

Analisis Transportasi *Seaplane* terhadap Konektivitas Antar Pulau di Kabupaten Halmahera Selatan

Raihan Akbar Ghifari, dan Ervina Ahyudanari

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

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

Abstrak—Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di Dunia. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau, dimana hanya sekitar 7.000 pulau yang berpenghuni. Untuk negara yang terdiri dari banyak pulau seperti Indonesia, diperlukannya konektivitas transportasi yang baik. Namun, tidak dapat dipungkiri lagi masih banyak pulau-pulau yang sangat jarang disinggah karena keterbatasan transportasi, waktu tempuh perjalanan yang begitu lama, dll. Kabupaten Halmahera Selatan adalah kabupaten yang memiliki jumlah penduduk dan luas wilayah terbesar di Provinsi Maluku Utara. *Seaplane* sebagai alat transportasi yang dapat memanfaatkan laut sebagai tempat pendaratan diharapkan bisa memenuhi kebutuhan berpergian antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan analisis transportasi *seaplane* terhadap konektivitas antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan. Pengerjaan penelitian ini dilakukan dengan memodelkan grafik representasi, membuat matriks konektivitas jaringan dan mencari *travel time*, *travel cost* serta kapasitas antara transportasi kapal dan *seaplane*, kemudian dianalisis dengan cara membandingkan *travel time*, *travel cost* dan kapasitas antara penggunaan transportasi kapal dengan transportasi *seaplane* dalam berpergian antar pulau. Dari hasil analisis penelitian ini didapatkan jarak tempuh dan *travel time* antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan menggunakan kapal dan *seaplane*. Kemudian didapatkan dari memodelkan grafik representasi dan membuat matriks konektivitas jaringan didapatkan pulau mana saja di Kabupaten Halmahera Selatan yang tidak memiliki *direct* koneksi dengan pulau yang memiliki bandar udara yaitu Pulau Bacan ada 3 pelabuhan. Kemudian dari hasil analisis *travel time*, *travel cost*, dan kapasitas didapatkan perbandingan antara transportasi kapal dan *seaplane*, yang mana transportasi *seaplane* dapat menghemat *travel time* sangat jauh dibandingkan menggunakan transportasi kapal seperti dari Labuha ke Waikyon yang biasanya menggunakan kapal selama 331 menit, namun dengan menggunakan *seaplane* hanya selama 41 menit, akan tetapi harus mengeluarkan *travel cost* yang jauh lebih mahal dan hanya memiliki kapasitas terbatas dibanding dengan menggunakan kapal.

Kata Kunci—Konektivitas, *Seaplane*, *Travel Time*, *Travel Cost*, Kapasitas.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA adalah negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau, di mana hanya sekitar 7.000 pulau yang berpenghuni. Untuk Negara yang terdiri dari banyak pulau seperti Indonesia, diperlukan konektivitas transportasi yang baik. Fungsi konektivitas antar pulau yang baik adalah untuk meningkatkan akses antar pulau agar semakin mudah dijangkau, serta berkembang kegiatan pariwisata, edukasi serta gampangnya akses perlengkapan kesehatan.

Maluku Utara adalah salah satu provinsi di Indonesia.

Sebelum resmi menjadi sebuah provinsi, Maluku Utara merupakan bagian dari Provinsi Maluku, yaitu Kabupaten Maluku Utara dan Kabupaten Halmahera Tengah. Provinsi Maluku Utara memiliki 10 Kabupaten/Kota yang mana Kabupaten Halmahera Selatan merupakan Kabupatn/Kota yang memiliki jumlah penduduk dan luas wilayah terbesar. Ibu kota kabupaten ini terletak di Kota Labuha. Sebagai wilayah kepulauan, Kabupaten Halmahera Selatan membutuhkan angkutan penyeberangan sebagai sarana pergerakan orang dan barang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konektivitas angkutan laut sebagai alat penyeberangan di wilayah Halmahera Selatan sudah cukup bagus, namun mengingat transportasi angkutan laut seperti kapal memakan waktu yang cukup lama, mengakibatkan keterbatasan orang untuk berpergian antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan, baik itu dari segi perkembangan pariwisata, edukasi maupun perlengkapan kesehatan. Karena kabupaten Halmahera Selatan masih memiliki pulau-pulau yang indah dan dapat dijadikan tempat pariwisata sehingga meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar.

Semakin memasuki abad ke dua puluh satu, pesawat pun semakin berkembang teknologinya dengan muncul banyak pesawat amfibi. *Seaplane* atau pesawat amfibi adalah pesawat yang memiliki float pada bagian bawah badannya yang berguna untuk melakukan operasional di air. Selain juga memiliki sistem roda pendarat, sehingga pada saat tertentu tetap dapat melakukan operasional dari dan menuju daratan. Pada beberapa Negara, operasional *seaplane* sangat didukung dengan baik, sehingga aktifitasnya menjadi sangat mendukung terutama untuk pariwisata, kelautan dan perikanan. Di tempat atau daerah yang tak terjangkau angkutan darat, jika pesawat berbadan besar atau lainnya tak bisa dioperasikan, maka sangat cocok dioperasikan *seaplane* ini.

Kabupaten Halmahera Selatan memiliki laut yang sangat luas tetapi masih kurang dimanfaatkan baik itu dari segi transportasi ataupun pariwisata. *Seaplane* sebagai alat transportasi yang dapat memanfaatkan laut sebagai tempat pendaratan diharapkan bisa memenuhi kebutuhan berpergian antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan, yang mana transportasi ini dapat berpengaruh kepada kesejahteraan masyarakat Kabupaten Halmahera Selatan. Adapun beberapa program kesehatan yang dapat berpengaruh dari adanya *seaplane* di kabupaten Halmahera Selatan, seperti Dokter Terbang (*Flying Doctor*). Dokter Terbang adalah program yang dibentuk untuk memenuhi kebutuhan kesehatan masyarakat di daerah yang hanya dapat diakses melalui udara atau dengan berjalan kaki. Program Dokter

Terbang ini bisa menjadi opsi lain dari Program Rumah Sakit Apung di Kabupaten Halmahera Selatan.

Untuk meningkatkan konektivitas antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan, perlu dilakukan analisis transportasi *seaplane* yang direncanakan menghubungkan antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah dengan adanya transportasi jenis baru, yaitu *seaplane* di Kabupaten Halmahera Selatan dapat meningkatkan konektivitas antar pulau demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitar.

II. METODOLOGI

A. Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah, dilakukan dengan mencari data-data yang mendukung untuk menjawab rumusan masalah, yaitu data mengenai pulau yang memiliki penduduk, rute kapal penyeberangan antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan serta waktu tempuhnya.

B. Studi Literatur

Pada tahapan studi literatur dilakukan dengan membaca, memahami serta menarik kesimpulan dari buku, jurnal, peraturan, artikel ataupun laporan studi (tugas akhir) terdahulu yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

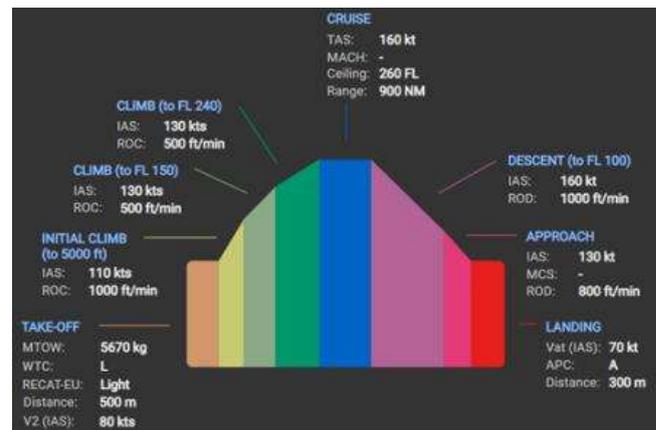
C. Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data dilakukan dengan memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan dari penulisan tugas akhir ini. Data-data tersebut dibutuhkan untuk proses analisis. Data yang dibutuhkan adalah daftar pulau yang memiliki penduduk, jarak antar pelabuhan dari pulau yang memiliki bandara (Pulau Bacan) ke pulau-pulau yang ditinjau diambil menggunakan google earth, data pasang surut dan data prakiraan tinggi gelombang air laut di Kabupaten Halmahera Selatan untuk mengetahui apakah pelabuhan di Halmahera Selatan dapat menjadi tempat yang cocok untuk dijadikan *waterbase*, kemudian data karakteristik *seaplane* dan *waterbase* dimana untuk karakteristik *seaplane* di butuhkan *Aircraft Performance Database* atau flash dari jenis pesawat yang akan ditinjau untuk menghitung berapa jarak yang aman untuk penerbangannya.

D. Pengolahan Data

Langkah terakhir dilakukan pengolahan data. Pada tahap awal pengolahan data adalah memodelkan grafik representasi yaitu model jaringan disusun untuk mengungkapkan konektivitas jaringan, dengan memisalkan pelabuhan sebagai simpul (*vertex*) dan pergerakan antar pelabuhan atau pelayaran satu dengan pelabuhan lain sebagai tautan (*edge*).

Tahap selanjutnya membuat matriks konektivitas jaringan, yaitu dari hasil model jaringan di tahap sebelumnya, di representasi ke dalam bentuk matriks konektivitas untuk mempermudah melihat hubungan antar wilayah yang terhubung maupun yang tidak terhubung. Dalam matriks konektivitas ini tidak memperhitungkan jalur pulau yang tidak langsung dengan pulau bacan. Nilai 1 untuk node yang terhubung dan nilai 0 untuk node-node yang tidak terhubung. Guna matriks konektivitas ini juga



Gambar 1. Flash pada pesawat Viking Twin Otter Series 400.

untuk mengetahui distribusi perjalanan yang terjadi dalam suatu sistem jaringan [1].

Tahap selanjutnya adalah analisis pola pergerakan *seaplane*, yaitu diperlukan data pola pergerakan pesawat yang akan beroperasi. Pola pergerakan pesawat dapat diketahui dan digambarkan secara detail berdasarkan *aircraft performance* yang didapat dari *manual* pada pesawat dapat dilihat gambar 1 [2]. Dalam analisis ini, akan diketahui apakah pola pergerakan *seaplane* tidak melebihi batas keselamatan operasional penerbangan yang akan beroperasi di Halmahera Selatan.

Kemudian pada tahap selanjutnya adalah analisis *travel time* antara kapal dan *seaplane*, yaitu Dari hasil membuat matriks representasi jaringan dan data *travel time* kapal antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan, kemudian di analisis *travel time* dengan cara dibandingkan penggunaan moda transportasi kapal yang sehari-hari digunakan dengan moda transportasi jenis baru, yaitu *seaplane*.

Dilanjutkan tahap analisis *travel cost* antara kapal dan *seaplane*, yaitu Dalam analisis ini untuk mencari *travel cost* kapal diperlukan data tarif dasar untuk angkutan kapal, jarak pelayaran, *load factor* (70 %) dan besaran pajak pelayaran (1,2 %) [3]. Untuk menghitung *travel cost* kapal dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Tarif} = \frac{\text{Tarif Dasar} + \text{Pph}}{\text{Load Factor}} \times \text{Jarak} \quad (1)$$

Selain menghitung *travel cost* untuk kapal, untuk menghitung *travel cost* angkutan udara untuk rute baru akan dibuat sebuah rumusan berdasarkan besaran tarif dasar penumpang pelayaran kelas ekonomi yang disediakan oleh PM 126 Tahun 2015 berdasarkan kelompok jarak untuk masing – masing tipe pesawat, dapat dilihat pada Tabel 1.

Data-data yang digunakan dan rumusan yang disusun untuk proses analisis berdasarkan uraian sebelumnya adalah data jarak terbang dari Bandara Oesman Sadik ke *Waterbase* yang ditinjau, data kapasitas pesawat yang beroperasi, data tarif dasar (Tabel 1), *Load factor* pesawat *propeller* = 70 %, dan *No frill Service Min* = 70 % [4].

$$\text{Jumlah seat terisi} = \text{LF} \times \text{Kapasitas seat} \quad (2)$$

$$\text{Pelayanan yang diberikan} = \text{Tarif dasar} \times \text{No frill min} \quad (3)$$

$$\text{Tarif dasar total} = \text{Pelayanan diberikan} \times \text{Seat terisi} \quad (4)$$

$$\text{BOP} = (\text{Tarif dasar total} \times \text{Jarak}) \times 90\% \quad (5)$$

$$\text{Margin keuntungan} = (\text{Tarif dasar total} \times \text{Jarak}) \times 10\% \quad (6)$$

Tabel 1.
Tarif Dasar Angkutan Udara

Kelompok Jarak (Km)	Jet	Propeller > 30 Seat	Propeller < 30 Seat
< 150	0	3886	7510
150 – 225	2931	3760	7228
226 – 300	2888	3417	6618
301 – 375	2515	3360	6481
376 – 450	2421	3230	6366
451 – 600	2300	2970	6227
601 – 750	2167	2900	
751 – 900	1877		
901 – 1050	1719		
1051 - 1400	1659		
> 1400	1440		

Tabel 2.
Daftar Pelabuhan yang Ditinjau

No.	Pelabuhan	No.	Pelabuhan	No.	Pelabuhan
1	Labuha	12	Guruapin	23	Gane Luar
2	Babang	13	Jikotamo	24	Bisui
3	Bajo	14	Madopolo	25	Mafa
4	Indari	15	Bibinoi	26	Wayaloar
5	Yaba	16	Pigaraja	27	Laiwui
6	Indong	17	Laromabati	28	Jikohay
7	Jiko	18	Waikyong	29	Sum
8	Palamea	19	Saketa		
9	Leleojaya	20	Dolik		
10	Busua	21	Pasipalele		
11	Laluin	22	Kukupang		

$$\text{Total BOP} = \text{BOP} + \text{Margin keuntungan} \quad (7)$$

$$\text{Harga tiket /seat} = \frac{\text{Total Biaya Operasional pesawat}}{\text{Jumlah Seat Terisi}} \quad (8)$$

Tahap terakhir adalah analisis kapasitas antara kapal dan *seaplane*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas kedua moda transportasi yang beroperasi yaitu transportasi kapal yang sehari-hari beroperasi antar pulau dan moda transportasi baru, *seaplane*. Kemudian dibandingkan antara keduanya untuk mengetahui mana moda transportasi yang lebih efisien.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Objek Penelitian dan Karakteristik Pelabuhan

Lokasi yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini adalah lokasi pelabuhan-pelabuhan yang berada di tiap pulau atau kecamatan di Kabupaten Halmahera Selatan.

Kabupaten Halmahera Selatan memiliki pelabuhan di setiap kecamatan/pulau untuk menunjang mobilisasi orang/barang. Jumlah dan uraian pelabuhan di tiap kecamatan/pulau. Akan tetapi, dalam penelitian ini hanya meninjau pelabuhan yang terdata rutenya dari Peraturan Daerah tentang RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Kabupaten Halmahera Selatan tahun 2012-2032. Setiap pelabuhan memiliki karakteristik rute pelabuhan yang menggambarkan pergerakan penumpang/barang dan kapal yang beroperasi pada suatu pelabuhan. Dalam tahap ini, untuk meninjau karakteristik bandara memperhatikan faktor-faktor antara lain Jumlah kecamatan/pulau yang dilayani oleh suatu pelabuhan dan frekuensi pelabuhan antar kecamatan/pulau yang dilayani tiap pelabuhan. Daftar pelabuhan yang ditinjau adalah seperti pada Tabel 2.

B. Grafik Representasi Jaringan

Rute pelayaran berdasarkan data sekunder yang didapat

Tabel 3.
Data pelayaran di Kabupaten Halmahera Selatan

Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan
Labuha	Bajo, Indari, Yaba, Indong, Jiko, Palamea, Leleojaya, Busua, Laluin, Guruapin, Jikotamo, Madopolo
Babang	Bibinoi, Pigaraja, Yaba, Laromabati, Waikyong, Saketa, Dolik, Pasipalele, Kukupang, Gane Luar, Bisui, Mafa, Madopolo, Jikotamo, Wayaloar
Bajo	Labuha
Indari	Labuha
Yaba	Labuha, Babang
Indong	Labuha
Jiko	Labuha
Palamea	Labuha
Leleojaya	Labuha
Busua	Labuha
Laluin	Labuha
Guruapin	Labuha
Jikotamo	Labuha, Babang
Maadopolo	Labuha, Babang, Laiwui
Bibinoi	Babang
Pigaraja	Babang
Laromabati	Babang, Waikyong
Waikyong	Babang, Laromabati
Saketa	Babang
Dolik	Babang
Pasipalele	Babang
Kukupang	Babang
Gane Luar	Babang
Bisui	Babang, Mafa
Mafa	Babang, Bisui
Wayaloar	Babang
Laiwui	Madopolo, Jikohay, Sum
Jikohay	Laiwui
Sum	Laiwui

merupakan gambaran jaringan nyata yang direpresentasikan dalam bentuk grafik. Gambar 2 menunjukkan grafik representasi dari rute pelayaran antar pelabuhan tiap kecamatan/pulau di Kabupaten Halmahera Selatan. Dengan memisalkan pelabuhan sebagai simpul/vertex (v) dan pergerakan antar pelabuhan satu dengan yang lain sebagai tautan/edge (e). Gambar grafik representasi di dapat dengan cara :

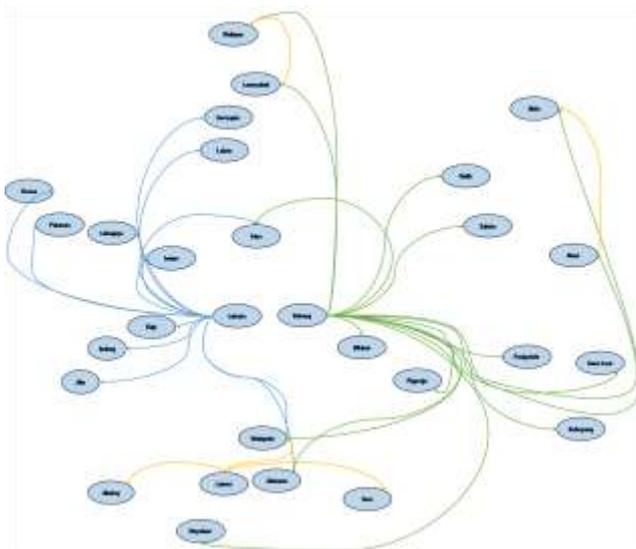
Pertama mempersiapkan data yang diperlukan, yaitu data pelabuhan yang ditinjau dan rute antar pelabuhan tujuan terlampir dalam tabel 3.

Kemudian dari data yang ada dapat digambarkan dengan menggunakan *shape* dan memisalkan lingkaran sebagai pelabuhan (node/simpul) lalu dihubungkan dengan garis lurus dengan panah menunjukkan koneksi antar pelabuhan, sesuai dengan data. Lalu untuk menambahkan node/pelabuhan lainnya dengan menambahkan fitur dengan garis koneksi yang di bedakan warnanya untuk mempermudah membedakan rute pelayaran pelabuhan asalnya. Lakukan untuk semua data yang ada sehingga menghasilkan grafik representasi seperti Gambar 2.

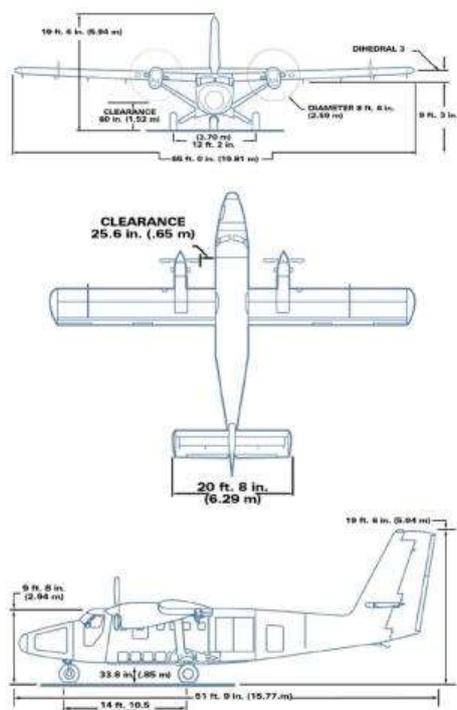
C. Matriks Konektivitas

Grafik Representasi pada Gambar 2 direpresentasikan sebagai matriks konektivitas, yang mengekspresikan konektivitas dari setiap pelabuhan satu dengan pelabuhan lainnya.

Memrepresentasikan matriks konektivitas dari grafik representasi, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut. Pertama, matriks konektivitas melibatkan sejumlah baris dan kolom yang setara dengan jumlah pelabuhan yang ditinjau. Kemudian pelabuhan yang ditinjau berjumlah 29 pelabuhan, maka matriks konektivitasnya adalah grid 29 × 29. Setiap



Gambar 2. Grafik Representasi Jaringan Kapal.



Gambar 3. Dimensi Viking Twin Otter Series 400.

pelabuhan yang saling terhubung diberikan nilai 1 di selnya (misalkan Labuha – Bajo). Sedangkan setiap pelabuhan yang tidak terhubung diberikan nilai 0 (misalkan Labuha – Labuha). Kemudian lakukan untuk semua data yang ada.

Pada tabel matriks konektivitas dapat memberikan ukuran konektivitas yang sangat mendasar dengan menjumlahkan koneksi-koneksi yang ada. Dimana penjumlahan dari nilai-nilai di sel matriks konektivitas dapat menunjukkan tingkat konektivitas tidak langsung tiap pelabuhan. Pelabuhan Babang merupakan pelabuhan dengan indeks konektivitas langsung tertinggi, yaitu sebesar 15 koneksi langsung (24,5902 %). Sedangkan Pelabuhan Bajo, Indari, Indong, Jiko, Palamea, Leleojaya, Busua, Luluin, Guruapin, Bibinoi, Pigaraja, Saketa, Dolik, Pasipalele, Kukupang, Gane Luar, Wayaloar, Laiwui, Jikohay dan Sum merupakan pelabuhan dengan indeks konektivitas paling rendah, yaitu 1 koneksi (1,6393 %).

D. Karakteristik Seaplane dan Waterbase

Seaplane adalah pesawat yang bisa beroperasi di air dan udara. Seaplane menjadi menarik karena mampu terbang di salju dan permukaan danau. Menerbangkan dan mendaratkan seaplane tidak jauh berbeda dengan pesawat biasa, perbedaannya adalah bisa terbang bisa terbang dan mendarat di permukaan air namun memerlukan keahlian khusus pada pilotnya. Pilot seaplane harus mengerti karakteristik permukaan air untuk lepas landas dan mendarat dengan aman di air.

Seaplane merupakan *free floating*, tidak mempunyai rem, seaplane akan selalu bergerak tergantung keadaan yang ditimbulkan oleh angin, arus air, dorongan baling – baling dan inersia. Ada tiga posisi atau *attitude* pada seaplane untuk bergerak di air : posisi *idling*, posisi *ploughing* dan posisi *planning* atau posisi *on the step*.

Seaplane dengan keadaan mesin pada RPM rendah akan tetap berada pada kondisi diam atau beristirahat di atas air, inilah yang dinamakan *idling position*. Kecepatan saat *taxy* biasanya berada di bawah 6 atau 7 knot sehingga air laut tidak mengenai baling – baling yang dapat menimbulkan korosi. Dalam kondisi angin tenang dan ringan, *lift* harus dikontrol dengan baik dan kekuatan penuh agar moncong pesawat dapat naik dan dapat mengurangi semburan air ke baling – baling, dan untuk meningkatkan maneuver pesawat.

Ketika daya dan kecepatan RPM meningkat dari posisi *idle*, *nose* atau moncong seaplane akan terangkat atau *ploughing position*. Kondisi ini tidak disarankan untuk *taxiing* kecuali pada saat kondisi air bergelombang kasar yang menginginkan untuk menaikkan baling – baling agar tidak terkena semburan air atau ketika seaplane memutar arah saat angin kencang. Untuk posisi ini, harus pada kekuatan penuh dan elevator dikontrol [5].

Pada tugas akhir ini hanya akan meninjau tentang seaplane jenis Viking Twin Otter Series 400 yang sama juga digunakan di Waterbase Pulau Bawah, Kepulauan Riau. Untuk karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 3.

Bandar udara perairan atau *waterbase* merupakan perpaduan antara bandar udara dan pelabuhan laut. Sehingga pada *waterbase* memungkinkannya perlengkapan dan peralatan yang harus ada pada keduanya. Secara perhitungan pembangunan *waterbase* lebih hemat dan efisiensi lahan dibandingkan dengan pembuatan infrastruktur lain, misalnya bandar udara di darat. Pembuatan *waterbase* hanya memerlukan kurang lebih 100 m × 55 m untuk apron (tempat menaik turunkan penumpang dan kargo) tanpa perlu adanya *runway* hanya memerlukan *taxiway* dengan luasan 15 m × 45 m. Dibandingkan dengan bandar udara di darat yang memerlukan *runway* 800 m dengan lebar 30 m ditambah dengan terminal dan apron. Sehingga dapat dikatakan biaya pembuatan *waterbase* lebih murah dan efisien lahan dibandingkan dengan pembangunan bandar udara di darat.

Pada *waterbase* hanya memiliki landasan pacu (*water operating area*) di atas air karena itu harus memperhatikan garis pantai dan penghalang lain seperti burung camar atau lainnya, termasuk perahu yang memungkinkan ada di sekitar daerah itu. Kedalaman perairan yang dipersyaratkan adalah 1,8 m atau minimum pada kedalaman 1 m untuk seaplane mesin tunggal dengan ketinggian gelombang dalam kategori tidak tinggi dan menghindari gelombang air yang terjadi

akibat kapal lewat serta kecepatan arus air tidak melebihi kecepatan 5,5 km/jam dan permukaan air bersih dari puing – puing yang mengambang. Karena alasan itu disarankan untuk melingkari area pendaratan dengan pelampung perairan (*buoy*), dan melengkapi *windsock* untuk menunjukkan arah angin. *Windsock* atau kantong angin harus dapat dilihat oleh pilot *seaplane* dari ketinggian 200 *feet* serta tidak terhalang oleh bangunan yang dapat mempengaruhi arah dan kecepatan angin biasanya *windsock* terbuat dari jenis bahan ringan dengan warna orange atau kombinasi orange-putih. Selain itu *waterbase* dilengkapi dengan dermaga dengan jarak 15 m dari jalur *taxiing way seaplane*.

Seperti pelabuhan, *waterbase* harus dilengkapi dengan tambatan tali saat *seaplane* berlabuh setelah mendarat dan lampu untuk pengoperasian di malam hari, yang terdiri dari lampu suar sebagai penerangan identifikasi bandar udara perairan serta berkedip – kedip. Lampu sorot untuk menerangi apron, pelampung, dan dermaga.

Dalam persyaratan standar operasional *waterbase*, apron pada *waterbase* harus mampu mengakomodasi jumlah dan ukuran *seaplane* dan tambatan. Sesuai Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, perhitungan dimensi apron dilakukan berdasarkan perkiraan penggunaan dalam 5 tahun. Selain dari apron, persyaratan operasi yang paling penting adalah adanya marka bandar udara. Marka yang disebut berbentuk simbol *anchorage*, sebagai penanda letak bandar udara. Marka tersebut digambarkan diatas pelataran yang mudah terlihat dari udara oleh pilot *seaplane*. Marka tersebut berwarna kuning dengan ukuran minimum panjang 4 m dan lebar 2,5 m.

E. Analisis Pola Pergerakan Seaplane

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pola pergerakan pesawat yang beroperasi. Dalam melakukan analisis pola pergerakan pesawat, data pokok yang dibutuhkan adalah *aircraft performance / flash seaplane*. Berikut ini adalah *flash* pesawat Viking Twin Otter Series 400. *Flash* pesawat Viking Twin Otter Series 400 dapat dilihat pada gambar 1.

Dari gambar 1 diketahui pola pergerakan Viking Twin Otter Series 400. Dimulai dari pergerakan pesawat saat *take off* dengan MTOW 5670, jarak *take off* yang dibutuhkan *distance* 500 m, serta kecepatan V_2 (*LAS*) 80 kts yang dibutuhkan saat *take off*. Kemudian diketahui juga data *lift off*, *climb out*, *cruise*, *approach*, hingga *landing* pesawat Viking Twin Otter Series 400. Dimana saat pesawat melakukan *landing*, pesawat Viking Twin Otter Series 400 berada pada kecepatan 70 kts dengan jarak *landing* yang dibutuhkan 300 m.

Tinggi yang dapat dicapai pesawat adalah tinggi yang dicapai pesawat sehingga pesawat berada pada pola ketinggian tersebut. Misalkan pada pola *Initial Climb* adalah pola dimana pesawat mencapai ketinggian 5000ft (1524 meter) dari ketinggian setelah *take off*.

Beda tinggi (2) pergerakan pesawat adalah beda tinggi antar dua pola. Misalkan pada pola *climb* pertama, pesawat mencapai ketinggian FL150 (15000ft) dari pola sebelumnya yaitu *initial climb* 5000ft. Beda tinggi pada pola *climb* adalah selisih ketinggian pada saat *initial climb* dan *climb* pertama yaitu 10000ft.

ROC (*Rate of Climb*) (3) adalah kecepatan vertical suatu

pesawat yang beroperasi. Dalam hal ini ketinggian berubah seiring berubahnya waktu. *Rate of climb* telah diketahui pada *aircraft performance*. IAS (*Indicated Airspeed*) (4) adalah kecepatan kritis suatu pesawat menuju ketinggian tertentu. Jarak horizontal (5) didapatkan dari data beda tinggi, *rate of climb*, dan *ground Speed*. Dicontohkan pada *initial climb* sebagai berikut.

Initial Climb to 5000 ft

$$ROC = 1000 \frac{ft}{min}$$

Untuk mencapai 5000 ft, jadi $\frac{5000}{1000} = 5 \text{ min}$

IAS = 110 kts

$$\text{Dirubah menjadi } \frac{ft}{min} = 110 \times 101,269 = 11139,59 \frac{ft}{min}$$

Maka jarak horizontal adalah $11139,59 \times 5 = 55697,95 \text{ ft}$

Dalam setiap pola penerbangan mempunyai sudut (6) terbang terhadap horizontal. Sudut tersebut diperoleh dari rumus sebagai berikut.

$$\theta^\circ = \tan^{-1} \frac{\text{beda tinggi (ft)}}{\text{jarak (ft)}}$$

$$\theta^\circ = \tan^{-1} \frac{5000 \text{ ft}}{55697,95 \text{ ft}}$$

$$\theta^\circ = 5,13^\circ$$

Jarak total (7) adalah jarak tempuh pesawat dari mulai diam dikumulatifkan dengan jarak tiap pola pergerakannya.

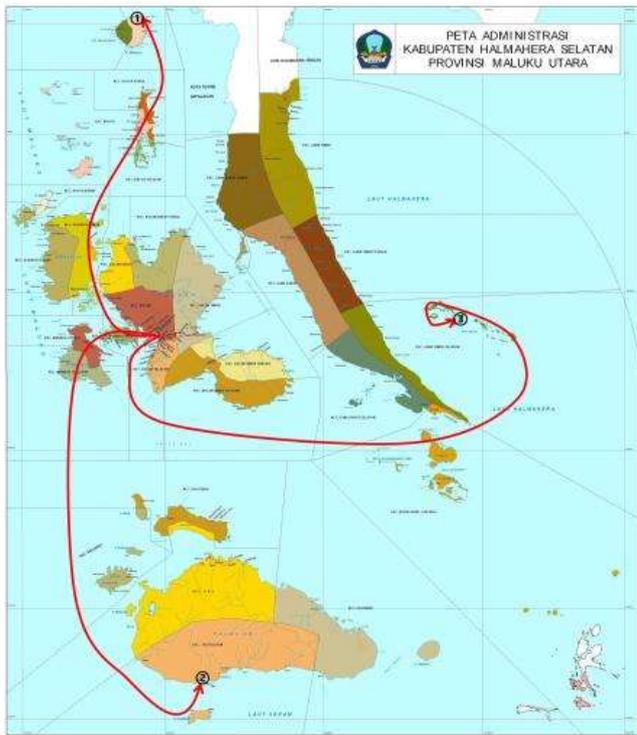
F. Penentuan Potensi Rute Seaplane

Pada sub bab sebelumnya telah diketahui bahwa operasional pesawat optimum dan minimum Viking Air Twin Otter Series 400 yang pada umumnya beroperasi di negara lain seperti Canada adalah pada jarak tempuh 299,422 km (161,674 nm). Dengan mempertimbangkan potensi wisata bahari di beberapa wilayah yang sulit terjangkau dan membutuhkan waktu yang panjang untuk menempuh perjalanan tersebut, baik menggunakan kapal atau transportasi umum lainnya seperti bus. Pada penentuan *waterbase* yang akan menjadi tempat pendaratan *seaplane* direncanakan terintegrasi dengan pelabuhan laut di pulau yang ditinjau dikarenakan lebih hemat dibandingkan membangun *waterbase* baru. Sehingga penulis merencanakan rute untuk potensi penggunaan moda transportasi *seaplane* ke beberapa wilayah yang memiliki potensi wisata bahari ataupun wisata lainnya yang sulit di jangkau, antara lain.

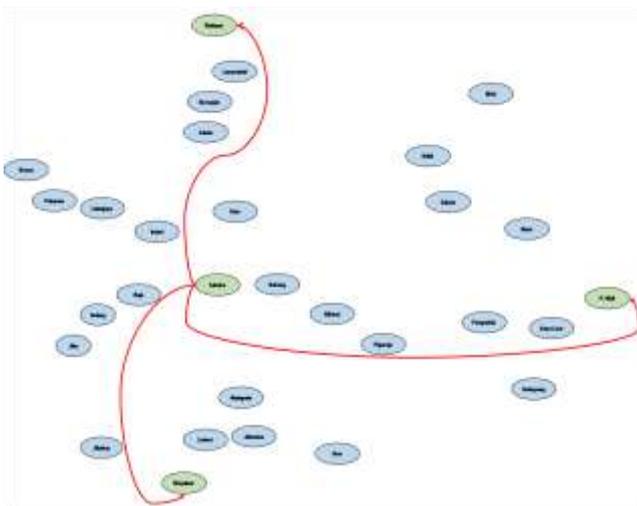
1. *Waterbase* Waikyon di Pulau Makian
2. *Waterbase* Wayaloar di Pulau Obi
3. *Waterbase* Pulau Widi di Kepulauan Widi

G. Rute Penerbangan

Pada pemilihan rute penerbangan *seaplane*, penulis mengambil rute yang panjang agar dapat memenuhi jarak operasional minimum pesawat Viking Twin Otter Series 400. Setelah mengambil rute yang panjang, jarak operasional minimum yang telah didapatkan pada sub bab sebelumnya, yaitu 299,422 km belum memenuhi. Maka dari itu untuk *performance database* di tiap tujuan *seaplane* akan



Gambar 4. Potensi Rute Penerbangan Seaplane.



Gambar 5. Grafik Representasi Jaringan Seaplan.

diturunkan ketinggian *cruise* yang semula di ketinggian 26000 ft ke ketinggian 15000 ft.

1) Penerbangan dari Labuha ke Waikyon

Jarak lurus langsung (*Euclidean*) dari Labuha ke Waikyon yang berada di pulau Makian ditempuh dengan jarak 106 km (57,23 nm). Untuk persamaan model matematika jarak terbang adalah $Y = 2,4449 \times (X^{0,9158})$, dimana Y adalah jarak terbang dan X adalah jarak *Euclidean* [6]. Maka :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Terbang} &= 2,4449 \times (106^{0,9158}) \\ &= 175 \text{ Km} \end{aligned}$$

2) Penerbangan dari Labuha ke Wayaloar

Jarak lurus langsung (*Euclidean*) dari Labuha ke Wayaloar ditempuh dengan jarak 114 km (61,55 nm). Untuk jarak terbangnya adalah 187 Km (101 NM).

3) Penerbangan dari Labuha ke Pulau Widi

Jarak lurus langsung (*Euclidean*) dari Labuha ke Pulau Widi ditempuh dengan jarak 108 km (58,31 nm). Untuk jarak terbangnya adalah 178 Km (96,12 NM).

Sehingga terbentuklah potensi rute moda transportasi *seaplane* yang akan digunakan untuk meningkatkan konektivitas antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan, peta potensi rute *seaplane* dapat dilihat pada Gambar 4.

4) Grafik Representasi Seaplane

Rute penerbangan berdasarkan data yang didapat merupakan gambaran jaringan nyata yang direpresentasikan dalam bentuk grafik. Gambar 5 menunjukkan grafik representasi dari rute penerbangan antar pulau Kabupaten Halmahera Selatan. Dengan memisalkan *waterbase* sebagai simpul/*vertex* (v) dan pergerakan antar *waterbase* satu dengan yang lain sebagai tautan/*edge* (e).

5) Matriks Konektivitas Seaplane

Grafik Representasi pada Gambar 5 direpresentasikan sebagai matriks konektivitas, yang mengekspresikan konektivitas dari setiap *waterbase* satu dengan *waterbase* lainnya.

Pada tabel matriks konektivitas dapat memberikan ukuran konektivitas yang sangat mendasar dengan menjumlahkan koneksi-koneksi yang ada. Dimana penjumlahan dari nilai-nilai di sel matriks konektivitas dapat menunjukkan tingkat konektivitas tidak langsung tiap *waterbase*. Labuha merupakan indeks konektivitas langsung tertinggi, yaitu sebesar 3 koneksi langsung (50%). Sedangkan *waterbase* Waikyon, Wayaloar dan Pulau Widi masing-masing memiliki 1 koneksi langsung (16,67%) dikarenakan hanya memiliki rute penerbangan ke pulau utama (Labuha) saja.

H. Analisis Travel Time Antara Kapal dan Seaplane

Berdasarkan hasil pengolahan data pada sub-bab sebelumnya, didapatkanlah jarak antar pelabuhan menggunakan kapal dan *seaplane*. Kemudian dari data jarak, dihitung *travel time* setiap moda transportasi. Terlebih dahulu menghitung *travel time* angkutan umum bus untuk rute dari Bandara Oesman Sadik, Labuha ke Pelabuhan Babang. Dari data *google maps* jarak dari Bandara Oesman Sadik ke Pelabuhan Babang adalah 13,7 Km dan memakan waktu 24 menit.

Berikut contoh perhitungan *travel time* dari Bandara Oesman Sadik, Labuha menuju Pelabuhan Waikyon.

$$\begin{aligned} \text{Travel Time Kapal} &= \frac{\text{Kecepatan Rata-rata} \times 60}{\text{Jarak}} \\ &= \frac{13 \text{ Knots} \times 60}{66,59 \text{ NM}} \\ &= 307 \text{ Menit} \approx 5 \text{ Jam } 07 \text{ Menit} \end{aligned}$$

Jadi *travel time* dari Labuha menuju ke Waikyon adalah *travel time* bus + *travel time* kapal adalah 331 menit atau 5 jam 31 menit.

Untuk perhitungan *travel time* menggunakan transportasi *seaplane*, dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

$$\text{Travel time Seaplane} = \frac{\text{Kecepatan Rata-rata} \times 60}{\text{Jarak}}$$



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Travel Time*.

$$= \frac{139 \text{ Knots} \times 60}{94,49 \text{ NM}}$$

$$= 41 \text{ Menit}$$

Kemudian hasil *travel time* tersebut dilakukan perbandingan untuk mendapatkan mana transportasi yang lebih efisien dalam segi waktu. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil pada Gambar 6.

I. Analisis *Travel Cost* Antara Kapal dan Seaplane

Sebelum menghitung *travel cost* angkutan kapal, terlebih dahulu menghitung *travel cost* angkutan umum bus untuk rute dari Bandara Oesman Sadik, Labuha ke Pelabuhan Babang. Dari data *google maps* jarak dari Bandara Oesman Sadik ke Pelabuhan Babang adalah 13,7 Km. Untuk jasa keuntungan perusahaan diambil 10 %. Berikut diberikan perhitungan *travel cost* dari Bandara Oesman Sadik ke Pelabuhan Babang.

- Harga Tiket Bus / seat = (Tarif Dasar x Jarak) + 10 %
 = (Rp 197 × 13,7) + 10 %
 = Rp 2.699 / penumpang

Kemudian menghitung *travel cost* untuk angkutan kapal yang bergerak dari Pelabuhan Labuha. Berikut diberikan contoh perhitungan *travel cost* angkutan kapal KMP. Maming untuk rute Pelabuhan Babang ke Pelabuhan Waikyon.

$$\text{Harga Tiket / seat} = \frac{\text{Tarif Dasar} + \text{Pph}}{\text{Load Factor}} \times \text{Jarak}$$

$$= \frac{\text{Rp } 787 + 1,2 \%}{70 \%} \times 123,32 \text{ Km}$$

$$= \text{Rp } 74.865 / \text{penumpang}$$

Jadi untuk *travel cost* dari Bandara Oesman Sadik menuju ke Pelabuhan Waikyon adalah harga tiket bus ditambah dengan harga tiket kapal yaitu Rp 77.564 / penumpang.

Berikut diberikan contoh perhitungan biaya operasional dan tarif angkutan pesawat Viking Twin Otter Series 400 untuk rute penerbangan dari Bandara Oesman Sadik ke *Waterbase* Waikyon.

Kapasitas pesawat Viking Twin Otter Series 400 adalah 19, maka :

$$\text{Jumlah seat terisi} = \text{load factor} \times \text{kapsitas}$$

$$= 70 \% \times 19 \text{ seat} = 14 \text{ seat}$$

Berdasarkan Tabel 1, untuk jarak terbang kurang dari 150 km besar tarif dasar diberikan adalah Rp 7.228/orang.



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Travel Cost*.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kapasitas.

Tarif angkutan yang ditetapkan adalah 70 % dari tarif batas atas sesuai kelompok pelayanan yang diberikan, maka:

1. Tarif dasar = Rp 7.228/orang × 70 %
 = Rp 5.060/orang
2. Tarif dasar total = Tarif dasar × Jumlah *seat* terisi
 = Rp 5.060/orang × 14 *seat*
 = Rp 70.834/*seat*/orang
3. BOP = (Tarif dasar total × Jarak terbang) × 90%
 = (Rp 70.834 *seat*/orang × 175 Km) × 90%
 = Rp 11.156.371
4. Margin Keuntungan = (Tarif dasar total × jarak) × 10%
 = (Rp 70.834 × 175 Km) × 10%
 = Rp 1.239.597
5. Total BOP = BOP + Margin Keuntungan
 = Rp 11.156.371 + Rp 1.239.597
 = Rp 12.395.968
6. Harga Tiket / *seat* = $\frac{\text{Total Biaya Operasional Pesawat}}{\text{Jumlah seat terisi}}$
 = $\frac{\text{Rp } 12.395.968}{14}$
 = Rp 885.426

Gambar 7 menampilkan perbandingan *travel cost* antara transportasi kapal dan *seaplane* di Kabupaten Halmahera Selatan.

J. Analisis Kapasitas Antara Kapal dan Seaplane

Kapal feri KMP. Maming memiliki bobot 500 GRT dengan daya tampung 202 orang penumpang, 18 orang anak buah kapal, dan 19 unit kendaraan [7].

Pesawat Jenis Viking Twin Otter Series 400 memiliki kapasitas hingga 19 orang penumpang dan 2 orang kru. Kompartemen bagasi depan dan belakang memiliki volume yang dapat digunakan masing-masing 36 dan 88 kaki kubik (1,0 dan 2,5 m). Beban maksimum 285 pon (130 kg) dapat dibawa di kompartemen bagasi depan (hidung). Kompartemen bagasi belakang dapat membawa hingga 500 pon (225 kg), di mana maksimum 150 pon (68 kg) dapat dimuat di kompartemen bagasi belakang setelah perpanjangan rak [8].

Gambar 8 menampilkan grafik perbandingan kapasitas antara transportasi kapal dan *seaplane*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Dari hasil analisis data didapatkan jarak tempuh dan *travel time* antar pulau di Kabupaten Halmahera Selatan baik itu menggunakan moda transportasi kapal dan juga moda transportasi jenis baru yaitu *seaplane*; (2) Dari grafik representasi dan matriks konektivitas yang telah dibuat, dapat disimpulkan : (a) Dalam moda transportasi kapal, pelabuhan dan pulau-pulau yang memiliki *direct* koneksi langsung dengan pulau utama/ Pulau Bacan adalah Pelabuhan Bajo di Pulau Obi, Pelabuhan Indong dan Pelabuhan Jiko di Pulau Mandioli, Pelabuhan Palamea dan Pelabuhan Leleojaya di Pulau Kasiruta, Pelabuhan Busua di Pulau Moari, Pelabuhan Lalin di Pulau Waidoba, Pelabuhan Guruapin dan Pelabuhan Laromabati di Pulau Kayoa, Pelabuhan Waikyong di Pulau Makian, Pelabuhan Madopolo di Pulau Bisa, Pelabuhan Jikotamo dan Pelabuhan Wayaloar di Pulau Obi, Pelabuhan Kukupang di Pulau Damar, dan Pelabuhan Dolik, Pelabuhan Saketa, Pelabuhan Pasipalele, Pelabuhan Gane Luar, Pelabuhan Mafa di Pulau Halmahera; (b) Dalam moda transportasi kapal, pelabuhan dan pulau-pulau yang tidak memiliki *direct* koneksi langsung dengan pulau utama/ Pulau Bacan adalah Pelabuhan Jikohay di Pulau Obilatu, Pelabuhan Laiwui dan Pelabuhan Sum di Pulau Obi. Serta tidak ada pelayaran ke pulau yang memiliki objek wisata terkenal di Kabupaten Halmahera Selatan, yaitu Pulau Widi; (c) Dalam

analisis moda transportasi *seaplane*, penulis membuat potensi rute untuk penerbangan *seaplane* di Kabupaten Halmahera Selatan. Dalam pemilihan potensi rute tersebut, dipilih pulau yang memiliki tingkat wisata yang tinggi, jarak yang jauh dan waktu pelayaran yang terbilang lama menggunakan moda transportasi kapal. Pulau yang memiliki potensi rute penerbangan *seaplane* di Kabupaten Halmahera Selatan adalah Pulau Makian bertepatan di *waterbase* Waikyong, Pulau obi bertepatan di *waterbase* Wayaloar dan Kepulauan Widi di *waterbase* Pulau Widi; (3) Dari hasil analisis konektivitas, *travel time*, *travel cost* dan kapasitas, dapat disimpulkan bahwa konektivitas antar kepulauan di Kabupaten Halmahera Selatan dengan adanya moda transportasi baru yaitu *seaplane* dapat memudahkan wisatawan atau masyarakat sekitar untuk pergi ke tempat wisata ataupun ke pulau yang membutuhkan waktu perjalanan yang lama. Dengan menggunakan moda transportasi *seaplane*, wisatawan atau masyarakat sekitar dapat menghemat *travel time* akan tetapi tidak dapat mengangkut banyak penumpang dan mengeluarkan *travel cost* yang jauh lebih mahal dibanding menggunakan kapal.

B. Saran

Adapun saran dalam pengerjaan tugas akhir ini agar tugas akhir ini dapat dikembangkan kedepannya dengan beberapa penambahan, yaitu pada tugas akhir ini hanya meninjau pulau – pulau di Kabupaten Halmahera Selatan. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat meninjau pulau – pulau di Provinsi Maluku Utara atau provinsi lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Kharismawaty, "Analisis Konektivitas Transportasi Udara Antar Ibukota Provinsi di Indonesia," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2020.
- [2] H. Prasetyo Hutomo, "Evaluasi keselamatan operasional penerbangan dan potensi penambahan rute di Bandara Sam Ratulangi Manado," *J. Transp. Sist. Mater. dan Infrastruktur*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [3] G. Sitepu., Muhammad, A.H., & Muslihati, "Formulasi Tarif Angkutan Penyeberangan Perintis," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011.
- [4] I. Siara, "Analisis Potensi Pengembangan Jaringan Rute Penerbangan (Studi Kasus: Bandar Udara Samarinda Baru)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [5] I. Luruh Larasati, "Teknis tinggal landas dan pendaratan seaplane," *Media Dirgantara*, vol. 14, no.1, 2019. [Online]. Available : <https://majalah.lapan.go.id/index.php/md/article/view/1131>
- [6] I. Siara dan Ervina Ahyudanari, "Pemodelan pola pergerakan pesawat di Kota Samarinda," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 16, no. 2, 2018.
- [7] ASDP Indonesia Ferry, *Lintas Nusa dari Kita untuk Kita*, Edisi 9. Jakarta: ASDP Indonesia Ferry, 2012. [Online]. Available : <https://www.indonesiaferry.co.id/assets/images/publikasifile/lintas-nusa-edisi-9.pdf>
- [8] Viking Air Ltd, "Technical Description Twin Otter 400," Sidney : Viking Air Ltd, 2021. [Online]. Available: <https://www.vikingair.com/twin-otter-series-400/technical-description>.