

**ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MEMAKSIMUMKAN
FLOW PADA PENJADWALAN JALUR KERETA API**

SKRIPSI

**OLEH
HARDIANA DEVITA ANDRIANY
NIM. 11610023**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MEMAKSIMUMKAN
FLOW PADA PENJADWALAN JALUR KERETA API**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh
Hardiana Devita Andriany
NIM. 11610023**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MEMAKSIMUMKAN
FLOW PADA PENJADWALAN JALUR KERETA API

SKRIPSI

Oleh
Hardiana Devita Andriany
NIM. 11610023

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 27 Desember 2016

Pembimbing I,



H. Wahyu H. Irawan, M.Pd
NIP. 19710420 200003 1 003

Pembimbing II,



Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si
NIP. 19770521 200501 2 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

ALGORITMA FORD-FULKERSON UNTUK MEMAKSIMUMKAN
FLOW PADA PENJADWALAN JALUR KERETA API

SKRIPSI

Oleh
Hardiana Devita Andriany
NIM. 11610023

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 27 Desember 2016

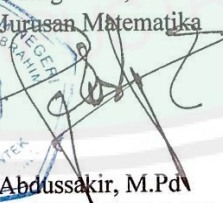
Penguji Utama : Dr. Abdussakir, M.Pd

Ketua Penguji : Mohammad Jamhuri, M.Si

Sekretaris Penguji : H. Wahyu H. Irawan, M.Pd

Anggota Penguji : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika


Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hardiana Devita Andriany

NIM : 11610023

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan *Flow* pada
Penjadwalan Jalur Kereta Api

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 27 Desember 2016
Yang membuat pernyataan,



Hardiana Devita Andriany
NIM. 11610023

MOTO

“Barang siapa mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya akan melihat (balasan)nya, dan barang siapa mengerjakan kejahatan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula” (QS. Al-Zalzalah/99:7-8).

“Do a Kindness Right Now and Pray. God Will Take Care of the Rest”

(Anonim)



PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, Ayah Dipo Harnono (alm.) dan Ibu Sa'adiah

Kedua kakak tercinta, Hardian Firmansyah dan Hardiana Yunila Putri

Ketiga keponakan tersayang, Ryan Evan Syahputra, Muhammad Yusuf Alvin El

Syafawi, dan Raffi Hamzah Syahputra



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur alhamdulillah penulis haturkan ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sekaligus menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow pada Penjadwalan Jalur Kereta Api*” ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jaza kumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. H. Wahyu H. Irawan, M.Pd selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, saran, nasihat, motivasi, berbagai pengalaman yang berharga, dan selalu menjadi panutan bagi penulis.
5. Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, saran, berbagi ilmu, motivasi, dan menjadi panutan bagi penulis.

6. Segenap civitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Orang tua, kakak, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa dan motivasi yang tiada henti kepada peneliti.
8. Seluruh teman Jurusan Matematika angkatan 2011 “ABELIAN”, khususnya teman seperjuangan Wahyu Inggriana S.Si, Enha Soviana Firdaus S.Si, Fahrur Nisa’ S.Si, Nur Evita Adiningsih, Ifah Ulil Maziyah, dan Amita Pradana Putra, serta Jurusan Matematika angkatan 2012, khususnya Icha Rizqie Meirissa, dan Cintya Trisanti, terima kasih atas bantuan, semangat, serta kenangan indah dan pengalaman yang tidak terlupakan.
9. Rizki Amalia dan Simon Adi Wijayanto yang banyak membantu dan memberi motivasi kepada penulis dan teman-teman peneliti, Ginza Hafida, Muchlisatul Maulidya, Siti Mauludia, Sakinatul Ummah, dan Fairuzia Nisa Nabila yang selalu memberi semangat.
10. Mei Vandhi Andhika Rachman yang selalu menemani, membantu, dan memotivasi penulis.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang ikut membantu menyelesaikan skripsi ini baik berupa materiil maupun moril.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
ملخص	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Graf	7
2.1.1 Jalan, Jejak, dan Lintasan pada Graf	9
2.1.2 Graf Terhubung	10
2.2 Graf Berarah (Digraf)	11
2.2.1 Derajat Titik pada Digraf	11
2.2.2 Digraf Terhubung	12
2.3 Graf Bipartisi	11
2.4 Jaringan (<i>Network</i>)	13
2.4.1 Pemutus pada Jaringan	14
2.4.2 Konsep <i>Flow</i> pada Jaringan	16
2.4.3 <i>Flow</i> Maksimum pada Jaringan	18

2.4.4 Jaringan Bipartisi	19
2.5 Algoritma Ford-Fulkerson <i>Flow</i> Maksimum pada Jaringan	22
2.6 Kajian Konsep <i>Flow</i> Maksimum dalam Islam	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Sumber Data Penelitian	26
3.3 Metode Pengumpulan Data	26
3.4 Analisis Data	27
3.5 Tahap Penelitian	27

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data dan Algoritma Ford-Fulkerson.....	29
4.2 <i>Flow</i> Maksimum pada Data Penjadwalan Jalur Kereta Api	30
4.3 Konsep <i>Flow</i> Maksimum dalam Al-Quran.....	115

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	119

DAFTAR RUJUKAN	120
-----------------------------	-----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Penjadwalan Kereta Api	29
Tabel 4.2 Nilai <i>Flow</i> pada Jaringan D^*	32
Tabel 4.3 Nilai Kapasitas pada Jaringan D^*	33
Tabel 4.4 Nilai Kapasitas dan <i>Flow</i> pada Jaringan D^*	34
Tabel 4.5 Nilai Kapasitas Utama pada Jaringan D^*	34
Tabel 4.6 Nilai Peningkatan <i>Flow</i>	113
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Flow</i> Maksimum Tiap Jalur	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Graf G	7
Gambar 2.2 Graf G	8
Gambar 2.3 Graf G Merupakan Graf Sederhana; Graf C Memuat Gelung; Graf D Merupakan Graf Rangkap	9
Gambar 2.4 Jalan (v_1, v_4) dan Lintasan (v_1, v_4)	9
Gambar 2.5 Graf Terhubung	10
Gambar 2.6 Graf H Tak Terhubung dengan 3 Komponen, yaitu H_1, H_2, H_3	10
Gambar 2.7 Contoh Graf Berarah	11
Gambar 2.8 Derajat Titik pada Digraf H	12
Gambar 2.9 Digraf D Terhubung Lemah dan Digraf H Terhubung Kuat	13
Gambar 2.10 Contoh Jaringan N dengan Titik Sumber V_s dan Titik Tujuan V_t	14
Gambar 2.11 Jaringan N dengan Titik Sumber V_s dan Titik Tujuan V_t	16
Gambar 2.12 Suatu $Flow$ Maksimum dengan Nilai $f = 8$	19
Gambar 2.13 Graf Bipartisi	22
Gambar 2.14 Contoh Jaringan Bipartisi	23
Gambar 4.1 Jaringan D	31
Gambar 4.2 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Awal $f_0 = 0$	35
Gambar 4.3 $Flow$ f_0 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Jayabaya	36
Gambar 4.4 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Jayabaya	38
Gambar 4.5 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_1 = 25,23$	39
Gambar 4.6 $Flow$ f_1 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro I	40
Gambar 4.7 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro I	42
Gambar 4.8 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_2 = 41,16$	43
Gambar 4.9 $Flow$ f_2 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	44
Gambar 4.8 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_2 = 41,16$	43

Gambar 4.9 <i>Flow</i> f_2 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	44
Gambar 4.10 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	46
Gambar 4.11 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_3 = 46,13$	47
Gambar 4.12 <i>Flow</i> f_3 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	48
Gambar 4.13 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	50
Gambar 4.14 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_4 = 46,18$	51
Gambar 4.15 <i>Flow</i> f_4 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho	52
Gambar 4.16 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho ..	54
Gambar 4.17 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_5 = 46,32$	55
Gambar 4.18 <i>Flow</i> f_5 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Matarmaja.....	56
Gambar 4.19 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Matarmaja	58
Gambar 4.20 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_6 = 64,22$	59
Gambar 4.21 <i>Flow</i> f_6 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Bima	60
Gambar 4.22 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Bima	62
Gambar 4.23 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_7 = 70,15$	63
Gambar 4.24 <i>Flow</i> f_7 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malabar.....	64
Gambar 4.25 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malabar	66
Gambar 4.26 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_8 = 94,46$	67
Gambar 4.27 <i>Flow</i> f_8 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Gajayana.....	68
Gambar 4.28 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Gajayana	70
Gambar 4.29 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_9 = 98,55$	71
Gambar 4.30 <i>Flow</i> f_9 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Majapahit.....	72
Gambar 4.31 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Majapahit	74
Gambar 4.32 Jaringan D^* dengan Nilai <i>Flow</i> Baru $f_{10} = 106,37$	75
Gambar 4.33 <i>Flow</i> f_{10} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho ..	76

Gambar 4.34 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho ..	78
Gambar 4.35 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{11} = 107,16$	79
Gambar 4.36 $Flow$ f_{11} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran.....	80
Gambar 4.37 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	82
Gambar 4.38 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{12} = 107,24$	83
Gambar 4.39 $Flow$ f_{12} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun	84
Gambar 4.40 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun	86
Gambar 4.41 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{13} = 107,38$	87
Gambar 4.42 $Flow$ f_{13} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho ..	88
Gambar 4.43 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho ..	90
Gambar 4.44 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{14} = 108,06$	91
Gambar 4.45 $Flow$ f_{14} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro II.....	92
Gambar 4.46 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro II	94
Gambar 4.47 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{15} = 116,48$	95
Gambar 4.48 $Flow$ f_{15} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun	96
Gambar 4.49 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun	98
Gambar 4.50 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{16} = 117,06$	99
Gambar 4.51 $Flow$ f_{16} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	100
Gambar 4.52 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	102
Gambar 4.53 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{17} = 117,39$	103
Gambar 4.54 $Flow$ f_{17} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	104
Gambar 4.55 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	106
Gambar 4.56 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{18} = 118,24$	107
Gambar 4.57 $Flow$ f_{18} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran.....	108
Gambar 4.58 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran	110
Gambar 4.59 Jaringan D^* dengan Nilai $Flow$ Baru $f_{19} = 118,34$	111
Gambar 4.60 $Flow$ Maksimum pada Jaringan D^*	112

ABSTRAK

Andriany, Hardiana Devita. 2016. **Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow pada Penjadwalan Jalur Kereta Api**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) H. Wahyu H. Irawan, M.Pd. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

Kata kunci: Algoritma Ford-Fulkerson, *flow* maksimum, jaringan, jaringan bipartisi

Masalah pengoptimalan penggunaan jalur kereta api dan penjadwalannya sangat penting untuk dikaji. Algoritma Ford-Fulkerson digunakan untuk menentukan *flow* maksimum pada suatu jaringan yang memiliki satu titik sumber utama (v_s) dan satu titik tujuan utama (v_t), yang mana suatu jaringan memiliki beberapa titik sumber (v_{s_i}) dan beberapa titik tujuan (v_{t_i}). Penelitian ini menganalisis algoritma Ford-Fulkerson untuk memaksimumkan *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 dimaksimumkan nilai *flow*-nya sehingga penggunaan jalur kereta api dapat ditingkatkan.

Algoritma Ford-Fulkerson adalah 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 memaksimumkan *flow* dengan menggunakan algoritma Ford-Fulkerson yaitu melakukan pelabelan titik, menggunakan prosedur balik, dan mencari lintasan peningkatan hingga semua titik yang terlabel telah teramati dan titik tujuan utama tidak terlabel dan 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. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji terkait jaringan jalur kereta api ini, serta dapat dikembangkan untuk pencarian *flow* maksimum pada jaringan transportasi yang lain.

ABSTRACT

Andriany, Hardiana Devita. 2016. **Ford-Fulkerson Algorithm to Maximize Flow on Railway Scheduling**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) H. Wahyu. H. Irawan, M.Pd. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

Keywords: Ford-Fulkerson algorithm, maximum flow, network, bipartite network

Optimization problems of the use of railway lines and scheduling is very important to be studied. Ford-Fulkerson algorithm is used to determine the maximum flow in a network that has single primary source point (v_s) and one main destination point (v_t), where a network has multiple source points (v_{s_i}) and several destination points (v_{t_i}). This study analyze the Ford-Fulkerson algorithm to maximize the railroad flow scheduling of Malang Kota Baru station on five active lines used as a point of arrival and departure of trains. The flow of this lane can be maximized so that the use of the railway line could be improved.

Ford-Fulkerson algorithm is establishing a new network by adding one point to the main source (v_s) and a main destination point (v_t). Then giving the value of the initial flow of zero and establish capacity in each arc. Then maximizing the flow using the Ford-Fulkerson algorithm by labeling point, using the reverse procedure, and determining improvement trajectory until all points have been observed and the main destination point are not labeled and then the iteration is stopped.

From the results of the analysis we concluded that on the railway Malang Kota Baru station it is obtained the maximum flow on the entire railway line with flow f_{19} is 118,34. Future studies are expected to examine the relevant railway networks, as well as searches can be developed to the maximum flow in the other transport network.

ملخص

اندرياني، حرديانا دفيات ٢٠١٦. خوارزمية Ford-Fulkerson لتحقيق أقصى قدر من التدفق على جدولة قطار. بحث جامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (١) الحاج وحي هاغكي إيراوان الماجستير، (٢) أرى كوسوماستوتي، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: خوارزمية Ford-Fulkerson، تدفق الأكثر، الشبكة، شبكة الثنائية

مشاكل استخدام الأمثل للخطوط السكك الحديدية وجدولتها هي مهمة جدا لدراساتها. يستخدم خوارزمية Ford-Fulkerson لتحديد الحد الأقصى للتدفق في شبكة يحتوي على نقطة مصدر الأساسي (v_s) ونقطة الهدف الرئيسي (v_t)، حيث على شبكة وجود مصادر النقاط المتعددة (v_{s_i}) والعديد من النقاط المثيرة للاهتمام (v_{t_i}). وتستخدم هذه الدراسة بتحليل خوارزمية Ford-Fulkerson لتحقيق أقصى قدر من محطة السكك الحديدية تدفق جدولة Kota Baru مالانج على خمسة خطوط النشطة كنقطة وصول ومغادرة القطارات. الطريق يمكن تكبير تدفقها القيمة بحيث يمكن تحسين استخدام خط السكك الحديدية.

خوارزمية Ford-Fulkerson على انشاء شبكة جديدة من خلال إضافة نقطة المصدر الرئيسي (v_s) ونقطة وجهة رئيسية (v_t). ثم إعطاء قيمة التدفق الأولي من الصفر ووضع القدرات في كل قوس. تعظيم مزيد من التدفق باستخدام خوارزمية Ford-Fulkerson أن تقوم به جهة وضع العلامات، وذلك باستخدام الإجراء العكسي، والسعي للتحسين مسار حتى يتم الالتزام بكل النقاط وصفت نقطة وجهة رئيسية ليست وصفت وتم يتم إيقاف التكرار.

حي نتائج تحليل حلصنا إلى أن على محطة Kota Baru مالانج الحصول على الحد الأقصى للتدفق على خط السكة الحديد بالكامل مع f_{19} تدفق قيمتها ٣٤،١٨. ومن المتوقع أن فحص شبكات السكك الحديدية ذات الصلة، وكذلك عمليات البحث يمكن تطويرها إلى أقصى تدفق في وسائل النقل الأخرى الدراسات المستقبلية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Segala sesuatu yang Allah Swt. ciptakan di langit maupun di bumi adalah dengan suatu tujuan dan tidaklah dengan sia-sia. Termasuk dengan manusia sebagai makhluk ciptaan Allah Swt. yang paling mulia. Hal ini dijelaskan dalam QS. Adz-Dzaariyaat/51:56 yang berbunyi:

وَمَا خَلَقْتُ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِلَّا لِيَعْبُدُونِ ﴿٥٦﴾

“dan Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan supaya mereka menyembah-Ku.” (QS. Adz-Dzaariyaat/51:56).

Ayat di atas menyebutkan tujuan diciptakan manusia adalah untuk beribadah, hanya menyembah kepada Allah Swt. semata. Ayat ini mengisyaratkan pentingnya tauhid adalah bentuk ibadah yang paling agung, mengesakan Allah Swt. dalam ibadah.

Menurut Farihah (2013), tafsir Al-Misbah menafsirkan QS. Adz-Dzaariyaat ayat 56 sebagai berikut: “dan Aku tidak menciptakan jin dan manusia untuk satu manfaat yang kembali pada diri-Ku. Aku tidak menciptakan mereka melainkan agar tujuan atau kesudahan aktivitas mereka adalah beribadah kepada-Ku”.

Tujuan penciptaan manusia dan jin adalah untuk beribadah. Ulama ini menulis bahwa tujuan apapun bentuknya adalah sesuatu yang digunakan oleh yang bertujuan untuk menyempurnakan apa yang belum sempurna baginya atau menanggulangi kebutuhan, sehingga tidak ada lagi bagi-Nya yang perlu

disempurnakan. Namun di sisi lain, suatu perbuatan yang tidak memiliki tujuan adalah perbuatan sia-sia yang perlu dihindari.

Nilai yang terkandung dalam QS. Adz-Dzaariyaat ayat 56 adalah manusia sebagai makhluk ciptaan Allah Swt., seharusnya beriman kepada Allah Swt. dan patuh atas segala perintah-Nya. Manusia hendaknya taat dan tunduk terhadap perintah Allah Swt. Jika Allah Swt. murka kepada hamba-Nya, maka Allah Swt. akan memberi azab yang sangat pedih kepada hamba-Nya dan tidak ada seorangpun yang mampu menolak azab tersebut dan juga tidak ada seorangpun yang dapat menolong hamba-Nya untuk menghindari azab tersebut (Farihah, 2013).

Merujuk pada QS. Adz-Dzaariyaat ayat 56 di atas, maka jika ditinjau matematika sebagai bagian dari ilmu Allah Swt. memiliki manfaat dalam kehidupan manusia. Salah satu contohnya adalah pada permasalahan jaringan (*network*). Dengan hikmah dari QS. Adz-Dzaariyaat ayat 56 maka setiap permasalahan dalam suatu jaringan khususnya dapat dicari penyelesaiannya. Salah satu metodenya dengan mencari *flow* maksimum pada jaringan tersebut.

Definisi *flow* maksimum sesuai dengan namanya merupakan suatu aliran (*flow*) yang digunakan untuk mengetahui nilai *flow* yang maksimum dari seluruh lintasan dalam suatu jaringan. Hal ini tentunya sangat umum terjadi pada bidang transportasi, produksi, dan distribusi. *Flow* maksimum ini dapat juga diterapkan pada penjadwalan jalur kereta api. Kapasitas pada setiap jaringan akan membatasi jumlah nilai *flow* yang melewatinya. Masalah ini biasanya berupa penyelesaian mengenai memaksimalkan masalah penjadwalan jalur kereta api yang diasumsikan memiliki sumber (jalur) dan tujuan (jalur) (Nisa', 2015).

Dalam penerapan *flow* maksimum ini dimaksudkan agar jadwal keberangkatan hingga kepulangan kereta ke stasiun kereta api dapat dimaksimumkan penggunaannya. Sehingga penggunaan jalur kereta api dapat memperoleh hasil yang maksimum. Objek penelitian yang digunakan adalah data yang terdiri dari nama kereta, waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api, serta jalur yang dilalui kereta api pada Stasiun Kota Baru Malang. Oleh karena itu, hal ini menunjukkan bahwa sangat erat hubungannya antara *flow* dengan manajemen waktu. Sebagaimana dengan adanya *flow* akan mempermudah menentukan penjadwalan yang paling efisien agar lebih teratur serta dapat memaksimumkan keuntungan dari jadwal yang termaksimumkan.

Tujuan penjadwalan adalah untuk memperoleh kemungkinan waktu yang paling efisien dan dapat memaksimumkan jalur. Selanjutnya kegiatan transportasi kereta dapat terlaksana dengan baik dan dapat memperoleh manfaat dalam membantu jadwal kegiatan transportasi kereta api, agar dapat memaksimumkan *flow* pada jalur kereta api tanpa mengubah jadwal yang telah ada.

Penelitian ini merujuk pada penelitian Farizal dan Darmo (2014), yang difokuskan pada aliran listrik yang tidak maksimum dapat menyebabkan kerusakan pada alat elektronik. Permasalahan pada penelitian terdahulu adalah bagaimana model jaringan listrik Kota Tegal dan bagaimana hasil pencarian aliran maksimum dengan menggunakan algoritma Ford-Fulkerson pada jaringan listrik Kota Tegal.

Manfaat meneliti mengenai *flow* maksimum pada jalur kereta api Stasiun Kota Baru Malang adalah untuk memaksimumkan penggunaan jalur kereta api, yang mana jalur kereta api pada Stasiun Kota Baru Malang berjumlah sembilan

jalur yang terdiri dari lima jalur aktif dan empat jalur pasif. Jalur aktif adalah jalur yang digunakan untuk tempat pemberhentian sementara kereta api ketika kedatangan maupun keberangkatan penumpang. Sedangkan jalur pasif adalah jalur yang digunakan untuk tempat perbaikan dan perawatan kereta api. Di antaranya adalah interior gerbong, genset (kelistrikan), pengisian bahan bakar, pengisian tangka air, dan pembersihan ketika kereta menunggu jadwal keberangkatan yang terkadang dapat jumlahnya lebih dari satu kereta dalam satu jalur kereta.

Penelitian ini difokuskan pada masalah bagaimana memaksimalkan jalur aktif yang digunakan untuk kedatangan dan keberangkatan kereta api dimulai dari jalur satu hingga lima. Diharapkan jalur aktif dapat digunakan secara maksimal. Dari paparan di atas, penelitian ini mengambil judul “*Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow pada Penjadwalan Jalur Kereta Api*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini, adalah bagaimana analisis algoritma Ford-Fulkerson untuk memaksimumkan *flow* penjadwalan jalur kereta api Stasiun Kota Baru Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui analisis algoritma Ford-Fulkerson untuk memaksimumkan *flow* penjadwalan jalur kereta api Stasiun Kota Baru Malang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat membantu memaksimalkan penggunaan jalur kereta aktif yang berpengaruh pada kapasitas jalur aktif dalam kegiatan transportasi kereta api, sehingga menguntungkan baik bagi Stasiun Kota Baru Malang maupun penumpang kereta api.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa hal agar pembahasan ini terarah dan lebih fokus, sehingga batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek kajian penelitian yang digunakan berdasarkan lima jalur lintasan kereta api yang aktif sebagai jalur kedatangan dan keberangkatan kereta api.
2. Data yang digunakan terdiri dari nama kereta api, waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api, serta jalur yang dilalui kereta api di Stasiun Kota Baru Malang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini digunakan untuk mempermudah dalam memahami dan menyusun laporan penelitian. Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini yaitu:

Bab I Pendahuluan

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian pustaka

Bab ini memuat penjelasan mengenai gambaran umum dari teori yang mendasari pembahasan, di antaranya konsep-konsep dasar graf, graf berarah, graf bipartisi, jaringan (*network*), *flow*, algoritma Ford-Fulkerson, dan kajian agama.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini memuat jenis penelitian, sumber data penelitian, metode pengumpulan data, analisis data, dan tahap penelitian.

Bab IV Pembahasan

Bab ini memuat hasil pemaparan dan analisis untuk memaksimumkan *flow* pada jalur kereta api Stasiun Kota Baru Malang, serta konsep *flow* maksimum dalam al-Quran.

Bab V Penutup

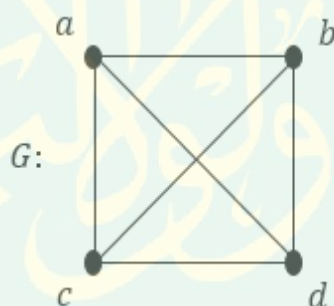
Bab ini memuat uraian kesimpulan dari pembahasan hasil penulis dan dilengkapi dengan saran yang berkaitan dengan pembahasan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi Graf

Suatu graf G berisikan dua himpunan, di antaranya adalah himpunan berhingga tak kosong $V(G)$ dari objek-objek yang disebut titik dan himpunan berhingga (mungkin kosong) $E(G)$ yang elemen-elemennya disebut sisi sedemikian hingga setiap elemen e dalam $E(G)$ merupakan pasangan tak berurutan dari titik-titik di $V(G)$. Himpunan $V(G)$ disebut himpunan titik G dan himpunan $E(G)$ disebut himpunan sisi G (Budayasa, 2007), sebagaimana dicontohkan pada gambar berikut:



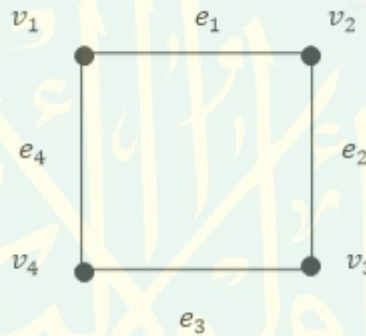
Gambar 2.1 Contoh Graf G

Suatu graf G dapat dipresentasikan dalam bentuk gambar di mana setiap titik G digambarkan dengan sebuah noktah dan setiap sisi yang menghubungkan dua titik di G digambarkan dengan sebuah kurva sederhana (ruas garis) dengan titik-titik akhir di kedua titik tersebut. Misalnya graf $G = (V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{a, b, c, d\}$ dan $E(G) = \{ab, ad, ac, bc, bd, cd\}$ (Budayasa, 2007).

Teori graf mempunyai banyak aplikasi dalam berbagai disiplin ilmu. Dalam berbagai hal, graf menjadi alat pemodelan yang sangat baik untuk menjelaskan dan menyelesaikan suatu permasalahan (Abdussakir, dkk, 2009).

Selain itu Abdussakir, dkk (2009) mengatakan “Banyaknya unsur di $V(G)$ disebut order dari G dan dilambangkan dengan $p(G)$, dan banyaknya unsur di $E(G)$ disebut ukuran dari G dan dilambangkan dengan $q(G)$. Jika graf yang dibicarakan hanya graf G , maka order dan ukuran dari G masing-masing cukup ditulis p dan q . Graf dengan order p dan ukuran q dapat disebut graf- (p, q) ”.

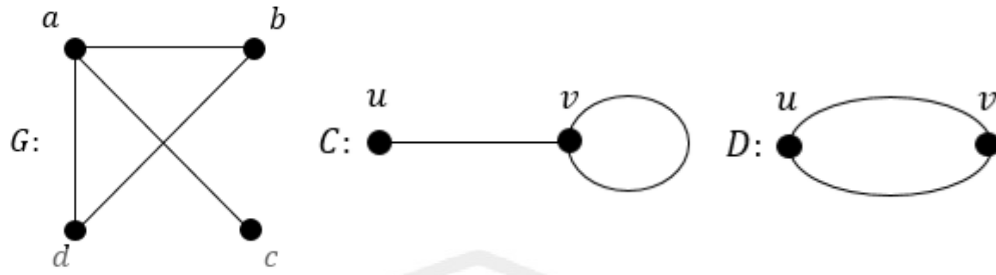
Suatu graf $G = (V, E)$ dengan $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ dan $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ yang mana, $E(G) = \{e_1 = (v_1, v_2), e_2 = (v_2, v_3), e_3 = (v_3, v_4), e_4 = (v_4, v_1)\}$. Graf G tersebut dapat dipresentasikan dalam bentuk berikut:



Gambar 2.2 Graf G

Graf G mempunyai 4 titik sehingga banyak titik G adalah $p = 4$. Graf G mempunyai 4 sisi sehingga ukuran graf G adalah $q = 4$.

Suatu sisi graf yang menghubungkan suatu titik dengan dirinya sendiri disebut gelung (*loop*). Jika terdapat lebih dari satu sisi yang menghubungkan dua titik u dan v pada suatu graf, maka sisi-sisi tersebut disebut sisi rangkap (*multiple-edges*). Graf yang tidak mempunyai sisi rangkap dan tidak memiliki gelung disebut dengan graf sederhana, sedangkan suatu graf yang memiliki sisi-rangkap tetapi tidak memiliki gelung disebut graf rangkap (*multi-graph*) (Budayasa, 2007).

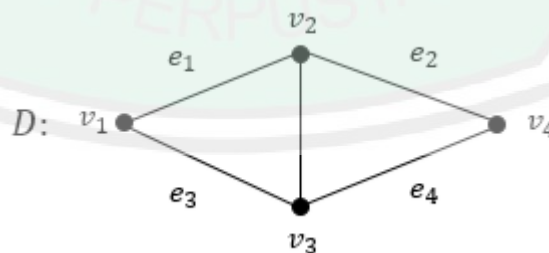


Gambar 2.3 Graf G Merupakan Graf Sederhana;
Graf C Memuat Gelung; Graf D Merupakan Graf Rangkap

2.1.1 Jalan, Jejak, dan Lintasan pada Graf

Misalkan G adalah suatu graf. Suatu jalan (*walk*) di G adalah suatu barisan berhingga tak kosong $W = (v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, e_k, v_k)$ yang suku-sukunya bergantian titik dan sisi, sedemikian hingga v_{i-1} dan v_i adalah titik-titik akhir sisi e_i untuk $1 \leq i \leq k$. Katakan W adalah suatu jalan dari titik v_0 ke v_k atau jalan- (v_0, v_k) . Titik v_0 disebut titik awal jalan W dan titik v_k disebut titik akhir jalan W (Budayasa, 2007).

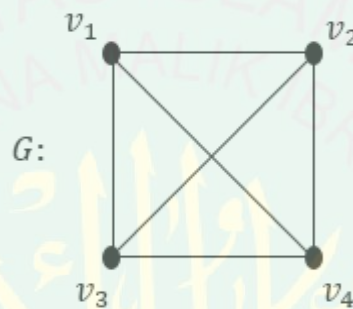
Suatu titik di G mungkin saja muncul lebih dari sekali dalam jalan W , begitu juga dengan sisi di G , boleh muncul lebih dari sekali di jalan W . Jika semua sisi dalam jalan W berbeda, maka W disebut jejak (*trail*). Jika semua titik dalam jalan W berbeda, maka W disebut lintasan (*path*) (Budayasa, 2007).



Gambar 2.4 Jalan (v_1, v_4) dan Lintasan (v_1, v_4)

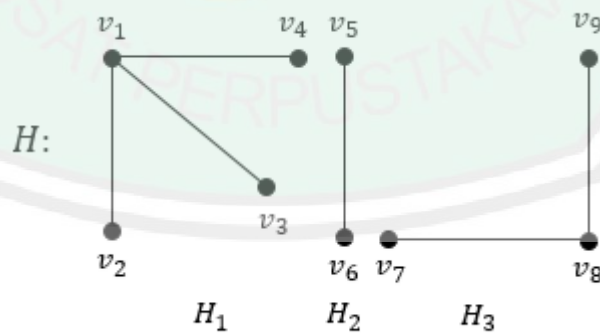
2.1.2 Graf Terhubung

Dengan menggunakan konsep lintasan, maka dapat didefinisikan keterhubungan suatu graf. Suatu graf G dikatakan terhubung (*connected*) jika untuk setiap dua titik G yang berbeda terdapat suatu lintasan yang menghubungkan kedua titik tersebut (Budayasa, 2007). Berikut contoh graf terhubung:



Gambar 2.5 Graf Terhubung

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa graf G merupakan graf terhubung karena setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan oleh suatu lintasan dari v_1 sampai v_4 urutannya adalah (v_1, v_2, v_3, v_4) .



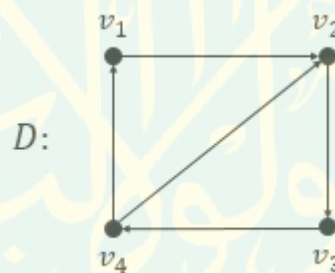
Gambar 2.6 Graf H Tak Terhubung dengan 3 Komponen, yaitu H_1, H_2, H_3

Graf H disebut graf tidak terhubung (*disconnected*) karena tidak ada lintasan dari v_1 sampai v_9 di H . Dalam hal ini H_1, H_2, H_3 adalah komponen-komponen (unsur yang membentuk suatu kesatuan) dari graf H . Jadi setiap graf

terhubung memiliki tepat satu komponen sedangkan graf tak terhubung memiliki paling sedikit dua komponen (Budayasa, 2007).

2.2 Graf Berarah (Digraf)

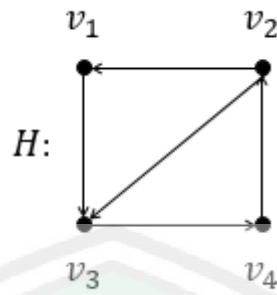
Suatu graf berarah D adalah suatu pasangan terurut dari dua himpunan $V(D)$ dan $\Gamma(D)$, dengan $V(D)$ himpunan berhingga dan tidak kosong yang unsur-unsurnya disebut titik dan $\Gamma(D)$ himpunan berhingga (mungkin kosong) yang elemen-elemennya disebut busur dengan setiap busur adalah pasangan terurut dari dua titik di $V(D)$ (Budayasa, 2007). Berikut adalah contoh graf berarah D yang mempunyai 4 titik dan 5 busur:



Gambar 2.7 Contoh Graf Berarah

2.2.1 Derajat Titik pada Digraf

Misalkan D suatu graf berarah dan $v \in V(D)$. Derajat keluar (*out degree*) titik v , dilambangkan $od(v)$, adalah banyaknya busur pada graf berarah D yang keluar dari titik v . Sedangkan derajat masuk (*in degree*) titik v , dilambangkan $id(v)$, adalah banyaknya busur D yang menuju ke titik v (Budayasa, 2007). Derajat titik v pada digraf D , dinotasikan dengan $deg(v)$, didefinisikan dengan $deg(v) = od(v) + id(v)$ dan ditunjukkan pada digraf H berikut:

Gambar 2.8 Derajat Titik pada Digraf H

Berdasarkan Gambar 2.8 diketahui bahwa,

$$od(v_1) = od(v_3) = od(v_4) = 1$$

$$od(v_2) = 2$$

$$id(v_1) = id(v_2) = id(v_4) = 1$$

$$id(v_3) = 2$$

Jadi, diperoleh $deg(v_1) = 2$, $deg(v_2) = 3$, $deg(v_3) = 3$, dan $deg(v_4) = 2$ (Chartrand dan Lesniak, 1996).

2.2.2 Digraf Terhubung

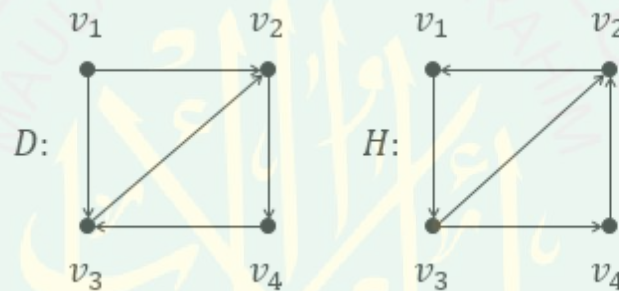
Konsep jalan pada digraf D analog pada graf G . Hal yang membedakan pada digraf adalah arah busur pada jalan, jejak, lintasan, sirkuit, dan siklus harus diperhatikan (Chartrand dan Lesniak, 1996). Misalkan D suatu digraf. Misalkan, u dan v adalah titik di D (yang tidak harus berbeda). Jalan (u, v) pada digraf D adalah barisan berhingga yang berselang-seling

$$W: u = u_0, a_1, u_1, a_2, \dots, u_{k-1}, a_k, u_k = v$$

antara titik dan busur, yang dimulai dari titik u dan diakhiri dengan titik v , dengan $a_i = u_{i-1}u_i$ untuk $i = 1, 2, 3, \dots, k$ adalah busur di D . Titik u_0 disebut titik awal, titik u_k disebut titik akhir, titik $u_1, u_2, \dots, u_{k-1}$ disebut titik internal, dan bilangan k menyatakan panjang dari W . Jika $u_0 \neq u_k$ maka W disebut jalan terbuka. Jika

$u_0 = u_k$ maka W disebut jalan tertutup. Jalan yang tidak mempunyai busur disebut jalan *trivial*.

Misalkan, D adalah suatu graf berarah. Graf berarah D dikatakan terhubung kuat jika untuk setiap dua titik pada digraf D ada lintasan berarah yang menghubungkan dua titik tersebut. Sedangkan digraf D dikatakan terhubung lemah jika digraf D tidak terhubung kuat tetapi graf tak berarah yang bersesuaian dengan digraf D terhubung (Chartrand dan Lesniak, 1996). Sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



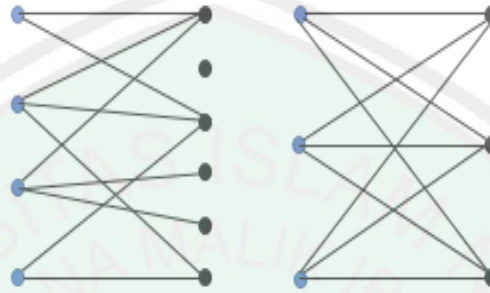
Gambar 2.9 Digraf D Terhubung Lemah dan Digraf H Terhubung Kuat

2.3 Graf Bipartisi

Graf bipartisi disebut juga bigraf, merupakan graf dengan titik-titiknya yang dapat dikelompokkan menjadi dua himpunan saling lepas sehingga titik-titik pada graf tersebut yang terletak pada satu himpunan tidak ada yang terhubung langsung.

Graf G dikatakan bipartisi jika himpunan titik pada G dapat dipartisi menjadi dua himpunan tak kosong v_1 dan v_2 sehingga masing-masing sisi pada graf G tersebut menghubungkan satu titik di v_1 dengan satu titik di v_2 . Jika G adalah graf bipartisi beraturan- r , dengan $r \geq 1$, maka $|v_1| = |v_2|$. Graf G dikatakan *partisi- n* jika himpunan titiknya dapat dipartisi menjadi sebanyak n

himpunan tak kosong $v_1, v_2, \dots, v_n$, sehingga masing-masing sisi pada graf G menghubungkan titik pada v_i dengan titik pada v_j , untuk $i \neq j$. Jika $n = 3$, graf partisi- n disebut graf tripartisi (Abdussakir, dkk, 2009).

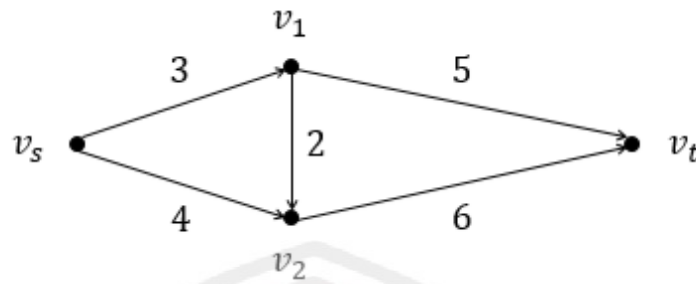


Gambar 2.10 Graf Bipartisi

2.4 Jaringan (Network)

Suatu jaringan $N = (V(N), \Gamma(N))$ adalah suatu graf berarah sederhana terhubung lemah yang tiap-tiap unsurnya dikaitkan dengan bilangan real nonnegatif. Bilangan real nonnegatif yang dikaitkan dengan busur (v_i, v_j) atau disingkat (i, j) pada jaringan N dinamakan kapasitas busur (v_i, v_j) dan dinotasikan $c(v_i, v_j)$ boleh disingkat $c(i, j)$. Suatu titik s pada jaringan N dinamakan titik sumber jika $id(s) = 0$ artinya, tidak ada busur yang mengarah ke titik s . Sedangkan titik t di jaringan N dinamakan titik tujuan jika $od(t) = 0$ yang artinya, tidak ada busur yang keluar dari t . Titik-titik selain s dan t pada jaringan N disebut titik antara (Budayasa, 2007).

Contoh suatu jaringan N dengan sumber v_s dan titik tujuan v_t dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.11 Contoh Jaringan N dengan Titik Sumber v_s dan Titik Tujuan v_t

Dalam hal ini v_1 dan v_2 adalah titik-titik antara pada jaringan N . Kapasitas busur (v_s, v_1) adalah $c(s, 1) = 3$, sedangkan kapasitas busur (v_1, v_2) adalah $c(1, 2) = 2$. Selanjutnya dapat ditulis $c(s, 2) = 4$, $c(1, t) = 5$ dan $c(2, t) = 6$ (Budayasa, 2007).

Misalkan X dan Y dua himpunan bagian $V(N)$ pada jaringan N . Himpunan semua busur N yang berawal di X dan berujung di Y dilambangkan dengan $B(X, Y)$. Total kapasitas semua busur di $B(X, Y)$ dilambangkan dengan $c(X, Y)$. Dengan demikian,

$$c(X, Y) = \sum_{a \in B(X, Y)} c(a)$$

Misalkan pada Gambar 2.10, jika $X = \{v_s, v_1\}$ dan $Y = \{v_2, v_t\}$, maka $B(X, Y) = \{(s, 2), (1, 2), (1, t)\}$ dan $c(X, Y) = c(s, 2) + c(1, 2) + c(1, t) = 4 + 2 + 5 = 11$. Misalkan $B(X, Y) = \emptyset$ dan $c(X, Y) = 0$. Jika $X = \{v_1, v_t\}$ dan $Y = \{v_2\}$, maka $B(X, Y) = \{(1, 2)\}$ dan $c(X, Y) = c(1, 2) = 2$, sedangkan $B(Y, X) = \{(v_2, v_t)\}$ dengan $c(Y, X) = c(2, t) = 6$ (Budayasa, 2007).

2.4.1 Pemutus pada Jaringan

Misalkan N adalah suatu jaringan dengan titik sumber s dan titik tujuan t . Misalkan himpunan X adalah himpunan bagian tak kosong dari $V(N)$ dan $X_1 = V(N) - X$. Jika $s \in X$, dan $t \in X_1$, maka himpunan busur $B(X, X_1)$ disebut

suatu pemutus- (s, t) dari jaringan N . Disebut demikian, karena penghapusan semua busur $B(X, X_1)$ dari N , memutus semua lintasan berarah dari titik s ke titik t pada jaringan N .

Misalkan A adalah himpunan titik antara pada jaringan N dan A' adalah suatu himpunan bagian A . Jika $X = \{t\} \cup A'$, maka $B(X, X_1)$ suatu pemutus- (s, t) pada N . Jadi, banyaknya pemutus- (s, t) pada jaringan N sama dengan banyaknya himpunan bagian dari himpunan A adalah 2^n dengan $n = |A|$. Misalkan jaringan N pada Gambar 2.10 memiliki dua titik antara yaitu v_1 dan v_2 , sehingga terdapat $2^2 = 4$ pemutus- (s, t) pada N , adalah sebagai berikut:

$$B(\{v_s\}, \{v_1, v_2, v_t\}) = \{(s, 1), (s, 2)\}$$

$$B(\{v_s, v_1\}, \{v_2, v_t\}) = \{(s, 2), (1, 2), (1, t)\}$$

$$B(\{v_s, v_2\}, \{v_1, v_t\}) = \{(s, 1), (2, t)\}$$

$$B(\{v_s, v_1, v_2\}) = \{(1, t), (2, t)\}$$

Setiap pemutus- (s, t) pada jaringan N mempunyai kapasitas. Pemutus- (s, t) yang mempunyai kapasitas terkecil disebut pemutus- (s, t) minimum. Masing-masing kapasitas dari keempat pemutus tersebut adalah sebagai berikut:

$$c(\{v_s\}, \{v_1, v_2, v_t\}) = c(s, 1) + c(s, 2) = 3 + 4 = 7$$

$$c(\{v_s, v_1\}, \{v_2, v_t\}) = c(s, 2) + c(1, 2) + c(1, t) = 4 + 2 + 5 = 11$$

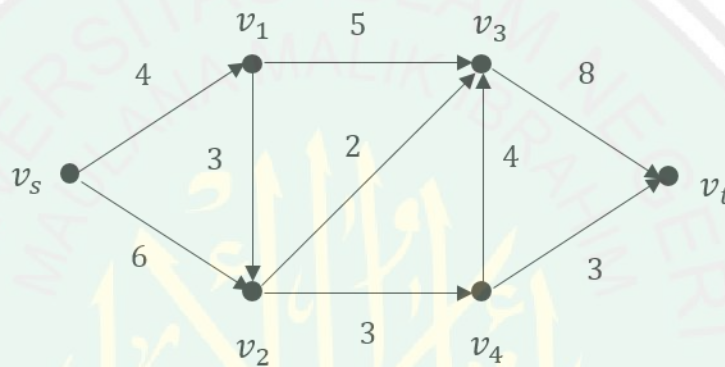
$$c(\{v_s, v_2\}, \{v_1, v_t\}) = c(s, 1) + c(2, t) = 3 + 6 = 9$$

$$c(\{v_s, v_1, v_2\}) = c(1, t) + c(2, t) = 5 + 6 = 11$$

Tampak bahwa $B(\{v_s\}, \{v_1, v_2, v_t\}) = \{(s, 1), (s, 2)\}$ dengan kapasitas 7 merupakan suatu pemutus- (s, t) minimum pada jaringan N (Budayasa, 2007).

2.4.2 Konsep *Flow* pada Jaringan

Misalkan N adalah suatu jaringan dengan titik sumber s dan titik tujuan t . Jika v adalah suatu titik di N , maka himpunan semua busur N yang keluar dari titik v (meninggalkan titik v) dilambangkan dengan $O(v)$ dan himpunan semua busur N yang menuju titik v dilambangkan dengan $I(v)$ (Budayasa, 2007). Misalkan jaringan N dengan sumber s dan tujuan t pada gambar berikut:



Gambar 2.12 Jaringan N dengan Titik Sumber v_s dan Titik Tujuan v_t

Terdapat dua busur N yang keluar dari titik v_s , yaitu busur (v_s, v_1) dan busur (v_s, v_2) , dan tidak ada busur N yang menuju ke titik v_s , sehingga $O(v_s) = \{(v_s, v_1), (v_s, v_2)\}$ dan $I(v_s) = \{\}$. Penulisan label titik cukup ditulis indeks label titik tersebut, titik v_s cukup ditulis titik s , busur (v_1, v_3) cukup ditulis $(1,3)$, dengan demikian, $O(v_s) = O(s) = \{(s, 1), (s, 2)\}$ dan $I(v_s) = I(s) = \{\}$. Selanjutnya, diperoleh $O(1) = O(v_1) = \{(v_1, v_2), (v_1, v_3)\}$ dan $I(1) = I(v_1) = \{(v_s, v_1)\} = \{(s, 1)\}$, demikian pula $O(3) = \{(3, t)\}$ dan $I(3) = \{(1,3), (2,3), (4,3)\}$ (Budayasa, 2007).

Suatu *flow* di jaringan N dari titik sumber s dan titik tujuan t adalah suatu fungsi yang memetakan setiap busur (i, j) di N dengan suatu bilangan nonnegatif yang memenuhi syarat-syarat berikut:

$$1. \quad 0 \leq f(i, j) \leq c(i, j) \quad \forall (i, j) \in \Gamma(N)$$

Disebut kapasitas pembatas. Menyatakan bahwa nilai *flow* pada setiap busur N tidak pernah melebihi kapasitas busur tersebut.

$$2. \quad \sum_{(i,j) \in O(s)} f(i, j) = \sum_{(i,j) \in I(t)} f(i, j)$$

Disebut nilai *flow* f . Menyatakan bahwa total nilai *flow* yang keluar dari titik sumber s sama dengan total nilai *flow* yang sampai di titik tujuan pada jaringan N .

$$3. \quad \sum_{(i,j) \in O(s)} f(i, j) = \sum_{(i,j) \in I(t)} f(i, j) \quad \forall x \in V(N) - \{s, t\}$$

Disebut konservasi *flow*. Menyatakan bahwa untuk setiap titik antara pada N berlaku total *flow* yang meninggalkan titik x sama dengan total *flow* yang menuju titik x (Budayasa, 2007).

Jika nilai *flow* dari titik ke sumber s ke titik tujuan t pada jaringan N dimisalkan, $f_{s,t}$, maka syarat (2) dan (3) di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$$f(i, V) - f(V, i) = \begin{cases} f_{s,t} & \text{jika } i = s \\ 0 & \text{jika } i \neq s, t \\ -f_{s,t} & \text{jika } i = t \end{cases}$$

Teorema: Misalkan N suatu jaringan dengan titik sumber s dan titik tujuan t . Jika f adalah suatu *flow* dari s ke t pada N dengan nilai $f_{s,t}$ dan $B(X, X_1)$ suatu pemutus- (s, t) pada N , maka $f_{s,t} = f(X, X_1) - f(X_1, X) \leq c(X, X_1)$.

Bukti: Dari definisi *flow*, sumber s diperoleh $f(\{s\}, V) - f(V, \{s\}) = f_{s,t}$ dan untuk setiap titik $x \in V - \{s, t\}$, diperoleh

$$f(\{x\}, V) = \sum_{(i,j) \in O(x)} f(i, j) = \sum_{(i,j) \in I(x)} f(i, j) = f(V, \{x\})$$

atau

$$f(\{x\}, V) - f(V, \{x\}) = 0$$

Sehingga untuk suatu pemutus- (s, t) $B(X, X_1)$ diperoleh

$$\begin{aligned} f(X, V) - f(V, X) &= \sum_{x \in X} [f(\{x\}, V) - f(V, \{x\})] \\ &= [f(\{s\}, V) - f(V, \{s\})] + 0 \\ &= f_{s,t} \end{aligned} \tag{1}$$

Sementara itu,

$$\begin{aligned} f(X, V) - f(V, X) &= f(X, X \cup X_1) - f(X \cup X_1, X) \\ &= f(X, X) + f(X, X_1) - \{f(X, X) + f(X_1, X)\} \\ &= f(X, X_1) - f(X_1, X) \end{aligned} \tag{2}$$

Karena nilai *flow* pada setiap busur nonnegatif, maka $f(X_1, X) \geq 0$, sehingga

$$f(X, X_1) - f(X_1, X) \leq f(X, X_1) \tag{3}$$

Selanjutnya, karena nilai *flow* pada setiap busur N tidak melebihi kapasitas busur, maka:

$$f(X, X_1) \leq c(X, X_1) \tag{4}$$

Dari (1), (2), (3), dan (4) disimpulkan

$$f_{s,t} = f(X, X_1) - f(X_1, X) \leq f(X, X_1) \leq c(X, X_1)$$

Dengan demikian bukti teorema lengkap (Budayasa, 2007).

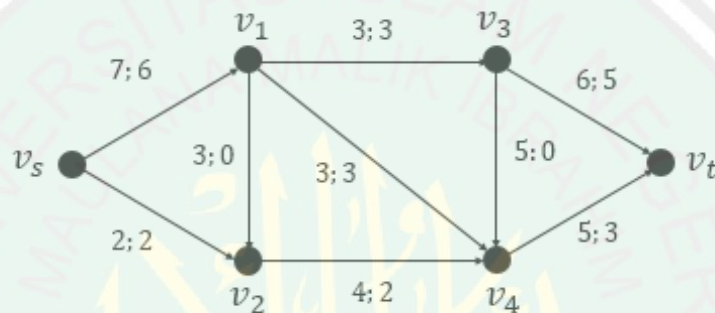
2.4.3 Flow Maksimum pada Jaringan

Teorema sebelumnya menjamin bahwa nilai sebarang *flow* pada suatu jaringan N dari titik sumber s ke titik tujuan t , tidak akan melebihi kapasitas sebarang pemutus- (s, t) . Jadi sebesar-besarnya nilai *flow* tidak akan melebihi sekecil-kecilnya nilai kapasitas pemutus- (s, t) . Jadi jika terdapat suatu *flow* f di N

yang nilainya sama dengan kapasitas pemutus- (s, t) maka *flow* f adalah *flow* maksimum dan pemutus- (s, t) tersebut adalah pemutus minimum. Jadi *flow* f bernilai $f_{s,t}$ dari titik sumber s ke tujuan t pada jaringan N dikatakan *flow* maksimum jika:

$$f_{s,t} = \min\{c(X, X_1)/B(X, X_1) \text{ suatu pemutus-}(s, t) \text{ pada jaringan } N\}$$

(Budayasa, 2007).

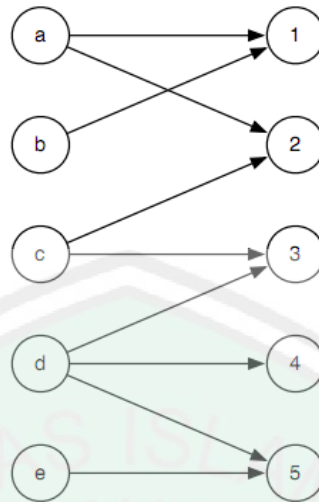


Gambar 2.13 Sebuah *Flow* Maksimum dengan Nilai $f = 8$

Seperti yang dijelaskan oleh I Ketut Budayasa (2007), perhatikan *flow* pada Gambar 2.13 di atas. *Flow* tersebut bernilai 8. Jika diketahui bahwa $X = \{v_s, v_1\}$ dan $X_1 = \{v_2, v_3, v_4, v_t\}$, maka $B(X, X_1) = \{(v_s, v_2), (v_1, v_3), (v_1, v_4)\}$ adalah pemutus- (s, t) pada N dengan kapasitas $c(X, X_1) = c(v_s, v_2) + c(v_1, v_3) + c(v_1, v_4) = 2 + 3 + 3 = 8 =$ nilai *flow*. Jadi f adalah *flow* maksimum dan $B(X, X_1) = \{(v_s, v_2), (v_1, v_3), (v_1, v_4)\}$ adalah pemutus- (s, t) minimum pada jaringan N .

2.4.4 Jaringan Bipartisi

Suatu jaringan $G = (V, E)$ dikatakan bipartisi jika himpunan titik V dapat dipartisi menjadi dua himpunan bagian v_1 dan v_2 sehingga semua sisi dari G mempunyai ujung di v_1 dan ujung lainnya di v_2 (Ahuja, dkk, 1994). Sebagaimana dicontohkan pada gambar berikut:



Gambar 2.14 Contoh Jaringan Bipartisi

2.5 Algoritma Ford-Fulkerson *Flow* Maksimum pada Jaringan

Pada suatu jaringan selalu terdapat *flow* yang maksimum. Selanjutnya untuk mengkonstruksi suatu *flow* maksimum pada suatu jaringan dengan satu titik sumber dan satu titik tujuan adalah dengan menggunakan algoritma Ford-Fulkerson. Ide utama dari algoritma ini adalah sebagai berikut:

1. Dimulai dengan 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 yang mana *flow* yang mengaitkan setiap busur N dengan bilangan nol.
2. Dari *flow* f tersebut, dicari lintasan P dari titik s ke titik t pada graf dasar G dari N yang inkremennya 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. Dibuat *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* f diganti menjadi *flow* f_1 , kemudian kembali ke langkah 2.

Prosedur untuk mengkonstruksi *flow* baru yang nilainya lebih besar dari nilai *flow* yang sama sudah tersirat pada lemma sebelumnya, namun prosedur untuk mendapatkan lintasan-peningkatan P tidak tersirat dalam lemma maupun bukti teorema sebelumnya. Untuk mendapatkan lintasan P yang demikian, akan digunakan teknik pelabelan titik, yang pada prinsipnya melabel titik-titik N dengan teknik 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 (Budayasa, 2007).

Secara sistematis, langkah-langkah pada algoritma Ford-Fulkerson adalah sebagai berikut:

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

Langkah 1: Misalkan f suatu *flow* dari s ke t pada N , (boleh dimulai dengan *flow* f bernilai nol) yaitu $f(i, j) = 0, \forall (i, j) \in \Gamma$ dan dilanjutkan ke rutin pelabelan.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

- a. Label $V_s = (s, +, \varepsilon(s) = \sim)$. Titik V_s telah terlabel dan belum teramati. (Semua titik v dikatakan telah teramati jika semua titik yang dapat dilabel dari titik v sudah terlabel).
- b. Dipilih sebarang titik yang terlabel tetapi belum teramati, misalkan titik tersebut v_x . Untuk $\forall v_y \exists (y, x) \in \Gamma, v_y$ belum terlabel 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 $\forall v_y \exists (y, x) \in \Gamma, v_y$ belum terlabel dan $c(x, y) > f(x, y)$, maka label $v_y = (x, +, \varepsilon(y))$ dengan $\varepsilon(y) = \min \{\varepsilon(x), c(x, y) - f(x, y)\}$. Titik v_y terlabel, tetapi belum teramati. Diubah label

v_x dengan cara melingkari tanda + atau -. Selanjutnya titik v_x terlabel dan teramati.

c. Diulangi langkah a sampai:

1. Titik v_t terlabel atau semua titik terlabel telah teramati tetapi titik v_t tak terlabel.
2. Jika titik v_t terlabel, lanjut ke langkah 3 atau jika semua titik yang terlabel telah teramati tetapi titik v_t tak terlabel, maka iterasi dihentikan dan $flow\ f$ adalah $flow$ maksimum dari jaringan 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 sebagai berikut:

- a. Misalkan $Z = t$ dilanjutkan ke langkah b.
- b. Jika label $v_z = (q, +, \varepsilon(t))$ ditingkatkan nilai $f(q, z)$ dengan $\varepsilon(t) = i(P)$.
- c. Jika $q = s$, semua label dihapus, kemudian diperoleh $flow\ f$ baru dengan nilai $= i(P) + \text{nilai } flow\ f \text{ lama}$. Selanjutnya, diganti $flow\ f$ dengan $flow\ f$ yang baru, dan kembali ke langkah 1 (Budayasa, 2007).

2.6 Kajian Konsep *Flow* Maksimum dalam Islam

Manusia diciptakan untuk beribadah kepada Allah Swt.. Cara peningkatan kualitas ibadah manusia ini harus didasari oleh manusia yang berkualitas. Konsep manusia berkualitas hendaknya menampilkan ciri sebagai hamba Allah Swt. yang beriman, sehingga hanya kepada Allah Swt. hamba-Nya bermunajah, serta memberi manfaat pada sesamanya (Mujiono, 2013).

Ukuran kualitas manusia sesungguhnya tergantung pada komposisi manusia yang terdiri dari: sikap (tindakan), mental (pola pikir), emosi (perasaan), dan rohani (keyakinan). Kualitas hidup seseorang tidak ditentukan oleh tingkat pendidikan, jabatan atau seberapa jumlah kekeyaannya (Afifatush, 2011).

Karakteristik yang dikemukakan dalam al-Quran menjadi tolak ukur manusia, karena karakteristik tersebut diturunkan dari konfigurasi nilai-nilai yang dikemukakan al-Quran yang hadir bersama dengan kelahiran manusia ke dunia dan menjadi suatu penentu dalam pembentukan kepribadian manusia. Perwujudan 4 kualitas pendukung di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Kualitas Iman

Manusia berkualitas akan berjuang melawan penindasan, tirani, dan tidak membiarkan kediktatoran atau tindakan sewenang-wenang. Manusia yang beriman hatinya akan dibimbing Allah Swt., jiwanya menjadi tenang dalam melakukan aktivitas hidupnya. Pernyataan ini diisyaratkan Allah Swt. dalam QS. At-Taghaabun ayat 11, yang artinya: “...Siapa yang beriman kepada Allah Swt., Allah Swt. akan memimpin hatinya”.

2. Kualitas Intelektual

Kualitas intelektual menjadi potensi awal manusia diciptakan, Allah Swt. mengajarkan Adam segala nama benda dalam QS. Al-Baqarah ayat 31, yang artinya manusia sejak lahir telah memiliki potensi intelektual, kemudian potensi intelektual ini berkembang seiring dengan bertambahnya umur manusia. Kualitas intelektual merupakan perangkat yang sangat diperlukan untuk mengolah alam ini. Rasulullah bersabda: “Barang siapa yang ingin memperoleh kebahagiaan dunia maka kuasailah ilmunya, barang siapa yang ingin memperoleh

kebahagiaan akhirat maka kuasailah ilmunya, dan barang siapa yang ingin memperoleh kebahagiaan keduanya juga dengan menguasai ilmunya”.

3. Kualitas Amal Shaleh

Amal shaleh adalah pembentuk kualitas manusia. Tiap kerja yang dilakukan setiap saat merupakan ukiran ke arah terbentuk kepribadian manusia. Amal shaleh sebagai pengejawantahan iman, maka suatu pekerjaan yang dilakukan harus memiliki orientasi nilai. Ini berarti sistem keimanan teraktualisasi melalui kinerja kerja amal shaleh, karena kerja semacam ini memiliki dimensi yang abadi. QS. At-Tin ayat 5-6, menyampaikan bahwa: *“Manusia akan dikembalikan ke kondisi yang paling rendah, kecuali manusia yang beriman dan mengerjakan amal shaleh”*

4. Kualitas Sosial

Al-Quran mengungkapkan bahwa manusia selalu dituntut untuk mengadakan hubungan dengan Tuhan-nya dan juga mengadakan hubungan dengan sesama manusia. Kemampuan bergaul dengan orang yang berbeda, menghargai dan memanfaatkan secara bersama, perbedaan tersebut akan memberikan kebaikan untuk semua. Pernyataan ini diisyaratkan Allah Swt. dalam QS. Al-Hujuraat ayat 13 (Mujiono, 2013).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang diterapkan untuk memecahkan permasalahan pada maksimasi *flow* penjadwalan jalur kereta api (studi kasus pada Stasiun Kota Baru Malang).

3.2 Sumber Data Penelitian

Sumber data penelitian ini adalah Stasiun Kota Baru Malang. Data berupa jadwal kereta api yang diperoleh pada bulan April tahun 2016.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan peneliti terdiri dari:

1. Wawancara

Wawancara dilakukan peneliti dengan narasumber Wakil Kepala Stasiun Kereta Api kota Baru Malang.

2. Observasi

Observasi merupakan cara yang paling efektif untuk melengkapi format data penelitian. Observasi dilakukan peneliti di Stasiun Kota Baru Malang dengan terlebih dahulu memperoleh izin penelitian dari DAOP (Daerah Operasi) 8 yang berada di Surabaya.

3.4 Analisis Data

Data yang digunakan berupa nama kereta api, waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api, serta jalur yang dilalui kereta api. Dari data tersebut diketahui terdapat lima jalur kereta api yang digunakan sebagai jalur kedatangan dan keberangkatan penumpang dengan 19 jadwal setiap harinya.

Jenis kereta api lokal dan jarak jauh berjumlah 11 kereta, di antaranya adalah Penataran dengan relasi (Blitar-Malang-Surabaya), Penataran-Dhoho dengan relasi (Surabaya-Malang-Blitar), Jayabaya dengan relasi (Malang-Surabaya Pasar Turi), Malioboro I dengan relasi (Yogyakarta-Malang), Malioboro II dengan relasi (Yogyakarta-Malang), Matarmaja dengan relasi (Pasar Senen-Malang), Bima dengan relasi (Malang-Surabaya Gubeng-Gambir), Malabar dengan relasi (Bandung-Malang), Majapahit dengan relasi (Pasar Senen-Malang), Gajayana dengan relasi (Gambir-Malang), dan Tawang Alun dengan relasi (Banyuwangi-Bangil-Malang Kota Lama).

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menganalisis data jadwal kereta api Stasiun Kota Baru Malang, kemudian dilakukan pemaksimalan *flow* dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan titik sumber (v_{s_i}) dan titik tujuan (v_{t_j}) pada jaringan.
2. Memaksimalkan *flow* dengan menganalisis algoritma Ford-Fulkerson yang meliputi:
 - a. Menambahkan sebarang titik sumber utama (v_s), yang mana v_s merupakan satu-satunya titik sumber yang merupakan titik awal pada jaringan.

- b. Menentukan sebarang titik tujuan utama (v_t), yang mana v_t merupakan satu-satunya titik tujuan yang merupakan titik akhir pada jaringan.
- c. Menentukan nilai *flow* (f) pada jaringan dalam bentuk perhitungan waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api, sebagai berikut:

$$f = |t_1 - t_2|$$

dimana: t_1 = waktu keberangkatan kereta

t_2 = waktu kedatangan kereta

- d. Menentukan nilai kapasitas (c) pada jaringan dalam bentuk perhitungan beberapa faktor yang mempengaruhi jalur tersebut di antaranya adalah jumlah jalur, jumlah kereta, dan nilai *flow*, sebagai berikut:

$$c = \frac{\Sigma \text{ jalur yang dilalui kereta}}{\Sigma \text{ kereta yang melalui jalur}} \times (\Sigma \text{ seluruh kereta}) \times (\text{nilai flow})$$

- e. Melakukan rutin pelabelan, yang mana titik V telah terlabel dan belum teramati yaitu semua titik V dikatakan telah teramati jika semua titik yang dapat dilabel dari titik V sudah terlabel.
- f. Melakukan prosedur balik dengan mencari lintasan peningkatan (P) dengan nilai peningkatan lintasan $i(P)$ adalah label v_t .
- g. Melakukan rutin peningkatan dengan meningkatkan nilai *flow* f sebesar label v_t berdasarkan lintasan peningkatan P .
- h. Apabila seluruh titik pada jaringan yang terlabel telah teramati semua dan titik v_t tidak terlabel maka iterasi dihentikan dan *flow* f adalah *flow* maksimum pada jaringan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data dan Algoritma Ford-Fulkerson

Data penjadwalan kereta api Stasiun Kota Baru Malang terdiri dari nama kereta api, waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api, serta jalur yang dilalui kereta api, sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data Penjadwalan Kereta Api

No	Nama Kereta Api	Kedatangan		Keberangkatan	
		Waktu	Jalur	Waktu	Jalur
1	Jayabaya	01.17	I	11.45	IV
2	Malioboro I	04.00	III	08.25	III
3	Penataran	22.37	I	04.30	I
4	Penataran	07.01	I	07.07	I
5	Penataran-Dhoho	07.05	II	07.10	II
6	Matarmaja	07.50	V	17.00	I
7	Bima	08.10	I	14.25	I
8	Malabar	09.01	V	16.00	II
9	Gajayana	09.20	I	13.30	I
10	Majapahit	09.55	I	18.20	I
11	Penataran-Dhoho	10.11	II	10.25	II
12	Penataran	12.11	I	12.20	I
13	Tawang Alun	12.56	II	13.01	II
14	Penataran-Dhoho	14.23	II	14.33	II
15	Malioboro II	15.37	V	20.15	I
16	Tawang Alun	15.50	III	15.55	III
17	Penataran	16.56	III	17.05	III
18	Penataran	19.53	III	20.05	III
19	Penataran	20.23	I	20.35	I

Pencarian *flow* maksimum pada Tabel 4.1 dilakukan dengan algoritma Ford-Fulkerson agar dapat digunakan untuk memaksimumkan jalur keberangkatan dan kedatangan kereta api di Stasiun Kota Baru Malang. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Input: Jaringan $D = (V, E)$ dengan beberapa titik sumber (v_{s_i}) dan beberapa titik tujuan (v_{t_j}). Dibentuk suatu jaringan baru dari D yang dimisalkan D^* , dengan menambahkan satu titik sumber v_s dan satu titik tujuan v_t sedemikian hingga v_s merupakan satu-satunya titik sumber di jaringan D^* dan v_t merupakan satu-satunya titik tujuan di jaringan D^* .

Langkah 1: Dibuat kapasitas busur (v_s, v_{s_i}) dan (v_{t_j}, v_t) dengan nilai kapasitas tak hingga (∞), dan nilai *flow* dapat dimulai dari 0.

Langkah 2: Dilakukan rutin pelabelan.

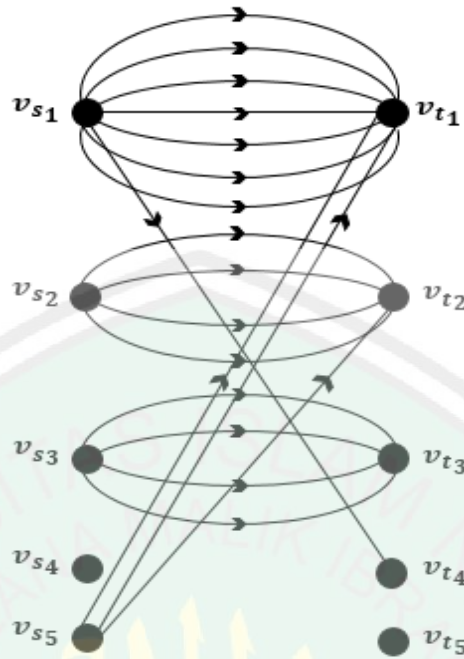
Langkah 3: Digunakan prosedur balik.

Langkah 4: Dilakukan rutin peningkatan.

Apabila titik-titik di D^* yang terlabel telah teramati semua dan titik v_t tidak terlabel maka iterasi dihentikan dan *flow* f adalah *flow* maksimum pada jaringan.

4.2 *Flow* Maksimum pada Data Penjadwalan Jalur Kereta Api

Berdasarkan Tabel 4.1 yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dibentuk suatu jaringan dengan pemisalan jaringan D yang memiliki beberapa titik sumber ($v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}$) dan beberapa titik tujuan ($v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}$) yang dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 4.1 Jaringan D

Selanjutnya jaringan D di atas akan dicari *flow* maksimumnya menggunakan algoritma Ford-Fulkerson dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Input: Dibentuk suatu jaringan baru D^* dari D dengan menambahkan satu titik sumber utama (v_s) dan satu titik tujuan utama (v_t).

Langkah 1: Dibuat kapasitas busur $(v_s, v_{s1}), (v_s, v_{s2}), (v_s, v_{s3}), (v_s, v_{s4}), (v_s, v_{s5})$ dan $(v_{t1}, v_t), (v_{t2}, v_t), (v_{t3}, v_t), (v_{t4}, v_t), (v_{t5}, v_t)$ dengan busur diberi warna biru. Kemudian menentukan nilai *flow* dan nilai kapasitas pada tiap jalur. Nilai *flow* dan nilai kapasitas bernilai waktu yang terdiri dari jam dan menit, maka apabila menit bernilai 60 akan diakumulasikan dalam nilai satu jam.

Nilai *flow* pada tiap jalur ditentukan dari selisih waktu kedatangan kereta dengan keberangkatan kereta, sebagai berikut $f = |t_1 - t_2|$, yang mana t_1 adalah waktu keberangkatan kereta dan t_2 adalah waktu kedatangan kereta. Berikut merupakan nilai *flow* pada jaringan D^* :

Tabel 4.2 Nilai *Flow* pada Jaringan *D**

No	Nama Kereta Api	Waktu Kedatangan (t_2)	Waktu Keberangkatan (t_1)	Nilai <i>Flow</i> Jaringan <i>D</i> *
1	Jayabaya	01.17	11.45	10,28
2	Malioboro I	04.00	08.25	4,25
3	Penataran	22.37	04.30	5,53
4	Penataran	07.01	07.07	0,06
5	Penataran-Dhoho	07.05	07.10	0,05
6	Matarmaja	07.50	17.00	09,10
7	Bima	08.10	14.25	6,15
8	Malabar	09.01	16.00	6,59
9	Gajayana	09.20	13.30	4,10
10	Majapahit	09.55	18.20	8,25
11	Penataran-Dhoho	10.11	10.25	0,14
12	Penataran	12.11	12.20	0,09
13	Tawang Alun	12.56	13.01	0,05
14	Penataran-Dhoho	14.23	14.33	0,10
15	Malioboro II	15.37	20.15	4,38
16	Tawang Alun	15.50	15.55	0,05
17	Penataran	16.56	17.05	0,09
18	Penataran	19.53	20.05	0,12
19	Penataran	20.23	20.35	0,12

Nilai kapasitas pada tiap jalur ditentukan dari perhitungan beberapa faktor yang mempengaruhi jalur tersebut di antaranya adalah jumlah jalur, jumlah kereta, dan nilai *flow*. Perhitungan tersebut adalah jumlah jalur yang dilalui kereta dibagi dengan jumlah kereta yang melalui jalur, kemudian dikalikan dengan jumlah seluruh kereta dan nilai *flow* pada jalur tersebut, sebagai berikut:

$$c = \frac{\sum \text{jalur yang dilalui kereta}}{\sum \text{kereta yang melalui jalur}} \times (\sum \text{seluruh kereta}) \times (\text{nilai } \textit{flow})$$

Jalur kereta I dilalui oleh 10 kereta api, jalur kereta II dilalui oleh 5 kereta api, jalur kereta III dilalui oleh 4 kereta api, jalur kereta IV dilalui oleh 1 kereta api, jalur kereta V dilalui oleh 3 kereta, dan jumlah seluruh kereta api adalah 19 kereta. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas pada jaringan *D**

Tabel 4.3 Nilai Kapasitas pada Jaringan D^*

No	Nama Kereta Api	Perhitungan Nilai Kapasitas (c)	Nilai Kapasitas Jaringan D^*
1	Jayabaya	$\left(\frac{2}{11} \times 19\right) (10,28)$	35,51
2	Malioboro I	$\left(\frac{1}{4} \times 19\right) (4,25)$	20,18
3	Penataran	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (5,53)$	10,50
4	Penataran	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (0,06)$	0,11
5	Penataran-Dhoho	$\left(\frac{1}{5} \times 19\right) (0,05)$	0,19
6	Matarmaja	$\left(\frac{2}{13} \times 19\right) (9,10)$	26,60 = 27,00
7	Bima	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (6,15)$	11,68 = 12,08
8	Malabar	$\left(\frac{2}{8} \times 19\right) (6,59)$	31,30
9	Gajayana	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (4,10)$	7,79 = 8,19
10	Majapahit	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (8,25)$	15,67 = 16,07
11	Penataran-Dhoho	$\left(\frac{1}{5} \times 19\right) (0,14)$	0,53
12	Penataran	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (0,09)$	0,17
13	Tawang Alun	$\left(\frac{1}{5} \times 19\right) (0,05)$	0,19
14	Penataran-Dhoho	$\left(\frac{1}{5} \times 19\right) (0,10)$	0,38
15	Malioboro II	$\left(\frac{2}{13} \times 19\right) (4,38)$	12,80 = 13,20
16	Tawang Alun	$\left(\frac{1}{4} \times 19\right) (0,05)$	0,23
17	Penataran	$\left(\frac{1}{4} \times 19\right) (0,09)$	0,42
18	Penataran	$\left(\frac{1}{4} \times 19\right) (0,12)$	0,57
19	Penataran	$\left(\frac{1}{10} \times 19\right) (0,12)$	0,22

Berikut merupakan nilai kapasitas dan nilai *flow* pada jaringan D^* yang telah dilakukan sebelumnya:

Tabel 4.4 Nilai Kapasitas dan Nilai *Flow* pada Jaringan D^*

No	Nama Kereta Api	Nilai	
		Kapasitas (c)	Flow (f)
1	Jayabaya	35,51	10,28
2	Malioboro I	20,18	4,25
3	Penataran	10,50	5,53
4	Penataran	0,11	0,06
5	Penataran-Dhoho	0,19	0,05
6	Matarmaja	27,00	9,10
7	Bima	12,08	6,15
8	Malabar	31,30	6,59
9	Gajayana	8,19	4,10
10	Majapahit	16,07	8,25
11	Penataran-Dhoho	0,53	0,14
12	Penataran	0,17	0,09
13	Tawang Alun	0,19	0,05
14	Penataran-Dhoho	0,38	0,10
15	Malioboro II	13,20	4,38
16	Tawang Alun	0,23	0,05
17	Penataran	0,42	0,09
18	Penataran	0,57	0,12
19	Penataran	0,22	0,12
Jumlah		180,24	

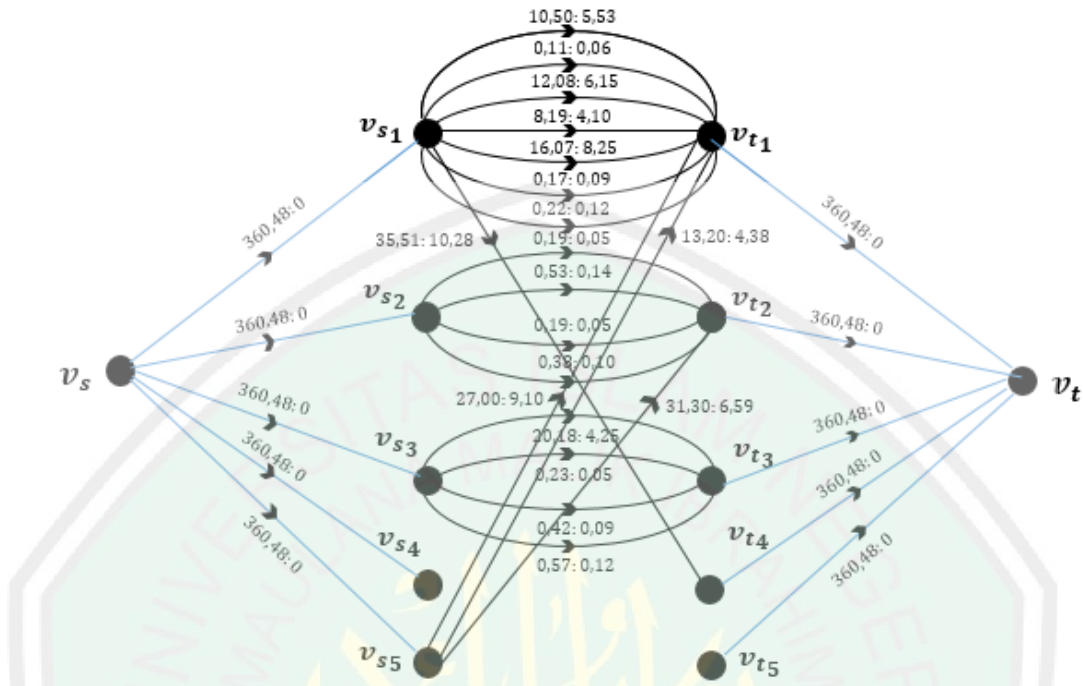
Hasil perhitungan nilai kapasitas kemudian digunakan untuk menentukan nilai kapasitas utama pada jaringan D^* yaitu dengan menjumlahkan kapasitas yang diperoleh dari tiap jalur, sebagai berikut:

Tabel 4.5 Nilai Kapasitas Utama pada Jaringan D^*

No	Jalur	Nilai Kapasitas (c)		
		(v_s, v_{s_i})	(v_{t_j}, v_t)	$(v_s, v_{s_i}) + (v_{t_j}, v_t)$
1	I	83,65	88,34	172,39
2	II	2,09	33,39	35,48
3	III	22,20	22,20	44,40
4	IV	0	35,51	35,51
5	V	71,50	0	71,50
Jumlah		180,24	180,24	360,48

Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh nilai kapasitas utama pada jaringan D^* yaitu 360,48. Jaringan D^* dengan nilai *flow* awal 0 dan nilai kapasitas

utama 360,48, seperti pada gambar berikut:

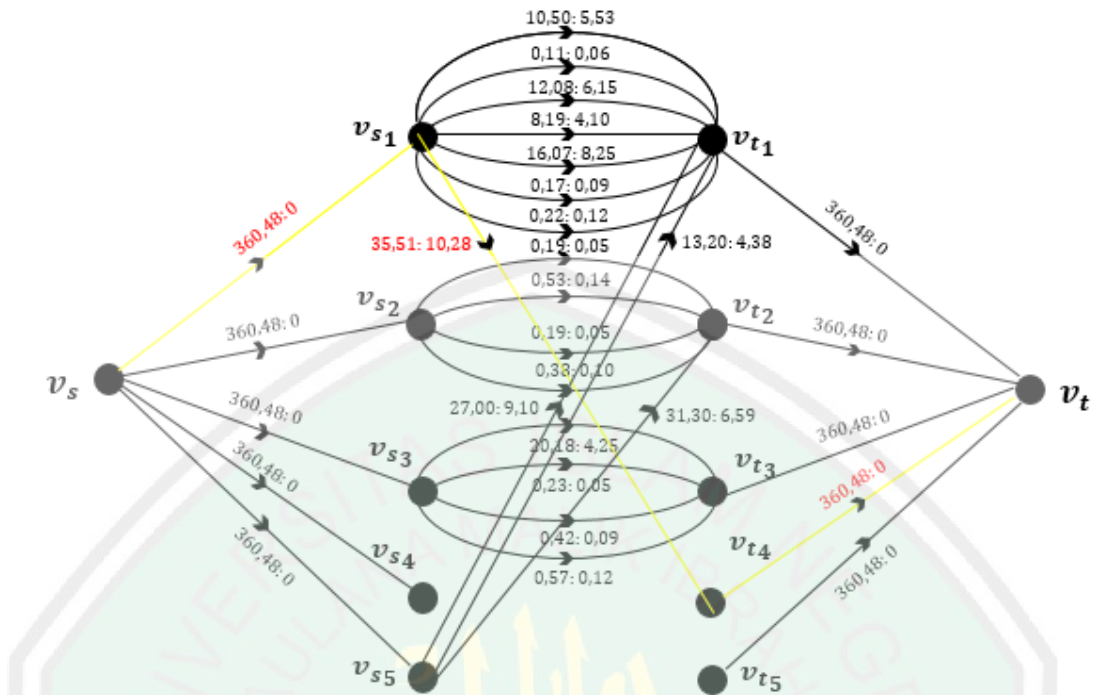


Gambar 4.2 Jaringan D^*

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui pada jaringan D^* memiliki kapasitas v_s dan v_t sebesar 360,48. Sebagaimana algoritma Ford-Fulkerson pada bab sebelumnya, agar *flow* maksimum terpenuhi maka dilakukan pencarian lintasan dari titik v_{si} hingga titik v_{ti} yang didahulukan sesuai kereta kedatangan dan keberangkatan yang telah terjadwal, sehingga urutan iterasi untuk lintasan peningkatan yang dipilih adalah sebagai berikut:

$v_{s1} \rightarrow v_{t4}, v_{s3} \rightarrow v_{t3}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}, v_{s2} \rightarrow v_{t2}, v_{s5} \rightarrow v_{t1}, v_{s1} \rightarrow v_{t1},$
 $v_{s5} \rightarrow v_{t2}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}, v_{s2} \rightarrow v_{t2}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}, v_{s2} \rightarrow v_{t2}, v_{s2} \rightarrow v_{t2},$
 $v_{s5} \rightarrow v_{t1}, v_{s3} \rightarrow v_{t3}, v_{s3} \rightarrow v_{t3}, v_{s3} \rightarrow v_{t3}, v_{s1} \rightarrow v_{t1}.$

Langkah selanjutnya, pencarian *flow* maksimum dari v_s ke v_t menggunakan algoritma Ford-Fulkerson untuk iterasi pertama sebagai berikut:



Gambar 4.3 Flow f_0 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Jayabaya

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 0, pada lintasan (v_{s1}, v_{t4}) memiliki nilai kapasitas 35,51 dengan nilai *flow* 10,28 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Jayabaya, dan pada lintasan (v_{t4}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 0.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 25,23)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}.$$

$$T = \{v_s\}.$$

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 25, 23)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}.$$

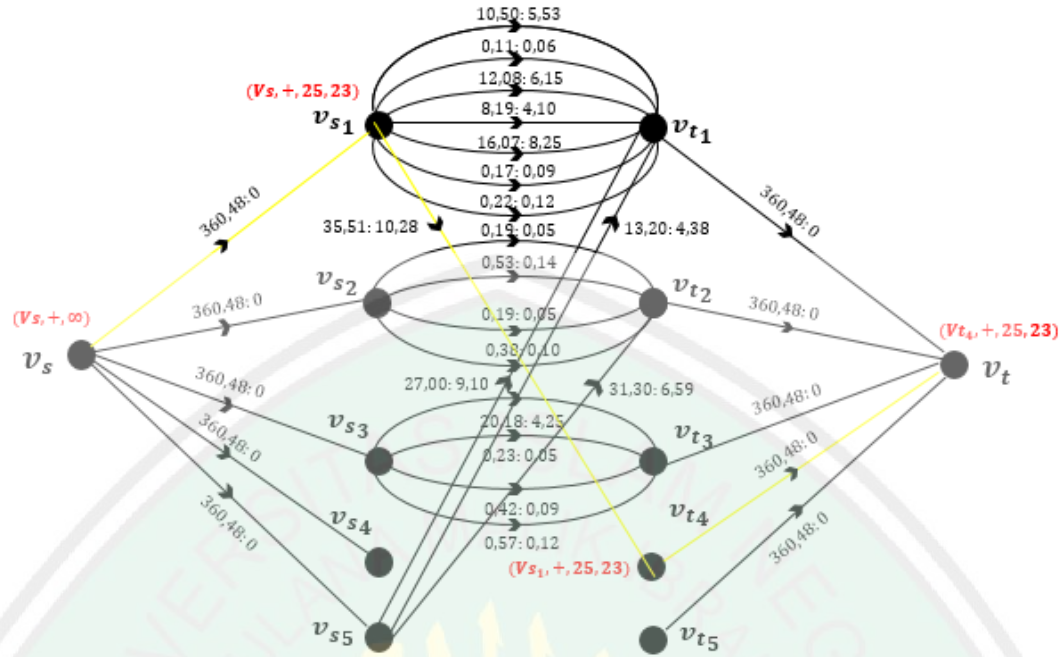
$$T = \{v_s, v_{s_1}\}.$$

2.4) Pilih titik v_{t_4} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_4}, +, 25, 23)$.

$$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}.$$

$$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_4}\}.$$

Gambar 4.4 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Jayabaya

Berdasarkan Gambar 4.4 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_{s1}, +, 25, 23)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t4} berlabel $(v_{s1}, +, 25, 23)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t4}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t4}, +, 25, 23)$ maka pada lintasan (v_{t4}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t4} , titik v_{t4} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel titik dari v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t4}, v_t)$ dan nilai peningkatan $flow\ i(P) = 25, 23$.

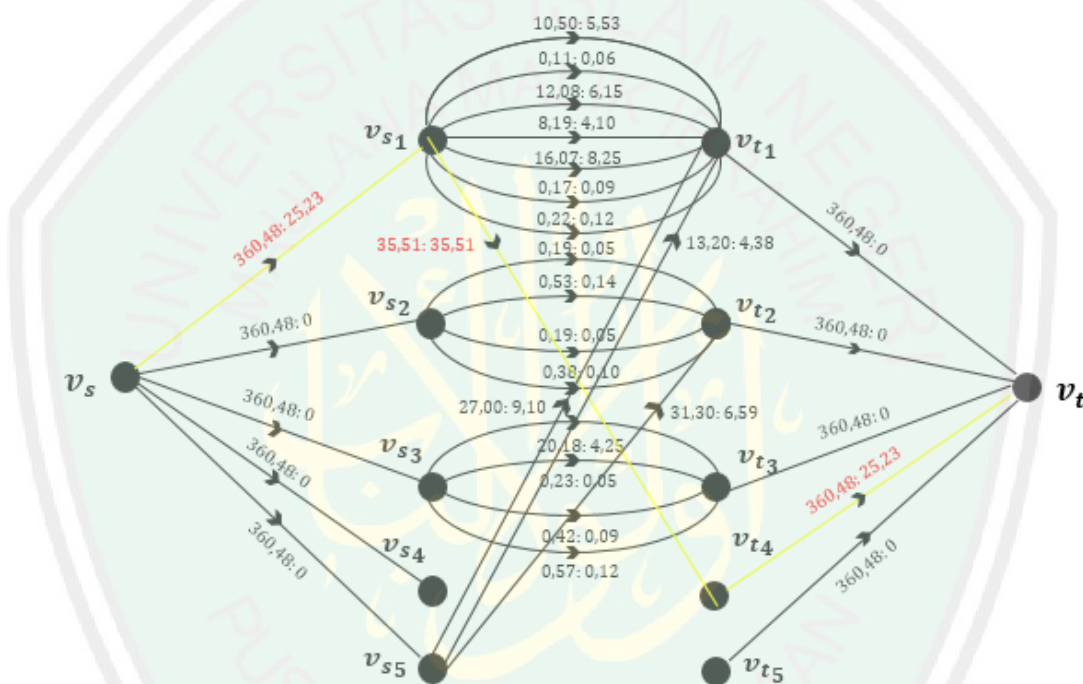
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t4}, +, 25, 23)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t4}, v_t) ditambah 25, 23.

Titik v_{t4} berlabel $(v_{s1}, +, 25, 23)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t4}) ditambah 25, 23.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 25, 23)$ maka nilai *flow* pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 25,23.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_1 dengan nilai $= f_0 + i(P) = 0 + 25,23 = 25,23$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna kuning dan jalur kereta Jayabaya ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:



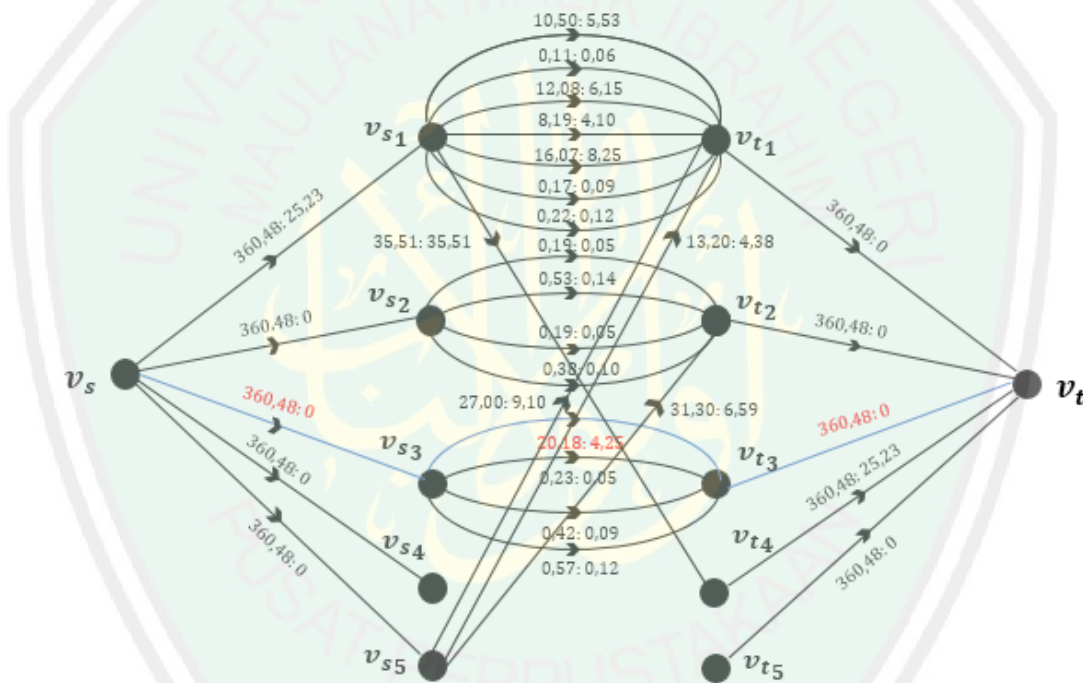
Gambar 4.5 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_1 = 25,23$

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Jayabaya yang ditandai dengan warna kuning dan nilai *flow* ditambah 25,23. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 25,23 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 25,23, pada lintasan (v_{s1}, v_{t4}) bernilai kapasitas 35,51 dengan nilai *flow* 35,51 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Jayabaya 10,28 dengan 25,23, dan pada lintasan (v_{t4}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal dengan 25,23 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 25,23.

Flow f_1 bernilai 35,51. $X = \{v_s, v_{s_1}\}$ dan $X_1 = \{v_{s_1}, v_{t_4}\}$, maka $B(X, X_1) = \{v_{s_1}, v_{t_4}\}$ adalah pemutus- (s, t) pada jaringan D^* dengan kapasitas $c(X, X_1) = c(v_{s_1}, v_{t_4}) = 35,51 = \text{nilai flow}$. Jadi f adalah flow maksimum dan $B(X, X_1) = \{v_{s_1}, v_{t_4}\}$ adalah pemutus- (s, t) minimum pada jaringan D^* .

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi flow maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_1 dengan nilai 25,23.



Gambar 4.6 Flow f_1 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro I

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s_3}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow awal 0, pada lintasan (v_{s_3}, v_{t_3}) memiliki nilai kapasitas 20,18 dengan nilai flow 4,25 yang diperoleh dari nilai flow kereta Malioboro I, dan pada lintasan (v_{t_3}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow awal 0.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s_1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 15, 53)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_3}, +, 15, 53)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_3}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

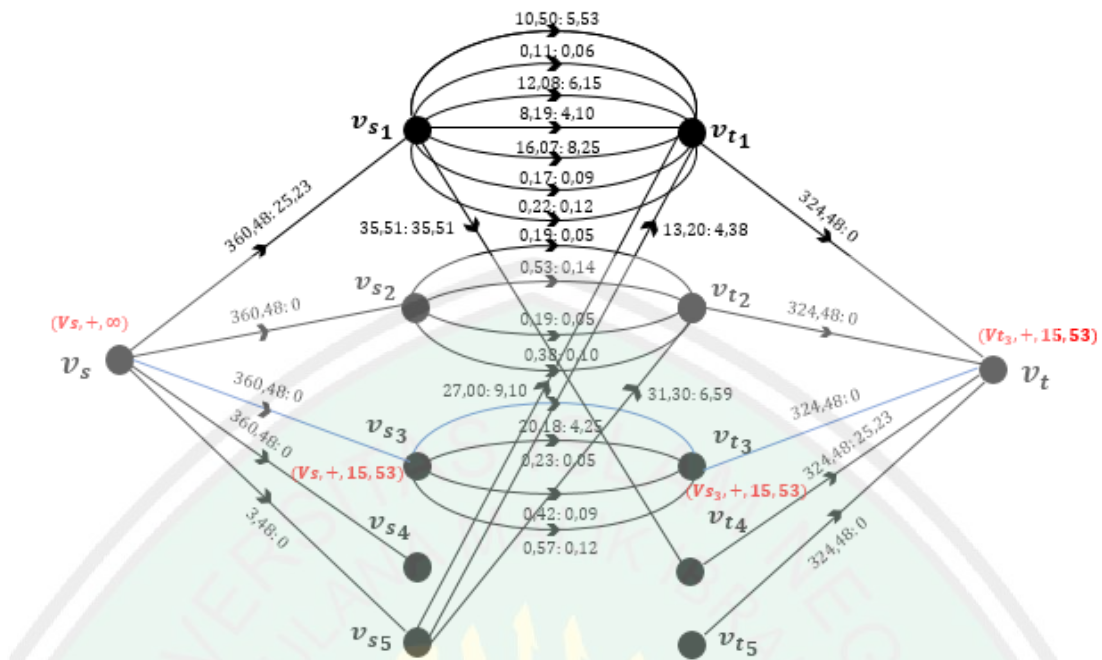
$T = \{v_s, v_{s_3}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_3}, +, 15, 53)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_3}, v_{t_3}\}$.



Gambar 4.7 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro I

Berdasarkan Gambar 4.7 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s3} berlabel $(v_s, +, 15, 53)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 15, 53)$ maka pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 15, 53)$ maka pada lintasan (v_{t3}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 4: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t3} , titik v_{t3} dilabel dari v_{s3} , dan titik v_{s3} dilabel titik dari v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s3}, v_{t3}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 15,53$.

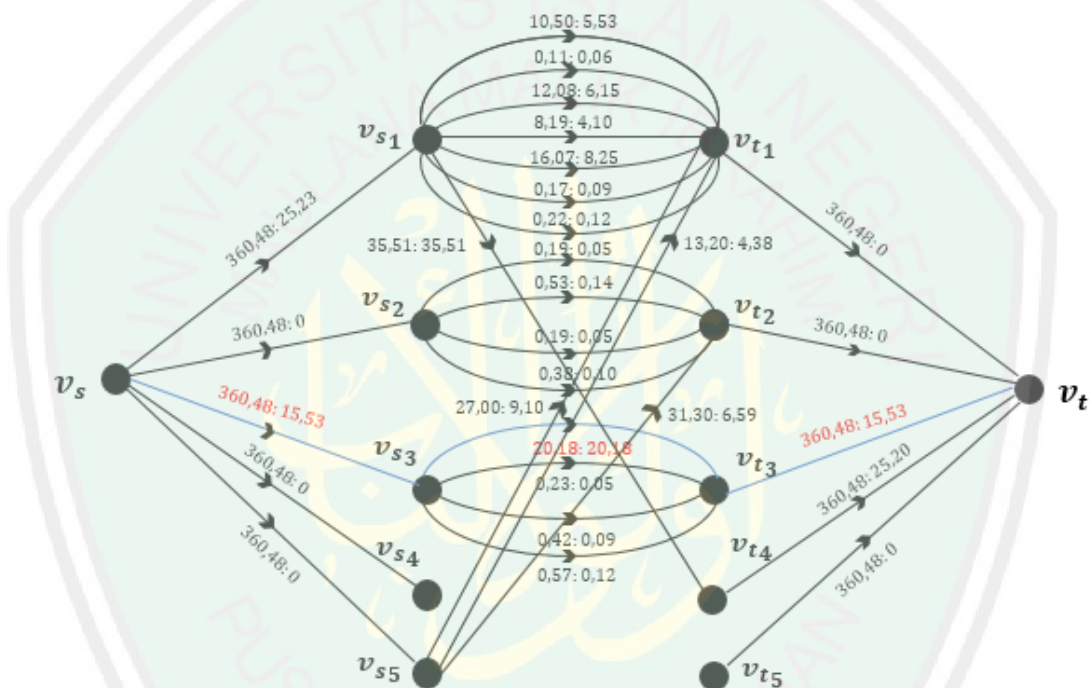
Langkah 5: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 15, 53)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t3}, v_t) ditambah 15,53.

Titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 15, 53)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s3}, v_{t3}) ditambah 15,53.

Titik v_{s_3} berlabel $(v_s, +, 15, 53)$ maka nilai *flow* pada busur (v_s, v_{s_3}) ditambah 15,53.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_2 dengan nilai $= f_1 + i(P) = 25,23 + 15,53 = 41,16$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna biru tua dan jalur kereta Malioboro I ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

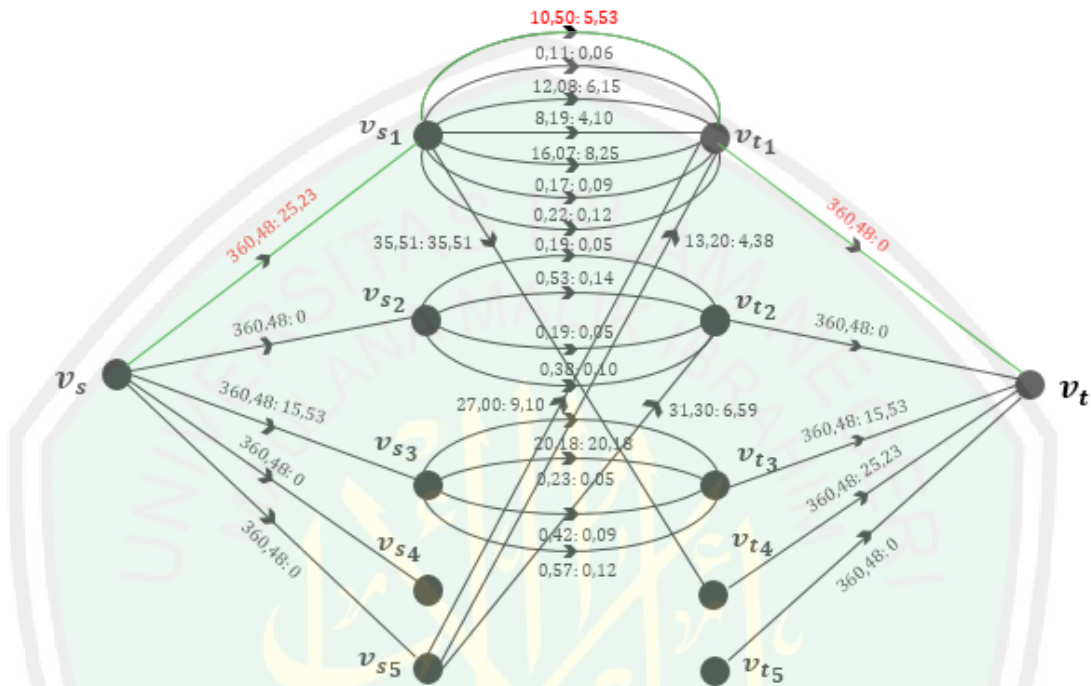


Gambar 4.8 Jaringan D^* dengan Nilai Flow Baru $f_2 = 41,16$

Berdasarkan Gambar 4.8 diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Malioboro I yang ditandai dengan warna biru tua dan nilai *flow* ditambah 15,53. Maka pada lintasan (v_s, v_{s_3}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 15,53 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 15,53, pada lintasan (v_{s_3}, v_{t_3}) bernilai kapasitas 20,18 dengan nilai *flow* 20,18 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Malioboro I 4,25 dengan 15,53, dan pada lintasan (v_{t_3}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal dengan 15,53 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 15,53.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: *Flow* f_2 dengan nilai 41,16.



Gambar 4.9 *Flow* f_3 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 25,23 pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 10,50 dengan nilai *flow* 5,53 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Penataran, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 0.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s_1} = (v_s, +, 4, 57)$.

Label titik $v_{s_2} = (v_s, +, 0)$

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 4, 57)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

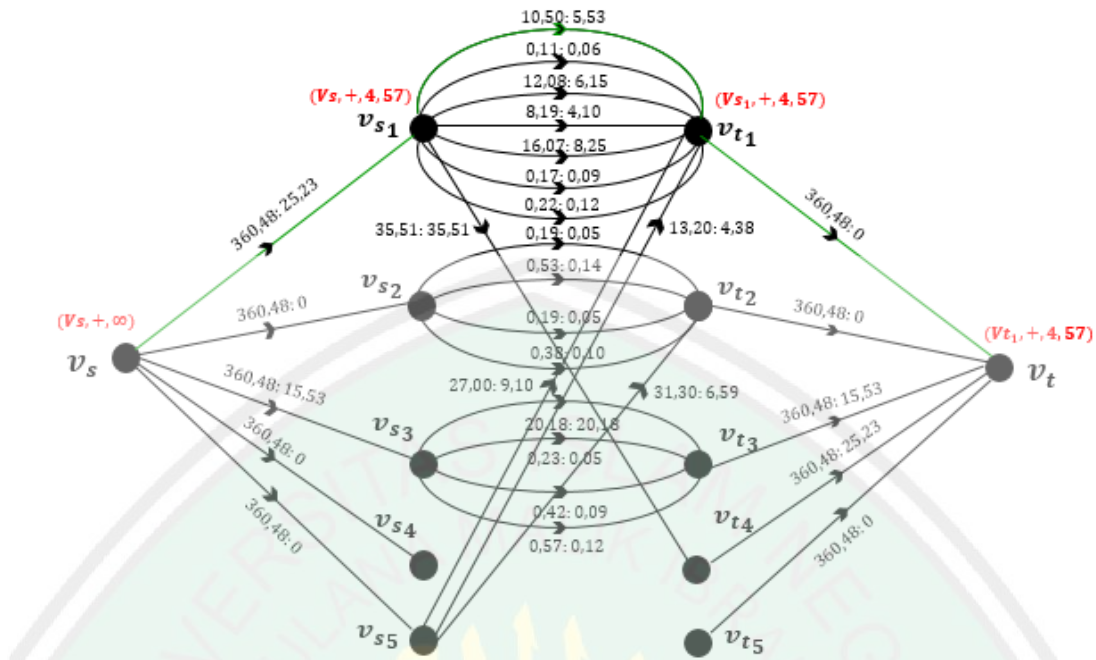
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 4, 57)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.10 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.10 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 4,57)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 4,57)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 4,57)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel titik dari v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 4,57$.

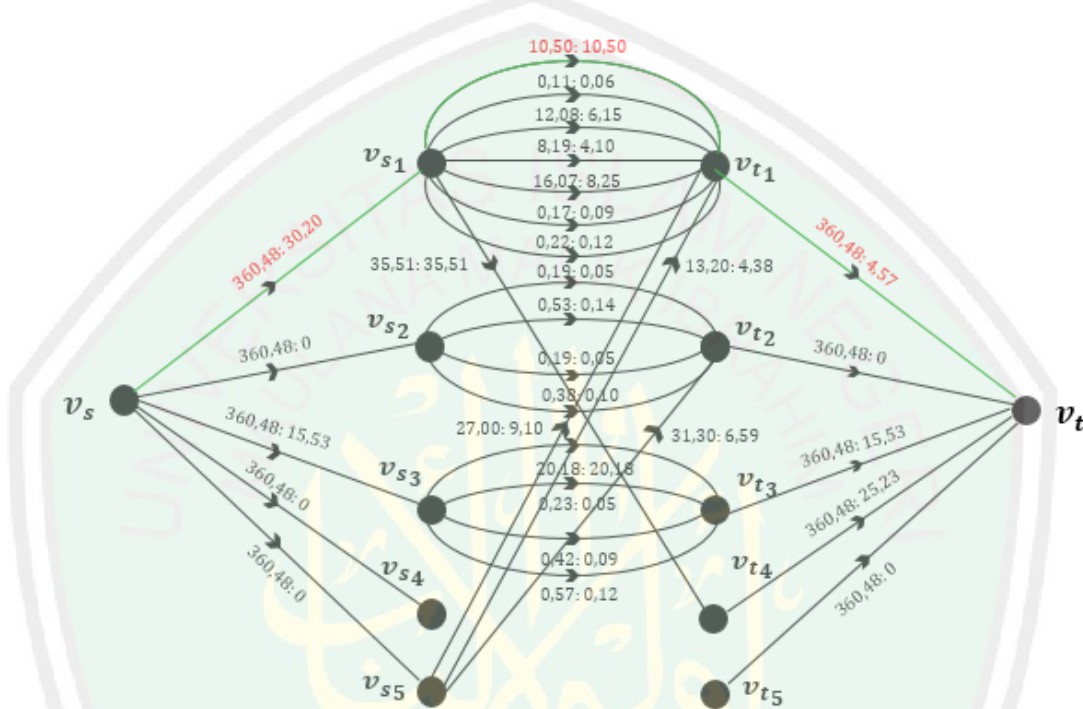
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 4,57)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 4,57.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 4,57)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 4,57.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 4,57)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 4,57.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_3 dengan nilai $= f_2 + i(P) = 41,16 + 4,57 = 46,13$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

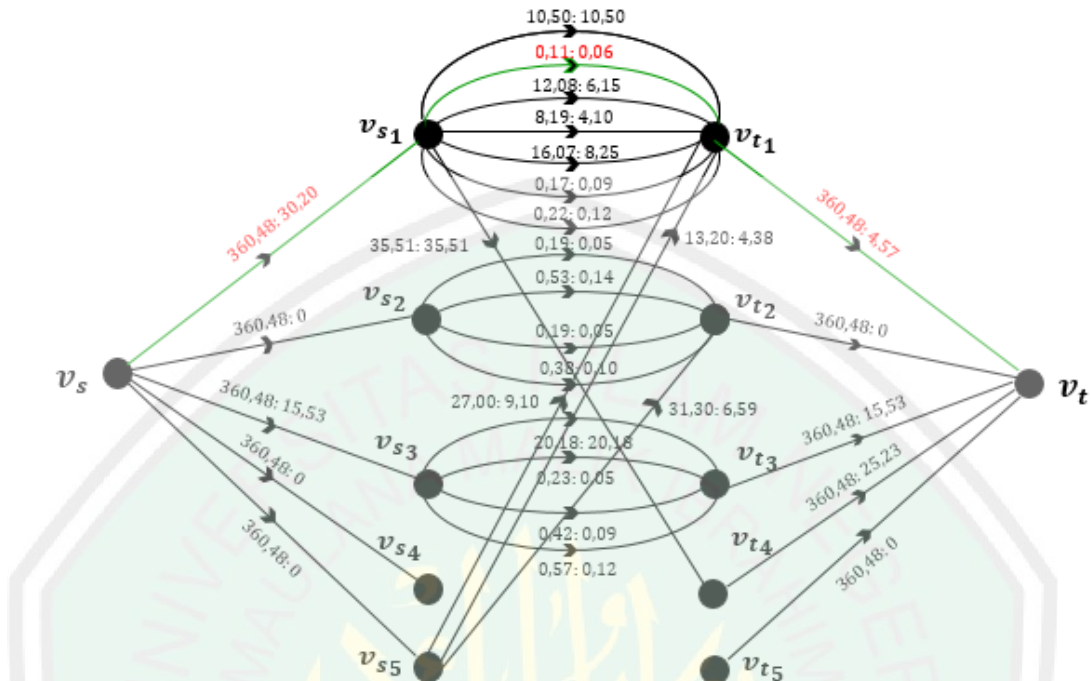


Gambar 4.11 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_3 = 46,13$

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 4,57. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 30,20 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 25,23 dengan 4,57, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 10,50 dengan nilai *flow* 10,50 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 5,53 dengan 4,57, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 4,57 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 4,57.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_3$ dengan nilai 46,13.



Gambar 4.12 $Flow f_3$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 30,20, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 0,11 dengan nilai $flow$ 0,06 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Penataran, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 4,57.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0,05)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 0,05)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

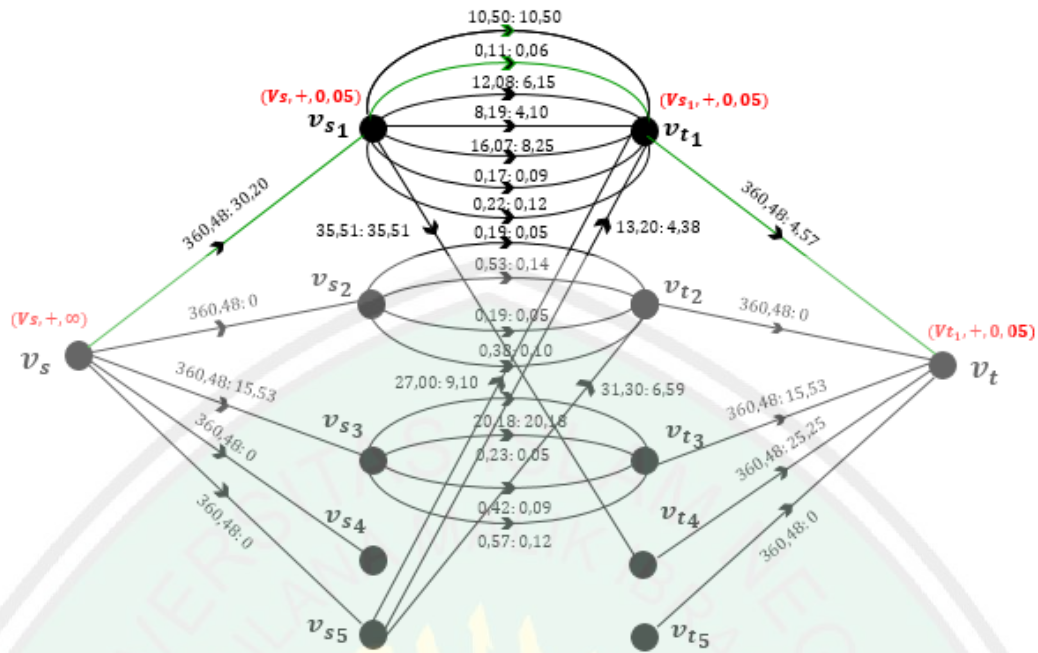
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 0,05)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.13 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.13 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0,05)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 0,05)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 0,05)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,05$.

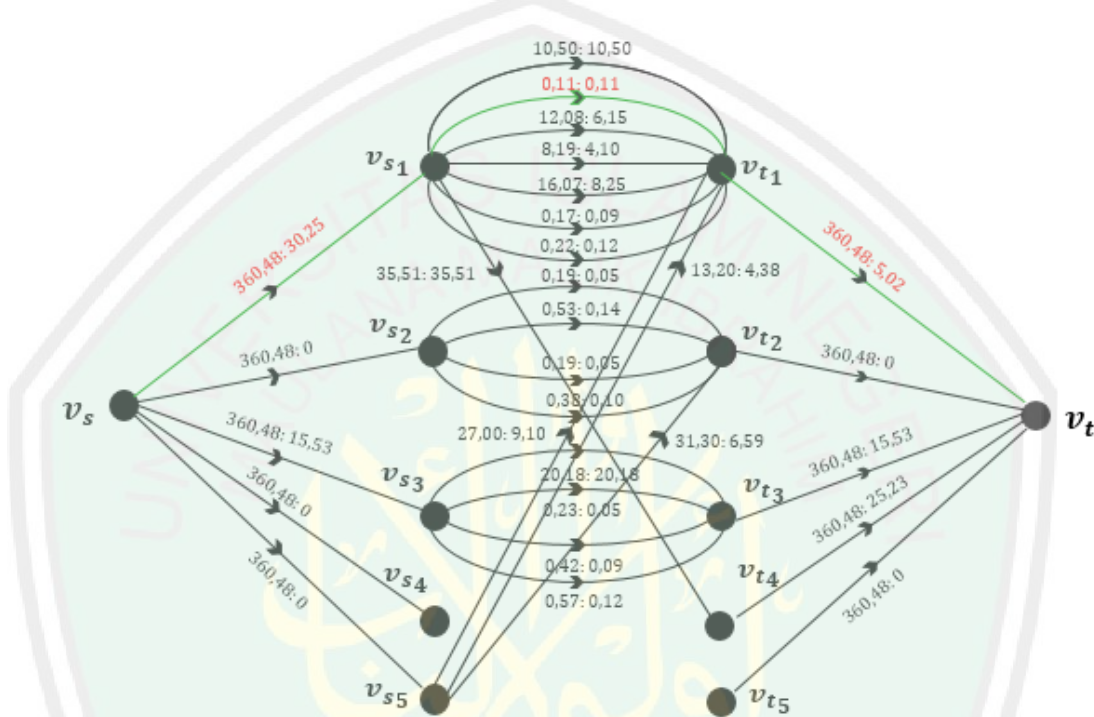
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 0,05)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 0,05.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 0,05)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 0,05.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0,05)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 0,05.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_4 dengan nilai $= f_3 + i(P) = 46,13 + 0,05 = 46,18$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

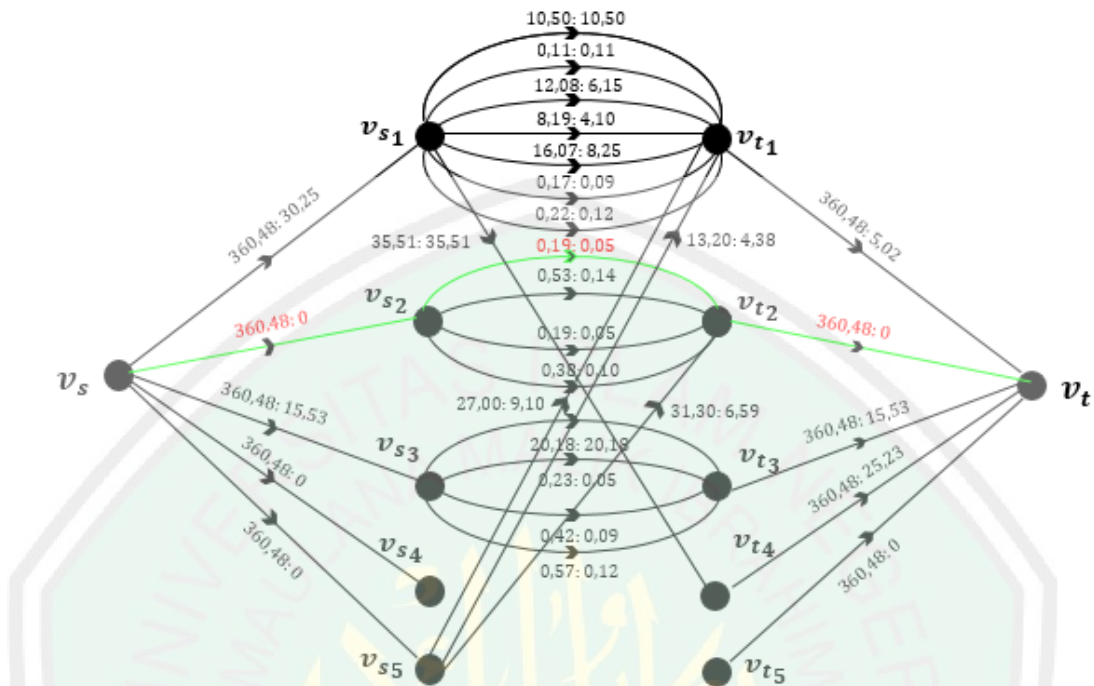


Gambar 4.14 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_4 = 46,18$

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 0,05. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 30,25 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 30,20 dengan 0,05, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 10,50 dengan nilai *flow* 10,50 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,11 dengan 0,05, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 5,02 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 4,57 dengan 5,02.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_4$ dengan nilai 46,18.



Gambar 4.15 $Flow f_4$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s2}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ awal 0, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) memiliki nilai kapasitas 0,19 dengan nilai $flow$ 0,05 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Penataran-Dhoho, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ awal 0.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0,14)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_2}, +, 0, 14)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_2}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

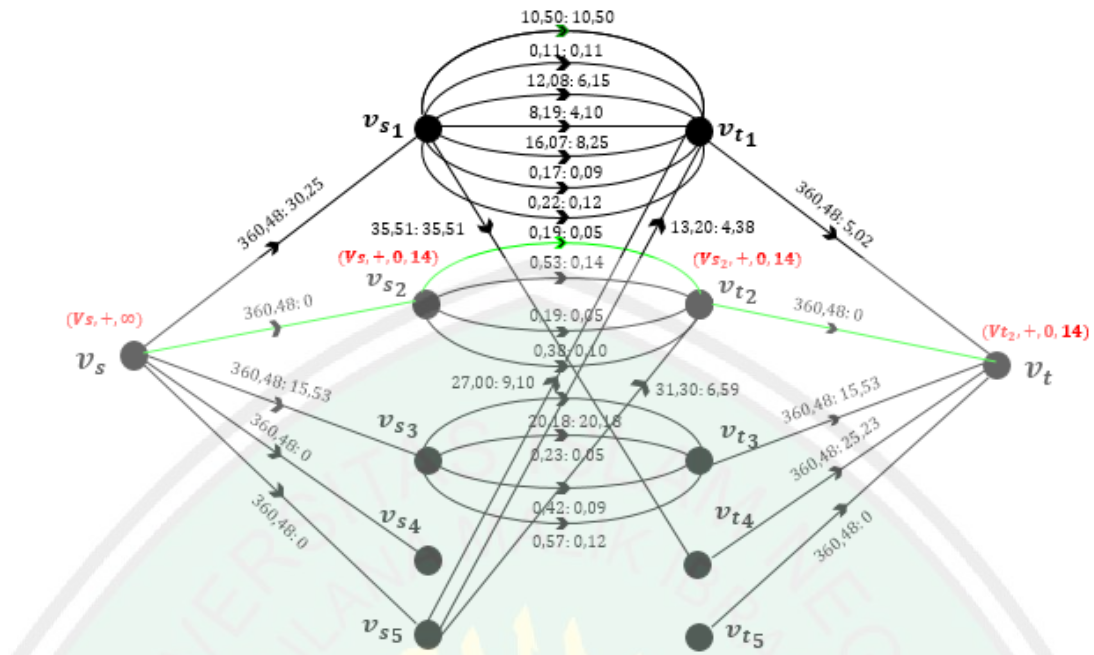
$T = \{v_s, v_{s_2}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_2}, +, 0, 14)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_2}, v_{t_2}\}$.



Gambar 4.16 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.16 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0, 14)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t4} berlabel $(v_{s2}, +, 0, 14)$ maka pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0, 14)$ maka pada lintasan (v_{t2}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t2} , titik v_{t2} dilabel dari v_{s2} , dan titik v_{s2} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s2}, v_{t2}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,14$.

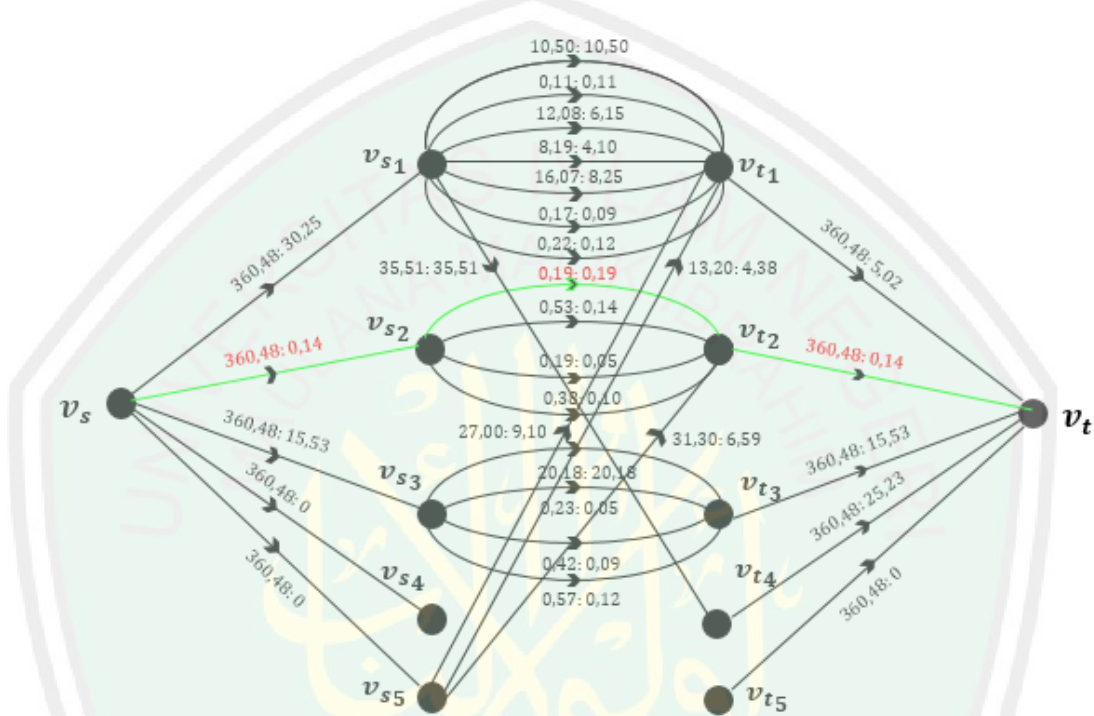
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0, 14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t2}, v_t) ditambah 0,14.

Titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0, 14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s2}, v_{t2}) ditambah 0,14.

Titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0, 14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s2}) ditambah 0,14.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_5 dengan nilai $= f_4 + i(P) = 46,18 + 0,14 = 46,32$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau muda dan jalur kereta Penataran-Dhoho ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

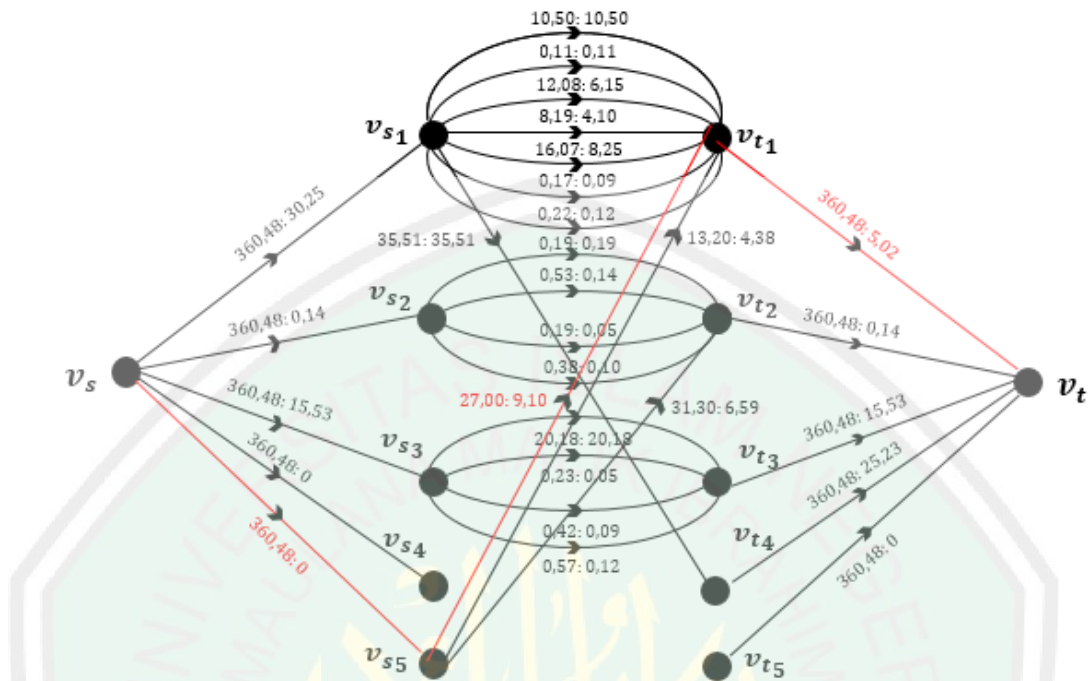


Gambar 4.17 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_5 = 46,32$

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran-Dhoho yang ditandai dengan warna hijau muda dan nilai *flow* ditambah 0,14. Maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 0,14 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 0,14, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) bernilai kapasitas 0,19 dengan nilai *flow* 0,19 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran-Dhoho 0,05 dengan 0,14, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 0,14 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 0,14.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: *Flow* f_5 dengan nilai 46,32.



Gambar 4.18 *Flow* f_5 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Matarmaja

Berdasarkan Gambar 4.18 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s5}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 0, pada lintasan (v_{s5}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 27,00 dengan nilai *flow* 9,10 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Matarmaja, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 0.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 17,50)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_5} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_5}, +, 17,50)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_5}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

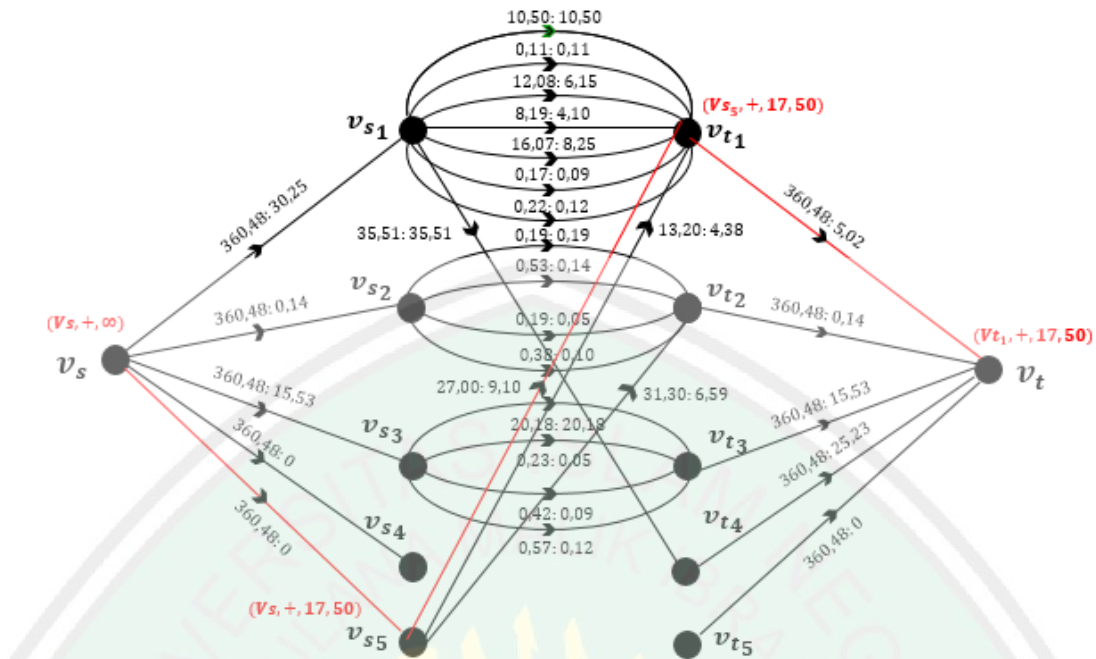
$T = \{v_s, v_{s_5}\}$

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 17,50)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_5}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.19 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Matarmaja

Berdasarkan Gambar 4.19 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s5} berlabel $(v_s, +, 17,50)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s5}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s5}, +, 17,50)$ maka pada lintasan (v_{s5}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 17,50)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s5} , dan titik v_{s5} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s5}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 17,50$.

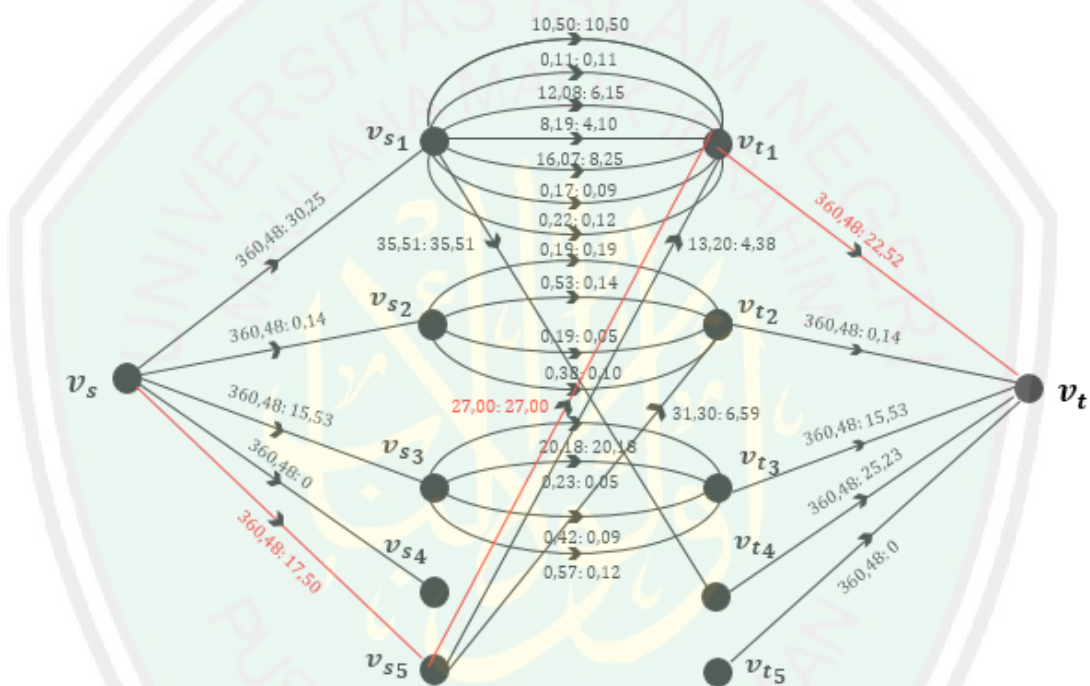
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 17,50)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 17,50.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s5}, +, 17,50)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s5}, v_{t1}) ditambah 17,50.

Titik v_{s_5} berlabel $(v_s, +, 17,50)$ maka nilai *flow* pada busur (v_s, v_{s_5}) ditambah 17,50.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_6 dengan nilai $= f_5 + i(P) = 46,32 + 17,50 = 64,22$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna merah dan jalur kereta Matarmaja ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

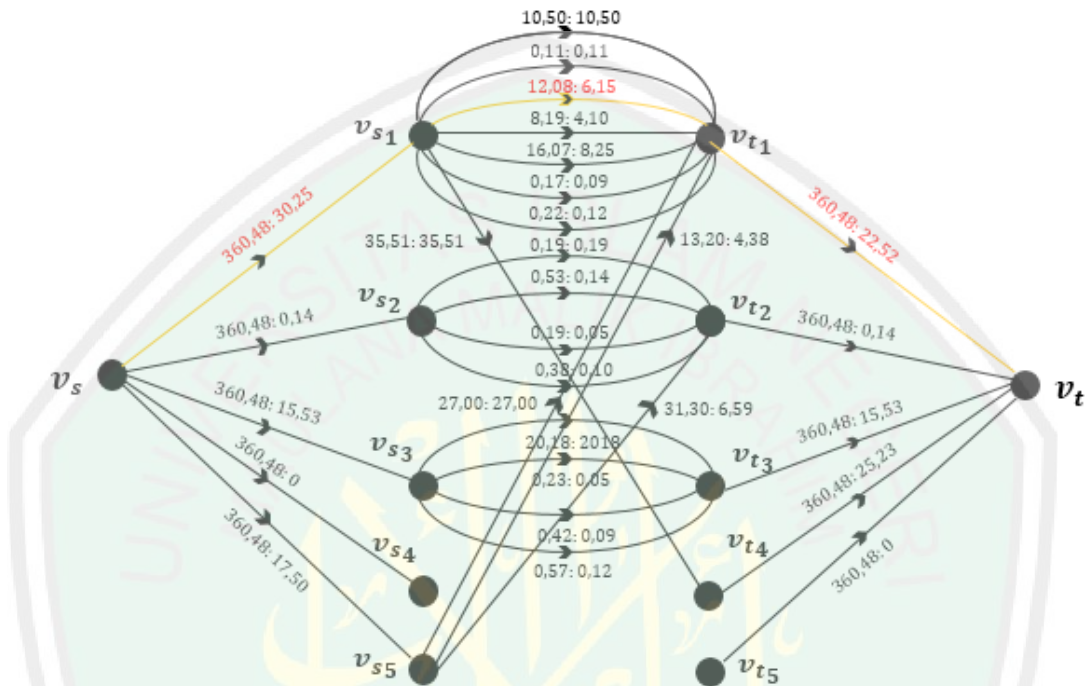


Gambar 4.20 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_6 = 64,22$

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Matarmaja yang ditandai dengan warna merah dan nilai *flow* ditambah 17,50. Maka pada lintasan (v_s, v_{s_5}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 17,50 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* awal dengan 17,50, pada lintasan (v_{s_5}, v_{t_1}) bernilai kapasitas 17,00 dengan nilai *flow* 27,00 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 5,02 dengan 17,50, dan pada lintasan (v_{t_1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 22,52 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 5,02 dengan 17,50.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: *Flow* f_6 dengan nilai 64,22.



Gambar 4.21 *Flow* f_6 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Bima

Berdasarkan Gambar 4.21 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 30,25, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 12,08 dengan nilai *flow* 6,15 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Bima, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 22,52.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 5,53)$.

Label titik $v_{s_2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 5,53)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

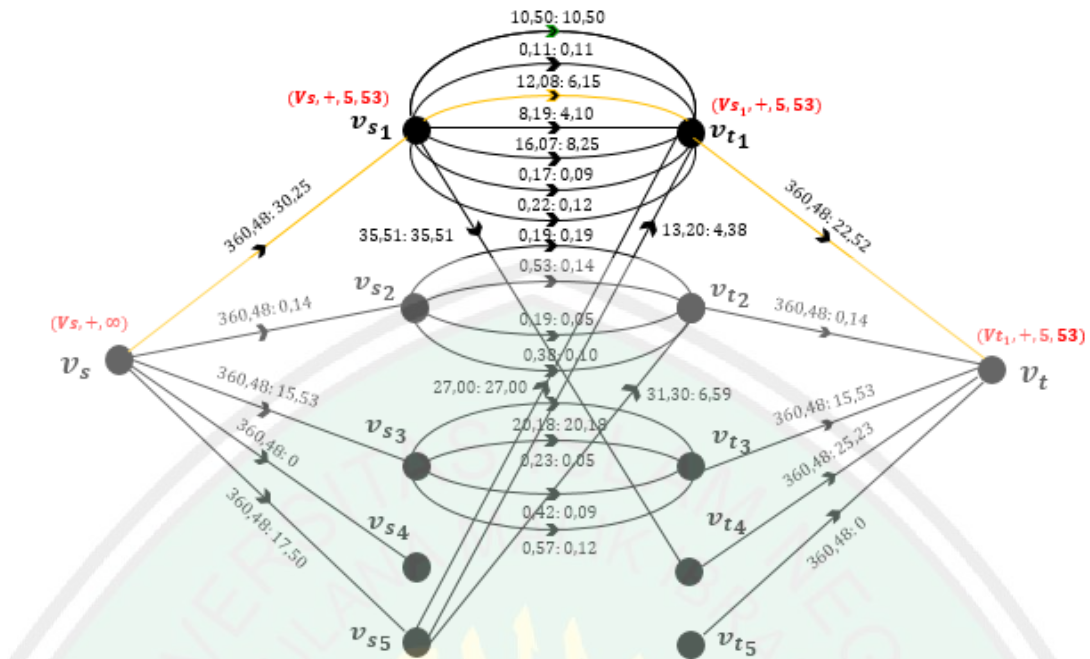
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 5,53)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.

Gambar 4.22 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Bima

Berdasarkan Gambar 4.22 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_{s1}, +, 5, 53)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{t1}, +, 5, 53)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_t, +, 5, 53)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 5,53$.

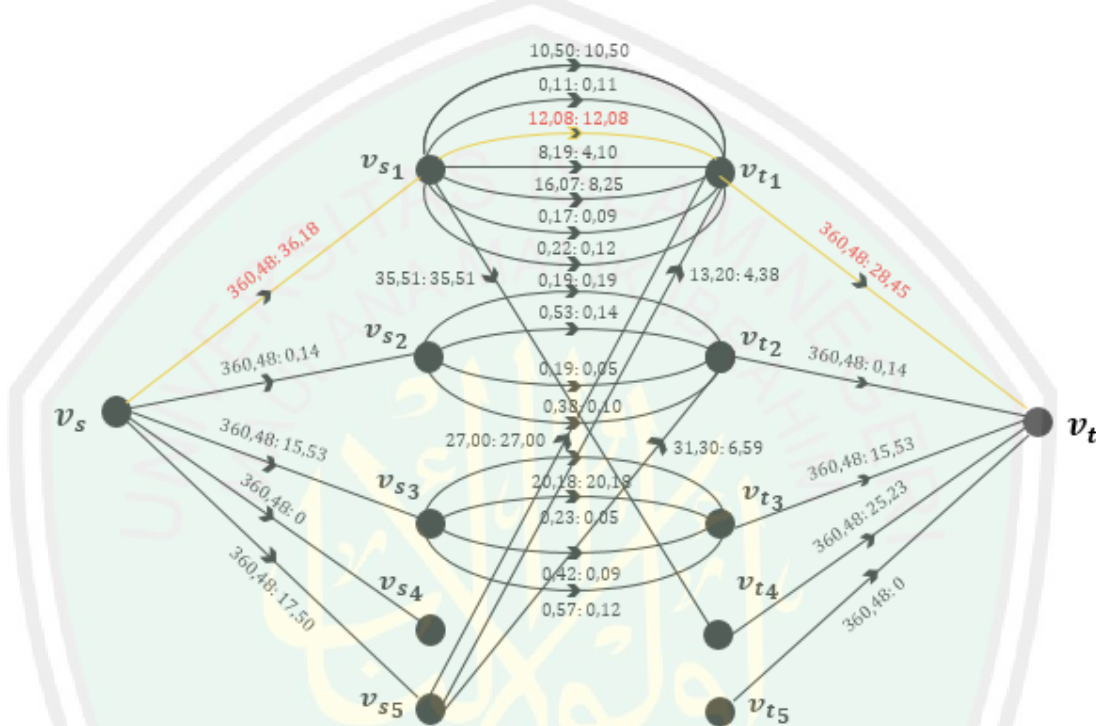
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 5, 53)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 5,53.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 5, 53)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 5,53.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 5, 53)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 5,53.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_7 dengan nilai $= f_6 + i(P) = 64,22 + 5,53 = 70,15$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna jingga tua dan jalur kereta Bima ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

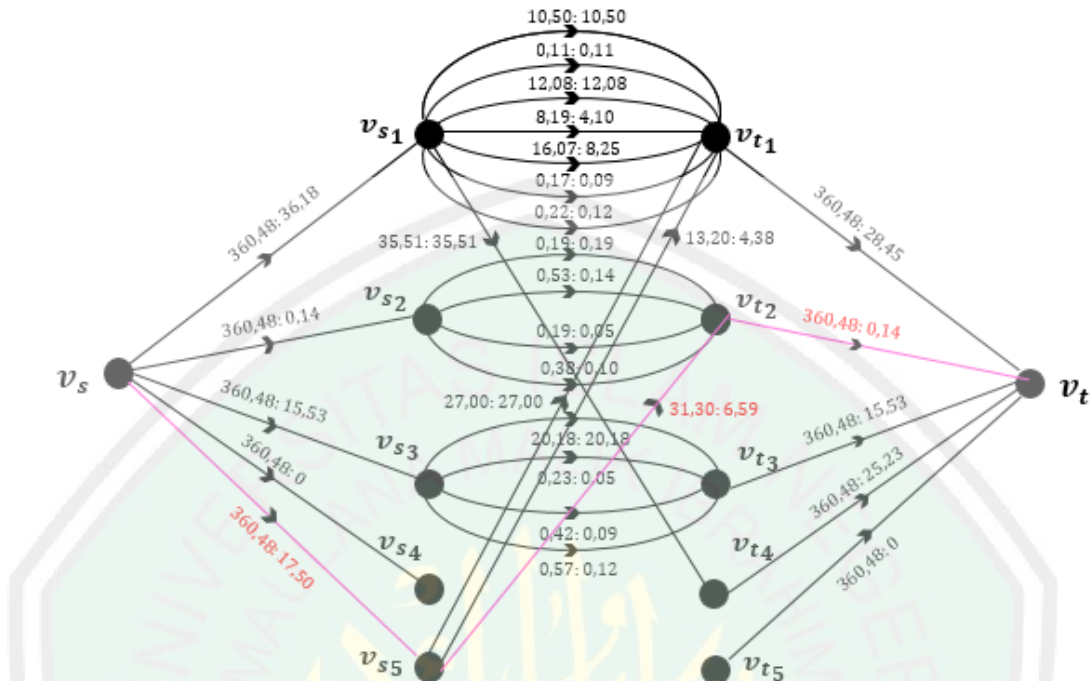


Gambar 4.23 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_7 = 70,15$

Berdasarkan Gambar 4.23 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Bima yang ditandai dengan warna jingga tua dan nilai *flow* ditambah 5,53. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 36,18 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 30,25 dengan 5,53, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 12,08 dengan nilai *flow* 12,08 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* 6,15 dengan 5,53, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 28,45 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 22,52 dengan 5,53.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_7 dengan nilai 70,15.



Gambar 4.24 Flow f_7 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malabar

Berdasarkan Gambar 4.24 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s5}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 17,50, pada lintasan (v_{s5}, v_{t2}) memiliki nilai kapasitas 31,30 dengan nilai flow 6,59 yang diperoleh dari nilai flow kereta Malabar, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 0,14.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 24, 31)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_5} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_5}, +, 24, 31)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_5}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

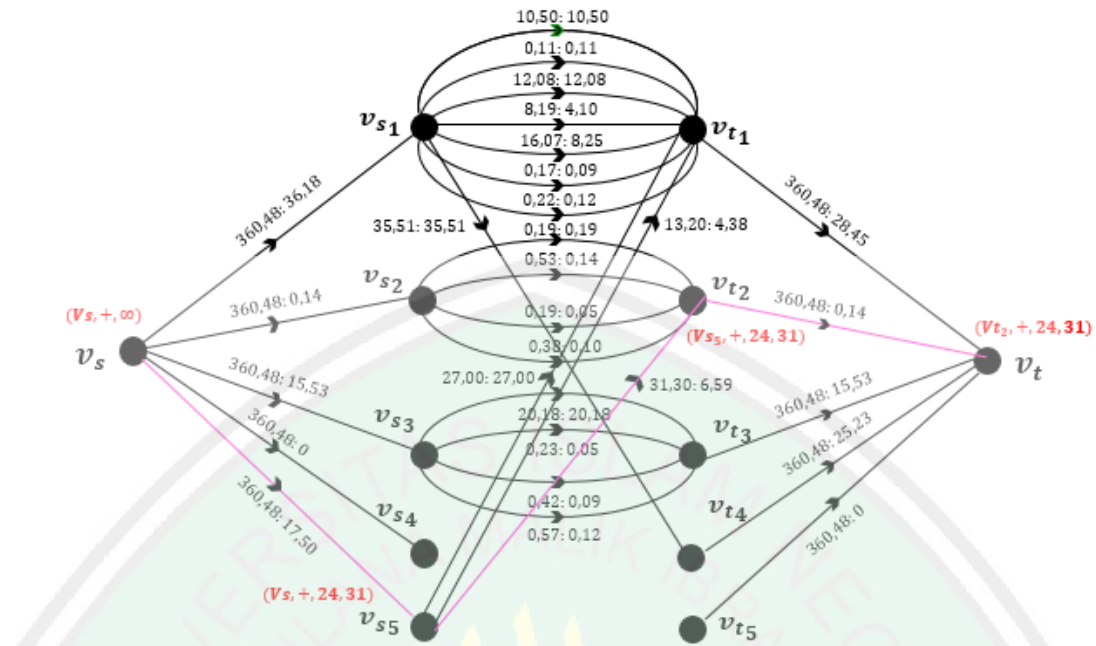
$T = \{v_s, v_{s_5}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_2}, +, 24, 31)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_5}, v_{t_2}\}$.



Gambar 4.25 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malabar

Berdasarkan Gambar 4.25 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s_5} berlabel $(v_s, +, 24, 31)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s_5}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t_2} berlabel $(v_{s_5}, +, 24, 31)$ maka pada lintasan (v_{s_5}, v_{t_2}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t_2}, +, 24, 31)$ maka pada lintasan (v_{t_2}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t_2} , titik v_{t_2} dilabel dari v_{s_5} , dan titik v_{s_5} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s_5}, v_{t_2}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 24, 31$.

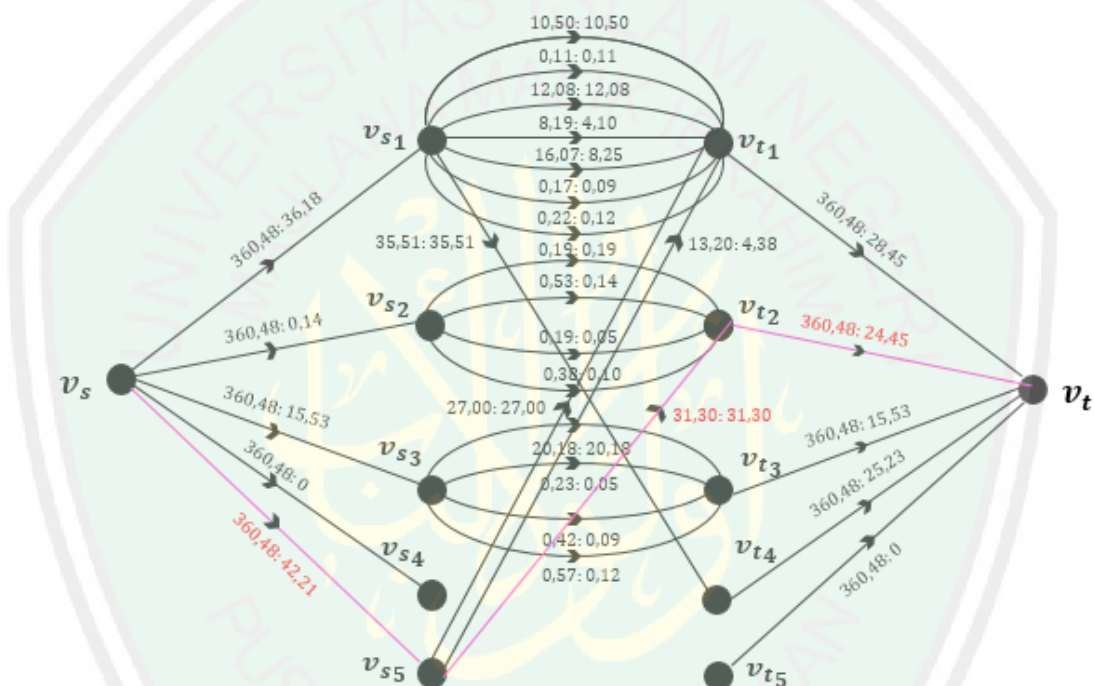
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t_2}, +, 24, 31)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t_2}, v_t) ditambah 24, 31.

Titik v_{t_2} berlabel $(v_{s_5}, +, 24, 31)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s_5}, v_{t_2}) ditambah 24, 31.

Titik v_{s_5} berlabel $(v_s, +, 24, 31)$ maka nilai *flow* pada busur (v_s, v_{s_5}) ditambah 24,31.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_8 dengan nilai $= f_7 + i(P) = 70,15 + 24,31 = 94,46$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna merah muda dan jalur kereta Malabar ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

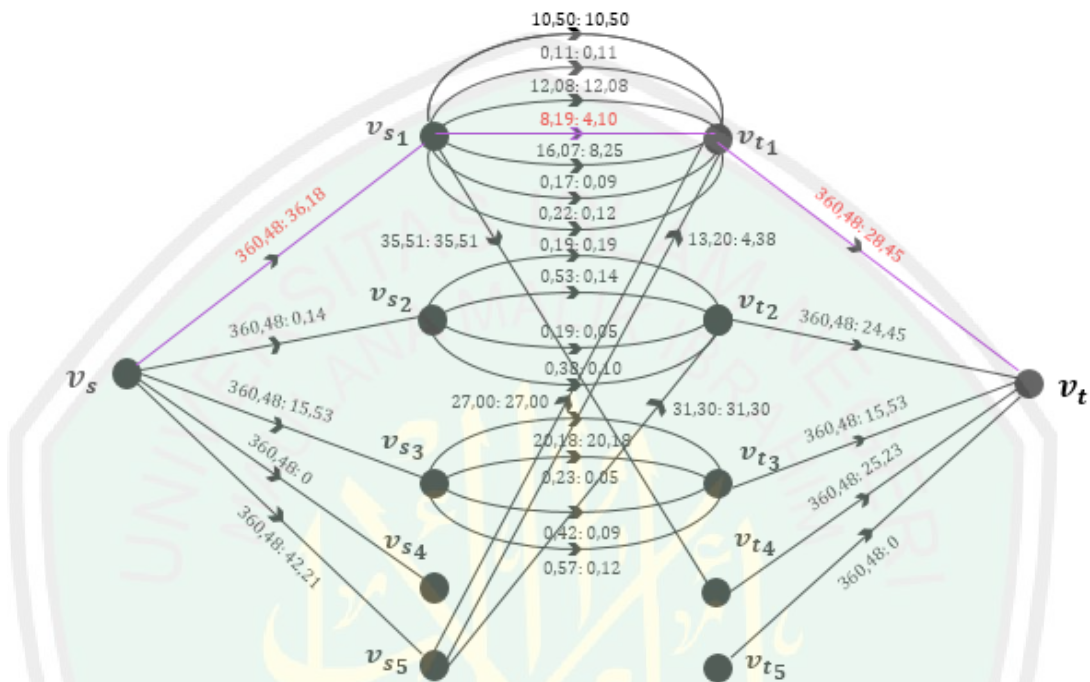


Gambar 4.26 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_8 = 94,46$

Berdasarkan Gambar 4.26 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Malabar yang ditandai dengan warna merah muda dan nilai *flow* ditambah 24,31. Maka pada lintasan (v_s, v_{s_5}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 42,21 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 17,50 dengan 24,31, pada lintasan (v_{s_5}, v_{t_2}) bernilai kapasitas 31,30 dengan nilai *flow* 31,30 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Malabar 6,59 dengan 24,31, dan pada lintasan (v_{t_2}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 24,45 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 0,14 dengan 24,31.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: *Flow* f_8 dengan nilai 94,46.



Gambar 4.27 *Flow* f_8 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Gajayana

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 36,18, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 8,19 dengan nilai *flow* 4,10 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Gajayana, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 28,45.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 4,09)$.

Label titik $v_{s_2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 4,09)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

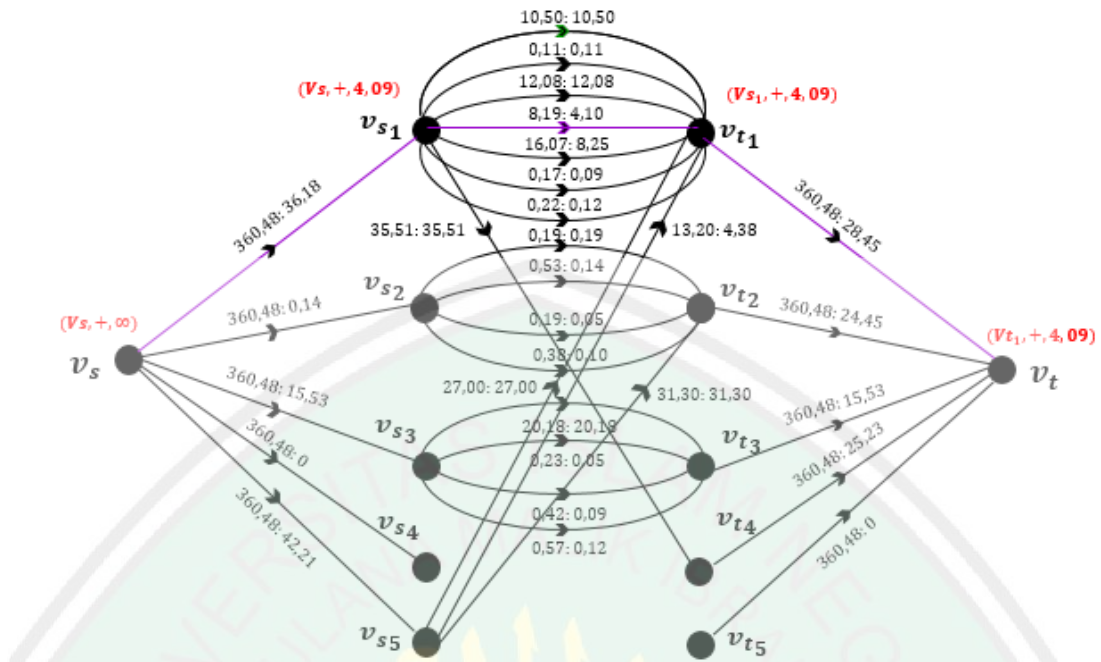
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 4,09)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.

Gambar 4.28 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Gajayana

Berdasarkan Gambar 4.28 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_{s1}, +, 4,09)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 4,09)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 4,09)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 4,09$.

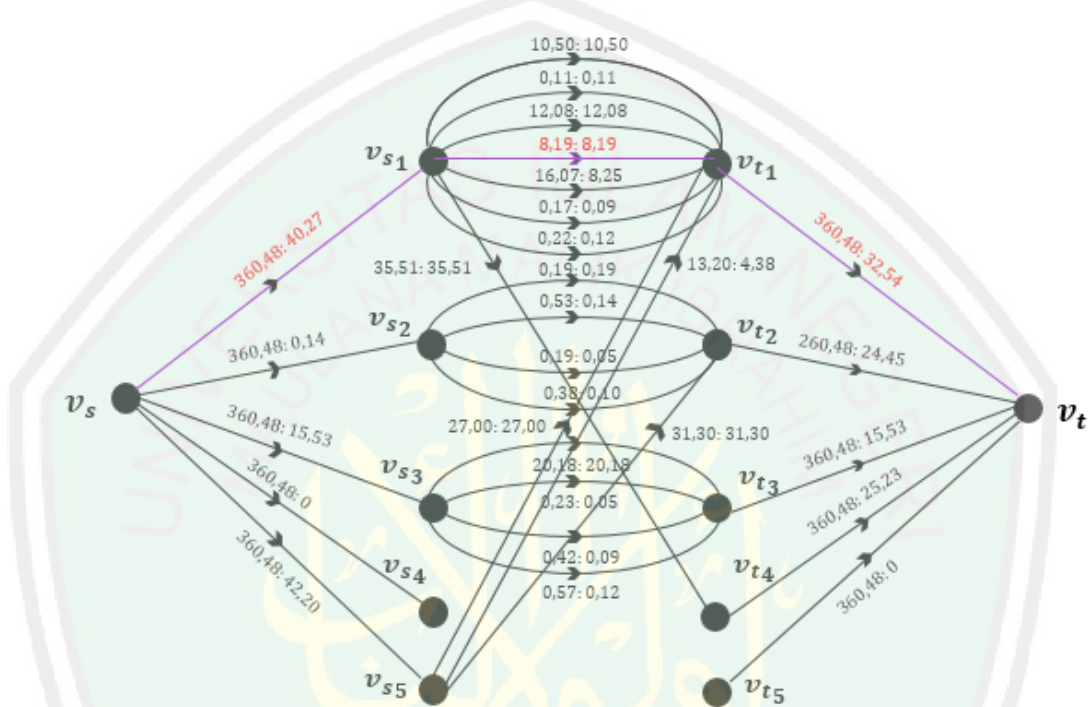
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 4,09)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 4,09.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 4,09)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 4,09.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 4,09)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 4,09.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_9 dengan nilai $= f_8 + i(P) = 94,46 + 4,09 = 98,55$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna ungu dan jalur kereta Gajayana ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

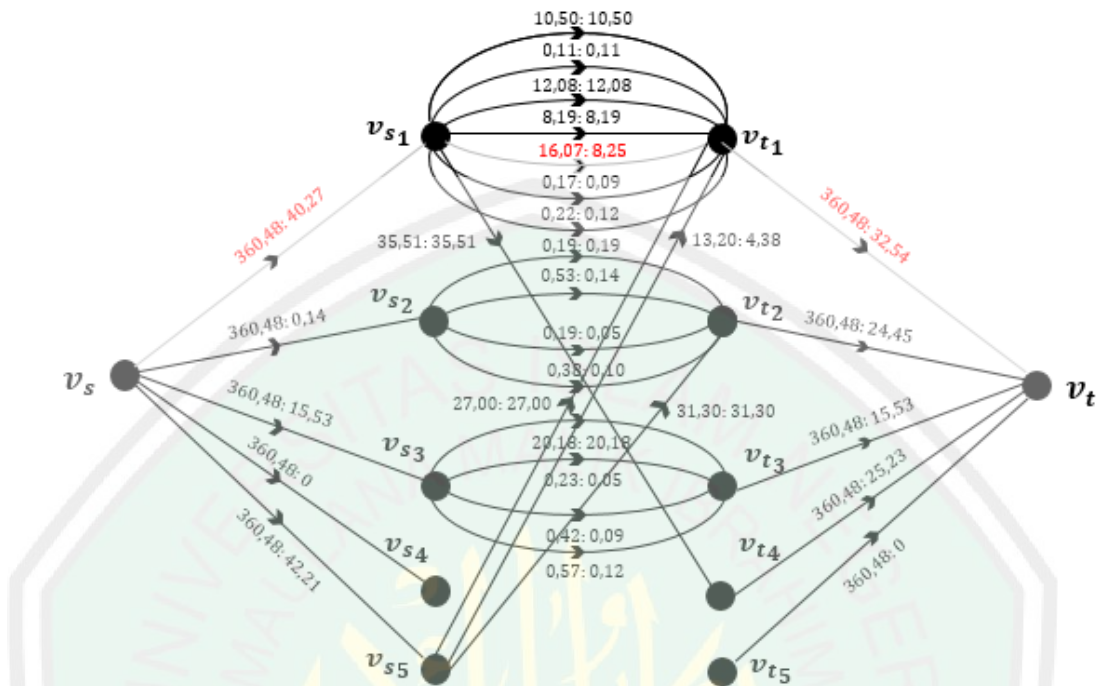


Gambar 4.29 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_9 = 98,55$

Berdasarkan Gambar 4.29 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Gajayana yang ditandai dengan warna ungu dan nilai *flow* ditambah 4,09. Maka pada lintasan (v_s, v_{s5}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 40,27 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 36,18 dengan 4,09, pada lintasan (v_{s5}, v_{t2}) bernilai kapasitas 8,19 dengan nilai *flow* 8,19 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Gajayana 4,10 dengan 4,09, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 32,54 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 28,49 dengan 4,09.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_9 dengan nilai 98,55.



Gambar 4.30 Flow f_9 pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Majapahit

Berdasarkan Gambar 4.30 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* awal 40,27 pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 16,07 dengan nilai *flow* 8,25 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Majapahit, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 32,54.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 7,42)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 7,42)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

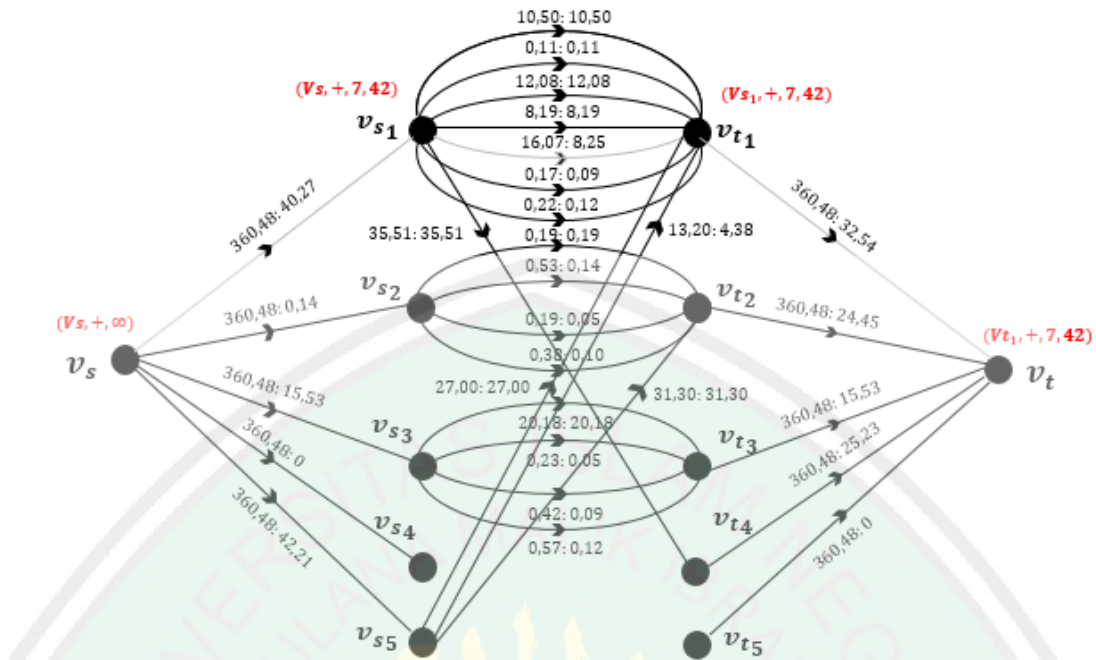
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 7,42)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.31 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Majapahit

Berdasarkan Gambar 4.31 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_{s1}, +, 7,42)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 7,42)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 7,42)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 7,42$.

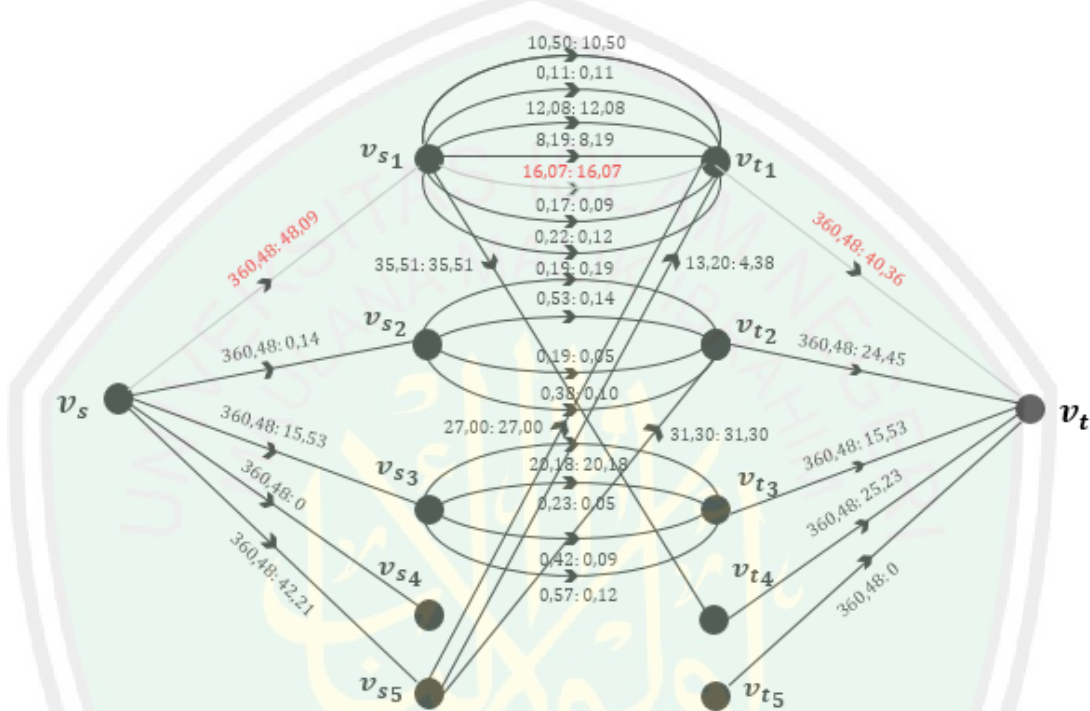
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 7,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 7,42.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 7,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 7,42.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 7,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 7,42.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{10} dengan nilai $= f_9 + i(P) = 98,41 + 7,42 = 106,37$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna abu-abu dan jalur kereta Majapahit ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

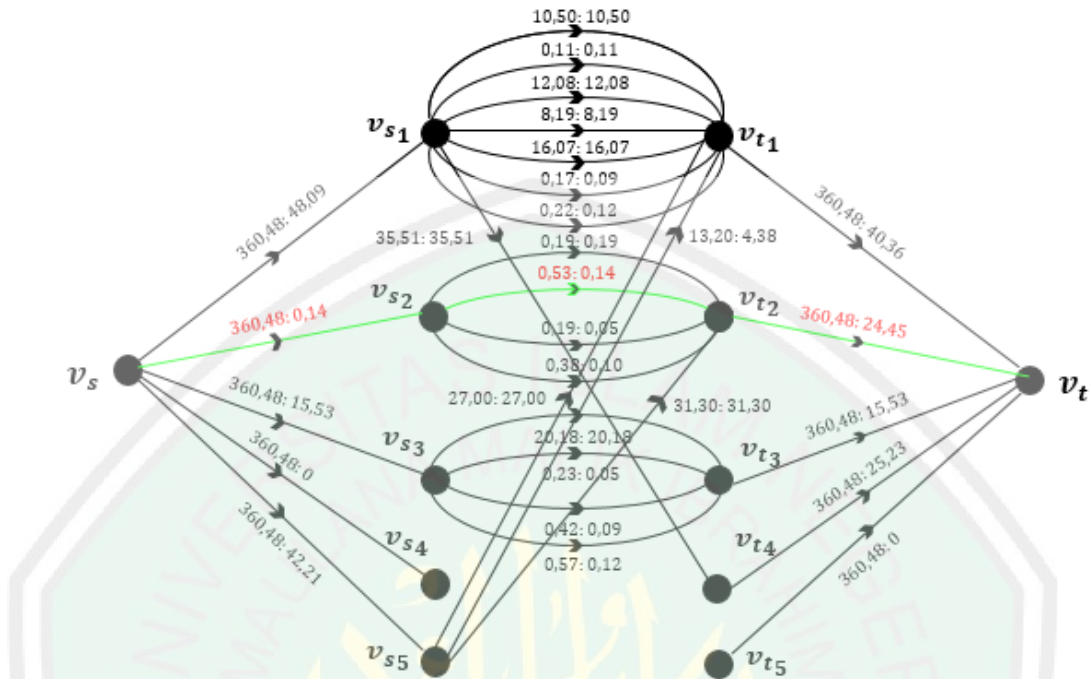


Gambar 4.32 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{10} = 106,37$

Berdasarkan Gambar 4.32 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Majapahit yang ditandai dengan warna abu-abu dan nilai *flow* ditambah 7,42. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 48,09 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 40,27 dengan 7,42, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 16,07 dengan nilai *flow* 16,07 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Majapahit 8,25 dengan 7,42, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 40,36 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 32,54 dengan 7,42.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_{10} dengan nilai 106,37.



Gambar 4.33 Flow f_{10} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.33 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s_2}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 0,14, pada lintasan (v_{s_2}, v_{t_2}) memiliki nilai kapasitas 0,53 dengan nilai flow 0,14 yang diperoleh dari nilai flow kereta Penataran-Dhoho, dan pada lintasan (v_{t_2}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 24,45.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s_1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_2} = (v_s, +, 0,39)$.

Label titik $v_{s_3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_2}, +, 0,39)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_2}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

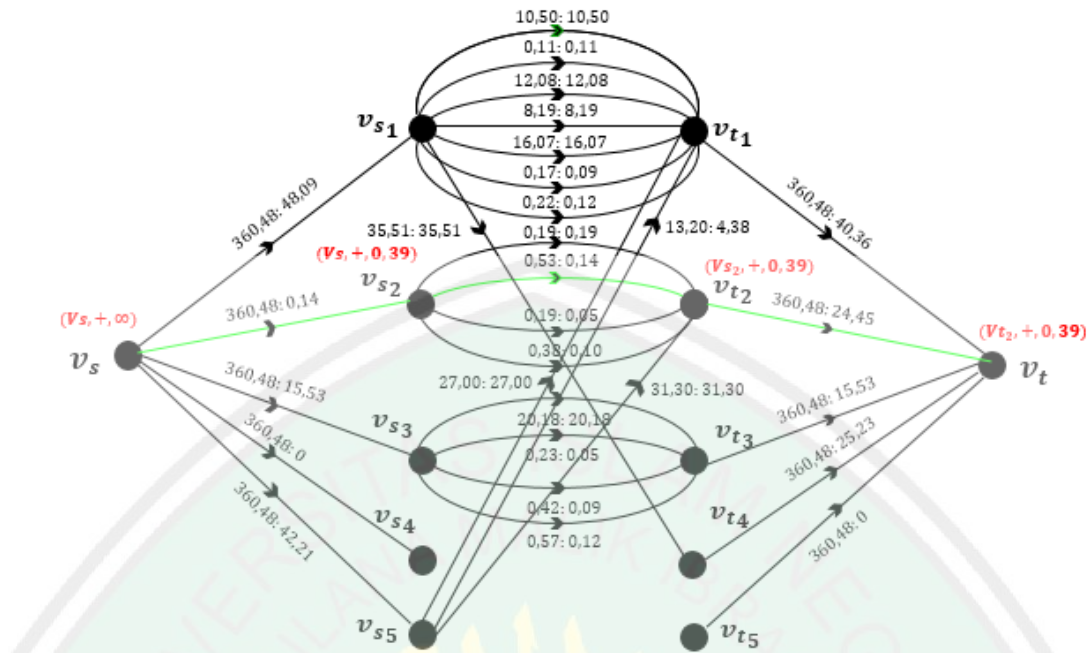
$T = \{v_s, v_{s_2}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_2}, +, 0,39)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_2}, v_{t_2}\}$.



Gambar 4.34 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.34 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0,39)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,39)$ maka pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,39)$ maka pada lintasan (v_{t2}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t2} , titik v_{t2} dilabel dari v_{s2} , dan titik v_{s2} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s2}, v_{t2}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,39$.

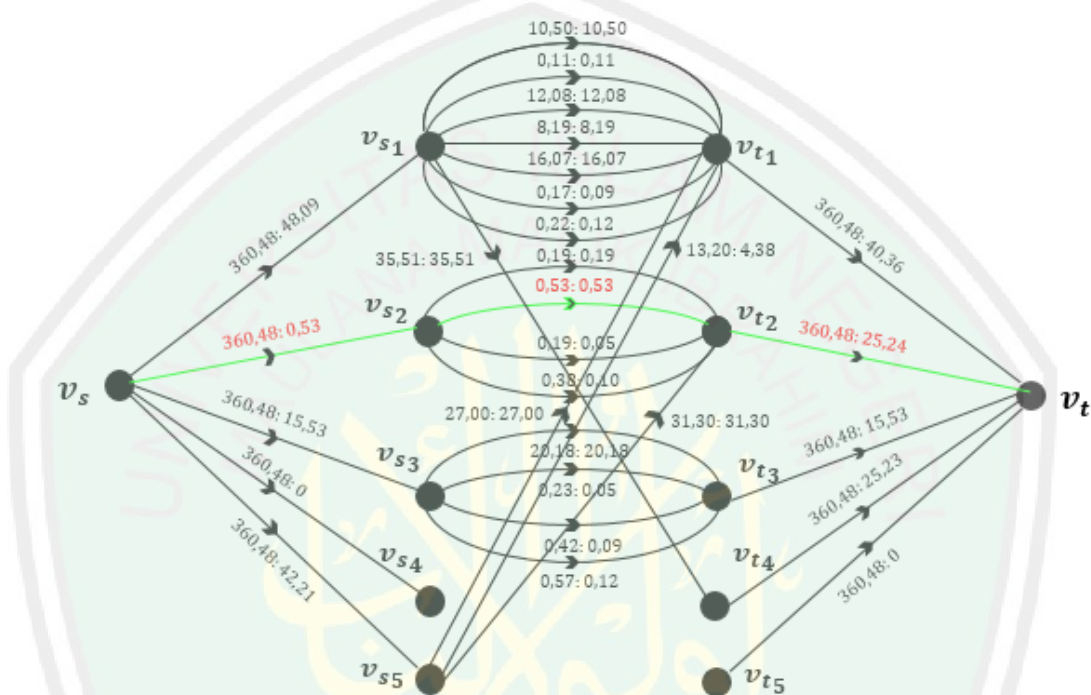
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,39)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t2}, v_t) ditambah 0,39.

Titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,39)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s2}, v_{t2}) ditambah 0,39.

Titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0,39)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s2}) ditambah 0,39.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{11} dengan nilai $= f_{10} + i(P) = 106,23 + 0,39 = 107,16$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau muda dan jalur kereta Penataran-Dhoho ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

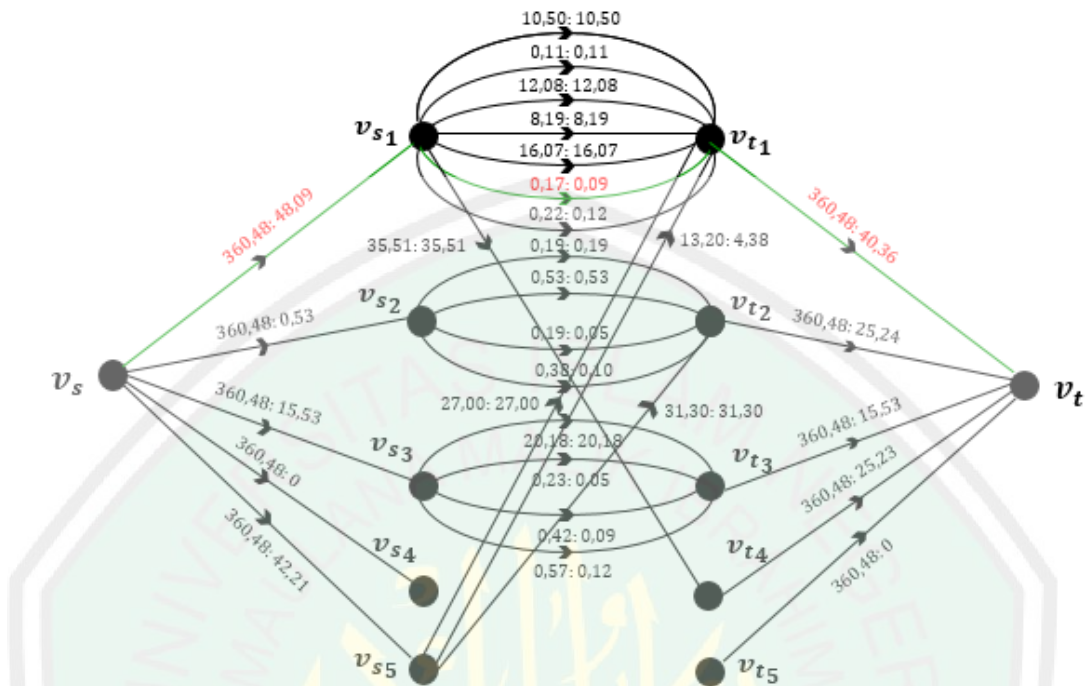


Gambar 4.35 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{11} = 107,16$

Berdasarkan Gambar 4.35 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran-Dhoho yang ditandai dengan warna hijau muda dan nilai *flow* ditambah 0,39. Maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 0,53 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 0,14 dengan 0,39, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) bernilai kapasitas 0,53 dengan nilai *flow* 0,53 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran-Dhoho 0,14 dengan 0,39, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 25,24 diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 24,45 dengan 0,39.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_{11}$ dengan nilai 107,16.



Gambar 4.36 $Flow f_{11}$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.36 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 48,09, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 0,17 dengan nilai $flow$ 0,09 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Penataran, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 40,36.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0,08)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_1}, +, 0,08)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_1}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_1}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

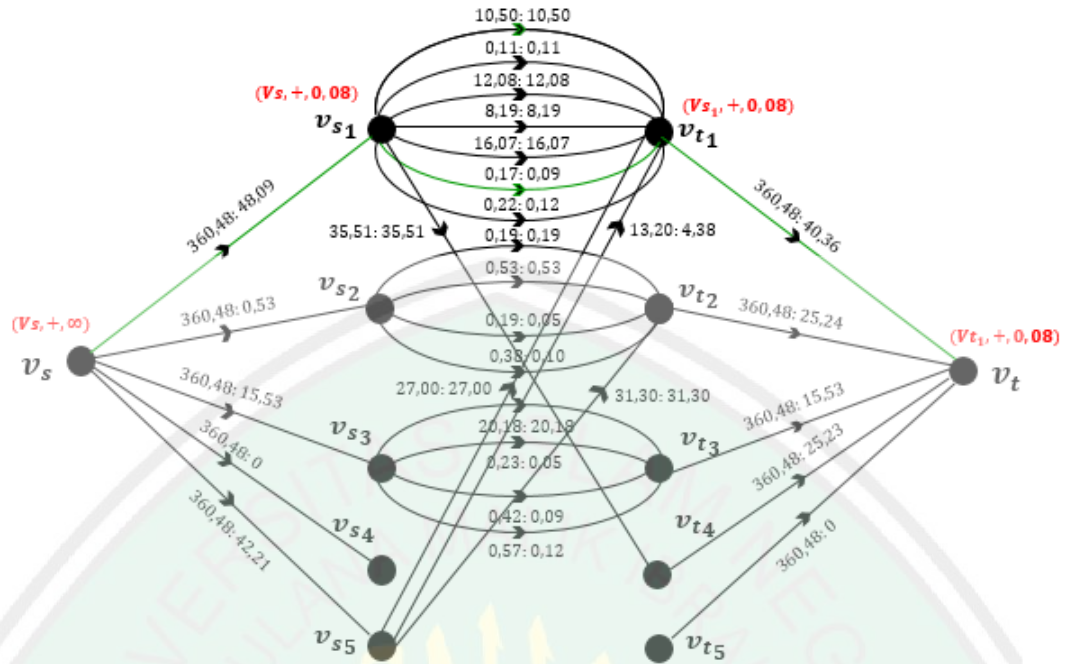
$T = \{v_s, v_{s_1}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 0,08)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_1}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.37 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.37 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_{s1}, +, 0,08)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{t1}, +, 0,08)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_t, +, 0,08)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,08$.

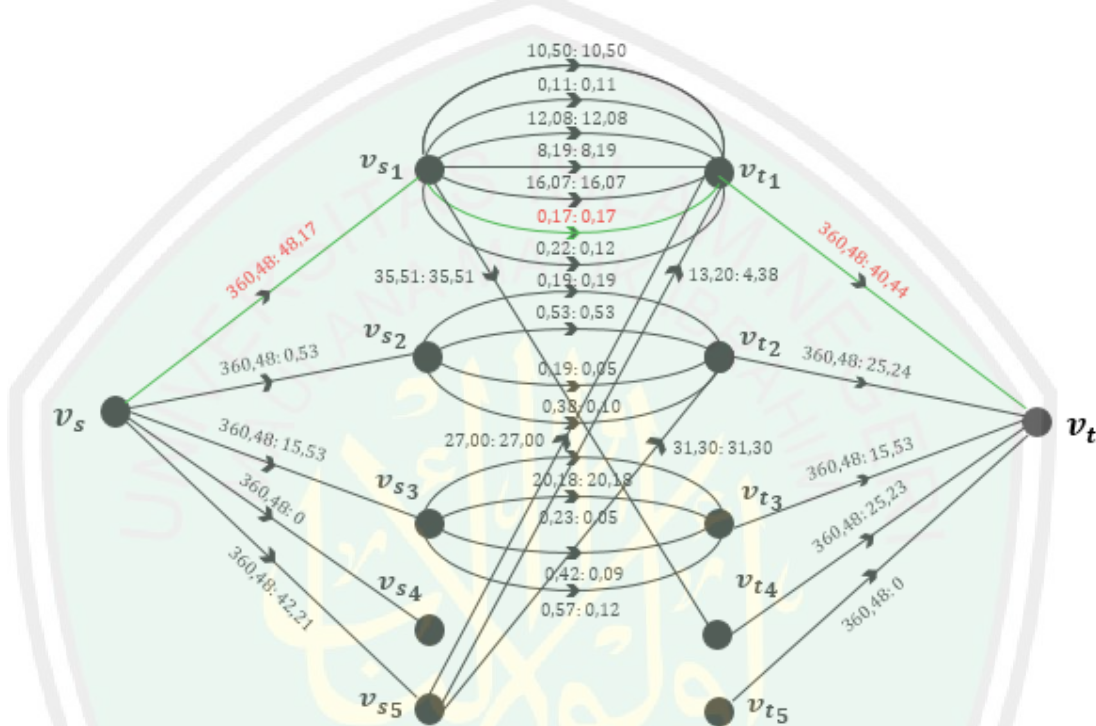
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_t, +, 0,08)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 0,08.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 0,08)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 0,08.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0,08)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 0,08.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{12} dengan nilai $= f_{11} + i(P) = 107,16 + 0,08 = 107,24$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

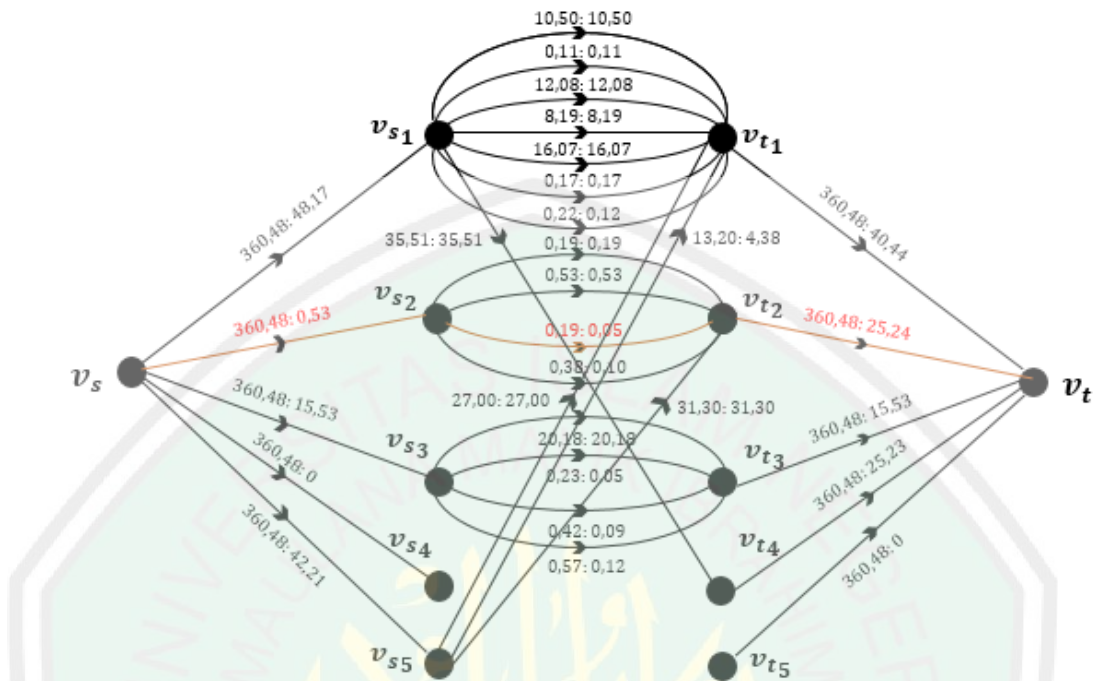


Gambar 4.38 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{12} = 107,24$

Berdasarkan Gambar 4.38 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 0,08. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 48,17 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 48,09 dengan 0,08, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 0,17 dengan nilai *flow* 0,17 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,09 dengan 0,08, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 40,44 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 40,36 dengan 0,08.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_{12} dengan nilai 107,24.



Gambar 4.39 Flow f_{12} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun

Berdasarkan Gambar 4.39 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s2}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 0,53, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) memiliki nilai kapasitas 0,19 dengan nilai flow 0,05 yang diperoleh dari nilai flow kereta Tawang Alun, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 25,24.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0,14)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_2}, +, 0, 14)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_2}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

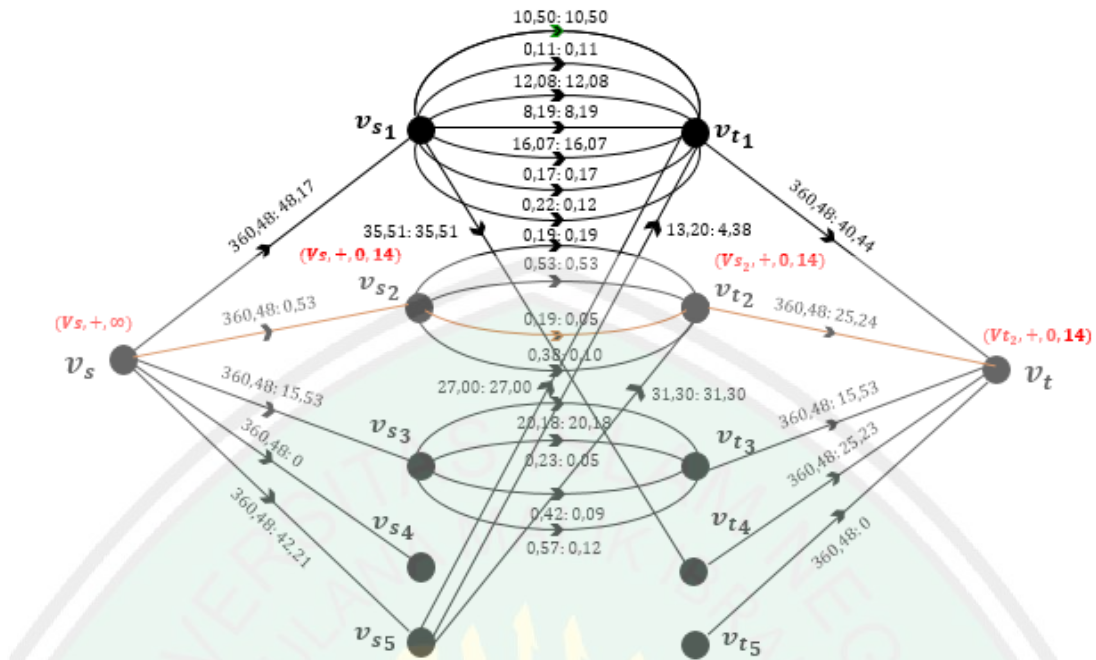
$T = \{v_s, v_{s_2}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_2}, +, 0, 14)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_2}, v_{t_2}\}$.



Gambar 4.40 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun

Berdasarkan Gambar 4.40 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0,14)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,14)$ maka pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,14)$ maka pada lintasan (v_{t2}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t2} , titik v_{t2} dilabel dari v_{s2} , dan titik v_{s2} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s2}, v_{t2}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,14$.

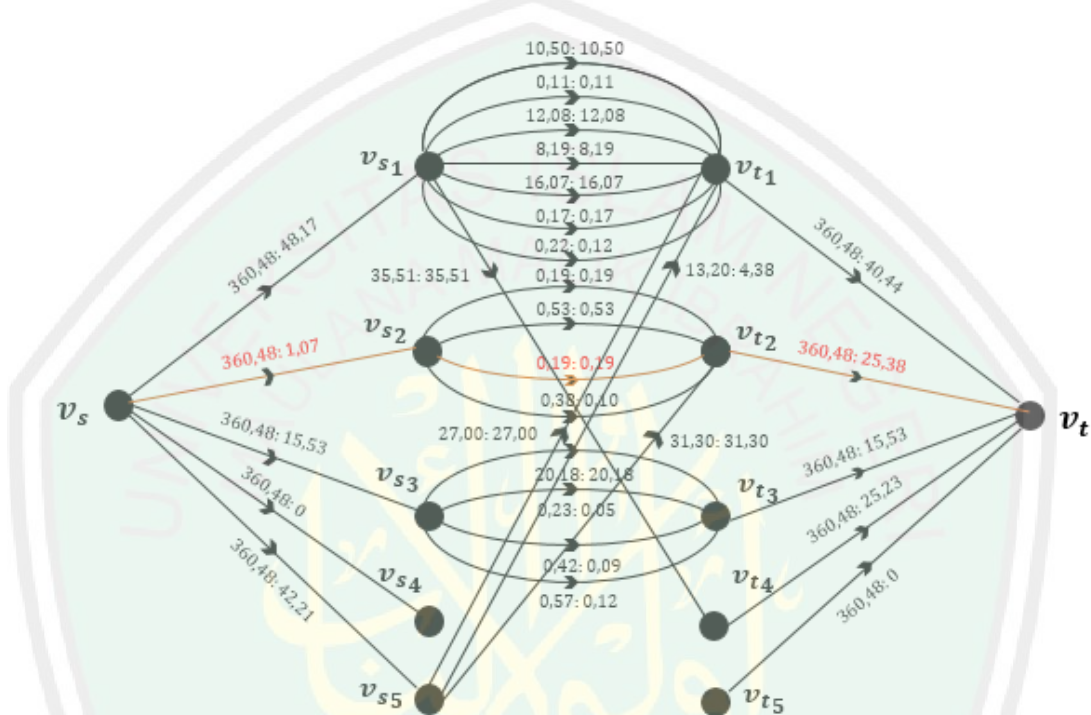
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t2}, v_t) ditambah 0,14.

Titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s2}, v_{t2}) ditambah 0,14.

Titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0,14)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s2}) ditambah 0,14.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{13} dengan nilai $= f_{12} + i(P) = 107,24 + 0,14 = 107,38$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna coklat dan jalur kereta Tawang Alun ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

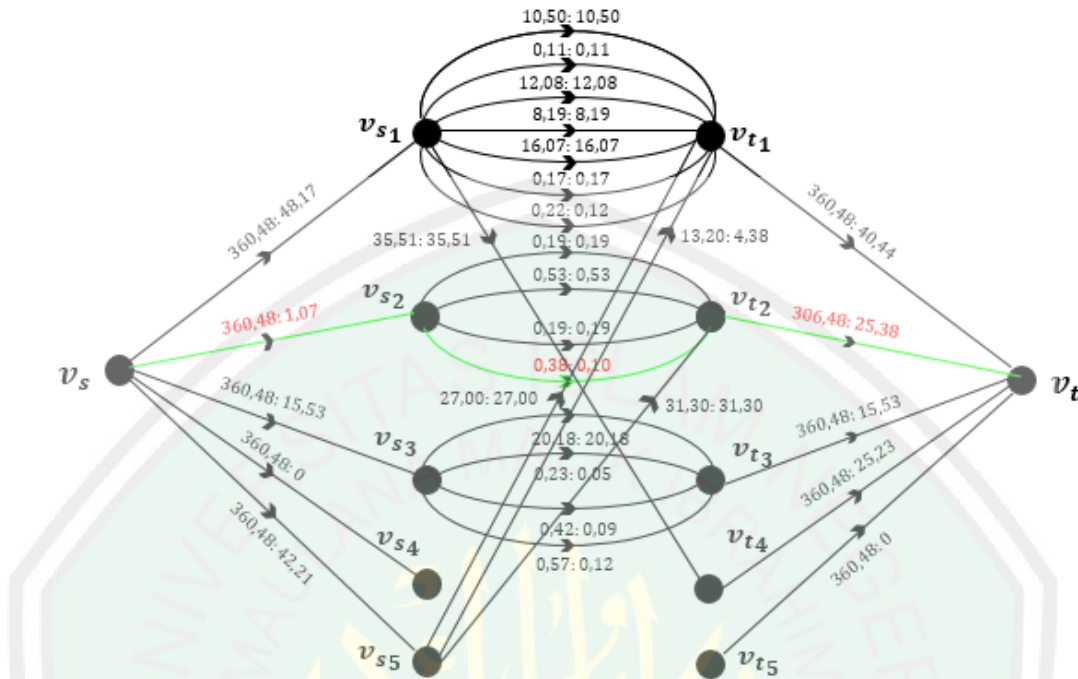


Gambar 4.41 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{13} = 107,24$

Berdasarkan Gambar 4.41 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Tawang Alun yang ditandai dengan warna coklat dan nilai *flow* ditambah 0,14. Maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 1,07 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 0,53 dengan 0,14, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 0,19 dengan nilai *flow* 0,19 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Tawang Alun 0,05 dengan 0,14, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 25,38 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 25,24 dengan 0,14.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_{13}$ dengan nilai 107,24.



Gambar 4.42 $Flow f_{13}$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.42 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s2}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 1,07, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) memiliki nilai kapasitas 0,38 dengan nilai $flow$ 0,10 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Penataran-Dhoho, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 25,38.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0,28)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_2}, +, 0, 28)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_2}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_2}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

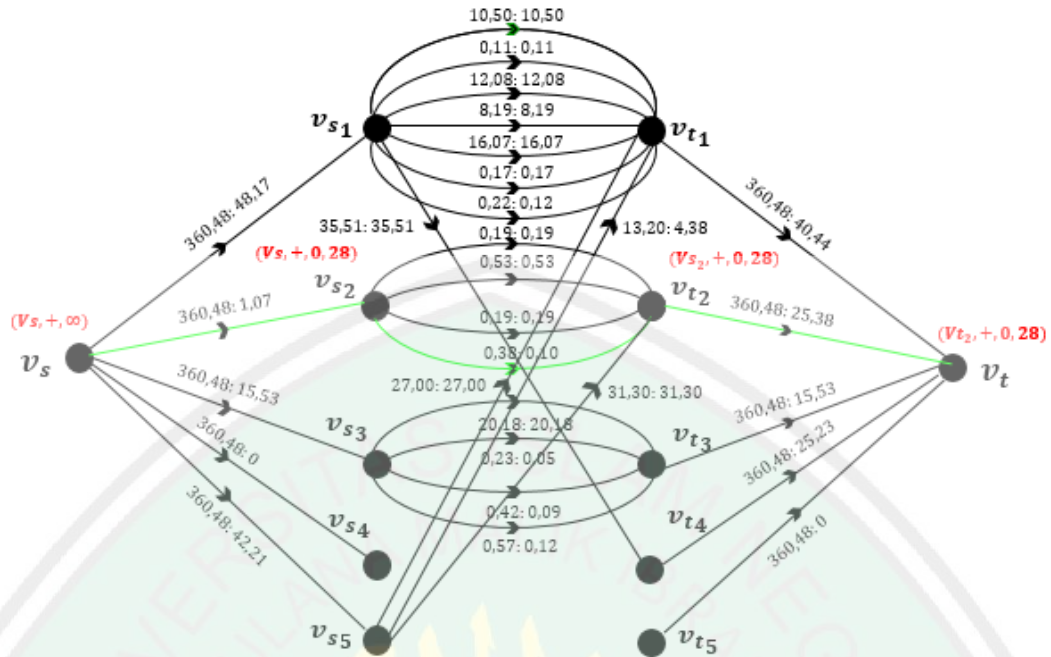
$T = \{v_s, v_{s_2}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_2} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_2}, +, 0, 28)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_2}, v_{t_2}\}$.



Gambar 4.43 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran-Dhoho

Berdasarkan Gambar 4.43 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,28)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,28)$ maka pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,28)$ maka pada lintasan (v_{t2}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t2} , titik v_{t2} dilabel dari titik v_{s2} , dan titik v_{s2} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s2}, v_{t2}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,28$.

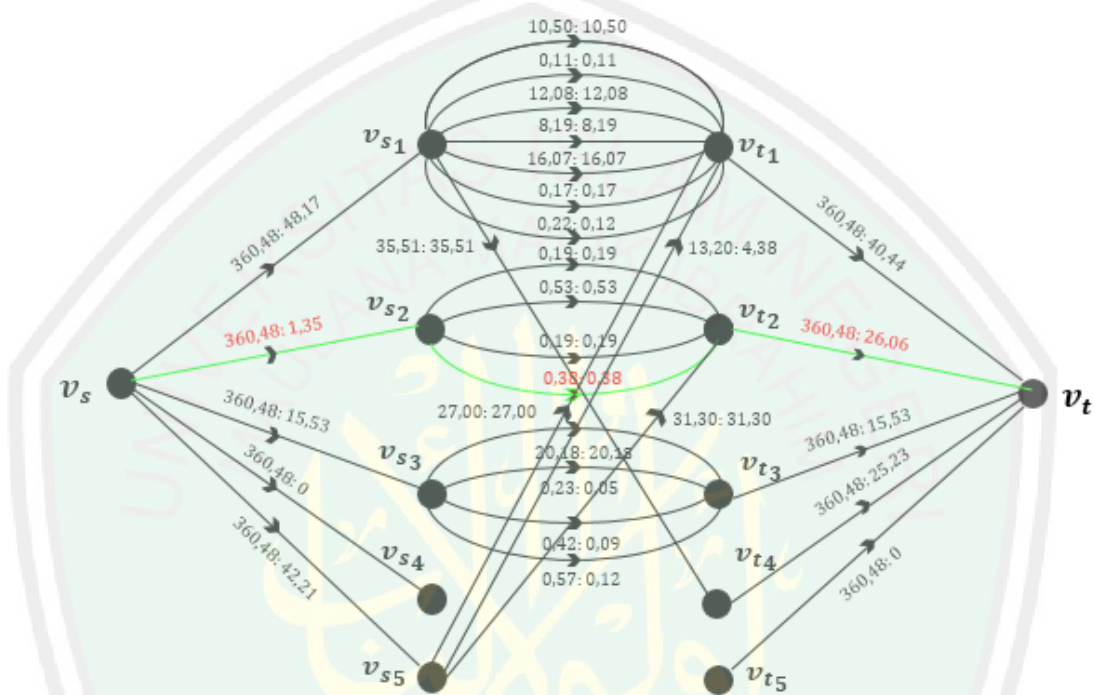
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t2}, +, 0,28)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t2}, v_t) ditambah 0,28.

Titik v_{t2} berlabel $(v_{s2}, +, 0,28)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s2}, v_{t2}) ditambah 0,28.

Titik v_{s2} berlabel $(v_s, +, 0,28)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s2}) ditambah 0,28.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{14} dengan nilai $= f_{13} + i(P) = 107,38 + 0,28 = 108,06$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau muda dan jalur kereta Penataran-Dhoho ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

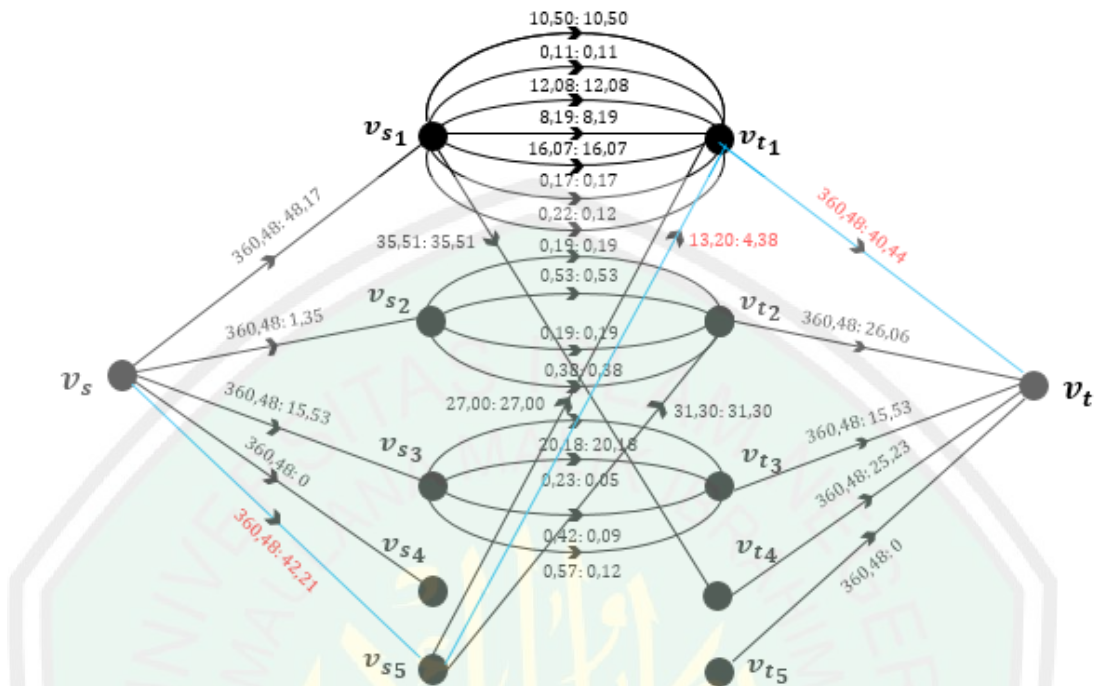


Gambar 4.44 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{14} = 108,06$

Berdasarkan Gambar 4.44 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran-Dhoho yang ditandai dengan warna hijau muda dan nilai *flow* ditambah 0,28. Maka pada lintasan (v_s, v_{s2}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 1,35 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 1,07 dengan 0,28, pada lintasan (v_{s2}, v_{t2}) bernilai kapasitas 0,38 dengan nilai *flow* 0,38 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran-Dhoho 0,10 dengan 0,28, dan pada lintasan (v_{t2}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 26,06 diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 25,38 dengan 0,28.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_{14}$ dengan nilai 108,06.



Gambar 4.45 $Flow f_{14}$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro II

Berdasarkan Gambar 4.45 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s5}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 42,21, pada lintasan (v_{s5}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 13,20 dengan nilai $flow$ 4,38 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Malioboro II, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 40,44.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 8,42)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_5} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_5}, +, 8,42)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_5}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_5}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

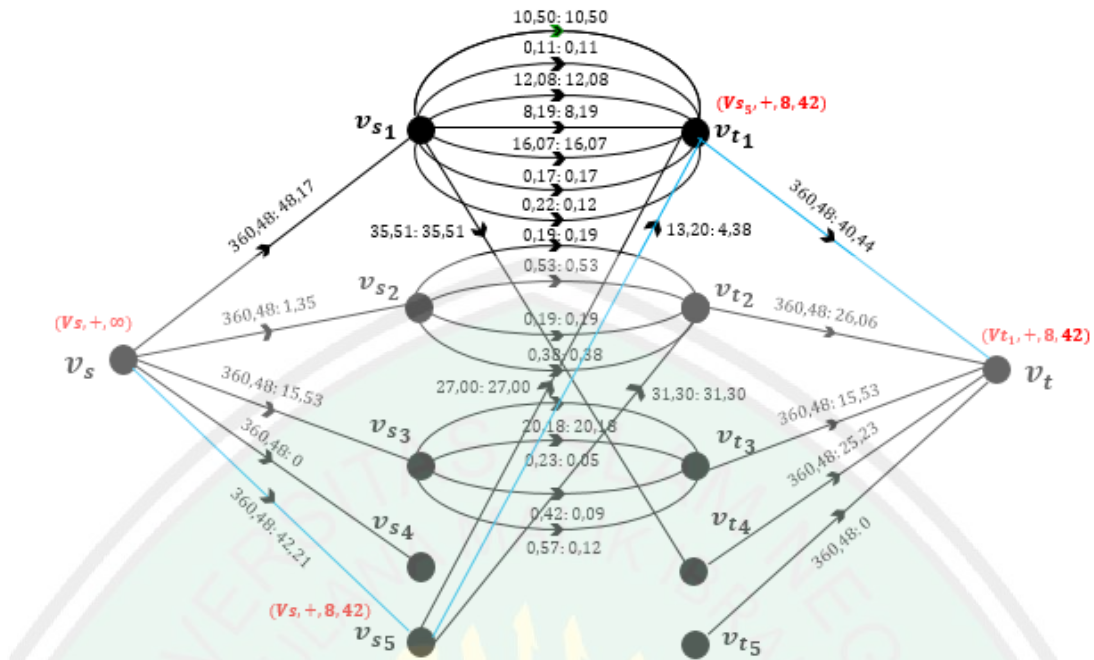
$T = \{v_s, v_{s_5}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_1} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_1}, +, 8,42)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_5}, v_{t_1}\}$.



Gambar 4.46 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Malioboro II

Berdasarkan Gambar 4.46 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s5} berlabel $(v_s, +, 8,42)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s5}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s5}, +, 8,42)$ maka pada lintasan (v_{s5}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 8,42)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s5} , dan titik v_{s5} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s5}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 8,42$.

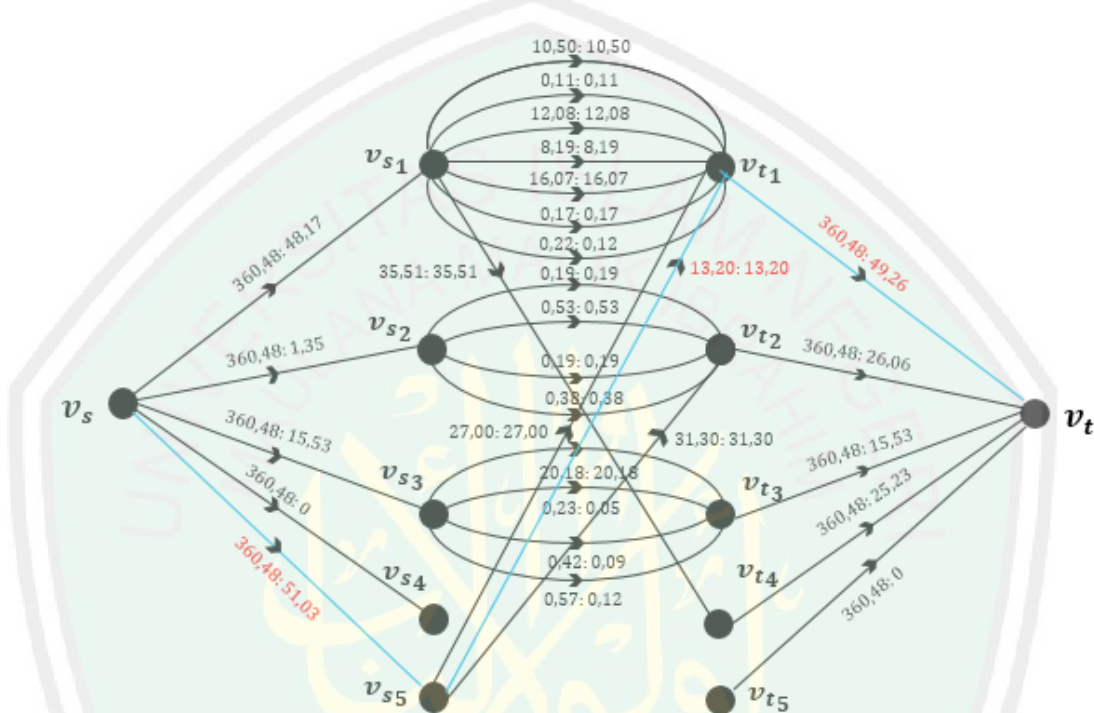
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 8,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 8,42.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s5}, +, 8,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s5}, v_{t1}) ditambah 8,42.

Titik v_{s5} berlabel $(v_s, +, 8,42)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s5}) ditambah 8,42.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{15} dengan nilai $= f_{14} + i(P) = 10,06 + 8,42 = 116,48$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna biru muda dan jalur kereta Malioboro II ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

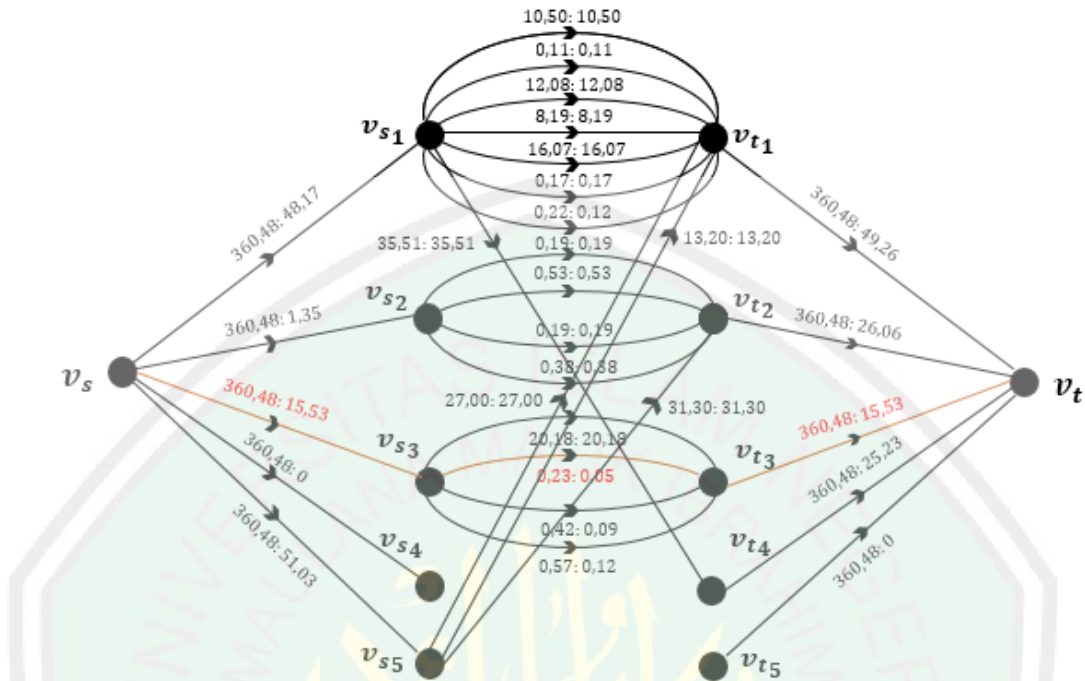


Gambar 4.47 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{15} = 116,48$

Berdasarkan Gambar 4.47 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Malioboro II yang ditandai dengan warna biru muda dan nilai *flow* ditambah 8,42. Maka pada lintasan (v_s, v_{s5}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 51,03 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 42,21 dengan 8,42, pada lintasan (v_{s5}, v_{t1}) bernilai kapasitas 13,20 dengan nilai *flow* 13,20 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Malioboro II 4,38 dengan 8,42, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 49,26 diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 40,44 dengan 8,42.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_{15}$ dengan nilai 116,48.



Gambar 4.48 $Flow f_{15}$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun

Berdasarkan Gambar 4.48 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s3}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 15,53, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) memiliki nilai kapasitas 0,23 dengan nilai $flow$ 0,05 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Tawang Alun, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 15,53.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0,18)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_3}, +, 0, 18)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_3}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

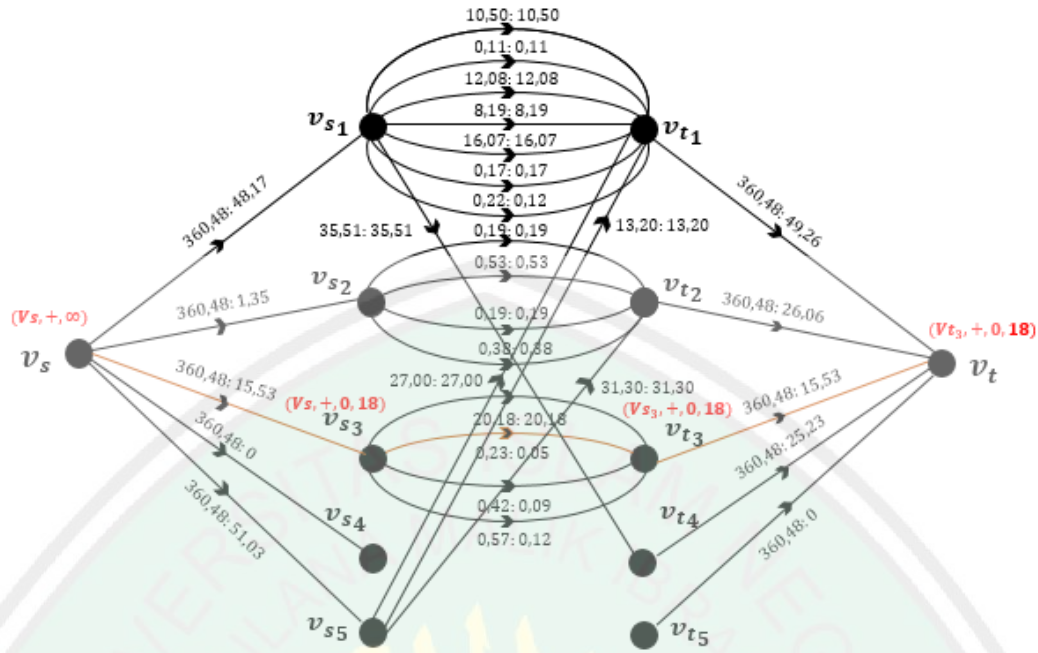
$T = \{v_s, v_{s_3}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_3}, +, 0, 18)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_3}, v_{t_3}\}$.



Gambar 4.49 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Tawang Alun

Berdasarkan Gambar 4.49 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s3} berlabel $(v_s, +, 0, 18)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 0, 18)$ maka pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 0, 18)$ maka pada lintasan (v_{t3}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t3} , titik v_{t3} dilabel dari v_{s3} , dan titik v_{s3} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s3}, v_{t3}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,18$.

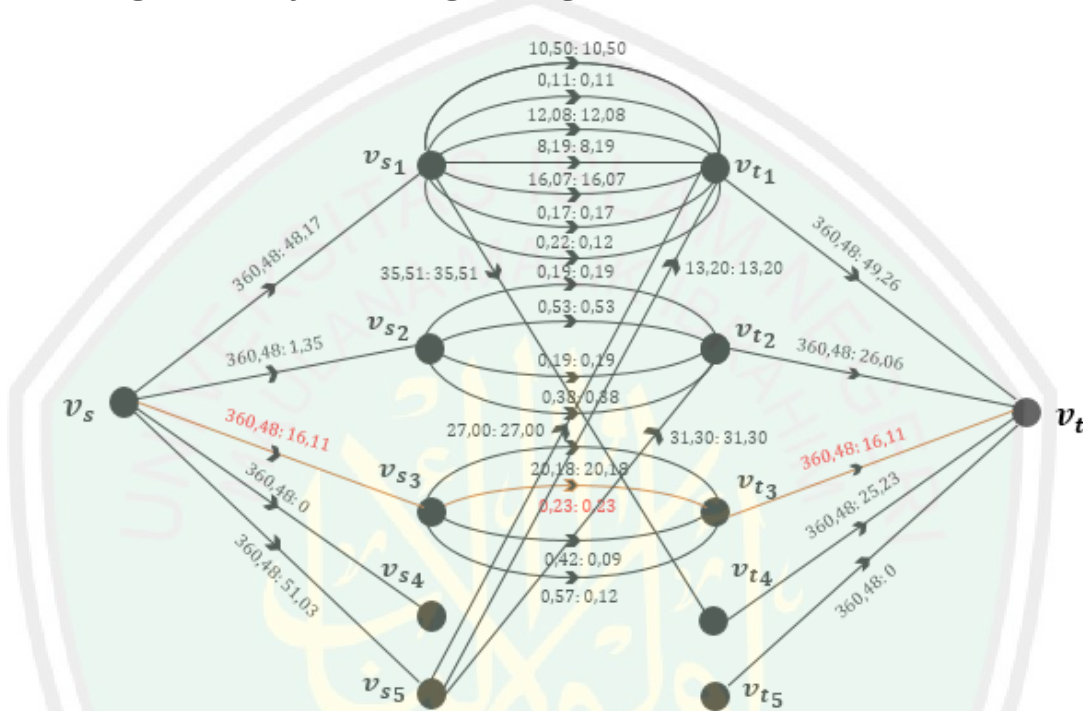
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 0, 18)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t3}, v_t) ditambah 0,18.

Titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 0, 18)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s3}, v_{t3}) ditambah 0,18.

Titik v_{s3} berlabel $(v_s, +, 0, 18)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s3}) ditambah 0,18.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{16} dengan nilai $= f_{15} + i(P) = 116,48 + 0,18 = 117,06$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna coklat dan jalur kereta Tawang Alun ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

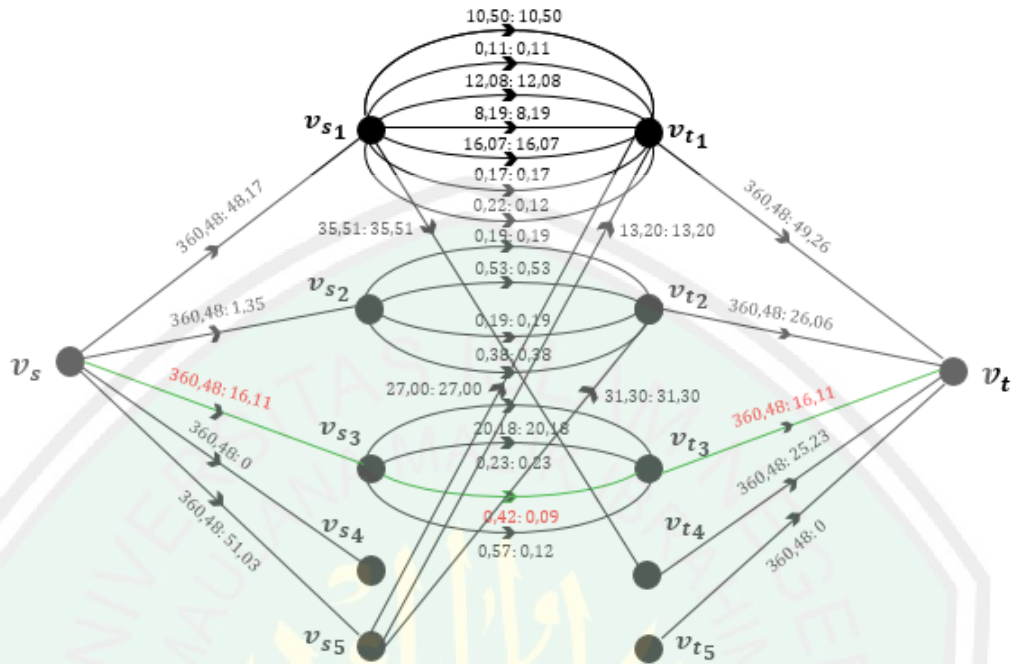


Gambar 4.50 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{16} = 117,06$

Berdasarkan Gambar 5.50 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Tawang Alun yang ditandai dengan warna coklat dan nilai *flow* ditambah 0,18. Maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,11 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 15,53 dengan 0,18, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) bernilai kapasitas 0,23 dengan nilai *flow* 0,23 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,05 dengan 0,18, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,11 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 15,53 dengan 0,18.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: Flow f_{16} dengan nilai 117,06.



Gambar 4.51 Flow f_{16} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.51 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s3}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 16,11, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) memiliki nilai kapasitas 0,42 dengan nilai flow 0,09 yang diperoleh dari nilai flow kereta Penataran, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai flow 16,11.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_{s1} :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0,33)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_3}, +, 0,33)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_3}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

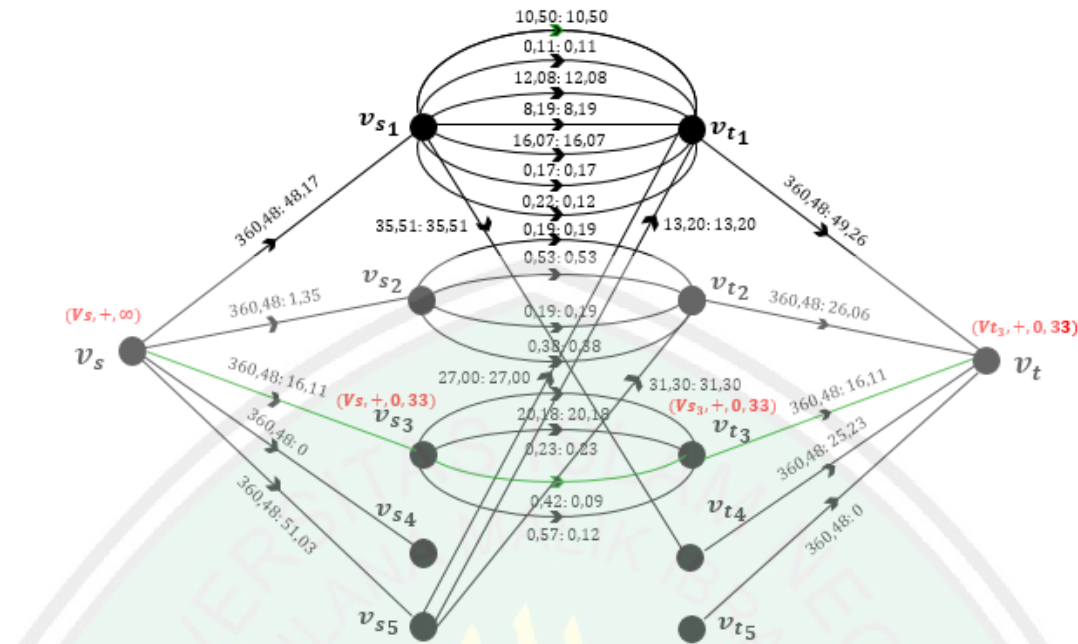
$T = \{v_s, v_{s_3}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_3}, +, 0,33)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_3}, v_{t_3}\}$



Gambar 4.52 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.52 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s3} berlabel $(v_s, +, 0,33)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 0,33)$ maka pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 0,33)$ maka pada lintasan (v_{t3}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 4: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t3} , titik v_{t3} dilabel dari v_{s3} , dan titik v_{s3} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s3}, v_{t3}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,33$.

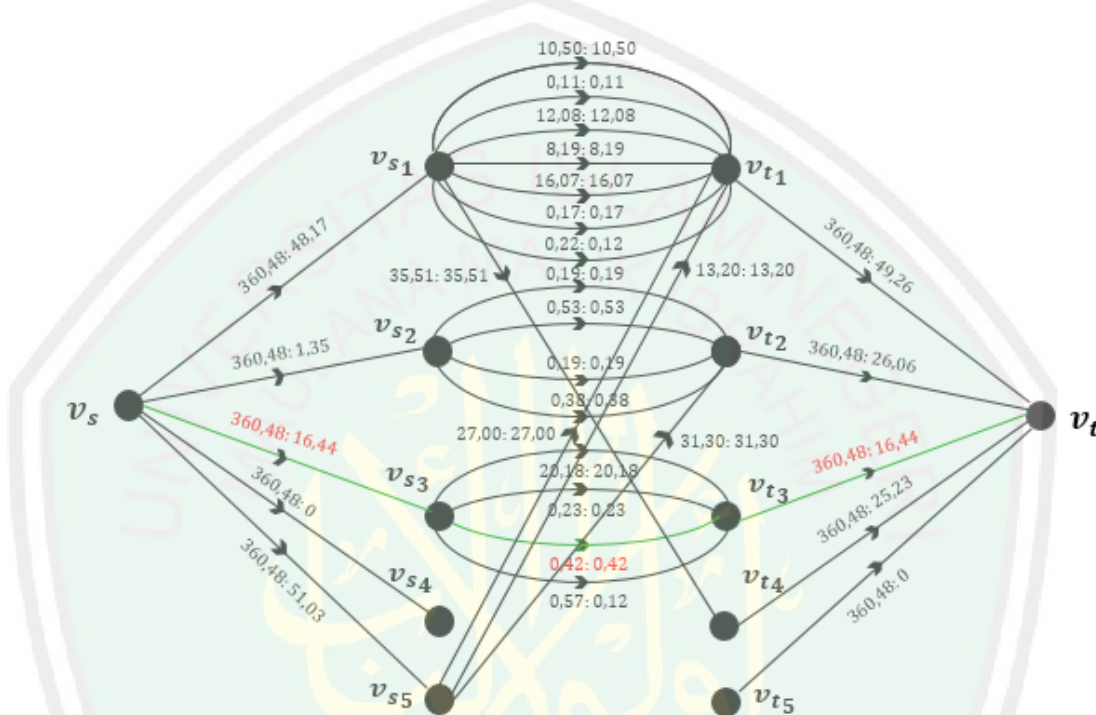
Langkah 5: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t3}, +, 0,33)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t3}, v_t) ditambah 0,33.

Titik v_{t3} berlabel $(v_{s3}, +, 0,33)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s3}, v_{t3}) ditambah 0,33.

Titik v_{s3} berlabel $(v_s, +, 0,33)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s3}) ditambah 0,33.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{17} dengan nilai $= f_{16} + i(P) = 117,06 + 0,33 = 117,39$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

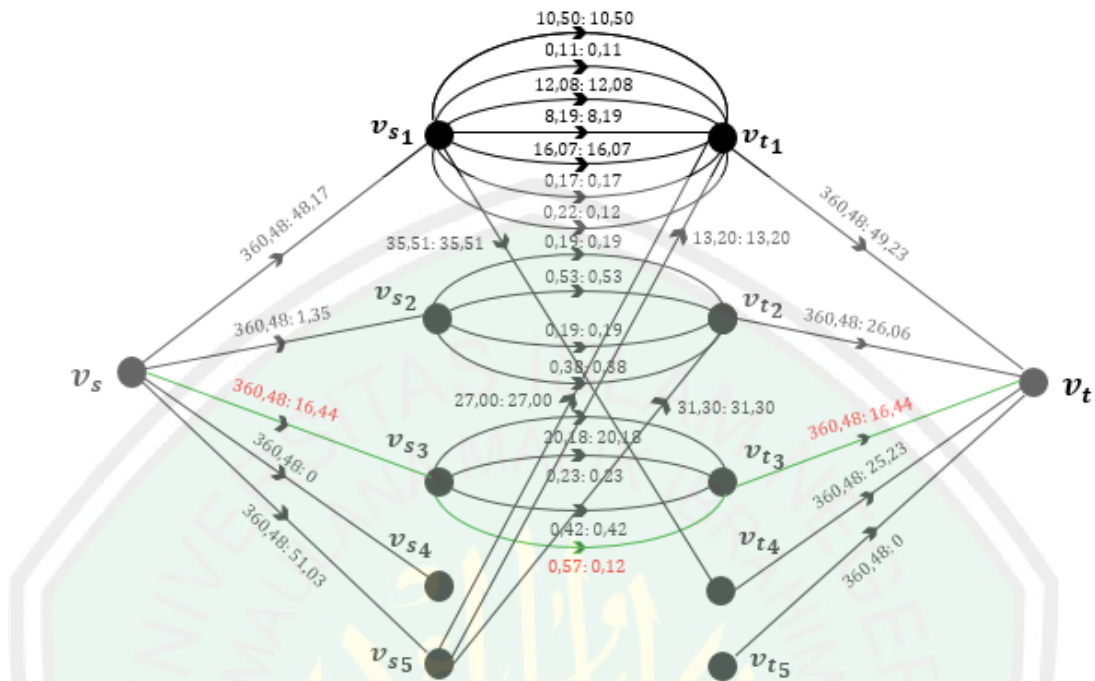


Gambar 4.53 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{17} = 117,39$

Berdasarkan Gambar 4.53 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 0,33. Maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,44 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 16,11 dengan 0,33, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) bernilai kapasitas 0,42 dengan nilai *flow* 0,42 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,09 dengan 0,33, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,44 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 16,11 dengan 0,33.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: *Flow* f_{17} dengan nilai 117,39.



Gambar 4.54 *Flow* f_{17} pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.54 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s3}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,44, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) memiliki nilai kapasitas 0,57 dengan nilai *flow* 0,12 yang diperoleh dari nilai *flow* kereta Jayabaya, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 16,44.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{ \}$.

2.2) Pilih titik V_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0,45)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_3}, +, 0,45)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_3}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

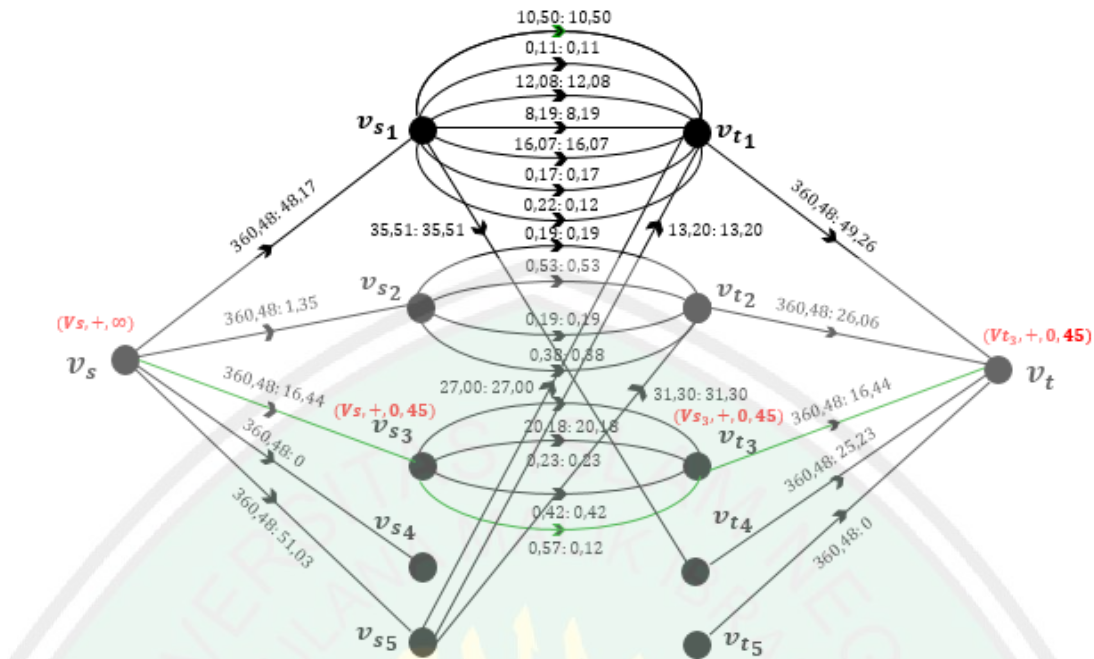
$T = \{v_s, v_{s_3}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_3}, +, 0,45)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_3}, v_{t_3}\}$.



Gambar 4.55 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.55 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s_3} berlabel $(v_s, +, 0,45)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s_3}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t_3} berlabel $(v_{s_3}, +, 0,45)$ maka pada lintasan (v_{s_3}, v_{t_3}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v berlabel $(v_{t_3}, +, 0,45)$ maka pada lintasan (v_{t_3}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t_3} , titik v_{t_3} dilabel dari v_{s_3} , dan titik v_{s_3} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s_3}, v_{t_3}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,45$.

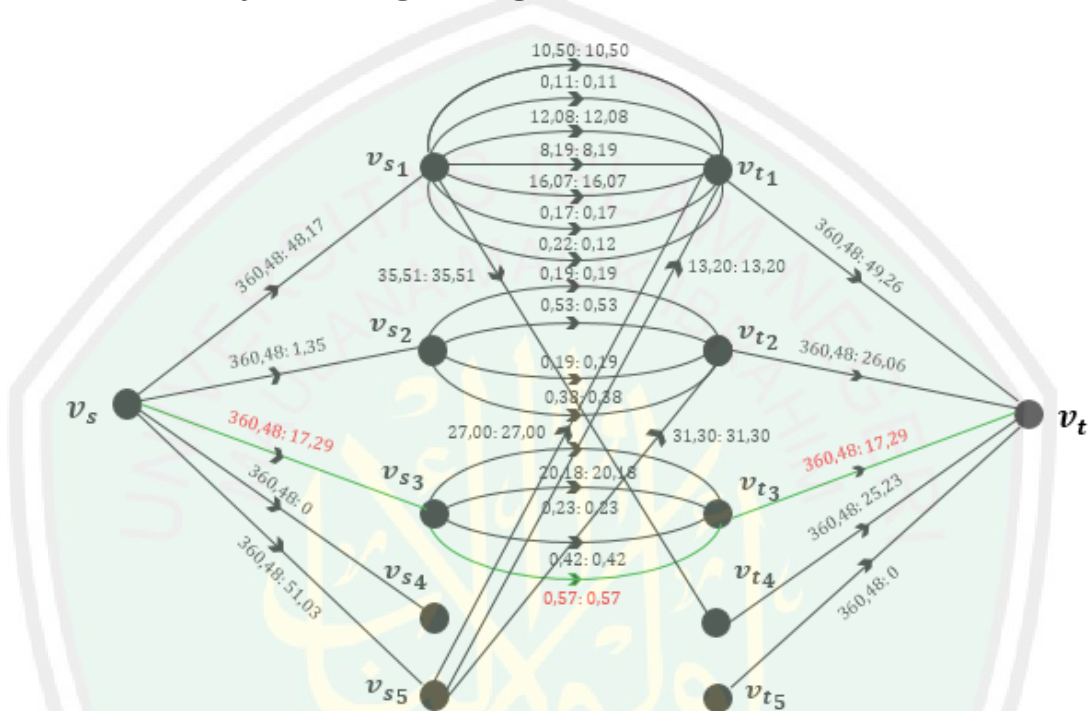
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t_3}, +, 0,45)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t_3}, v_t) ditambah 0,45.

Titik v_{t_3} berlabel $(v_{s_3}, +, 0,45)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s_3}, v_{t_3}) ditambah 0,45.

Titik v_{s_3} berlabel $(v_s, +, 0,45)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s_3}) ditambah 0,45.

Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{18} dengan nilai $= f_{17} + i(P) = 117,39 + 0,45 = 118,24$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:

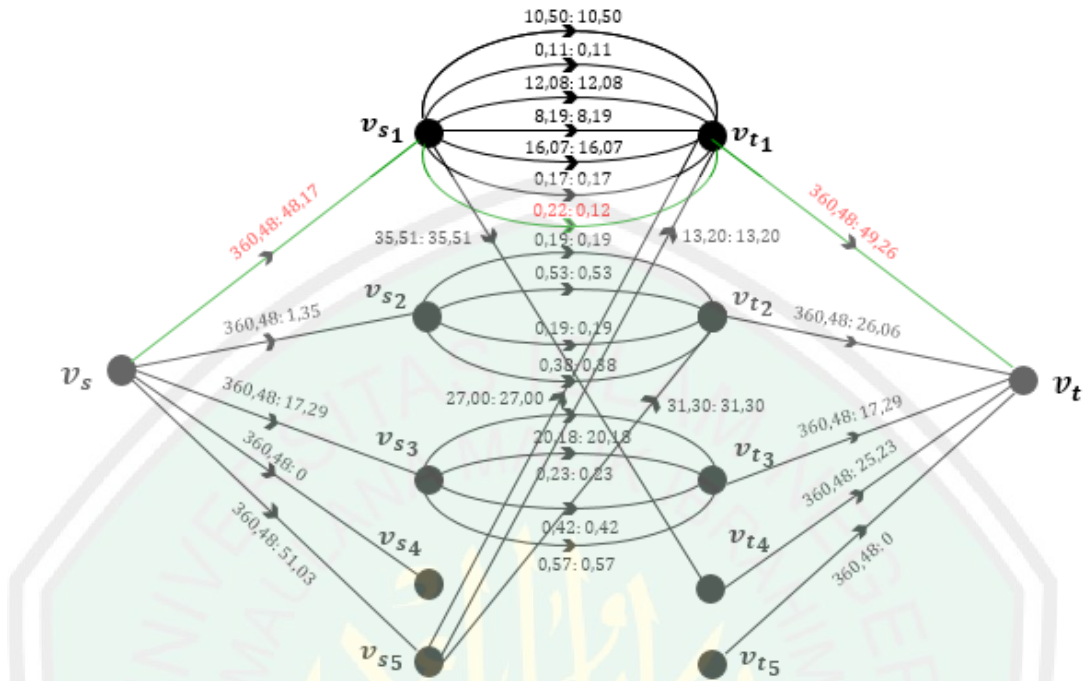


Gambar 4.56 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{18} = 118,24$

Berdasarkan Gambar 4.56 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 0,45. Maka pada lintasan (v_s, v_{s3}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 17,29 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* 16,44 dengan 0,45, pada lintasan (v_{s3}, v_{t3}) bernilai kapasitas 0,57 dengan nilai *flow* 0,57 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,12 dengan 0,45, dan pada lintasan (v_{t3}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 17,29 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 16,44 dengan 0,45.

Iterasi selanjutnya diulangi untuk mengkonstruksi *flow* maksimum dari titik v_s ke titik v_t di jaringan D^* dengan kembali ke langkah 1.

Langkah 1: $Flow f_{18}$ dengan nilai 118,24.



Gambar 4.57 $Flow f_{18}$ pada Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.57 dapat diketahui bahwa pada lintasan (v_s, v_{s1}) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 48,17, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) memiliki nilai kapasitas 0,22 dengan nilai $flow$ 0,12 yang diperoleh dari nilai $flow$ kereta Penataran, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) memiliki nilai kapasitas 360,48 dengan nilai $flow$ 49,26.

Langkah 2: Rutin Pelabelan.

2.1) Label $v_s = (v_s, +, \infty)$.

Himpunan titik terlabel = $L = \{v_s\}$.

Himpunan titik teramati = $T = \{\}$.

2.2) Pilih titik v_s :

Label titik $v_{s1} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s2} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s3} = (v_s, +, 0, 10)$.

Label titik $v_{s_4} = (v_s, +, 0)$.

Label titik $v_{s_5} = (v_s, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}\}$.

$T = \{v_s\}$.

2.3) Pilih titik v_{s_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_{t_1} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_2} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_3} = (v_{s_3}, +, 0, 10)$.

Label titik $v_{t_4} = (v_{s_3}, +, 0)$.

Label titik $v_{t_5} = (v_{s_3}, +, 0)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}\}$.

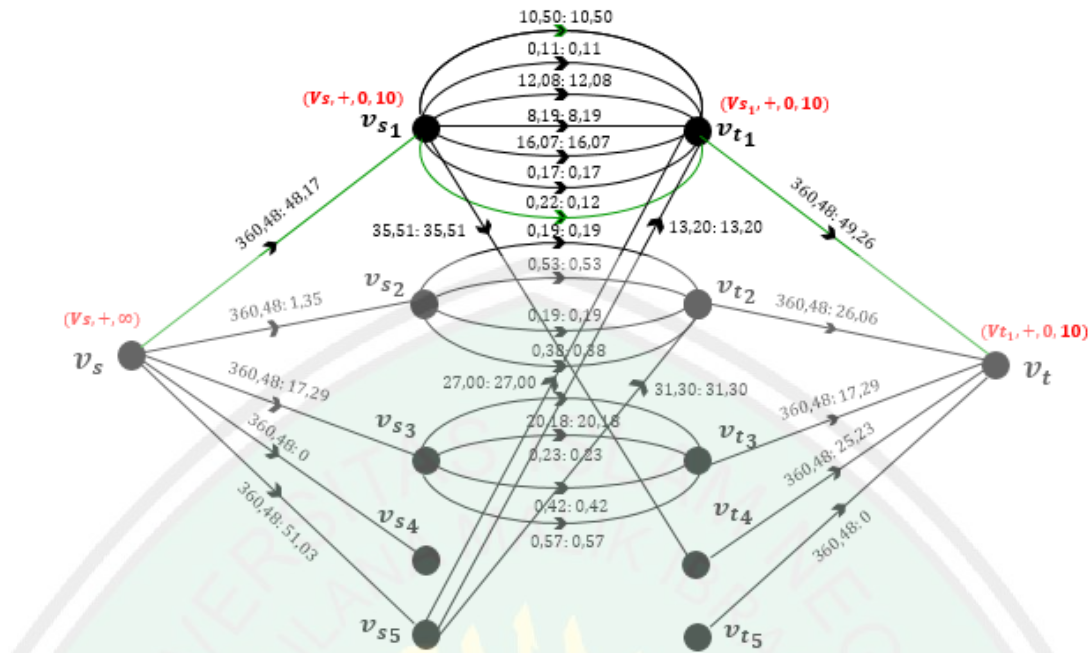
$T = \{v_s, v_{s_3}\}$.

2.4) Pilih titik v_{t_3} dalam $L - T$.

Label titik $v_t = (v_{t_3}, +, 0, 10)$.

$L = \{v_s, v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5}, v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{t_5}, v_t\}$.

$T = \{v_s, v_{s_3}, v_{t_3}\}$.

Gambar 4.58 Pelabelan Titik Jaringan D^* Jalur Kereta Api Penataran

Berdasarkan Gambar 4.58 pada titik v_s berlabel $(v_s, +, \infty)$, pada titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0, 10)$ maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) akan dilakukan peningkatan, pada titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 0, 10)$ maka pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) akan dilakukan peningkatan, dan pada titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 0, 10)$ maka pada lintasan (v_{t1}, v_t) akan dilakukan peningkatan.

Langkah 3: Prosedur Balik.

Titik v_t dilabel dari titik v_{t1} , titik v_{t1} dilabel dari v_{s1} , dan titik v_{s1} dilabel dari titik v_s . Sehingga diperoleh lintasan peningkatan $P = (v_s, v_{s1}, v_{t1}, v_t)$ dan nilai peningkatan lintasan $flow\ i(P) = 0,10$.

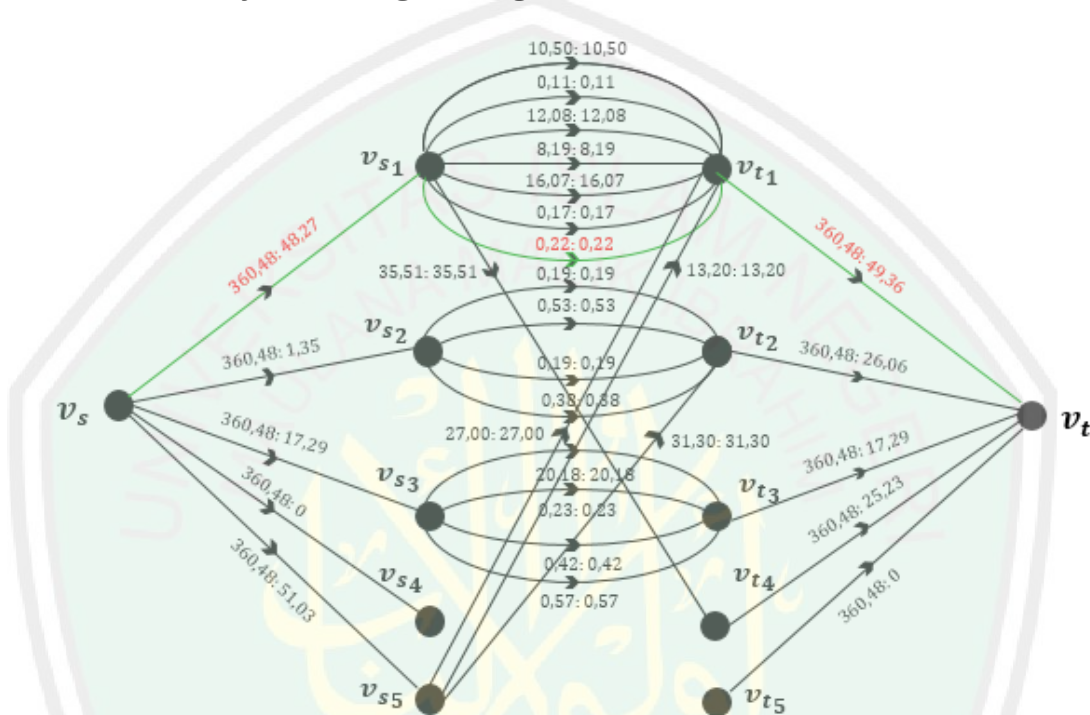
Langkah 4: Rutin Peningkatan.

Titik v_t berlabel $(v_{t1}, +, 0, 10)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{t1}, v_t) ditambah 0,10.

Titik v_{t1} berlabel $(v_{s1}, +, 0, 10)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_{s1}, v_{t1}) ditambah 0,10.

Titik v_{s1} berlabel $(v_s, +, 0, 10)$ maka nilai $flow$ pada busur (v_s, v_{s1}) ditambah 0,10.

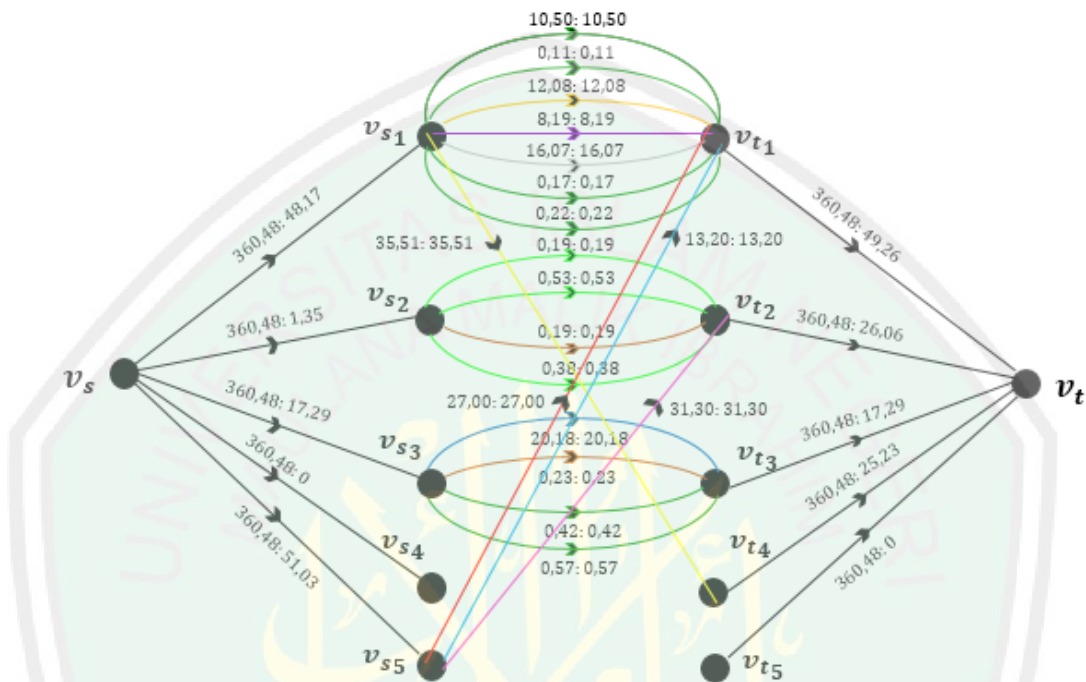
Nilai *flow* pada busur-busur yang lain tetap. Diperoleh nilai *flow* baru, dinamakan *flow* f_{19} dengan nilai $= f_{18} + i(P) = 118,24 + 0,10 = 118,34$. Lintasan peningkatan pada jaringan D^* diberi warna hijau tua dan jalur kereta Penataran ditunjukkan sebagaimana gambar berikut:



Gambar 4.59 Jaringan D^* dengan Nilai *Flow* Baru $f_{19} = 118,34$

Berdasarkan Gambar 4.59 dapat diketahui bahwa untuk setiap lintasan kereta Penataran yang ditandai dengan warna hijau tua dan nilai *flow* ditambah 0,10. Maka pada lintasan (v_s, v_{s1}) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 48,37 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 48,27 dengan 0,10, pada lintasan (v_{s1}, v_{t1}) bernilai kapasitas 0,22 dengan nilai *flow* 0,22 yang diperoleh dari jumlah nilai *flow* kereta Penataran 0,12 dengan 0,10, dan pada lintasan (v_{t1}, v_t) bernilai kapasitas 360,48 dengan nilai *flow* 49,36 yang diperoleh dari menambahkan nilai *flow* sebelumnya 49,26 dengan 0,10.

Semua busur pada jaringan D^* telah terlewati, dan semua titik di D^* yang terlabel telah teramati dan titik v_t tidak terlabel. Sehingga iterasi dihentikan dan didapatkan $flow\ f_{19}$ adalah nilai $flow$ maksimum di jaringan D^* adalah 118,34.



Gambar 4.60 Flow Maksimum pada Jaringan D^*

Keterangan:

- Kuning : Jalur kereta Jayabaya
- Hijau Tua : Jalur kereta Penataran
- Hijau Muda : Jalur kereta Penataran Dhoho
- Merah : Jalur kereta Matarmaja
- Biru Tua : Jalur kereta Malioboro I
- Biru Muda : Jalur kereta Malioboro II
- Jingga Tua : Jalur kereta Bima
- Merah Muda : Jalur kereta Malabar
- Ungu : Jalur kereta Gajayana
- Abu-abu : Jalur kereta Majapahit

Coklat : Jalur kereta Tawang Alun

Nilai *flow* maksimum diperoleh dari penjumlahan nilai peningkatan *flow* f_0 hingga *flow* f_{19} , yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Nilai Peningkatan *Flow*

No	Nama Kereta Api	Nilai Peningkatan <i>Flow</i>
1	Jayabaya	25,23
2	Malioboro I	15,53
3	Penataran	4,57
4	Penataran	0,05
5	Penataran - Dhoho	0,14
6	Matarmaja	17,50
7	Bima	5,53
8	Malabar	24,31
9	Gajayana	4,09
10	Majapahit	7,42
11	Penataran - Dhoho	0,39
12	Penataran	0,08
13	Tawang Alun	0,14
14	Penataran - Dhoho	0,28
15	Malioboro II	8,42
16	Tawang Alun	0,18
17	Penataran	0,33
18	Penataran	0,45
19	Penataran	0,10
Jumlah		118,34

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa selisih maksimum waktu kedatangan dan keberangkatan kereta api adalah 118,34. Untuk menentukan waktu maksimum pada tiap jalur kereta adalah dengan membandingkan nilai peningkatan *flow* dengan selisih waktu kedatangan dan keberangkatan seluruh kereta dan dikalikan dengan waktu dalam satu hari (24 jam). Karena selisih waktu maksimum bernilai waktu, maka apabila menit bernilai 60 akan diakumulasikan dalam nilai satu jam, sebagai berikut:

Tabel 4.7 Perhitungan *Flow* Maksimum Tiap Jalur

No	Nama Kereta Api	Perhitungan Flow Maksimum Tiap Jalur	Flow Maksimum Tiap Jalur
1	Jayabaya	$\frac{25,23}{118,34} \times 24$	5,11
2	Malioboro I	$\frac{15,53}{118,34} \times 24$	3,14
3	Penataran	$\frac{4,57}{118,34} \times 24$	0,92 = 1,32
4	Penataran	$\frac{0,05}{118,34} \times 24$	0,01
5	Penataran - Dhoho	$\frac{0,14}{118,34} \times 24$	0,02
6	Matarmaja	$\frac{17,50}{118,34} \times 24$	3,54
7	Bima	$\frac{5,53}{118,34} \times 24$	1,12
8	Malabar	$\frac{24,31}{118,34} \times 24$	4,93 = 5,33
9	Gajayana	$\frac{4,09}{118,34} \times 24$	0,82 = 1,22
10	Majapahit	$\frac{7,42}{118,34} \times 24$	1,50
11	Penataran - Dhoho	$\frac{0,39}{118,34} \times 24$	0,07
12	Penataran	$\frac{0,08}{118,34} \times 24$	0,01
13	Tawang Alun	$\frac{0,14}{118,34} \times 24$	0,02
14	Penataran - Dhoho	$\frac{0,28}{118,34} \times 24$	0,05
15	Malioboro II	$\frac{8,42}{118,34} \times 24$	1,70 = 2,10
16	Tawang Alun	$\frac{0,18}{118,34} \times 24$	0,03
17	Penataran	$\frac{0,33}{118,34} \times 24$	0,06
18	Penataran	$\frac{0,45}{118,34} \times 24$	0,09
19	Penataran	$\frac{0,10}{118,34} \times 24$	0,02

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa selisih waktu yang dapat dimaksimumkan pada jalur kereta api Jayabaya adalah sebesar 5 jam 11 menit, pada jalur kereta api Malioboro I adalah sebesar 3 jam 14 menit, jalur kereta api Penataran adalah sebesar 1 jam 32 menit, pada jalur kereta api Penataran adalah

sebesar 0 jam 1 menit, pada jalur kereta api Penataran-Dhoho adalah sebesar 0 jam 2 menit, pada jalur kereta api Matarmaja adalah sebesar 3 jam 54 menit, pada jalur kereta api Bima adalah sebesar 1 jam 12 menit, pada jalur kereta api Malabar adalah sebesar 5 jam 33 menit, pada jalur kereta api Gajayana adalah sebesar 1 jam 22 menit, pada jalur kereta api Majapahit adalah sebesar 1 jam 50 menit, pada jalur kereta api Penataran-Dhoho adalah sebesar 0 jam 7 menit, pada jalur kereta api Penataran adalah sebesar 0 jam 1 menit, pada jalur kereta api Tawang Alun adalah sebesar 0 jam 2 menit, pada jalur kereta api Penataran-Dhoho adalah sebesar 0 jam 5 menit, pada jalur kereta api Malioboro II adalah sebesar 2 jam 10 menit, pada jalur kereta api Tawang Alun adalah sebesar 0 jam 3 menit, pada jalur kereta api Penataran adalah sebesar 0 jam 6 menit, pada jalur kereta api Penataran adalah sebesar 0 jam 9 menit, dan pada jalur kereta api Penataran adalah sebesar 0 jam 2 menit.

4.3 Konsep *Flow* Maksimum dalam Al-Quran

Allah Swt. menciptakan alam semesta (termasuk manusia) tidaklah dengan palsu dan sia-sia (QS. As-Shod ayat 27). Segala ciptaan-Nya mengandung maksud dan manfaat. Oleh karena itu, sebagai makhluk yang paling mulia, sekaligus sebagai khalifah di muka bumi, manusia harus menyadari tujuan hidupnya. Hal ini dijelaskan dalam QS. Adz-Dzaariyaat/51:56 yang berbunyi:

وَمَا خَلَقْتُ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِلَّا لِيَعْبُدُونِ ﴿٥٦﴾

“dan Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan supaya mereka menyembah-Ku.” (QS. Adz-Dzaariyaat/51:56).

Keberadaan manusia di muka bumi ini bukanlah ada dengan sendirinya. Manusia diciptakan oleh Allah Swt., dengan dibekali potensi dan infrastruktur

yang sangat unik. Keunikan dan kesempurnaan bentuk manusia ini bukan saja dilihat dari bentuknya, akan tetapi juga dari karakter dan sifat yang dimiliki oleh manusia. Sebagai ciptaan, manusia dituntut memiliki kesadaran terhadap posisi dan kedudukan dirinya di hadapan Allah Swt.. Pada konteks ini, posisi manusia di hadapan Allah Swt. adalah bagaikan hamba dengan majikan atau abdi dengan raja, yang harus menunjukkan sifat pengabdian dan kepatuhan.

Sebagai agama yang haq, Islam menegaskan bahwa posisi manusia di dunia ini adalah sebagai '*abdullah* (hamba Allah Swt.). Posisi ini menunjukkan bahwa salah satu tujuan hidup manusia di dunia adalah untuk mengabdikan atau beribadah kepada Allah Swt.. Maksud dari mengabdikan kepada Allah Swt. adalah taat dan patuh terhadap seluruh perintah Allah Swt., dengan cara menjalankan seluruh perintah-perintah-Nya dan menjauhi seluruh larangan-Nya dalam segala aspek kehidupan. Dalam hal ini, Allah Swt. menjelaskan dalam firman-Nya, bahwa tujuan hidup manusia adalah semata-mata untuk mengabdikan kepada-Nya.

Makna beribadah sebagaimana dikemukakan di atas (mentaati segala perintah dan menjauhi larangan Allah Swt.) merupakan makna ibadah secara umum. Dalam tataran praktis, ibadah secara umum dapat diimplementasikan dalam setiap aktivitas yang diniatkan untuk menggapai keridhaan-Nya, seperti bekerja secara profesional, mendidik anak, berdakwah, dan lain sebagainya. Dengan demikian, misi hidup manusia untuk beribadah kepada Allah Swt. dapat diwujudkan dalam segala aktivitas yang bertujuan mencari ridha Allah Swt. (*mardlatillah*).

Secara khusus, ibadah dapat dipahami sebagai ketaatan terhadap hukum syara' yang mengatur hubungan *vertical-transendental* (manusia dengan Allah

Swt.). Hukum syara' ini selalu berkaitan dengan amal manusia yang diorientasikan untuk menjalankan kewajiban 'ubudiyah manusia, seperti menunaikan ibadah shalat, menjalankan ibadah puasa, memberikan zakat, pergi haji, dan lain sebagainya (Nurfidyanti, 2012).

QS. Adz-Dzaariyaat ayat 56 jelas menyebutkan tujuan diciptakan manusia adalah untuk beribadah, hanya menyembah Allah Swt. semata. Ayat ini mengisyaratkan pentingnya tauhid, karena tauhid adalah bentuk ibadah yang paling agung, mengesakan Allah Swt. dalam ibadah.

Allah Swt. menceritakan bahwa penciptaan langit dan bumi, agar manusia mengetahui tentang ke-Maha Kuasaan Allah Swt., bahwa Allah Swt. pemilik jagad raya ini dengan ilmu Allah Swt. yang sempurna. Tidak ada satu pun yang terluput dari ilmu dan pengawasan Allah Swt., karena ilmu Allah Swt. meliputi segala sesuatu. Hal ini dijelaskan dalam QS. Ath-Thalaq/65:12 yang berbunyi:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا ﴿١٢﴾

“Allah Swt.-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah Swt. berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Swt. Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Swt. ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu.” (QS. Ath-Thalaq/65:12).

QS. Ath-Thalaq juga mengisyaratkan pentingnya manusia agar berilmu. Maka buah dari ilmu adalah beramal. Tidaklah ilmu dicari dan dipelajari kecuali untuk diamalkan. Sebagaimana pohon, tidaklah ditanam kecuali untuk mendapatkan buahnya. Karena ilmu adalah buah dari amal.

Allah Swt. menciptakan alam semesta ini dengan pasti, oleh karena itu alam memiliki eksistensi yang riil dan objektif, serta berjalan mengikuti hukum-

hukum yang tetap (*sunnatullah*). Di samping itu, sebagai ciptaan dari dzat yang merupakan sebaik-baiknya pencipta (QS. Al-Mukminun ayat 14), alam semesta mengandung nilai kebaikan dan nilai keteraturan yang sangat harmonis. Nilai ini diciptakan oleh Allah Swt. untuk kepentingan manusia, khususnya bagi keperluan perkembangan sejarah dan peradabannya (QS. Luqman ayat 20). Oleh karena itu, salah satu tujuan hidup manusia menurut al-Quran di muka bumi ini adalah melakukan penyelidikan terhadap alam, agar dapat dimengerti hukum Allah Swt. yang berlaku di dalamnya, dan selanjutnya manusia memanfaatkan alam sesuai dengan hukum-hukumnya sendiri, demi kemajuan sejarah dan peradabannya.

Proses pemanfaatan alam semesta dalam kehidupan manusia diwujudkan dengan perbuatan dan aktivitas riil yang memiliki nilai guna. Perbuatan atau aktivitas riil yang dijalankan manusia di muka bumi ini selanjutnya membentuk rentetan peristiwa, yang disebut dengan sejarah. Dunia adalah wadah bagi sejarah, yang mana manusia menjadi pemilik atau rajanya. Hidup tanpa sejarah adalah kehidupan yang dialami oleh manusia setelah kematian. Karena dalam kehidupan pasca kematian manusia hanya diharuskan mempertanggungjawabkan terhadap sejarah yang telah dibuat atau dibentuk selama dalam kehidupannya di dunia. Dengan demikian, dalam kehidupannya di dunia, manusia juga memiliki tujuan untuk membentuk sejarah dan peradabannya yang baik, dan selanjutnya harus dipertanggungjawabkan di hadapan Allah Swt..

Untuk dapat membentuk sejarahnya, manusia harus selalu *iqra'* atau membaca alam semesta. Dengan kata lain, manusia harus menjadikan alam semesta sebagai media mengembangkan ilmu dan pengetahuannya.

Oleh karena itu, tujuan manusia membentuk sejarah dan peradaban ini dapat dikatakan sebagai tujuan menjadi manusia yang berilmu (Hardi, 2015).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan, algoritma Ford-Fulkerson digunakan untuk maksimum *flow* pada jalur kereta api dengan cara menentukan titik sumber $(v_{s_1}, v_{s_2}, v_{s_3}, v_{s_4}, v_{s_5})$ dan titik tujuan $(v_{t_1}, v_{t_2}, v_{t_3}, v_{t_4}, v_{s_5})$ pada jaringan D^* . Selanjutnya menambahkan satu titik sumber utama (v_s) dan satu titik tujuan utama (v_t) , menentukan nilai *flow* (f) dan nilai kapasitas (c), melakukan rutin pelabelan, prosedur balik, dan rutin peningkatan.

Hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa pada jalur kereta api Stasiun Kota Baru Malang diperoleh *flow* maksimum pada seluruh jalur kereta api pada jaringan D^* dengan *flow* f_{19} bernilai 118,34. Nilai *flow* maksimum tersebut merupakan selisih waktu kedatangan dan keberangkatan seluruh kereta api.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji lebih mendalam terkait jaringan jalur kereta api ini, serta dapat dikembangkan untuk pencarian *flow* maksimum pada jaringan transportasi yang lain.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdussakir, Azizah, N.N., dan Nofandika, F.F. 2009. *Teori Graf*. Malang: UIN Malang Press.
- Afifatush, N. 2011. *Manusia Berkualitas*. (Online), (**Error! Hyperlink reference not valid.**), diakses 25 Oktober 2016.
- Ahuja, R.K, Orlin, J.B, Stein, C, dan Tarjan, R.E. 1994. Improved Algorithms For Bipartite Network Flow. *SIAM J. COMPUT*, 906-933.
- Budayasa, I.K. 2007. *Teori Graph dan Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Chartrand, G. dan Lesniak, L. 1986. *Graphs & Digraphs Second Edition*. Monterey, California: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- Farihah, M. 2013. *Makalah Tafsir-Tafsir Surat Adz-Dzaariyaat Ayat 56*, (Online), (<http://himafarihah.blogspot.co.id/2013/07/tafsir-surat-adz-dzaariyaat-ayat-56.html>), diakses 05 Oktober 2016.
- Farizal, T. dan Darmo, H.S. 2014. *Pencarian Aliran Maksimum dengan Algoritma Ford-Fulkerson (Studi Kasus pada Jaringan Listrik Kota Tegal)* (Online), 3 (1), (<http://journal.unnes.ac.id/sju/inde.php/ujm>), diakses 04 Oktober 2016.
- Hardi, W. 2015. *2 Tujuan Penciptaan Manusia*. (Online), (<http://muslimah.or.id/7109-2-tujuan-penciptaan-manusia.html>), diakses 04 Oktober 2016.
- Mujiono, M. 2013. *Manusia Berkualitas Menurut Al-Qur'an*, 7 (2). (Online), (<http://mmujiono.download.portugalgaruda.org/2013/manusia-berkualitas-menurut-al-Qur'an.html>), diakses 05 Oktober 2016.
- Nisa', F. 2015. *Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow dalam Pendistribusian Barang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: UIN Maulana Maliki Ibrahim Malang.
- Nurfidyanti, H. 2012. *Tujuan Allah Menciptakan Manusia*. (Online), (<https://hannanurfidyanti.wordpress.com/tujuan-allah-menciptakan-manusia/.html>), diakses 04 Oktober 2016.



LAMPIRAN-LAMPIRAN



KERETA API



Nomor : 05/SDM/IV/D.8-2016
Lampiran : -
Perihal : Persetujuan Izin Penelitian

Surabaya, 05 April 2016
Kepada
Yth. Dekan Bidang Akademik
Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim Malang
Di
Malang

- Menunjuk surat dari Dekan Bidang Akademik Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang Nonmor : Un.3.6/TL.00/937/2016 tanggal 30 Maret 2016 perihal Izin Penelitian atas nama mahasiswa dibawah ini :
Nama : Hardiana Devita Andriany
NIM : 11610023
Jurusan : Matematika
Judul : Algoritma Ford – Fulkerson untuk Memaksimumkan Flow pada Penjadwalan Rute Kereta Api
Waktu Pelaksanaan : April 2016
- Kami beritahukan dengan hormat bahwa Permohonan Izin Penelitian Saudara pada PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Daop 8 Surabaya unit Operasi / Stasiun Besar A Malang dapat disetujui.
- Sehubungan dengan hal tersebut diatas, kegiatan yang dimaksud dapat dilakukan dengan ketentuan sbb :
 - Akan mendapatkan bimbingan selama tidak mengganggu kedinasan unit kerja;
 - Apabila membutuhkan bahan praktek, biaya pengoperasian, biaya akomodasi dan / atau biaya lainnya yang sejenisnya, maka biaya tersebut diatas tidak menjadi beban PT. Kereta Api Indonesia (Persero);
 - Yang bersangkutan diwajibkan untuk menyerahkan laporan akhir kegiatan kepada PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi 8 Surabaya.
- Dernikian untuk diketahui dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.



Tembusan Yth :

- Manager Operasi Daop 8 Surabaya;
- Kepala UPT. Stasiun Besar A Malang;
- Arsip.

KEBERANGKATAN KERETA-API : JARAK JAUH
DARI STASIUN MALANG

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA.TUJUAN	
101	MALIOBORO I	ML - YK	08.25	15.40	
154	JAYABAYA	ML - PSE	11.45	01.16	Lewat sb.Pasarturi
41	GAJAYANA	ML - GMR	13.30	04.03	
46	BIMA	ML - GMR	14.25	05.29	Lewat sb.gubeng
210	TAWANG ALUN	ML - BW	15.55	23.30	
99	MALABAR	ML - BD	16.00	08.25	
171	MATARMAJA	ML - PSE	17.00	09.45	
149	MAJAPAHIT	ML - PSE	18.20	09.54	
103	MALIOBORO II	ML - YK	20.15	03.57	

KEDATANGAN KERETA-API : JARAK JAUH
TUJUAN STASIUN MALANG

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA.TUJUAN	
152	JAYABAYA	PSE - ML	12.00	01.17	Lewat sb.pasarturi
104	MALIOBORO I	YK - ML	20.45	04.00	
172	MATARMAJA	PSE - ML	15.15	07.50	
44	BIMA	GMR - ML	16.45	08.10	Lewat sb.Gubeng
100	MALABAR	BD - ML	16.50	09.01	
42	GAJAYANA	GMR - ML	17.45	09.20	
150	MAJAPAHIT	PSE - ML	18.30	09.55	
208	TAWANG ALUN	BW - ML	05.00	12.56	
102	MALIOBORO II	YK - ML	07.30	15.37	

KEBERANGKATAN KERETA-API : LOKAL
DARI STASIUN MALANG : TUJUAN SURABAYA

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA.TUJUAN	
460	Penataran	ML - SB	04.30	07.14	
462	Penataran	ML - SB	07.07	09.50	
464	Penataran	ML - SB	12.20	15.11	
466	Penataran	ML - SB	17.05	19.34	s/d sb.Gubeng
453	Penataran	ML - SB	20.05	22.38	s/d sb.Gubeng

KEBERANGKATAN KERETA-API : LOKAL
DARI STASIUN SURABAYA : TUJUAN MALANG

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA.TUJUAN	
459	Penataran	SB - ML	04.35	07.05	
461	Penataran	SB - ML	07.30	10.01	
463	Penataran	SB - ML	11.25	14.23	
465	Penataran	SB - ML	17.40	20.23	Terakhir Blitar
465	Penataran	SB - ML	20.00	22.37	

KEBERANGKATAN KERETA API : LOKAL
DARI STASIUN MALANG : TUJUAN BLITAR

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA. TUJUAN	
459	Penataran/Dhoho	ML-BL	07.10	09.31	TL.Agung, Kediri, Jombang
461	Penataran/Dhoho	ML-BL	10.25	12.27	TL.Agung, Kediri, Jombang
463	Penataran/Dhoho	ML-BL	14.33	16.43	TL.Agung, Kediri, Jombang
465	Penataran	ML-BL	20.35	22.38	Terakhir Blitar

KEBERANGKATAN KERETA API : LOKAL
DARI STASIUN BLITAR : TUJUAN MALANG

NO KA	NAMA KA	RELASI	BERANGKAT	TIBA	KETERANGAN
			STA. AWAL	STA. TUJUAN	
462	Penataran	BL - ML	05.00	07.01	s/d sb. Kota
449	Dhoho/Penataran	BL - ML	10.10	12.11	s/d sb. Kota
451	Dhoho/Penataran	BL - ML	14.20	16.56	s/d sb. Kota
468	Dhoho/Penataran	BL - ML	17.44	19.53	s/d sb. Kota



PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)
DAERAH OPERASI VIII SURABAYA

JALUR - JALUR YANG HARUS DILALUI DI STASIUN MALANG

(PD 19 / I Pasal 55 ayat 1)

Berlaku mulai tanggal 1 April 2015

JAM		NOMOR KA	JALUR	JURUSAN		CATATAN
DATANG	BERANGKAT			DARI	KE	
01.17	-	153	I	BWG	ML	
-	01.20	L 2630F-1	IX	ML	MLK	
02.09	02.11	2627	III	BWG	MLK	
02.25	02.27	2630 F	III	MLK	ML	
02.33	-	L 2627-2	IX	MLK	ML	X L2622-1
-	02.35	L 2622-1	III	ML	MLK	X L2627-2
03.20	03.21	2622	III	MLK	BWG	
04.00	-	104	III	MLK	ML	
-	04.30	460	I	ML	BWG	
05.16	-	LL 802	IX	MLK	ML	
-	05.25	LL 801	IX	ML	MLK	
06.17	06.19	2629 F	II	BWG	MLK	
06.36	-	LL 2629F-2	IX	MLK	ML	
07.01	07.07	462	I	MLK	BWG	X 459
07.05	07.10	459	II	BWG	MLK	X 462
-	07.50	172	V	MLK	ML	
08.10	-	45	I	BWG	ML	
-	08.25	101	III	ML	MLK	
09.01	-	100	V	MLK	ML	
09.20	-	42	I	MLK	ML	
-	09.25	L 2624-1	IX	ML	MLK	
09.55	-	150	I	MLK	ML	
10.11	10.25	461	II	BWG	MLK	X 2624
10.15	10.16	2624	I	MLK	BWG	X 461
-	11.45	154	IV	ML	BWG	
12.11	12.20	464	I	MLK	BWG	
12.56	13.01	209	II	BWG	MLK	
13.16	-	LL 804	IX	MLK	ML	
13.26	-	L 209-2	IX	MLK	ML	
-	13.30	41	I	ML	MLK	
-	13.40	LL 803	IX	ML	MLK	

L = lokomotif, 4 digit = k. barang

P.T. KERETA API INDONESIA (PERSERO)
DAERAH OPERASI VIII SURABAYA

**JALUR - JALUR YANG HARUS DILALUI
DI STASIUN MALANG**
(PD 19 / I Pasal 55 ayat 1)
Berlaku mulai tanggal 1 April 2015

JAM		NOMOR KA	JALUR	JURUSAN		CATATAN
DATANG	BERANGKAT			DARI	KE	
14.23	14.33	463	II	BNG	MLK	X 46
-	14.25	46	I	ML	BNG	X 463
-	14.45	L 210-1	IX	ML	MLK	
15.13	15.39	123	III	BNG	MLK	
15.37	-	102	V	MLK	ML	
15.50	15.55	210	III	MLK	BNG	
-	16.00	99	II	ML	MLK	
16.11	16.13	2621	III	BNG	MLK	
16.36	-	L 2621-2	IX	MLK	ML	
16.56	17.05	466	III	MLK	BNG	X 171
-	17.00	171	I	ML	MLK	X 446
17.35	17.57	124	III	MLK	BNG	X L2616-1
-	18.00	L 2626-1	IX	ML	MLK	X 124
-	18.20	149	I	ML	MLK	
19.00	19.01	2626	III	ML	BNG	
19.53	20.05	468	III	MLK	BNG	
19.57	19.58	2623	II	BNG	MLK	
-	20.15	103	I	ML	MLK	
20.23	20.35	465	I	BNG	MLK	X L2623-2
20.27	-	L 2623-2	IX	MLK	ML	X 465
-	20.55	L 2628-1	IX	ML	MLK	
21.11	-	LL 806	IX	MLK	ML	
21.35	21.37	2628	III	MLK	BNG	
-	22:00	LL805	IX	ML	MLK	
22.37	-	467	I	BNG	ML	
23.15	23.16	2625	III	BNG	MLK	
23.41	-	L 2625-2	IX	MLK	ML	

Manager Operasi 3 Sb

Yang mengisi ;
Kepala stasiun Besar mal

JADWAL PERJALANAN KA (GAPEKA 2015) MULAI 1 APRIL 2015

NO	NO. KA	NAMA KA	RELASI	DAT	BER	KETERANGAN
1	153	JAYABAYA	SBI - ML	01.17	-	I >> IV
2	104	MALIOBORO	YK - ML	04.00	-	III
3	460	PENATARAN	ML - SB	-	04.30	
4	462	PENATARAN	BL - ML - SB	07.01	07.07	X KA 459
5	459	PENATARAN - DHOHO	SB - ML - BL	07.05	07.10	
6	172	MATARMAJA	PSE - ML	07.50	-	V >> 7
7	45	BIMA	SGU - ML	08.10	-	III - III
8	101	MALIOBORO	ML - YK	-	08.25	III >> I
9	100	MALABAR	BD - ML	09.01	-	I >> VI
10	42	GAJAYANA	GMR - ML	09.20	-	I >> V
11	150	MAJAPAHIT	PSE - ML	09.55	-	
12	461	PENATARAN - DHOHO	SB - ML - BL	10.11	10.25	
13	154	JAYABAYA	ML - SBI - PSE	-	11.45	
14	464	PENATARAN	BL - ML - SB	12.11	12.20	
15	209	TAWANGALUN	BW - BG - MLK	12.56	13.01	
16	41	GAJAYANA	ML - GMR	-	13.30	
17	463	PENATARAN - DHOHO	SB - ML - BL	14.23	14.33	X 46
18	46	BIMA	ML - SGU	-	14.25	
19	102	MALIOBORO	YK - ML	15.37	-	
20	210	TAWANGALUN	MLK - BG - BW	15.50	15.55	
21	99	MALABAR	ML - BD	-	16.00	
22	466	PENATARAN	ML - SGU	16.56	17.05	
23	171	MATARMAJA	ML - PSE	-	17.00	
24	149	MAJAPAHIT	ML - PSE	-	18.20	
25	468	PENATARAN	ML - SB	19.53	20.00	
26	103	MALIOBORO	ML - YK	-	20.15	
27	465	PENATARAN	SB - ML - BL	20.38	20.45	
28	467	PENATARAN	SGU - ML	21.37	-	
29						
30						

RIWAYAT HIDUP



Hardiana Devita Andriany, lahir di Malang pada tanggal 25 Desember 1992 dan tinggal di Sawojajar Kota Malang. Anak ketiga dari tiga bersaudara dari bapak Dipo Harnono (alm.) dan ibu Sa'adiah.

Pendidikan dasar ditempuh di SD Negeri Sawojajar 3 Malang dan lulus pada tahun 2005, setelah itu melanjutkan ke SMP Negeri 11 Malang dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 7 Malang dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 menempuh kuliah di Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selama menempuh pendidikan, dia aktif mengikuti organisasi intra dan ekstra dalam rangka mengembangkan potensi akademik dan non akademik. Dia sangat menyukai kesenian, khususnya tari tradisional maupun modern yang sudah digeluti sejak masih duduk di bangku TK dan pernah memperoleh rekor muri sebagai 1000 penari tingkat Nasional. Organisasi intra yang diikuti adalah Organisasi Siswa Intra Sekolah (OSIS) pada periode 2007-2008 sebagai anggota dan pada periode 2009-2010 sekretaris bidang IV. Selain OSIS juga pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika sebagai anggota devisi *public relation external* pada periode 2012-2013. Selain organisasi intra, juga mengikuti organisasi ekstra kampus yaitu Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII).



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Hardiana Devita Andriany
NIM : 11610023
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Algoritma Ford-Fulkerson untuk Memaksimumkan *Flow*
pada Penjadwalan Jalur Kereta Api
Pembimbing I : H. Wahyu H. Irawan, M.Pd
Pembimbing II : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	08 Maret 2016	Konsultasi Data Penelitian	1.
2.	21 April 2016	Konsultasi Bab I, Bab II	2.
3.	29 April 2016	Konsultasi Agama Bab I, Bab II	3.
4.	03 Oktober 2016	Revisi Agama Bab I dan Bab II	4.
5.	06 Oktober 2016	ACC Agama Bab I, Bab II	5.
6.	06 Oktober 2016	ACC Bab I, Bab II	6.
7.	27 Oktober 2016	Konsultasi Bab IV	7.
8.	31 Oktober 2016	Revisi Bab IV	8.
9.	01 November 2016	Revisi Bab IV	9.
10.	04 November 2016	Revisi Bab IV	10.
11.	07 November 2016	ACC Bab IV	11.
12.	08 November 2016	Konsultasi Agama Keseluruhan	12.
13.	10 November 2016	ACC Agama Keseluruhan	13.
14.	14 November 2016	ACC Keseluruhan	14.

Malang, 1 Desember 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001