ampere pada tingkat tegangan yang sama.

Pada skripsi ini akan dibahas masalah aliran maksimum pada jaringan listrik. Penulis memilih jaringan listrik salah satu rayon di kota Bandar Lampung dikarenakan kota Bandar Lampung merupakan kota terbesar di Provinsi Lampung dan terpadat ketiga di Sumatera, dimana setiap penduduknya memanfaatkan listrik untuk berbagai hal. Aliran arus listrik yang tidak maksimum dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat yang menggunakan energi listrik. Tegangan berbanding lurus dengan arus. Selain arus yang berbanding lurus dengan tegangan, tahanan dalam listrik juga berbanding lurus dengan tegangan. Jadi arus merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan rusaknya perangkat yang menggunakan energi listrik. Oleh karena itu dibutuhkan cara untuk menanggulangnya yaitu dengan memaksimalkan aliran arus yang ada.

Ada beberapa metode untuk mencari aliran maksimum yaitu dengan Algoritma *Dinic*, Algoritma *Dijkstra*, Algoritma *Ford-Fulkerson*, dan Algoritma *Edmons Karp*. Menurut (Sirait, 2013), Algoritma *Ford-Fulkerson* lebih efektif dibandingkan dengan Algoritma *Dinic* karena Algoritma *Ford-Fulkerson* membutuhkan waktu yang lebih singkat dan ruang memori yang lebih sedikit dalam mencari penyelesaian masalah arus maksimum dibandingkan Algoritma

Dinic. Menurut (Aini, 2010), Algoritma *Dijkstra* dan Algoritma *Ford-Fulkerson* menghasilkan nilai aliran maksimum yang sama, akan tetapi pada proses iterasi Algoritma *Ford-Fulkerson* lebih membutuhkan waktu yang singkat dibandingkan Algoritma *Dijkstra*. Sedangkan Algoritma *Edmons Karp* merupakan implementasi dari Algoritma *Ford-Fulkerson* dan Algoritma *Edmons Karp* adalah penyempurnaan dari Algoritma *Ford-Fulkerson*, karena pada Algoritma *Edmons Karp* dalam pemilihan lintasan menggunakan Algoritma *Breadth-first search*, standar khusus dalam pemilihan lintasan penambahnya (Balakhrisnan, 1995).

Oleh karena itu, Algoritma *Edmons Karp* akan sangat membantu dalam menyelesaikan permasalahan aliran maksimum (*maximum flow*) apabila diterapkan dalam suatu *network* yang memiliki kapasitas besar dan *network* yang memiliki banyak titik. Dalam penelitian ini penulis akan membuat sebuah program menggunakan *software* MATLAB R2013b untuk membantu mencari aliran arus maksimum dengan Algoritma *Edmons Karp*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah menentukan aliran arus maksimum dengan menggunakan Algoritma *Edmons Karp* pada jaringan listrik salah satu rayon kota Bandar Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

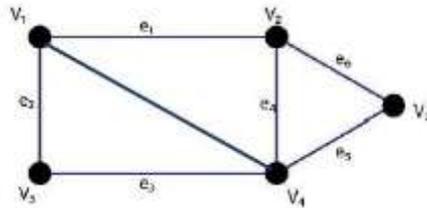
Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menambah dan memperluas pengetahuan mengenai aliran arus maksimum dengan menerapkan Algoritma *Edmons Karp* dalam kehidupan nyata.
2. Penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan acuan bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan penelitian pencarian aliran arus maksimum dengan metode yang berbeda.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan bagi PT PLN (Persero) Distribusi Lampung Cabang Tanjung Karang untuk memaksimumkan aliran dari kapasitas kabel yang tak sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

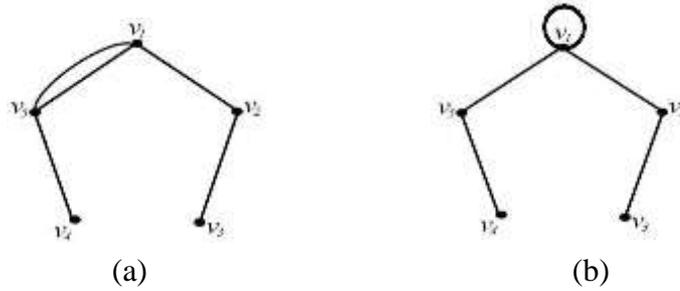
2.1 Konsep Dasar Graf

Istilah-istilah dan definisi yang digunakan pada subbab ini diambil dari (Deo, 1989). Graf $G = (V, E)$ didefinisikan sebagai pasangan terurut suatu himpunan $(V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{v_1, v_2, \dots\}$ merupakan himpunan titik atau *vertex* atau *node*, $V(G) \neq \emptyset$ dan $E(G) = \{e_1, e_2, \dots\}$ merupakan himpunan sisi (*edge*) dari pasangan tak terurut $V(G)$.



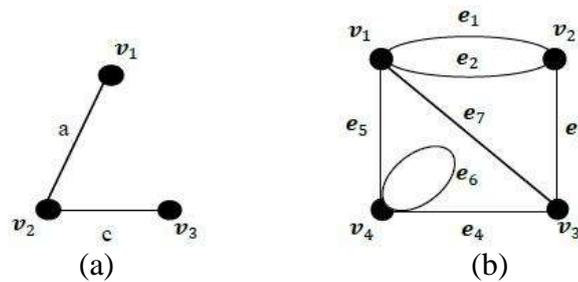
Gambar 1. Contoh graf dengan 5 titik dengan 6 sisi.

Suatu sisi yang titik awal dan titik akhirnya sama disebut *loop*, sedangkan sisi paralel adalah dua sisi atau lebih yang menghubungkan titik-titik yang sama. Graf sederhana adalah graf yang tidak memuat *loop* atau sisi paralel, sedangkan jika memuat *loop* atau sisi paralel, maka disebut graf tak sederhana.



Gambar 2. (a) Contoh graf dengan sisi paralel (b) Contoh graf dengan *loop*.

Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa gambar (a) merupakan contoh graf sederhana dengan tiga titik dan dua sisi, sedangkan gambar (b) merupakan graf tidak sederhana dengan *loop* e_6 dan sisi paralel e_1 dan e_2 . Misalkan v_j merupakan titik ujung sisi e_j pada suatu graf G , v_j dan e_j dikatakan *incidence* (menempel) satu sama lain. Dua sisi tak paralel dikatakan *adjacent* (bertetangga) jika keduanya menempel pada suatu titik yang sama. Dua titik dikatakan *adjacent* (bertetangga) jika terdapat sisi yang menghubungkan keduanya.

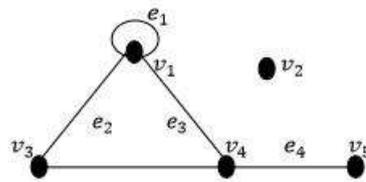


Gambar 3. (a) Contoh graf sederhana (b) Contoh graf tidak sederhana.

Misalkan pada Gambar 3. (a) sisi a menempel pada titik v_1 dan titik v_2 , dan sisi c menempel pada titik v_2 dan v_3 . Titik v_1 bertetangga dengan titik v_2 , titik v_2 bertetangga dengan v_1 dan v_3 , serta titik v_3 bertetangga dengan v_2 .

Walk adalah barisan berhingga dari suatu titik dan sisi yang dimulai dan diakhiri dengan titik, sedemikian sehingga setiap sisi menempel pada titik sebelum dan sesudahnya. *Walk* yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut *closed walk*. *Walk* yang melewati titik yang berbeda-beda disebut sebagai *path* (lintasan). *Path* yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut *cycle*. Suatu graf G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika terdapat sekurang-kurangnya ada satu *path* yang menghubungkan sepasang titik di G . Suatu graf tidak terhubung G merupakan graf yang terdiri dari dua atau lebih graf terhubung.

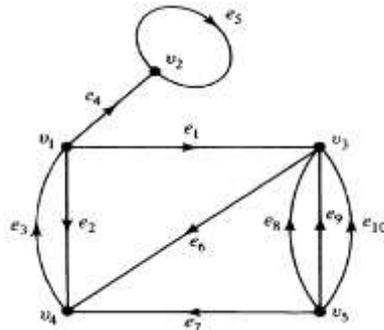
Derajat (*degree*) dari suatu titik v pada graf G dinotasikan dengan $deg(v)$, adalah banyaknya sisi yang menempel pada titik v dengan *loop* dihitung dua. Untuk contoh dapat dilihat pada Gambar 4. bahwa $deg(v_1) = 4$, $deg(v_2) = 0$, dan $deg(v_5) = 1$.



Gambar 4. Contoh graf dengan 1 titik terasing dan 1 titik *pendant*.

Titik terasing merupakan titik yang memiliki derajat nol, sedangkan titik *pendant* (daun) adalah titik yang memiliki derajat satu. Dapat dilihat pada Gambar 4.

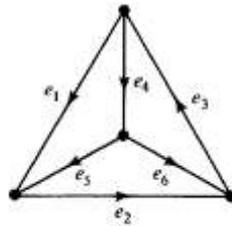
Sebuah graf berarah (atau sebuah graf berarah pendek) G terdiri dari satu himpunan titik $V(G) = \{v_1, v_2, \dots\}$, himpunan sisi $E(G) = \{e_1, e_2, \dots\}$, dan sebuah pemetaan yang memetakan setiap sisi ke beberapa pasangan titik berurutan (v_i, v_j) . Seperti dalam kasus graf yang tidak berarah diwakili oleh suatu titik dan sisi oleh suatu segmen sisi antara v_i dan v_j dengan panah yang diarahkan dari v_i ke v_j . Sebagai contoh pada Gambar 5. Contoh graf berarah dengan 5 titik dan 10 sisi. Sebuah graf berarah disebut juga graf berorientasi.



Gambar 5. Contoh graf berarah dengan 5 titik dan 10 sisi.

Seperti graf tidak berarah, graf berarah datang dalam banyak variasi. Faktanya, karena pilihan untuk menetapkan arah ke setiap sisi, graf berarah memiliki lebih banyak variasi daripada graf tidak berarah.

Simple Digraphs (Graf berarah sederhana) merupakan graf berarah yang tidak memiliki loop atau sisi paralel disebut graf berarah sederhana. Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Contoh graf berarah sederhana.

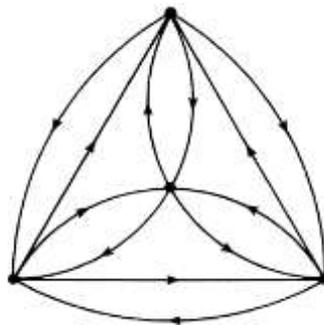
Asymmetric Digraphs (Graf asimetris) merupakan graf berarah yang memiliki paling banyak satu ujung yang berarah antara sepasang himpunan sisi, tetapi dapat memiliki loop, disebut asimetris atau antisimetris. *Symmetric Digraphs* (Graf simetris) merupakan graf berarah di mana untuk setiap sisi (a, b) (dari titik a ke b) merupakan sebuah sisi (b, a) juga.

Sebuah graf berarah adalah sederhana dan simetris disebut sebuah graf berarah sederhana simetris (*a simple symmetric digraph*). Demikian pula, graf berarah yang sederhana dan asimetris adalah graf berarah sederhana asimetris (*Simple asymmetric*).

Complete Digraph (Graf berarah lengkap) merupakan sebuah graf lengkap tidak berarah yang didefinisikan sebagai graf sederhana dimana setiap titik bergabung ke setiap titik lain tepatnya dengan satu sisi. Pada graf berarah terdapat dua jenis dari graf lengkap. Sebuah graf berarah simetris lengkap dimana terdapat tepat satu sisi berarah setiap titik ke setiap titik lain seperti pada Gambar 7. dan sebuah graf berarah asimetris lengkap dimana terdapat tepat satu sisi diantara setiap pasangan himpunan titik seperti pada Gambar 6.

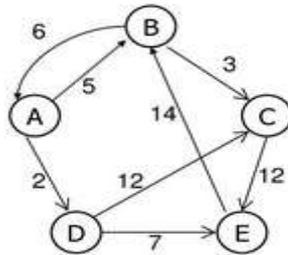
Sebuah graf berarah asimetris lengkap dalam n titik mengandung $n(n - 1)/2$ sisi. Sedangkan sebuah graf berarah simetris lengkap dalam n titik mengandung $n(n - 1)$ sisi.

Sebuah digraf dikatakan seimbang jika untuk setiap titik v_i , derajat sama dengan tingkat di luar, yaitu $d^+v_i = d^-v_i$. (Graf terarah seimbang juga disebut sebagai *digraph psedosymmetric* atau *isograph*.) Sebuah graf berarah seimbang dikatakan biasa jika setiap titik memiliki derajat masuk dan derajat keluar yang sama seperti setiap titik lainnya.



Gambar 7. Contoh graf berarah lengkap simetris dengan 4 titik.

Bila sisi e dalam graf G dikaitkan dengan sebuah bilangan real $w(e)$, maka $w(e)$ disebut bobot (weight) dari e . Bobot dari sebuah graf G , dinotasikan dengan $w(G)$. Sebuah graf yang setiap sisinya dikaitkan dengan bilangan real disebut graf bobot.

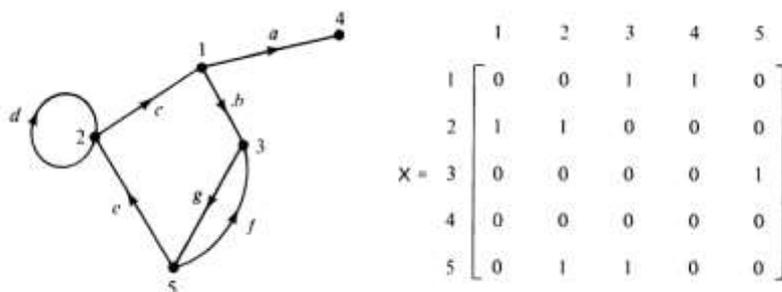


Gambar 8. Contoh graf berarah yang memiliki bobot.

Didalam graf berarah terdapat istilah matrik ketetanggaan (*adjacency matriks*), misalkan G digraf dengan n titik, tidak memuat sisi paralel. maka matriks ketetanggaan $X = [x_{ij}]$ dari digraf G adalah n oleh n $(0,1)$, matriks yang elemennya :

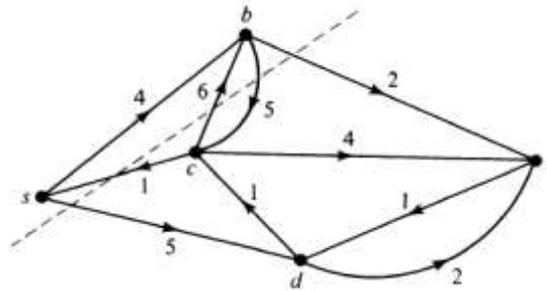
$x_{ij} = 1$, jika terdapat sebuah sisi berarah dari titik ith ke titik jth ,

$x_{ij} = 0$, selainnya.



Gambar 9. Contoh graf berarah dan matriks ketetangannya.

Sebuah graf sederhana, terhubung, berbobot disebut sebuah jaringan transportasi jika bobot yang terkait dengan setiap sisi terarah di G adalah sebuah bilangan yang tidak negatif. Dalam jaringan transportasi bilangan ini diwakili kapasitas dari sisi dan ditetapkan sebagai c_{ij} untuk sisi berarah dari titik i ke titik j . Sebuah jaringan transportasi ditunjukkan pada Gambar 10. yang mana bilangan yang ditulis di samping sisi adalah kapasitas sisi.



Gambar 10. Contoh jaringan transportasi.

2.2 Masalah Aliran Maksimum

Masalah Aliran Maksimum dideskripsikan sebagai masalah pencarian untuk mencari arus maksimum yang dapat mengalir pada sebuah jaringan yang hanya memiliki satu sumber dan satu tujuan, dengan jumlah rute yang ada. Aliran maksimum adalah sebuah model yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai maksimum seluruh arus di dalam sebuah sistem jaringan. Contoh aliran maksimum pada sebuah jaringan adalah jaringan listrik, saluran pipa, pendistribusian barang, dan lintasan lalu lintas. Kapasitas pada setiap jaringan akan membatasi jumlah arus atau aliran yang melewatinya. Aliran maksimum

mempunyai tujuan untuk memaksimalkan jumlah arus yang melewati jaringan dalam sebuah sistem jaringan (Hillier dan Lieberman, 2001).

Berikut ini beberapa jenis aplikasi khusus dari masalah aliran maksimum.

1. Memaksimalkan aliran melalui jaringan distribusi perusahaan dari pabrik ke pabrik pelanggan.
2. Memaksimalkan aliran melalui jaringan suplai perusahaan dari vendornya ke pabrik-pabrik.
3. Memaksimalkan aliran minyak melalui sistem pipa.
4. Memaksimalkan aliran air melalui sistem saluran air.
5. Memaksimalkan arus kendaraan melalui jaringan transportasi.
6. Memaksimalkan aliran arus listrik melalui jaringan listrik.

Aliran maksimal merupakan sebuah jaringan transportasi G , sebuah aliran adalah penugasan dalam sebuah bilangan non negatif f_{ij} untuk setiap sisi berarah (i, j) sedemikian rupa sehingga kondisi berikut terpenuhi :

1. Untuk setiap sisi berarah (i, j) di G

$$f_{ij} \leq c_{ij}$$

2. Terdapat sebuah titik s yang ditentukan di G yang disebut sumber (*source*), yang mana

$$\sum_i f_{si} - \sum_i f_{is} = w$$

kuantitas w disebut nilai aliran atau bobot.

3. Terdapat ketentuan lain yaitu titik t di G , disebut tujuan (*sink*), yang mana

$$\sum_i f_{ti} - \sum_i f_{it} = -w$$

4. Semua himpunan titik disebut titik menengah, untuk setiap titik j .

$$\sum_i f_{ji} - \sum_i f_{ij} = 0$$

2.3 Algoritma *Edmons Karp*

Algoritma *Edmons Karp* pertama kali diperkenalkan oleh seorang ilmuwan Rusia, Dinic pada tahun 1970, dan dipopulerkan oleh Jack Edmonds dan Richard Karp pada tahun 1972. Pada Algoritma *Edmons Karp*, lintasan penambah yang dipilih merupakan lintasan penambah terpendek. Lintasan penambah yang dipilih dilakukan menggunakan Algoritma *Breadth First Search*, sehingga hanya diperlukan sedikit iterasi dalam mencari aliran maksimum dibandingkan dengan Algoritma *Ford-Fulkerson* (Balakhrisan, 1995). Adapun untuk langkah-langkah dari Algoritma *Edmons Karp* sebagai berikut :

1. Tentukan *residual network* dari N .
2. Inisialisasi *flow* untuk setiap busur ij pada N sebesar nol ($F_{ij} = 0$).
3. Identifikasikan suatu lintasan penambah pada *residual network* dengan menggunakan Algoritma BFS (*Breadth First Search*).
4. Jika telah diperoleh suatu lintasan penambah, maka tentukan kapasitas residu lintasan penambah tersebut yang dinotasikan dengan Δ .

5. Tambahkan *flow* sebesar Δ ke setiap busur pada lintasan penambah tersebut.

Jika masih ada lintasan penambah yang lain, ulangi langkah 3 sampai dengan langkah 5. Jika tidak ada lintasan penambah yang lain, hitung aliran pada setiap busur, yaitu:

$$F_{ij} = C_{ji}$$

dengan:

F_{ij} = *flow* busur ij pada *network* asli.

C_{ji} = kapasitas busur ij pada *residual network*.

Algoritma *Breadth First Search* adalah Algoritma yang melakukan pencarian secara melebar yang mengunjungi titik secara *preorder* yaitu mengunjungi suatu titik kemudian mengunjungi semua titik yang bertetangga dengan titik tersebut terlebih dahulu. Selanjutnya, titik yang belum dikunjungi dan bertetangga dengan titik-titik yang tadi dikunjungi, demikian seterusnya sampai seluruh titik telah dikunjungi. Algoritma ini memerlukan sebuah antrian q untuk menyimpan titik yang telah dikunjungi. Titik-titik ini diperlukan sebagai acuan untuk mengunjungi titik-titik yang bertetangga dengannya. Tiap titik yang telah dikunjungi masuk ke dalam antrian hanya satu kali (Purwanto, 2008).

Pada Algoritma BFS (*Breadth First Search*), titik anak yang telah dikunjungi disimpan dalam suatu antrian. Antrian ini digunakan untuk mengacu titik-titik yang bertetangga dengannya yang akan dikunjungi kemudian sesuai urutan pengantrian. Untuk memperjelas cara kerja Algoritma BFS (*Breadth First Search*) beserta antrian yang digunakannya, berikut langkah-langkah Algoritma BFS (*Breadth First Search*) :

1. Masukkan titik ujung (akar) ke dalam antrian
2. Ambil titik dari awal antrian, lalu cek apakah titik merupakan solusi
3. Jika titik merupakan solusi, pencarian selesai dan hasil dikembalikan.
4. Jika titik bukan solusi, masukkan seluruh titik yang bertetangga dengan titik tersebut (titik anak) ke dalam antrian.
5. Jika antrian kosong dan setiap titik sudah dicek, pencarian selesai dan mengembalikan hasil solusi tidak ditemukan.
6. Ulangi pencarian dari langkah kedua.

2.4 MATLAB

MATLAB merupakan kepanjangan dari *Matriks Laboratory*. Sesuai dengan namanya, struktur data yang terdapat dalam MATLAB menggunakan matriks atau *array* berdimensi 2. Oleh karenanya, penguasaan teori matriks mutlak diperlukan bagi pengguna pemula MATLAB, agar mudah dalam mempelajari dan memahami operasi-operasi yang ada dalam MATLAB (Away, 2006).

MATLAB merupakan bahasa pemrograman dengan kemampuan tinggi dalam bidang komputasi. MATLAB memiliki kemampuan mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman. Oleh karenanya, MATLAB banyak digunakan dalam riset-riset yang memerlukan komputasi numerik yang kompleks (Away, 2010). Bahasa MATLAB dapat digunakan dalam sebuah sistem MATLAB interaktif yang elemen data dasarnya adalah *array* yang tidak membutuhkan pengaturan dimensi. Hal ini memungkinkan penyelesaian banyak masalah komputasi teknik, terutama yang berhubungan dengan formulasi *matriks* dan vektor (Away, 2006).

Penggunaan MATLAB meliputi bidang-bidang :

1. Matematika dan Komputasi.
2. Pembentukan Algoritma.
3. Akusisi data.
4. Pemodelan, simulasi dan pembuatan *prototype*.
5. Analisis data, eksplorasi dan visualisasi.
6. Grafik keilmuan dan bidang rekayasa.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan Masalah

Mendefinisikan masalah ialah tahapan dalam menetapkan permasalahan yang berhubungan dengan aliran maksimum.

2. Studi Literatur

Studi literatur ialah tahapan dalam mengumpulkan materi referensi mengenai Algoritma yang dapat menyelesaikan masalah aliran maksimum dari buku-buku, jurnal ilmiah, artikel populer, internet, dan lain-lain.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan dalam mengumpulkan data jaringan listrik salah satu rayon kota Bandar Lampung untuk mendapatkan aliran kapasitas kabel pada jaringan listrik berdasarkan data PT PLN (Persero) Distribusi Lampung Cabang Tanjung Karang.

4. Pemodelan Graf dari Data

Pada tahap ini data kapasitas kabel dari induk ke seluruh cabang akan dibentuk menjadi sebuah graf yang memiliki arah dan bobot.

5. Penerapan Algoritma *Edmons Karp*

Pada tahap ini graf yang telah dibentuk akan ditentukan aliran maksimumnya dengan menerapkan Algoritma *Edmons Karp* dengan *software* MATLAB.

6. Hasil

Hasil yang didapatkan adalah aliran arus maksimum dengan penerapan Algoritma *Edmons Karp* pada *software* MATLAB.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan program Algoritma *Edmons Karp* yang telah dibuat, dan berdasarkan penerapan Algoritma *Edmons Karp* pada jaringan listrik rayon Way Halim kota Bandar Lampung diperoleh hasil aliran arus maksimum. Aliran arus maksimum yang dapat mengalir dari sumber v_1 yaitu gardu induk Sukarame ke tujuan akhir v_{36} yaitu gardu WH1142 yaitu sebesar 680 Ampere.

5.2 Saran

Disarankan untuk penulis selanjutnya agar dapat menentukan aliran maksimum pada kasus-kasus permasalahan di aktifitas kehidupan sehari-hari yang berbeda. Disarankan pula penulis selanjutnya dapat menentukan aliran maksimum dengan memanfaatkan program-program komputer yang ada seperti *Dev C++*, *Java*, dan beberapa program komputer lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Kuratul. 2010. *Penyelesaian Masalah Aliran Maksimum dengan Menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Ford Fulkerson*. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau.
- Away, Gunaidi Abdia. 2010. *Matlab Programming*. Informatika Bandung, Bandung.
- Away, Gunaidi Abdia. 2006. *The Shortcut To Matlab Programming*. Informatika, Bandung.
- Balakrishnan, V.K. 1995. *Network Optimization*. Ed. Ke-1. Chanman and Hall Mathematics. New Delhi.
- Deo, Narsingh. 1989. *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Hillier, dan Lieberman. 2001. *Introduction to Operation Research*. Ed. Ke-7. The McGraw Companies, New York.
- Purwanto, Eko Budi. 2008. *Perancangan dan Analisis Algoritma*. Ed. Ke-1. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sirait, Katrin Jenny. 2013. *Membandingkan Kemangkusan Algoritma Dinic dan Algoritma Pelabelan Ford-Fulkerson untuk Masalah Arus Maksimum*. Skripsi. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Medan, Medan.