

Analisis Bandar Udara Sam Ratulangi di Manado Sebagai Bandar Udara *Super Hub* untuk Jembatan Udara di Wilayah Indonesia Timur Ditinjau dari Konektivitas Kargo

Widhi Utomo Megantoro, dan Ervina Ahyudanari

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: ervina@ce.its.ac.id

Abstrak—Pada saat ini terdapat 34 bandara internasional di Indonesia, akan tetapi tidak semua bandar udara yang berstatus internasional memiliki penerbangan internasional. Menteri Perhubungan dan Dirjen Perhubungan Udara Kemenhub dalam sebuah forum ilmiah menyampaikan rencana evaluasi status 34 bandar udara tersebut dan mengubah konsep bandara internasional di Indonesia menjadi bandara *Hub* dan *Super Hub*. Bandar udara Sam Ratulangi di Manado, Sulawesi Utara direncanakan menjadi bandar udara *Super Hub* bidang logistik untuk mendukung jembatan udara wilayah Indonesia Timur. Di sisi lain, selama ini Bandar Udara Sultan Hasanuddin di Makassar, Sulawesi Selatan merupakan *Hub* untuk menghubungkan pergerakan penumpang dari wilayah Barat ke wilayah Timur Indonesia. Selama ini kargo diangkut bersamaan dengan pesawat penumpang. Apabila *hub* kargo dipusatkan pada Bandar Udara Sam Ratulangi, maka perlu ada studi terkait konektivitas antar bandara Sam Ratulangi dan Sultan Hasanuddin. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis mengenai indeks konektivitas Bandar Udara Sam Ratulangi dan Bandar Udara Sultan Hasanuddin sebagai pembandingan. Perhitungan Indeks konektivitas ini menggunakan model NetScan yang diciptakan oleh SEO Economics. Data yang diperlukan meliputi data bandara koordinator wilayah (korwil), data jadwal pergerakan pesawat beserta bandar udara yang dilayani, data jenis pesawat yang melayani, dan data jarak antar bandar udara. Hasil dari analisis menunjukkan Bandar Udara Sultan Hasanuddin memiliki nilai konektivitas yang lebih baik, pada penerbangan langsung memiliki nilai konektivitas sebesar 79,4 dan nilai konektivitas penerbangan tidak langsung sebesar -470. Sedangkan nilai konektivitas Bandar Udara Sam Ratulangi pada penerbangan langsung sebesar 31,5 dan pada penerbangan tidak langsung sebesar -552. Akan tetapi Bandar Udara Sam Ratulangi memiliki jarak tempuh rata-rata yang lebih dekat yaitu 1807,1 km dibandingkan dengan jarak tempuh rata-rata dari Bandar Udara Sultan Hasanuddin yang memiliki jarak rata-rata 2107,4 km.

Kata Kunci—Jembatan Udara, NetScan, Super Hub.

I. PENDAHULUAN

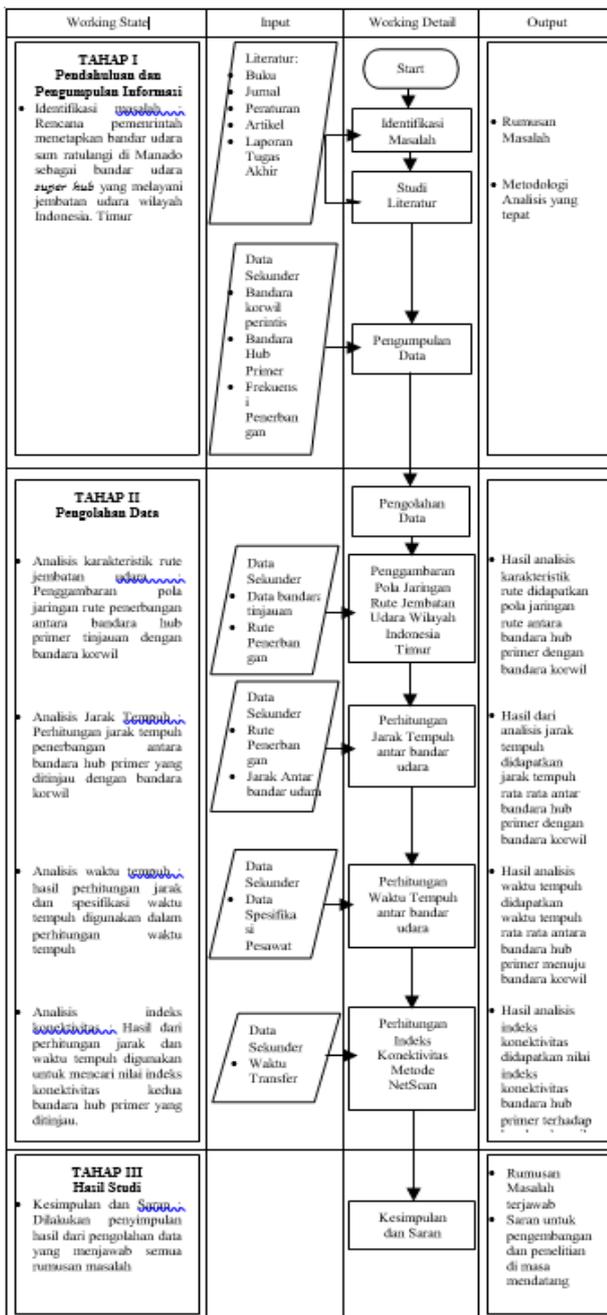
PADA saat ini berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan no. 166 tahun 2019 mengenai Rencana Induk Nasional Bandar Udara. Terdapat 34 bandar udara internasional yang tersebar di seluruh Indonesia. Akan tetapi 90% lalu lintas udara internasional yang berada di Indonesia hanya berfokus pada 4 bandar udara saja yaitu Bandar Udara Soekarno-Hatta di DKI Jakarta, Bandar Udara Kualanamu di Sumatera Utara, Bandar Udara Juanda di Jawa Timur, dan Bandar Udara Ngurah Rai di Denpasar. Serta terdapat 12 bandar udara yang memiliki penerbangan internasional tidak

lebih dari 3 kali dalam seminggu, bahkan ada yang tidak memiliki penerbangan internasional sama sekali.

Oleh karena itu pemerintah berencana mengevaluasi kembali status bandar udara internasional di Indonesia dan sedang mengembangkan konsep *hub primer* dan *super hub* bandar udara di Indonesia. Secara peraturan, belum ada definisi pasti mengenai pengertian dari bandar udara *hub* dan *super hub* ini. Namun pada salah satu forum webinar yang diadakan oleh Kementerian Perhubungan, bapak Direktur Jendral Perhubungan Udara yaitu Bapak Novie Riyanto menjelaskan mengenai konsep bandara *hub* dan *super hub* ini. Diharapkan konsep bandar udara *hub* dan *super hub* ini dapat meningkatkan konektivitas nasional untuk menunjang pengembangan daerah tertinggal, terpencil, terluar, dan perbatasan (3TP). Serta angkutan udara perintis dan meningkatkan rute penerbangan domestik maupun internasional. Nantinya pemerintah akan menetapkan 10 bandar udara *hub* – *hub primer* internasional dan 3 bandara yang akan menjadi bandar udara *superhub*.

Ketiga calon bandar udara tersebut diproyeksikan untuk mendukung *global supply chain* (mendukung penerbangan kargo dunia). Ketiga bandar udara *superhub* tersebut nantinya akan melayani konektivitas Area (sebagai akses ke kawasan ibu kota baru), konektivitas pariwisata (sebagai gerbang pariwisata bagi turis mancanegara), dan konektivitas logistik. Untuk konektivitas area, Bandar Udara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan karena lokasinya berada di Kalimantan Timur dekat dengan calon Ibu Kota Negara (IKN) baru. Sedangkan untuk konektivitas pariwisata, Bandar Udara Ngurah Rai di Denpasar, Bali akan ditugaskan menjadi bandar udara *superhub* di sektor pariwisata karena telah terkenal pariwisatanya oleh turis mancanegara dan telah terjadi jutaan pergerakan turis mancanegara tiap tahunnya. Dan untuk konektivitas logistik, Bandar Udara Sam Ratulangi di Manado, Sulawesi Utara ditunjuk sebagai calon bandar udara *super hub* sebagai pintu export langsung menuju timur asia seperti jepang, korea, dan china.

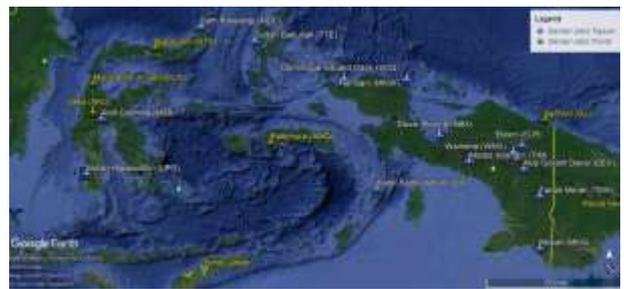
Bandar Udara Sam Ratulangi di Manado, Sulawesi Utara diantaranya ditujukan untuk mendukung kawasan pariwisata *super prioritas* Likupang. Mendukung jalur logistik Bitung peti kemas maupun non peti kemas. Sebagai bandar udara *superhub* logistik nasional maupun internasional. Mendukung Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Bitung dan Likupang. Dan juga sebagai Jembatan Udara untuk Wilayah Indonesia Timur.



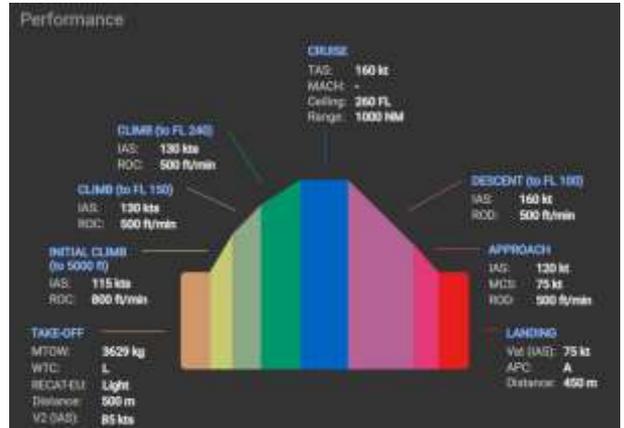
Gambar 1. Alur penyelesaian penelitian.

Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020 - 2024 (RPJMN) (Bappenas 2019) sebagai salah satu strategi kebijakan untuk mendukung pengembangan ekonomi dan pelayanan dasar adalah dengan membangun jembatan udara wilayah Indonesia Timur khususnya Papua. Jembatan udara bertujuan untuk menghubungkan daerah terpencil, daerah tertinggal, daerah yang belum terlayani oleh moda transportasi lain. Jembatan udara juga dimaksudkan guna mendorong pertumbuhan dan pengembangan wilayah guna mewujudkan stabilitas, pertahanan dan keamanan negara. Hal lain yang tidak kalah pentingnya adalah untuk mendukung penurunan disparitas harga barang di daerah tertinggal, terpencil, terluar, dan perbatasan (3TP), maka perlu diselenggarakan program jembatan udara yang terdiri dari angkutan udara perintis kargo dan subsidi angkutan udara.

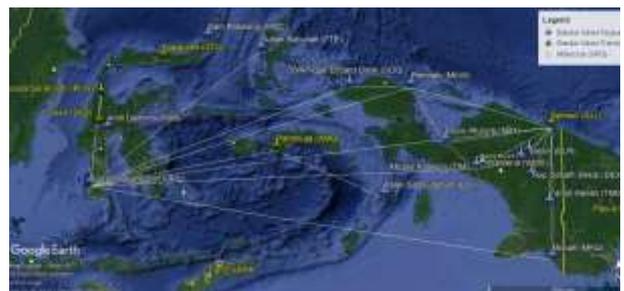
Salah satu penyebab terjadinya disparitas harga (kesenjangan harga) tersebut adalah mahalnya biaya logistik akibat topografi di wilayah Papua yang berupa pegunungan,



Gambar 2. Peta lokasi bandar udara tinjauan.



Gambar 3. Performa pesawat cessna C-208.



Gambar 4. Pola jaringan rute Bandar Udara Sultan Hasanuddin.

sehingga aksesibilitas orang dan barang pada wilayah tersebut sangat susah dan hanya bergantung pada angkutan udara. Oleh karena itu calon bandar udara super hub logistik untuk melayani jembatan udara di wilayah timur Indonesia haruslah memiliki konektivitas yang tinggi.

Pada saat ini terdapat dua bandar udara hub primer (berdasarkan hierarki bandar udara) untuk wilayah Indonesia Timur yaitu Bandar Udara Sultan Hasanuddin di Makassar, Sulawesi Selatan dan Bandar Udara Sam Ratulangi di Manado, Sulawesi Utara. Selama ini kargo udara selalu disertakan bersama penerbangan penumpang untuk menghindari biaya yang mahal. Apabila Superhub ditetapkan di Bandara Sam Ratulangi, perlu diadakan analisis lebih lanjut untuk mengetahui manakah diantara dua bandar udara tersebut yang memiliki konektivitas dan efisien yang lebih tinggi.

Oleh karena itu permasalahan yang akan di bahas pada jurnal ini adalah yang pertama bagaimanakah pergerakan transportasi udara dari kedua bandar udara hub primer (Bandar Udara Sultan Hasanuddin dan Bandar Udara Sam Ratulangi) terhadap bandar udara yang menjadi koordinator wilayah (korwil) bandar udara perintis. Yang kedua, Berapakah jarak/waktu tempuh dari kedua bandar udara hub primer (Bandar Udara Sultan Hasanuddin dan Bandar Udara Sam Ratulangi) menuju koordinator wilayah (korwil) bandar

Tabel 1.

Jaringan rute bandar udara sultan hasanuddin	
Rute Penerbangan	Jumlah/Minggu
Makassar (UPG) - Wamena (WMX)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Wamena (WMX)	30
2. Ujung Pandang (UPG) - Tembagapura (TIM) - Wamena (WMX)	7
Makassar (UPG) - Elelim (ELR)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Elelim (ELR)	7
Makassar (UPG) - Tanah Merah (TMH)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Tanah Merah (TMH)	7
Makassar (UPG) - Dekai (DEX)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Dekai (DEX)	17
Makassar (UPG) - Merauke (MKQ)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Merauke (MKQ)	5
2. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Merauke (MKQ)	16
Makassar (UPG) - Tembagapura (TIM)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Tembagapura (TIM)	19
2. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Tembagapura (TIM)	11
Makassar (UPG) - Manokwari (MKW)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Manokwari (MKW)	21
2. Ujung Pandang (UPG) - Sorong (SOQ) - Manokwari (MKW)	13
3. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Manokwari (MKW)	7
Makassar (UPG) - Nabire (NBX)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Sorong (SOQ) - Manokwari (MKW) - Nabire (NBX)	7
2. Ujung Pandang (UPG) - Tembagapura (TIM) - Nabire (NBX)	5
3. Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Nabire (NBX)	2
Makassar (UPG) - Sorong (SOQ)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Sorong (SOQ)	23
Makassar (UPG) - Langgur (LUV)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Ambon (AMQ) - Langgur (LUV)	14
Makassar (UPG) - Ternate (TTE)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Ternate (TTE)	14
Makassar (UPG) - Masamba (MXB)	
1. Ujung Pandang (UPG) - Palu (PLW) - Seko (SKO) - Masamba (MXB)	7
Jumlah	232

Tabel 2.

Jaringan rute bandar udara sam ratulangi	
Rute Penerbangan	Jumlah/Minggu
Manado (MDC) - Wamena (WMX)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Wamena (WMX)	7
2. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Timika (TIM) - Wamena (WMX)	3
Manado (MDC) - Elelim (ELR)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Elelim (ELR)	7
Manado (MDC) - Tanah Merah (TMH)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Tanah Merah (TMH)	7
Manado (MDC) - Dekai (DEX)	
1. Manado (MDC) - Ujung Pandang (UPG) - Jayapura (DJJ) - Dekai (DEX)	7
Manado (MDC) - Merauke (MKQ)	
1. Manado (MDC) - Ujung Pandang (UPG) - Merauke (MKQ)	5
2. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Merauke (MKQ)	7
Manado (MDC) - Timika (TIM)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Timika (TIM)	3
2. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Timika (TIM)	7
Manado (MDC) - Manokwari (MKW)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Manokwari (MKW)	7
Manado (MDC) - Nabire (NBX)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Jayapura (DJJ) - Nabire (NBX)	7
2. Manado (MDC) - Sorong (SOQ) - Timika (TIM) - Nabire (NBX)	2
Manado (MDC) - Sorong (SOQ)	
1. Manado (MDC) - Sorong (SOQ)	12
Manado (MDC) - Langgur (LUV)	
1. Manado (MDC) - Ujung Pandang (UPG) - Ambon (AMQ) - Langgur (LUV)	7
Manado (MDC) - Ternate (TTE)	
1. Manado (MDC) - Ternate (TTE)	19
Manado (MDC) - Masamba (MXB)	
1. Manado (MDC) - Gorontalo (GTO) - Palu (PLW) - Seko (SKO) - Masamba (MXB)	4
2. Manado (MDC) - Ujung Pandang (UPG) - Palu (PLW) - Seko (SKO) - Masamba (MXB)	7
Jumlah	61

udara perintis. Yang ketiga, berapakah indeks konektivitas antara kedua bandar udara hub primer (Bandar Udara Sultan Hasanuddin dan Bandar Udara Sam Ratulangi) terhadap bandar udara yang menjadi koordinator wilayah (korwil) angkutan udara perintis. Dan yang terakhir, bandar udara mana yang lebih efisien untuk menjadi Superhub Kargo?

Adapun batasan permasalahan dalam pengerjaan jurnal ini adalah yang pertama asal penerbangan kargo hanya ditinjau dari Manado, Sulawesi Utara dan Makassar, Sulawesi Selatan tanpa mempertimbangkan asal kargo yang masuk ke dua kota tersebut. Yang kedua, diasumsikan angkutan kargo diikuti dengan pesawat komersil (pesawat penumpang). Yang ketiga, alur kargo mengikuti alur bagasi penumpang. Yang keempat, rute penerbangan yang ditinjau dari tanggal 1 Maret 2021 hingga 7 Maret 2021. Tidak mempertimbangkan historis data rute penerbangan sebelum pandemi covid-19. Dan yang terakhir, data yang tidak diperoleh akan diasumsikan dengan penjelasan pada bagian analisis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Pengerjaan

Pengerjaan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap pendahuluan dan pengumpulan informasi, pengolahan data dan hasil studi. Alur penyelesaian penelitian dijelaskan rinci pada Gambar 1.

B. Tahap Pengerjaan

Penyelesaian Tugas Akhir dengan judul “Analisis Bandar Udara Sam Ratulangi di Manado Sebagai Calon Bandar Udara Super Hub Untuk Jembatan Udara di Wilayah Indonesia Timur Ditinjau Dari Konektivitas Cargo” dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah
2. Studi Literatur
3. Pengumpulan Data
4. Pengolahan Data
5. Kesimpulan dan Saran



Gambar 5. Pola jaringan rute Bandar Udara Sam Ratulangi.



Gambar 6. Contoh peta jarak lingkaran bumi pada gmap.com.

C. Studi Literatur

Dalam tahapan ini dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan berbagai teori yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas. Studi literatur ini didapatkan dari buku, artikel, internet, jurnal, peraturan, laporan studi dan penelitian. Berikut beberapa referensi yang dijadikan acuan dalam pengerjaan.

1. Airport Indutry Connectivity Report 2019
2. Defining, Measuring, and Improving Air Connectivity
3. Connectivity of Medium Airports in Thailand [1]
4. Analysing Indonesian Air Connectivity Period of 2006 –2016 [2]
5. Airport connectivity evaluation: The study of Thailand [3]
6. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor KM 140 Tahun 2020 [4]
7. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor KM 166 Tahun 2019 [5]
8. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 39 Tahun 2019 [6]

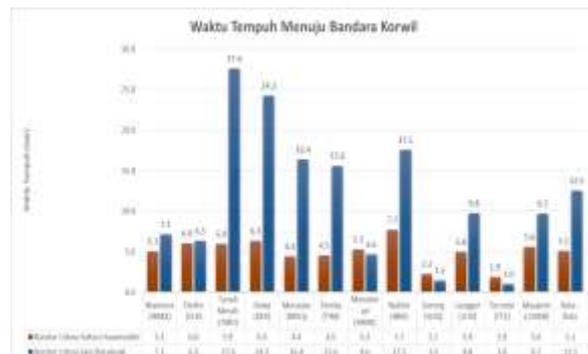
D. Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk tugas akhir ini menggunakan data sekunder untuk pemenuhan kebutuhan data. Peta lokasi tertera pada Gambar 2. Adapun data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Bandar Udara Sultan Hasanuddin (UPG) di Makassar, Sulawesi Selatan. Sebagai Bandar Udara Hub Primer.
2. Bandar Udara Sam Ratulangi (MDC) di Manado, Sulawesi Utara. Sebagai Bandar Udara Hub Primer.
3. Bandar Udara Wamena (WMX) di Wamena, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Wamena.

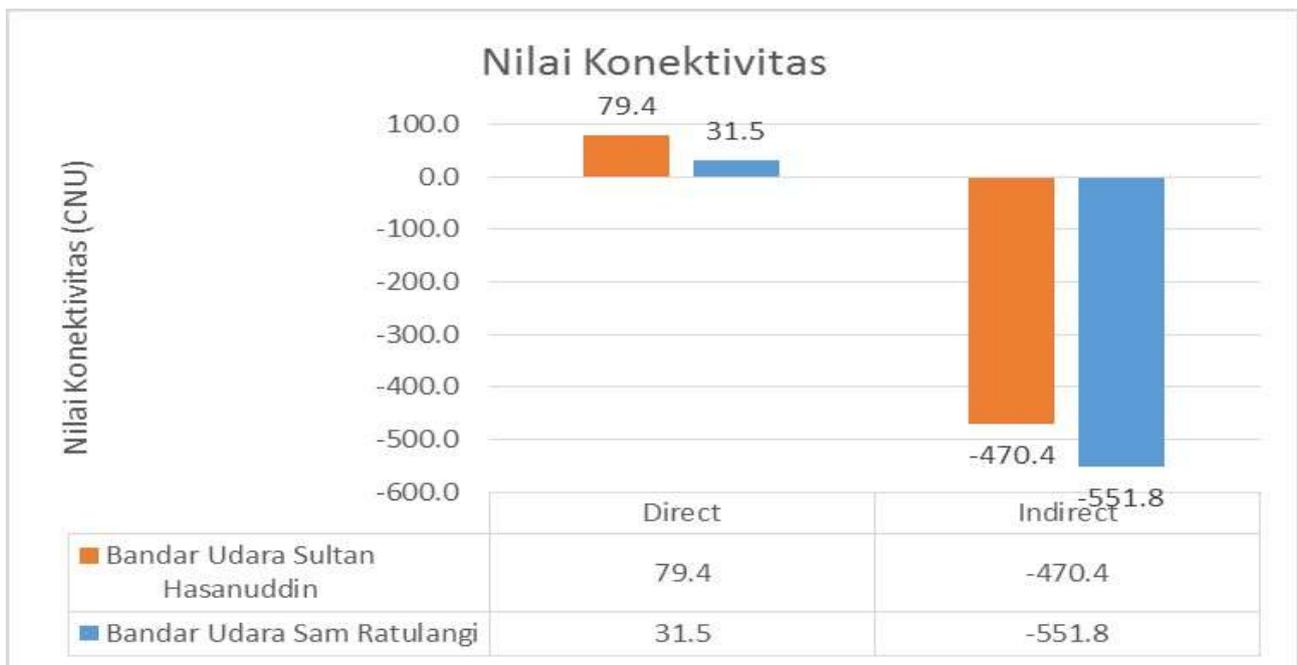


Gambar 7. Jarak tempuh antara Bandara Sultan Hasanuddin dan Bandara Sam Ratulangi terhadap korwil bandara perintis.



Gambar 8. Waktu tempuh antara Bandara Sultan Hasanuddin dan Bandara Sam Ratulangi terhadap korwil bandara perintis.

4. Bandar Udara Elelim (ELR) di Yalimo, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Elelim.
5. Bandar Udara Tanah Merah (TMH) di Boven Digoel, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Tanah Merah.
6. Bandar Udara Nop Goliath Dekai (DEX) di Yahukimo, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Dekai.
7. Bandar Udara Mopah (MKQ) di Merauke, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Merauke.
8. Bandar Udara Mozes Kilangin (TIM) di Timika, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Timika.
9. Bandar Udara Rendani (MKW) di Manokwari, Papua Barat. Sebagai Koordinator Wilayah Manokwari.
10. Bandar Udara Douw Aturure (NBX) di Nabire, Papua. Sebagai Koordinator Wilayah Nabire.
11. Bandar Udara Dominique Edward Osok (SOQ) di Sorong, Papua Barat. Sebagai Koordinator Wilayah Sorong.
12. Bandar Udara Karel Sadsuitubun (LUV) di Maluku Tenggara, Maluku. Sebagai Koordinator Wilayah Langgur.
13. Bandar Udara Sultan Babullah (TTE) di Ternate, Maluku Utara. Sebagai Koordinator Wilayah Ternate.
14. Bandar Udara Andi Jemma (MXB) di Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Sebagai Koordinator Wilayah Masamba.
15. Bandar Udara Sentani (DJJ) di Jayapura, Papua. Sebagai Bandar Udara Transit.
16. Bandar Udara Djalaluddin (GTO) di Gorontalo, Gorontalo. Sebagai Bandar Udara Transit.
17. Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri (PLW) di Palu, Sulawesi Tengah. Sebagai Bandar Udara Transit.
18. Bandar Udara Seko (SKO) di Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Sebagai Bandar Udara Transit.
19. Bandar Udara Pattimura (AMQ) di Ambon, Maluku. Sebagai Bandar Udara Transit.



Gambar 9. Nilai konektivitas Bandara Sultan Hasanuddin dan Bandara Sam Ratulangi.

Tabel 3. Perhitungan durasi penerbangan

Jayapura (DJJ) - Elelim (ELR)	Keb. Waktu min	Panjang Gradien ft	Jarak Horizontal ft	Jarak Horizontal km
Initial Climb (to 5000 ft)	5.89	68580	68418.00	20.85
Climb (to 15000 ft)	20.00	263299.4	263109.43	80.20
Climb (to 24000 ft)	18.00	236969.5	236798.49	72.18
Cruise	-	-	-	-
Descent (to 10000 ft)	28.00	453685.1	453469.06	138.22
Approach	16.98	206345.7	206170.98	62.84

Tabel 4. Perhitungan waktu tempuh

Waktu Keberangkatan	Flight	Kota Keberangkatan	Waktu Kedatangan	Flight	Kota Kedatangan	Durasi Penerbangan (Jam)	Waktu Transit (Jam)	Waktu Tempuh (Jam)
2:55 AM	CTV 250	Ujung Pandang	7:40 AM	CTV 250	Jayapura	3.8	0.8	5.2
8:25 AM	TGN 7303	Jayapura	9:05 AM	TGN 7303	Wamena	0.7	--	
Total						4.4	0.8	

E. Pengolahan Data

Setelah data sekunder terkumpul, dapat dilakukan pengolahan data menggunakan teori yang telah ditetapkan pada tinjauan pustaka dengan tahapan sebagai berikut :

1) Karakteristik Rute Jembatan Udara di Wilayah Indonesia Timur

Karakteristik rute menggambarkan pergerakan pesawat dari Bandar Udara Sam Ratulangi maupun Bandar Udara Sultan Hasanuddin yang melayani rute Jembatan Udara di Wilayah Indonesia Timur. Rute ini hanya meninjau rute angkutan penumpang, karena diasumsikan angkutan cargo diikutkan pada penerbangan penumpang. Adapun yang perlu diperhatikan dalam meninjau karakteristik rute jembatan udara adalah sebagai berikut:

1. Bandara Korwil yang dilayani oleh Bandara Sam Ratulangi maupun Bandara Sultan Hasanuddin.
2. Frekuensi penerbangan antara Bandara Sam Ratulangi maupun Bandara Sutan Hasanuddin terhadap Bandara Korwil yang dilayani.
3. Tipe Pesawat yang melayani rute penerbangan tersebut.

2) Menghitung Jarak Tempuh Antar Bandar Udara

Pada perhitungan jarak di penelitian ini menggunakan data yang didapatkan dari <https://www.gcm.com/>. Perhitungan jarak ini berbeda dengan perhitungan jarak biasa pada peta, karena mempertimbangkan kelengkungan bumi. Pada dasarnya pengukuran ini menggunakan Haversine formula untuk mengukur great – circle distance atau jarak lingkaran besar yaitu jarak terdekat antara dua titik pada sebuah bola.

Untuk penerbangan tidak langsung (indirect) maka jarak dihitung dengan menjumlahkan antara jarak bandara asal menuju bandara transit dengan jarak bandara transit menuju bandara tujuan.

3) Menghitung Waktu Tempuh Antar Bandar Udara

Waktu tempuh penerbangan didapat dari durasi penerbangan untuk penerbangan langsung, dan untuk penerbangan tidak langsung didapatkan dari menjumlahkan dua atau lebih durasi penerbangan berdasarkan jumlah transit dan ditambahkan waktu transit. waktu tempuh penerbangan didapatkan dari jadwal keberangkatan dan kedatangan pada masing masing bandar udara. Untuk waktu transfer

diasumsikan selama 45 menit.

Sedangkan untuk bandar udara yg tidak didapatkan data keberangkatan dan kedatangannya akan dihitung durasi penerbangannya berdasarkan performa pesawat pada fase gerak di ruang udara. Yang meliputi beberapa tahapan yaitu: *Take-off, Initial Climb, Climb 1, Climb 2, Cruise, Descent, Approach*, serta *Landing* seperti pada Gambar 3. Perhitungan durasi pada tiap fase sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \text{Beda Ketinggian} / (\text{ROC atau ROD}) \quad (1)$$

Dimana:

Durasi: Waktu yang dibutuhkan pada suatu tahapan fase (menit)

Beda Ketinggian: Selisih ketinggian fase sesudah dan sebelum (ft)

ROC / ROD: Rate of Climb / Rate of Descent merupakan kecepatan vertical pendakian maupun penurunan (ft/min)

Setelah mendapatkan durasi suatu fase, maka dapat dicari jarak gradien pendakian atau jarak gradien penurunannya.

$$\text{Jarak Gradien} = \text{Durasi} \times \text{IAS} \quad (2)$$

Dimana:

Jarak Gradien : Jarak kemiringan (ft)

Durasi : Durasi satu fase (menit)

IAS : *Indicated Air Speed* (Kecepatan Udara) (ft/min)

Setelah didapatkan jarak gradien, dapat dilakukan perhitungan jarak horizontal suatu fase menggunakan rumus *phytagoras* sebagai berikut:

$$\text{Jarak Horizontal} = \sqrt{\text{Gradien}^2 - \text{Beda Tinggi}^2} \quad (3)$$

Dimana:

Jarak Horizontal = Jarak horizontal suatu fase (ft)

Jarak Gradien = Jarak kemiringan (ft)

Beda Tinggi = Beda tinggi antar fase (ft)

Setelah mendapatkan jarak dan durasi pada tiap fase, maka dapat dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan durasi penerbangan dan juga jarak tempuh. Apabila hasil perhitungan jarak tempuh lebih besar dibandingkan jarak antar bandara sebenarnya, maka durasi penerbangan tetap mengikuti hasil dari perhitungan dari performa pesawat. Karena fase fase tersebut sangat krusial untuk performa pesawat kecuali fase *cruise*.

4) Menghitung Waktu Tempuh Antar Bandar Udara

Setelah didapatkan jarak (*Great Circle Distance*), waktu tempuh penerbangan (*Flying Time*), dan Waktu Transfer (*Transfer Time*). Dapat dilakukan perhitungan nilai indeks konektivitas menggunakan metode NetScan sebagai berikut:

$$\text{NST} = (40 + 0.068 \times 1 \text{ gcd km}) / 60 \quad (4)$$

$$\text{MAXT} = (3 - 0.075 \times \text{NST}) \times \text{NST} \quad (5)$$

$$\text{PTT} = \text{FLY} + (3 - 0.075 \times \text{NST}) \times \text{TRF} \quad (6)$$

$$\text{QUAL} = 1 - (\text{PPT} - \text{NST}) / (\text{MAXT} - \text{NST}) \quad (7)$$

$$\text{CNU} = \text{QUAL} \times \text{FREQ} \quad (8)$$

Dimana:

NST = Waktu tempuh penerbangan langsung (jam)

MAXT = Waktu tempuh total maksimum (jam)

FLY = Waktu tempuh penerbangan (jam)

QLX = Indeks Kualitas suatu jaringan atau rute

FREQ = Jumlah frekuensi penerbangan

gcd km = great circle distance (km)

PTT = Waktu tempuh total yang dirasakan (jam)

TRT = Waktu transfer (jam)

CNU = Angka unit konektivitas

Model NetScan ini menggunakan data jadwal penerbangan langsung (Direct) sebagai inputannya. Penerbangan tidak langsung (Indirect) dihitung dengan menggabungkan dua penerbangan langsung dan memperhitungkan waktu transfer pada bandara transit. Penerbangan tidak langsung dimungkinkan di semua bandara selama dilayani oleh penerbangan maskapai yang sama, maupun maskapai yang berbeda namun telah menjalin kerja sama.

Penerbangan tidak langsung (Indirect) lebih sedikit menarik minat penumpang dikarenakan terdapatnya waktu transfer, oleh karena itu setiap rute atau jaringan harus dibobotkan sesuai kualitasnya masing masing. Kualitas dari suatu jaringan atau rute dibobotkan dengan nilai minimal 0 dan nilai maksimal 1. Suatu jaringan dengan nilai konektivitas 1 menandakan semakin diminati rute atau jaringan tersebut oleh penumpang. Begitupun sebaliknya apabila menunjukkan 0 maka menunjukkan rute atau jaringan tersebut sangat tidak diminati oleh penumpang. Sebuah penerbangan langsung (Direct) tanpa pemberhentian akan diberikan kualitas maksimum sebesar 1. Sedangkan kualitas penerbangan tidak langsung (Indirect) akan selalu lebih rendah dari 1 dikarenakan penambahan waktu transfer. Suatu jaringan akan bernilai semakin rendah apabila waktu tempuhnya yang semakin lama, apabila terlalu lama kualitas konektivitas suatu jaringan atau rute dianggap 0 karena dianggap sebagai suatu perjalanan yang tidak realistis terhadap penumpang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pola Jaringan Rute

Berdasarkan data sekunder yang didapat berupa jadwal keberangkatan dan kedatangan masing masing bandar udara tinjauan. Sehingga dapat dilakukan analisis pola jaringan rute dari bandar udara Sultan Hasanuddin dan bandar udara Sam Ratulangi ke masing masing bandar udara korwil tinjauan dengan cara melihat ketersediaan rute penerbangan dari masing masing bandara. Dengan asumsi apabila ada rute penerbangan yang membutuhkan transit, maka waktu transit minimal yang digunakan adalah 45 menit (asumsi menggunakan waktu Minimum Connecting Time / MCT maskapai Garuda Indonesia pada terminal 3 bandar udara Soekarno Hatta).

1) Pola Jaringan Rute Bandar Udara Sultan Hasanuddin (UPG)

Gambar 4 merupakan hasil pola jaringan rute pada bandara Sultan Hasanuddin. Pola jaringan rute ini menunjukkan rute mana saja yang dilayani oleh bandara sultan hasanuddin baik rute langsung maupun tidak langsung terhadap bandara korwil yang dilayani. Berikut pada Gambar 4 dan Tabel 1 menunjukkan pola jaringan rute dan frekuensi penerbangan dalam seminggu yang dilayani oleh bandara Sultan Hasanuddin.

Berdasarkan Tabel 1, Bandar udara Sultan Hasanuddin melayani total 232 rute penerbangan baik penerbangan

langsung maupun tidak langsung dalam 1 minggu terhadap korwil bandar udara perintis di wilayah Indonesia timur.

2) Pola Jaringan Rute Bandar Udara Sam Ratulangi (MDC)

Gambar 5 merupakan hasil pola jaringan rute bandar udara Sam Ratulangi.

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan jumlah penerbangan yang dilayani bandara sam ratulangi terhadap korwil bandara perintis berjumlah 61 penerbangan dalam 1 minggu.

B. Analisis Jarak Tempuh dan Waktu Tempuh

Setelah didapatkan rute – rute yang dapat dilayani oleh masing masing bandara Sultan Hasanuddin dan bandara Sam Ratulangi, tahapan berikutnya adalah menganalisis waktu tempuh dan jarak tempuh dari masing masing rute serta jarak lingkaran bumi (great circle distance) antara bandara asal dengan bandara tujuan. Jarak lingkaran bumi (great circle distance) antar dua bandara didapatkan dari <https://www.gcmap.com>

Pada Gambar 6 menunjukkan tampilan peta jarak pada laman gcmap.com, jarak yang ditampilkan merupakan jarak lingkaran bumi. Didapatkan untuk rute UPG-DJJ-WMX didapatkan total jarak sebesar 2586 km. Sedangkan untuk rute UPG-TIM-WMX didapatkan jarak sebesar 2159 km. Dengan menggunakan cara yang sama, dapat ditemukan jarak antara bandara UPG menuju bandara WMX sebesar 2155 km. Dan jarak pada rute rute lainnya dapat ditemukan. Setelah itu dapat ditemukan jarak tempuh rata rata yang dilayani bandara tersebut.

Dapat dilihat pada gambar 7 merupakan hasil perbandingan jarak tempuh dari rute yang dilayani oleh bandara sam ratulangi dan bandara sultan hasanuddin terhadap korwil bandara perintis. Didapatkan bandara Sam Ratulangi memiliki jarak tempuh yg lebih dekat dengan rata rata sejauh 1087,1 km sedangkan untuk bandara sultan hasanuddin memiliki jarak tempuh rata rata sejauh 2107,4 km.

C. Analisis Waktu Tempuh

Untuk perhitungan waktu tempuh terdiri dari durasi penerbangan ditambah waktu transfer atau waktu transit bagi rute penerbangan yang melakukan transit. Untuk data bandara perintis Elelim (ELR), Seko (SKO), Andi Djemma (MXB) tidak dapat diperoleh. Sehingga waktu keberangkatan menuju ke tiga bandar udara tersebut akan diasumsikan 45 menit setelah kedatangan pesawat pada rute sebelumnya untuk melanjutkan penerbangan kembali.

Pada bandara yang tidak dapat ditemukan data jadwal keberangkatan dan kedatangannya maka dilakukan perhitungan berdasarkan performa pesawat di ruang gerak udara seperti pada rumus (1) hingga (3). dengan asumsi kondisi cuaca normal, sehingga tidak mengganggu penerbangan.

Pada Tabel 3 merupakan contoh perhitungan durasi penerbangan pada rute Jayapura – Elelim dikarenakan tidak terdapat data jadwal keberangkatan dan kedatangan pada bandar udara elelim sehingga harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan durasi dari penerbangan tersebut. Diketahui rute ini dilayani oleh Susi Air menggunakan pesawat Cessna C208, sehingga data performa pesawat menggunakan data pesawat Cessna C208. Dengan menggunakan cara yang sama, dapat dilakukan perhitungan durasi penerbangan pada rute 2 bandara lainnya yaitu

masamba (MXB) dan Seko (SKO)

Tabel 4 merupakan contoh perhitungan waktu tempuh yang didapatkan dari durasi penerbangan ditambah waktu transfer. Adapaun untuk perhitungan dari waktu tempuh antar bandar udara akan ditampilkan pada gambar 7 dibawah.

Berdasarkan gambar 8 maka didapatkan untuk waktu tempuh rata rata bandara Sultan Hasanuddin memiliki waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan bandara Sam Ratulangi. Bandara Sultan Hasanuddin memiliki waktu tempuh rata rata selama 5,1 jam hal ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan waktu tempuh rata rata yang dimiliki oleh bandara Sam Ratulangi yang memiliki waktu tempuh rata rata selama 12,5 jam.

D. Analisis Nilai Konektivitas

Nilai konektivitas setiap rute dijumlahkan menjadi nilai konektivitas bandar udara tersebut. Pada studi kali ini, nilai konektivitas akan dibagi menjadi dua: yaitu nilai konektivitas rute penerbangan langsung (*direct*) dan nilai konektivitas rute penerbangan tidak langsung (*indirect*). Untuk hasil konektivitas, secara teori nilai dibawah 0 menunjukkan rute tersebut sangat tidak efisien diakibatkan pesawat harus transit di beberapa tempat atau harus menunggu waktu transfer yang begitu lama. Karena dalam perhitungan menggunakan metode NETSCAN ini faktor waktu sangat mempengaruhi nilai konektivitas. Apabila waktu transit atau waktu transfer begitu lama maka nilainya semakin kecil bahkan negatif.

Dengan menggunakan perhitungan metode NETSCAN seperti pada bagian metodologi, didapatkan hasil nilai konektivitas masing masing bandar udara tertera pada Gambar 9.

Berdasarkan hasil pada gambar 9, diperoleh nilai konektivitas bandar udara sultan hasanuddin terhadap korwil bandar udara perintis untuk penerbangan langsung (*direct*) didapatkan sebesar 79,38 dan untuk penerbangan tidak langsung (*indirect*) didapatkan sebesar -470,36. Hal ini jauh lebih baik dibandingkan dengan nilai konektivitas dari bandara sam ratulangi yang memiliki nilai konektivitas untuk penerbangan langsung (*direct*) sebesar 31,5 dan untuk penerbangan tidak langsung (*indirect*) sebesar -551,8. .

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis pada kedua bandara Hub Primer tinjauan yaitu Bandar udara Sultan Hasanuddin dan Bandar Udara Sam Ratulangi yang meliputi analisis pola jaringan rute, analisis jarak dan waktu tempuh, serta analisis nilai konektivitas terhadap bandara – bandara yang dilayani. Maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Untuk kondisi rute pada saat studi ini dibuat (1 maret 2021 hingga 7 maret 2021). Bandar Udara Sultan Hasanuddin memiliki jumlah rute yang dilayani lebih banyak dibanding Bandar Udara Sam Ratulangi yaitu berjumlah 232 rute penerbangan dalam seminggu. Hal ini berbanding jauh apabila dibandingkan dengan Bandar Udara Sam Ratulangi yang hanya melayani sebanyak 61 rute penerbangan dalam seminggu.

Dari segi jarak, didapatkan Bandar Udara Sam Ratulangi lebih unggul karena memiliki rata rata jarak tempuh pada kondisi rute saat ini dan jarak antar bandara yang lebih dekat

dibandingkan dengan Bandar Udara Sultan Hasanuddin. Dimana jarak tempuh rata – rata bandar udara Sam Ratulangi pada kondisi rute saat ini berkisar di 1807,1 km dan untuk jarak dengan bandara korwil yang dilayani rata rata berkisar di 1322,3 km. Sedangkan untuk Bandar Udara Sultan Hasanuddin memiliki jarak tempuh rata rata 2107,4 km dan jarak dengan bandara-bandara korwil berjarak rata – rata 1734,4 km.

Berdasarkan hasil analisis waktu tempuh, bandar udara Sultan Hasanuddin memiliki rata – rata waktu tempuh yang lebih cepat dibanding bandar udara Sam Ratulangi. Bandar udara Sultan Hasanuddin memiliki waktu tempuh rata- rata 5,1 jam.

Berkat jumlah rute yang dilayani lebih banyak, serta waktu tempuh lebih cepat membuat Bandar Udara Sultan Hasanuddin memiliki nilai konektivitas lebih tinggi dibandingkan dengan bandar udara Sam Ratulangi. Bandar Udara Sultan Hasanuddin memiliki nilai konektivitas untuk penerbangan direct bernilai 79,4 dan untuk penerbangan indirect bernilai -470. Sedangkan nilai konektivitas untuk Bandar udara Sam Ratulangi pada penerbangan direct mendapatkan nilai sebesar 31,5 dan untuk penerbangan indirect mendapatkan nilai -552.

Dapat ditarik kesimpulan untuk kondisi rute penerbangan saat ini (1 Maret 2021 hingga 7 Maret 2021) bandar udara Sultan Hasanuddin memiliki konektivitas yang lebih tinggi terhadap bandara bandara korwil dibandingkan dengan Bandar Udara Sam Ratulangi. Tetapi Bandar Udara Sam Ratulangi memiliki jarak tempuh yang lebih dekat dan juga jarak antar bandara yang lebih dekat.

B. Saran

Keputusan pemerintah berencana untuk menetapkan Bandar Udara Sam Ratulangi sebagai superhub logistik untuk mendukung program jembatan udara di wilayah Indonesia timur sudah tepat, karena dengan transit di beberapa kota diharapkan juga dapat mengisi *load factor* dari kapasitas

kargo pesawat tersebut dan didukung dengan jarak yang lebih dekat sehingga dapat menghemat biaya dari transportasi logistik tersebut. Dan diharapkan dapat menekan atau mengurangi tingginya harga barang pada wilayah Indonesia timur. Akan tetapi perlu adanya studi lebih lanjut mengenai permintaan barang di wilayah Indonesia Timur. Karena pada bandar udara Sam Ratulangi di Manado memiliki waktu tempuh yang cukup lama untuk menuju masing masing korwil bandar udara perintis, hal tersebut dapat berpengaruh apabila permintaan suatu barang di wilayah Indonesia Timur sangat tinggi tetapi tidak diikuti oleh distribusi barang yang cepat dapat menyebabkan kelangkaan pada barang tersebut yang membuat harga barang tersebut menjadi naik. Sehingga perlu adanya peningkatan jumlah rute maupun frekuensi penerbangan yang menyesuaikan dengan kebutuhan di Wilayah Indonesia Timur untuk mendukung kebijakan tersebut agar bandar udara Superhub memiliki konektivitas yang tinggi. Sehingga diharapkan tujuan dari program jembatan udara itu sendiri untuk mengurangi disparitas harga bisa tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Chaiwan and K. Y. Tippayawong, "Connectivity of medium airports in Thailand," 2018.
- [2] P. Nugraha, "Analyzing Indonesian air connectivity period of 2006 - 2016," *J. Civ. Eng. Forum*, vol. 3, no. 1, pp. 11--20, 2017.
- [3] A. Sopadang and T. Suwanwong, "Airport Connectivity Evaluation: The Study of Thailand," in *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2016, pp. 188--195.
- [4] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 140 Tahun 2020," p. 11, Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2020.
- [5] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 166 Tahun 2019," Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2019.
- [6] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2019 tentang Tatautan Kebandarudaraan Nasional," Jakarta: Kementerian Perhubungan Indonesia Republik Indonesia. 2019.