

# ANALISIS SIMULASI KAPASITAS PENGIRIMAN KARGO DARI JAKARTA KE BANJARMASIN MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM FLOW*

PANGGIH JOGO MUSTIKO, MUFTI ARIFIN, DAN ENDAH YUNIARTI

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan,  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta

## ABSTRAK

*Pengiriman kargo oleh jasa ekspedisi selain melalui jalur darat juga melalui transportasi udara yang menggunakan ruang belly cargo dari pesawat angkut penumpang berjadwal. Variasi tipe pesawat angkut yang digunakan oleh berbagai maskapai menghasilkan variasi kapasitas belly cargo. Perbedaan kapasitas tersebut mempengaruhi proses pengiriman kargo apabila terdapat rute dengan transit dan ganti tipe pesawat. Penelitian ini melakukan perhitungan kapasitas maksimum dengan simulasi pada pengiriman kargo dengan rute Jakarta (CGK) ke Banjarmasin (BDJ). Kapasitas maksimum dihitung menggunakan metode maximum flow. Perhitungan diawali dengan mengumpulkan data semua rute yang menghubungkan CGK dan BDJ dan tipe pesawat yang digunakan, menghitung kapasitas kargo setiap tipe pesawat yang digunakan, dan menghitung kapasitas maksimum dengan metode maximum flow. Hasil metode maximum flow untuk semua rute penerbangan yang menghubungkan CGK menuju BDJ menghasilkan kapasitas kargo maksimum sebesar 225,8 m<sup>3</sup>. Rute CGK-UPG-BDJ menyisakan kapasitas kargo sebesar 55,1 m<sup>3</sup> dan rute CGK-BPN-BDJ menyisakan kapasitas kargo sebesar 55,6 m<sup>3</sup> dikarenakan adanya perbedaan jenis pesawat.*

**Kata Kunci:** *Belly Cargo, Maximum Flow, Jakarta-Banjarmasin*

## PENDAHULUAN

Jasa pengiriman barang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, organisasi atau perusahaan. Berbagai perusahaan jasa pengiriman yang digunakan pada saat ini. Pengiriman barang berupa surat atau dokumen, barang elektronik, dan bahan-bahan lainnya semakin meningkat, sehingga terjadi penumpukan pengiriman yang dapat menghambat kelancaran proses pengiriman. Perusahaan ekspedisi barang sebagai penyedia jasa pengiriman perlu mengetahui kapasitas pengiriman baik lewat darat maupun lewat udara. Proses pengiriman paket oleh perusahaan ekspedisi melalui jalur transportasi udara bertujuan mempercepat

proses pengiriman barang dilakukan dengan memanfaatkan ruang kargo yang tersedia pada penerbangan pengangkutan penumpang berjadwal dari maskapai penerbangan.

Kapasitas kargo udara ditentukan oleh kapasitas ruang pada belly cargo pesawat yang berada di bawah lantai kabin. Kapasitas *belly cargo* bervariasi tergantung tipe pesawat yang digunakan. Perbedaan kapasitas tersebut mempengaruhi proses pengiriman kargo apabila kargo tersebut harus melalui proses transit dan menggunakan tipe pesawat yang berbeda.

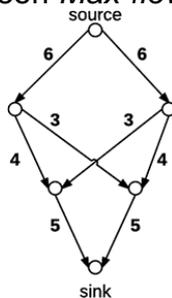
Perkiraan kapasitas maksimum kargo udara dapat dilakukan dengan

metode *maximum flow*. Rute yang dipilih untuk simulasi pada penelitian ini adalah rute penerbangan dari Bandara Soekarno-Hatta (CGK) ke Bandara Syamsudin Noor (BDJ).

## METODE

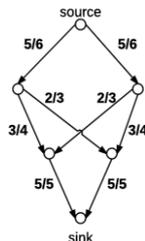
### Maximum Flow

Permasalahan *maximum flow* adalah menemukan hukum melalui alur aliran yang maksimal. Lebih lanjut, masalah ini dapat dilihat sebagai kasus khusus dari masalah alur aliran yang lebih kompleks. *Maximum flow* juga terkait dengan pemotongan di dalam jaringan oleh teori *Max-flow min-cut*<sup>[1]</sup>.



**Gambar 1** Maximum Flow<sup>[7]</sup>

Contoh dari teori minimum cut-maximum flow adalah gambar diatas. Pada Gambar diatas jaringan graf memiliki 8 sisi dengan bobot yang berbeda-beda. Sumber objek berasal dari atas jaringan graf, mengalir menuju bagian bawah graf. Pada jaringan ini, dapat terlihat jelas apabila 2 sisi dengan bobot 5 dihilangkan dari graf, maka jaringan graf diatas menjadi graf tak terhubung. Maka, dapat disimpulkan bahwa maksimum objek yang dapat dibawa adalah 10. Ilustrasi lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 2** Maximum Flow<sup>[7]</sup>

Secara umum, ada beberapa kunci dari teori ini agar teori ini bekerja dengan semestinya. Pertama, jaringan

graf haruslah jaringan graf berarah yang memiliki bobot pada sisi-sisinya. Jaringan graf ini haruslah hanya bekerja dalam satu arah, dan tiap-tiap sisinya memiliki bobot maksimum sesuai dengan bobotnya. Arah pada jaringan graf haruslah berasal dari satu simpul dan arah pada tiap sisi yang bersisian dengan suatu simpul mengarah pada simpul final yang bernama 'sink'. (S) memuat simpul sumber dan himpunan simpul kedua (T) memuat simpul sink. Simpul sumber dan simpul sink tidak dapat berada di himpunan simpul yang sama. *Cut-set* tentu memiliki bobotnya sendiri<sup>[7]</sup>.

### Tipe pesawat rute CGK-BDJ

Tipe pesawat yang melayani penerbangan yang menghubungkan CGK dan BDJ terdapat pada tabel 1.

**Tabel 1** Tipe pesawat rute CGK-BDJ

No.	RUTE	AIRCRAFT	MASKAPAI	KAPASITAS MAKSIMUM
1	CGK → SRG → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>
2	CGK → SUB → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>
3	CGK → SUB → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>
4	CGK → BPN → BDJ	BOEING 737-800 & ATR 72-600	Lion Air & Wings Air	45,2 m <sup>3</sup> & 10,6 m <sup>3</sup>
5	CGK → BPN → BDJ	BOEING 737-800 & ATR 72-600	Lion Air & Wings Air	45,2 m <sup>3</sup> & 10,6 m <sup>3</sup>
6	CGK → UPG → BDJ	BOEING 737-800 & ATR 72-600	Lion Air & Wings Air	45,2 m <sup>3</sup> & 10,6 m <sup>3</sup>
7	CGK → UPG → BDJ	AIRBUS A320 & ATR 72-600	Batik Air & Wings Air	44,1 m <sup>3</sup> & 10,6 m <sup>3</sup>
8	CGK → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>
9	CGK → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>
10	CGK → BDJ	BOEING 737-800	Lion Air	45,2 m <sup>3</sup>

Pada baris pertama tabel 1 terdapat rute CGK-SRG-BDJ yang hanya menggunakan satu jenis pesawat yaitu pesawat Boeing 737-800 dengan kapasitas maksimum 45,2 m<sup>3</sup>. Rute tersebut merupakan salah satu contoh rute yang melalui bandara transit. Adapun rute yang melakukan penerbangan sebanyak dua kali seperti pada rute CGK-SUB-BDJ, CGK-BPN-BDJ, CGK-UPG-BDJ, dan pada rute

CGK-BDJ melakukan penerbangan sebanyak tiga kali.

### Kapasitas volume kargo

Ruang kargo juga digunakan untuk bagasi penumpang, sehingga kapasitas kargo yang dapat digunakan merupakan kapasitas sisa. Kapasitas yang tersisa pada setiap tipe pesawat dapat diketahui dengan mengetahui total volume cargo penumpang dari setiap pesawat. Adapun total volume cargo penumpang pada setiap pesawat dijelaskan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kapasitas Volume Kargo Penumpang

JENIS PESAWAT	PENUMPANG	VOLUME BAGASI	TOTAL VOLUME
BOEING 737-800	184	0,06 m <sup>3</sup>	11,5 m <sup>3</sup>
AIRBUS A320-200	180	0,06 m <sup>3</sup>	10,8 m <sup>3</sup>
ATR 72-600	78	0,06 m <sup>3</sup>	4,68 m <sup>3</sup>

Kapasitas kargo tersisa untuk tiap tipe pesawat terdapat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Kapasitas Kargo tersisa

JENIS PESAWAT	KAPASITAS KARGO	TOTAL KARGO PENUMPANG	KAPASITAS KARGO TERSISA
BOEING 737-800	45,20 m <sup>3</sup>	11,5 m <sup>3</sup>	33,70 m <sup>3</sup>
AIRBUS A320-200	44,1 m <sup>3</sup>	10,8 m <sup>3</sup>	33,30 m <sup>3</sup>
ATR 72-600	10,60 m <sup>3</sup>	4,68 m <sup>3</sup>	5,92 m <sup>3</sup>

Dengan demikian kapasitas untuk setiap rute dapat ditentukan seperti pada tabel 4 dan tabel 5.

**Tabel 4.** Kapasitas tiap rute

RUTE	TIPE PESAWAT	KAPASITAS (m <sup>3</sup> )
CGK-SRG-BDJ	B737-800	33,7
CGK-SUB-BDJ	B737-800	33,7
CGK-SUB-BDJ	B737-800	33,7
CGK-BPN-BDJ	B737-800	33,7
	ATR72-600	5,92
CGK-BPN-BDJ	B737-800	33,7
	ATR72-600	5,92
CGK-UPG-BDJ	B737-800	33,7
	ATR72-600	5,92
CGK-UPG-BDJ	A320	33,3
	ATR72-600	5,92
CGK-BDJ	B737-800	33,7
CGK-BDJ	B737-800	33,7
CGK-BDJ	B737-800	33,7

**Tabel 5.** Kapasitas tiap segmen rute

RUTE	KAPASITAS MAKSIMUM	RUTE	KAPASITAS MAKSIMUM
CGK-SRG	33,7	SRG-BDJ	33,7
CGK-SUB	67,4	SUB-BDJ	67,4
CGK-BPN	67,4	BPN-BDJ	11,84
CGK-UPG	67	UPG-BDJ	11,84
CGK-BDJ	101,1	-	-

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa pesawat dengan rute CGK-UPG memiliki kapasitas maksimum 67 m<sup>3</sup>, dikarenakan rute ini memiliki dua kali penerbangan dengan rute yang sama namun memiliki jenis pesawat yang berbeda, sedangkan rute lanjutannya yaitu UPG-BDJ hanya menggunakan satu jenis pesawat yang memiliki kapasitas maksimum 11,84 m<sup>3</sup>.

### Kapasitas kargo menurut berat

Kapasitas Cargo menurut berat ditentukan berdasarkan maksimum payload pesawat dikurangi berat penumpang dan berat bagasi penumpang. Berat maksimum payload ditentukan dari berat take off dikurangi berat bahan bakar dan berat kosong pesawat. Berat setiap penumpang diasumsikan 70 kg dan berat bagasi per penumpang diasumsikan 20 kg. Kapasitas kargo menurut berat dengan asumsi kursi penumpang terisi penuh

dan semua penumpang membawa bagasi terdapat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 6.** Kapasitas kargo per pesawat

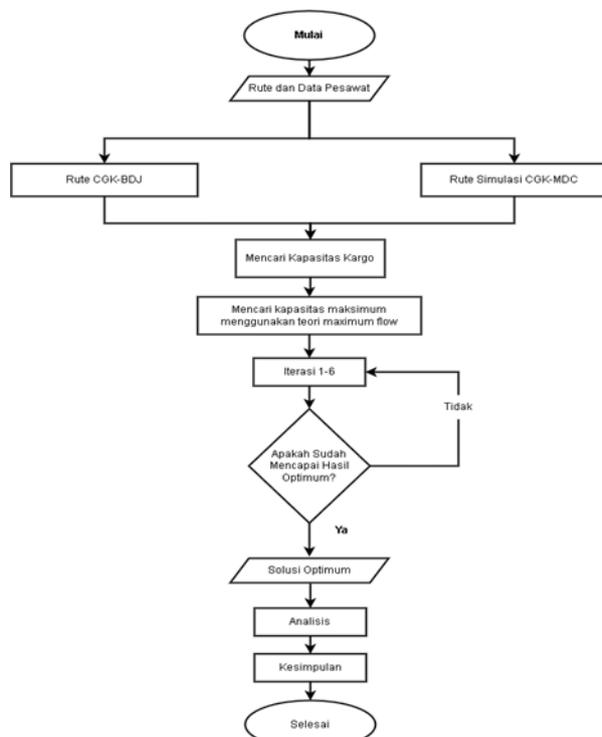
JENIS PESAWAT	Payload Maks	Berat Penumpang	Bagasi	Kapasitas Kargo
B737-800	20,276	12880	3680	3,716
A320-200	19,950	12600	3600	3,750
ATR72-600	7,500	5460	1560	480

**Tabel 7.** Kapasitas kargo per rute

RUTE	KAPASITAS MAKSIMUM	RUTE	KAPASITAS MAKSIMUM
CGK-UPG	7,466 kg	UPG-BDJ	960 kg
CGK-SRG	3,716 kg	SRG-BDJ	3,716 kg
CGK-BDJ	11,148 kg	-	-
CGK-SUB	7,432 kg	SUB-BDJ	7,342 kg
CGK-BPN	7,432 kg	BPN-BDJ	960 kg

### Diagram Alir Metodologi Penelitian

Tahapan pada proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3 sebagai berikut :

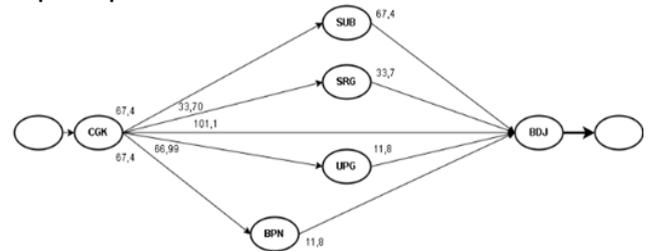


**Gambar 3** Diagram Alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Maximum flow berdasarkan volume

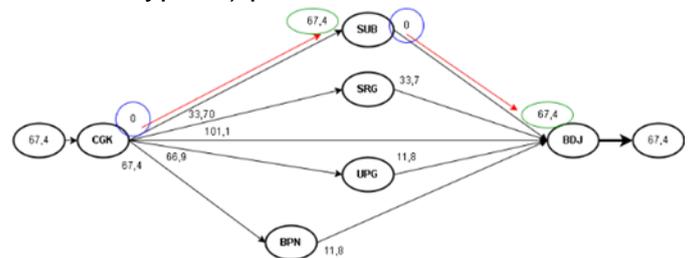
Rute CGK-BDJ dengan kapasitas tiap rute maka akan diperoleh jaringan seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4** Jaringan Rute CGK-BDJ

Keterangan:

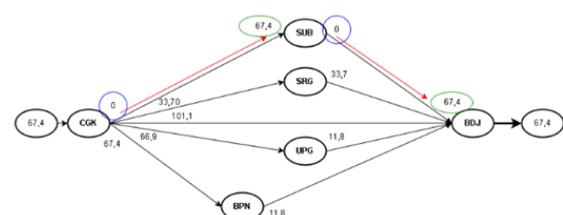
- Arah rute penerbangan ditunjukkan dengan tanda panah.
- Angka pada ujung dasar panah menyatakan kapasitas maksimum keberangkatan (jumlah frekuensi maksimum yang melalui jalur antar waypoint) per hari.



**Gambar 5** Jaringan Residual awal

Keterangan:

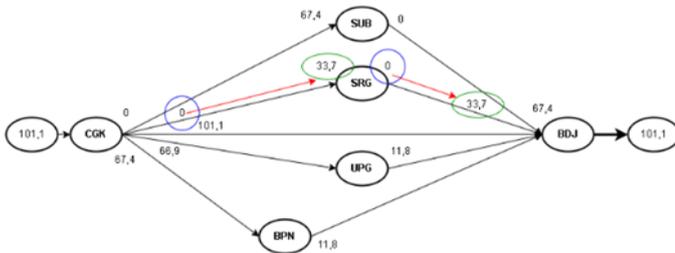
- Dipilih sebuah rute yaitu CGK-SUB-BDJ yang memiliki kapasitas residual minimal ( $67,4 \text{ m}^3$  dan  $67,4 \text{ m}^3$ ) =  $67,4 \text{ m}^3$  adalah kapasitas terkecil.
- Pada rute CGK-SUB-BDJ dilakukan penerbangan sebanyak dua kali.



**Gambar 6** Iterasi 1 CGK-SUB-BDJ

Keterangan:

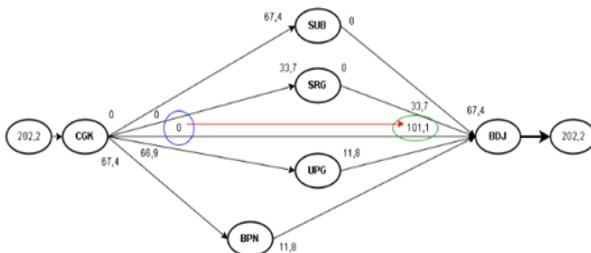
- Dengan memasukkan frekuensi sebesar  $67,4 \text{ m}^3$  kapasitas kargo akan berkurang, dan jumlah frekuensi dituliskan pada ujung panah (tujuan).
- Rute ini mempunyai 2 jadwal keberangkatan dan kapasitas maksimumnya telah dijumlahkan.



**Gambar 7** Iterasi 2 CGK-SRG-BDJ

Keterangan:

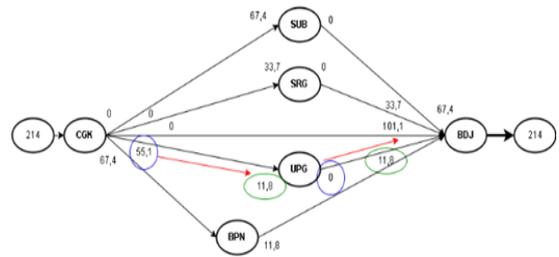
- Dengan memasukkan rute CGK-SRG-BDJ maka tambahan menjadi  $101,1 \text{ m}^3$
- Frekuensi keberangkatan berkurang.



**Gambar 8** Iterasi 3 rute CGK-BDJ

Keterangan:

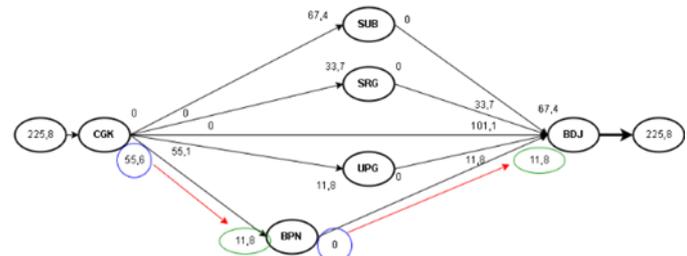
- Rute CGK-BDJ memiliki residual  $101,1 \text{ m}^3$  dijumlahkan menjadi  $202,2 \text{ m}^3$ .
- Rute ini memiliki 3kali keberangkatan jadi dikalikan 3.



**Gambar 9** Iterasi 4 rute CGK-UPG-BDJ

Keterangan:

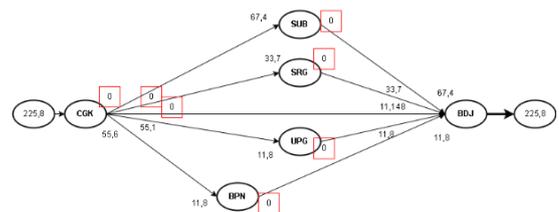
- Rute ini memiliki 2 kali keberangkatan dengan kapasitas yang berbeda dan telah dijumlahkan keduanya.
- Setelah dijumlahkan kapasitas residualnya yaitu  $11,8 \text{ m}^3$  menjadi  $214 \text{ m}^3$ .



**Gambar 10** Iterasi 5 rute CGK-BPN-BDJ

Keterangan:

- Rute CGK-BPN-BDJ memiliki kapasitas residual  $11,8 \text{ m}^3$  dijumlahkan dengan kapasitas residual sebelumnya yaitu menjadi  $225,8 \text{ m}^3$ .
- Rute ini memiliki 2 kali keberangkatan dengan kapasitas yang telah dijumlahkan.

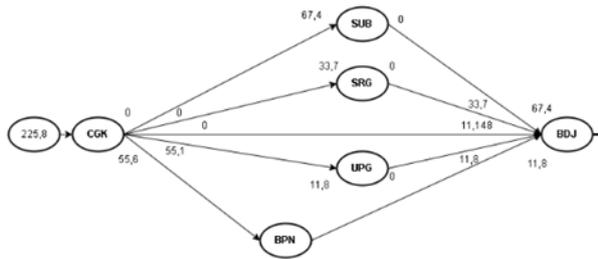


**Gambar 11** Iterasi 6 jaringan optimum

Keterangan:

- Karena sudah tidak ada lagi lintasan yang mempunyai

kapasitas residual (aliran) positif, maka pola aliran di atas sudah optimal.



**Gambar 12** Solusi optimum

Solusi optimum untuk kapasitas kargo adalah seperti di atas dengan total frekuensi yang mengalir dari CGK ke BDJ yaitu sebesar 225,8 m<sup>3</sup>.

### Analisis

Berdasarkan teori maksimum flow yang digunakan dengan tujuan akhir bandara Syamsudin Noor (BDJ) terdapat sisa kargo sebanyak 55,1 m<sup>3</sup> pada rute CGK-UPG-BDJ dan 65,6 m<sup>3</sup> pada rute CGK-BPN-BDJ dikarenakan adanya perbedaan jenis pesawat. Pesawat awal Boeing 737-800 dan Airbus A320 dan berganti jenis pesawat menjadi ATR 72-600 setelah transit dimana kapasitas kargo dipesawat ini lebih kecil dibandingkan pesawat sebelumnya.

Total dari kapasitas maksimum kargo dari semua rute CGK menuju BDJ adalah 225,8 m<sup>3</sup>, total ini didapat dari jumlah kapasitas maksimum kargo pada rute CGK-SUB-BDJ sebanyak 67,4m<sup>3</sup> ditambah jumlah kapasitas maksimum kargo pada rute CGK-SRG-BDJ sebanyak 67,4m<sup>3</sup> lalu dijumlahkan kembali dengan jumlah kapasitas maksimum kargo pada rute CGK-BDJ dengan jumlah kapasitas maksimum sebanyak 101,1m<sup>3</sup> ditambah jumlah kapasitas maksimum kargo pada rute CGK-UPG-BDJ sebanyak 11,8m<sup>3</sup> dan dijumlahkan dengan rute yang terakhir yaitu CGK-BPN-BDJ sebanyak 11,8m<sup>3</sup>.

Total dari kapasitas maksimum kargo dari semua rute CGK menuju BDJ dengan menggunakan satuan

kilogram adalah 24,214 kg, total ini didapat dari penjumlahan kapasitas maksimum kargo dengan menggunakan cara yang sama seperti sebelumnya.

Pada simulasi maximum flow dengan rute CGK-MDC yang menggunakan jalur CGK-YIA-UPG-MDC kapasitas residualnya telah habis di bandara YIA, sementara pada rute CGK-SUB-MDC kapasitas residualnya telah habis di bandara CGK, dan pada rute CGK-BDJ-BPN-SUB-MDC kapasitas residualnya telah habis pada bandara BDJ, sehingga semua aliran rute sudah optimal dengan menunjukkan kapasitas maksimumnya pada rute CGK-MDC sebanyak 140,8 m<sup>3</sup>.

### KESIMPULAN

Hasil dari teori *maximum flow* yang dilakukan pada kargo pesawat dengan semua rute penerbangan CGK menuju BDJ menghasilkan total kargo sebanyak 225,8 m<sup>3</sup>, salah satu rute yaitu CGK-UPG-BDJ menyisakan kapasitas kargo sebanyak 55,1 m<sup>3</sup> dan rute CGK-BPN-BDJ juga menyisakan kapasitas kargo sebanyak 65,6 m<sup>3</sup> dikarenakan adanya perbedaan jenis pesawat. Sementara pada teori maximum flow menggunakan berat(kg) menghasilkan total kargo sebanyak 24,214 kg dengan semua rute dari CGK menuju BDJ. Hal ini menyatakan bahwa nantinya kargo yang dapat dikirim dengan rute CGK-BDJ selama satu hari hanya sebesar 225,8 m<sup>3</sup> dan 24,214 kg.

### DAFTAR PUSTAKA

Aero Corner., 2017, Specs, History Airbus A320-214: <https://aerocorner.com/aircraft/airbus-industrie-a320/> Diakses pada tanggal 4 Maret 2022.

- Aero Corner., 2018, Price, Specs, History Boeing 737-800: <https://aerocorner.com/aircraft/boeing-737-800/> Diakses pada tanggal 10 Maret 2022.
- Airbus., 2020, Aircraft Characteristics A320: <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A320.pdf> Diakses Pada tanggal 16 Agustus 2022.
- Andriany. Hardiana Devita., 2016, Algoritma Ford-Fulkerson Untuk Memaksimalkan Flow Pada Penjadwalan Jalur Kereta Api, Thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Atr Aircraft., 2020, The Leading Turboprop ATR 72-600: [https://www.atr-aircraft.com/wp-content/uploads/2020/07/2018\\_06\\_atr\\_72\\_marketing\\_booklet\\_153.pdf](https://www.atr-aircraft.com/wp-content/uploads/2020/07/2018_06_atr_72_marketing_booklet_153.pdf) /Diakses Pada Tanggal 16 Agustus 2022.
- Boeing., 2013, Airplane Characteristics 737: <https://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf> Diakses Pada tanggal 16 Agustus 2022.
- Cargo Tech., 2016, Pengertian Kargo, Jenis, dan Klasifikasinya. <https://Cargo.tech/blog/apa-itu-cargo-pengertian-dan-jenisnya/> Diakses pada tanggal 4 Maret 2022.
- Farizal. Thesa., 2014, PENCARIAN ALIRAN MAKSIMUM DENGAN ALGORITMA FORD-FULKERSON (Studi Kasus pada Jaringan Listrik Kota Tegal). Journal of mathematics. Vol 3. No 1.
- Flight Tracker-Real Flight Tracker., 2022 : <https://www.flightradar24.com/-7.1,109.59/8> Diakses Pada Tanggal 26 Maret 2022.
- Greenberg, J. (1998). Max Flow Labeling Algorithm. <http://glossary.computing.society.informs.org/notes/maxflowFF.pdf> Diakses pada tanggal 4 Maret 2022.
- Hangar Flight., 2016, Specs, History ATR 72: <https://hangar.flights/aircraft/atr-72-600/> Diakses pada tanggal 4 Maret 2022.
- Hangar Flight., 2016, Specs, History Boeing 737-900: <https://hangar.flights/aircraft/boeing-737-900er/> Diakses pada tanggal 10 Maret 2022.
- Sri Mulyono., 2004, Riset Operasi, Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Tiket Pesawat., 2022 : <https://www.traveloka.com/id-id/> Diakses Pada Tanggal 26 Maret 2022