

Pemodelan Pola Pergerakan Pesawat di Kota Samarinda

Ilham Siara¹, Ervina Ahyudanari^{1,*}

Departement Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Koresponden*, Email: ervina@ce.its.ac.id

Info Artikel	Abstract
Diajukan 07 Agustus 2018 Diperbaiki 09 Agustus 2018 Disetujui 10 September 2018	<i>Kota Samarinda in the future will have an airport with secondary collectors, of course, there will be new flight routes from Samarinda City. The new flight route requires an analysis of the calculation of the number of ticket prices and travel time that is affected by the flight distance. Therefore, it is necessary to develop a mathematical model of flight distance that there is no historical flight data from the city of Samarinda through modeling the pattern of aircraft movements in the city of Samarinda. The calculation results show that the Dornier 328 - 300 requires a horizontal flight distance of 291 km and the Cessna 208 of 408 km, this shows that the aircraft does not fly straight from Samarinda City to 9 (nine) routes served. The best flying distance mathematical model equation is the power regression model equation with $Y = 2.4449X^{0.9158}$, where Y is the distance of flight and X is the straight distance between airports.</i>
Keywords: aircraft movement pattern, mathematical model equation	<p>Abstrak Kota Samarinda kedepannya akan memiliki bandar udara berskala pengumpul sekunder, tentu saja akan ada rute penerbangan baru dari Kota Samarinda. Rute penerbangan baru membutuhkan analisis perhitungan besaran harga tiket dan waktu tempuh yang dipengaruhi oleh jarak tempuh penerbangan. Oleh karena itu perlu disusun model persamaan matematika jarak terbang yang belum terdapat data historis penerbangannya dari Kota samarinda melalui pemodelan pola pergerakan pesawat di Kota samarinda. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pesawat Dornier 328 – 300 membutuhkan jarak terbang horizontal sebesar 291 km dan Cessna 208 sebesar 408 km, hal ini menunjukkan bahwa pesawat terbang tidak terbang lurus dari Kota Samarinda menuju 9 (sembilan) rute yang dilayani. Persamaan model matematika jarak terbang yang paling baik adalah persamaan model regresi power dengannilai $Y = 2,4449X^{0,9158}$, dimana Y adalah jarak terbang dan X adalah jarak lurus langsung antar bandar udara.</p>
Kata kunci: pola pergerakan pesawat, persamaan model matematika	

1. Pendahuluan

Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur sedang melakukan pengembangan pada sektor transportasi udara melalui pembangunan dan pemeliharaan bandar udara pengumpul dengan skala sekunder atau relokasi dan pengembangan bandar udara eksisting di Kota Samarinda, yaitu Bandar Udara Temindung yang sebelumnya merupakan bandar udara dengan skala pengumpan (*spoke*) menjadi bandar udara berskala pengumpul (*hub*) sekunder, dengan membangun Bandar Udara Samarinda Baru untuk menggantikan Bandar Udara Temindung Samarinda, Bandar Udara Samarinda Baru telah ditetapkan namanya menjadi Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto [1].

Persamalahannya yang diangkat dalam penelitian ini adalah Kota Samarinda kedepannya akan memiliki bandar udara berskala pengumpul sekunder, tentu saja untuk masa yang akan datang Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto dapat melayani pesawat berbadan besar dengan

penerbangan jarak jauh, sehingga otomatis akan dibentuk rute penerbangan baru yang disesuaikan dengan permintaan di Kota Samarinda dan daerah – daerah sekitarnya untuk mendukung operasional bandar udara dan memaksimalkan peran dan fungsinya sebagai bandar udara berskala pengumpul sekunder.

Rute penerbangan merupakan bentuk layanan atau penawaran yang diberikan kepada pelaku perjalanan yang dilengkapi dengan informasi harga tiket, waktu tempuh penerbangan, dan lain sebagainya.

Harga tiket dan waktu tempuh penerbangan dipengaruhi oleh jarak tempuh pesawat. Semakin jauh jarak tempuh maka harga tiket akan semakin mahal dan waktu tempuh akan semakin lama. Jarak tempuh pesawat dari satu bandar udara menuju bandar udara yang lain secara umum dipengaruhi oleh pola pergerakan pesawat dan kondisi alur navigasi udara di bandar udara asal.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan menganalisis pola pergerakan pesawat di Kota Samarinda berdasarkan aktivitas penerbangan di bandar udara eksisting atau Bandar Udara Temindung. Untuk dapat mengetahui kebutuhan jarak terbang horizontal pesawat sesuai pola pergerakan atau fase terbangnya dan dilakukan koreksi terhadap jarak lurus langsung (euclidean) dari Bandar Udara Temindung menuju bandar udara tujuan. Koreksi bertujuan untuk dapat menyusun dan memperoleh model matematika jarak terbang menggunakan regresi sederhana.

Perlu diketahui sebelumnya bahwa model merupakan sebuah deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem ataupun konsep yang berupa penyederhanaan dari permasalahan yang dapat digunakan sebagai dasar dan kontrol dalam pembuatan kebijakan yang dimana dalam penelitian ini model matematika jarak terbang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui jarak terbang pesawat menuju daerah – daerah yang belum terlayani dan akan terlayani oleh Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto.

Lebih jauh jarak terbang pesawat dari model matematika yang disusun dapat dimanfaatkan untuk menghitung besaran harga tiket dan waktu tempuh penerbangan yang dipengaruhi oleh jarak tempuh pesawat, merupakan sebuah pendekatan yang dilakukan karena belum terdapat data historis penerbangannya dari Kota Samarinda.

2. Metode

Langkah pertama dalam kegiatan penelitian ini adalah mengumpulkan data – data yang dibutuhkan untuk proses analisis, data yang dibutuhkan adalah data pergerakan pesawat di Bandar Udara Temindung diantaranya adalah jenis pesawat yang beroperasi untuk rute tertentu, waktu tempuh penerbangan dan jarak lurus langsung (euclidean) dari Bandar Udara Temindung menuju bandar udara tujuan, dan *aircraft performance* atau *flash* dari jenis pesawat yang beroperasi.

Jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Temindung adalah pesawat ATR 42 – 300 oleh Kalstar Aviation dan Cessna 208 oleh Dimonim Air dan Susi Air. Pesawat ATR 42 – 300 melayani pergerakan menuju Melak Balikpapan, dan Berau. Sedangkan pesawat Cessna 208 melayani pergerakan menuju Long Apung, Datah Dawai, Muara Wahau, Balikpapan, Malinau, dan Melak [2]. Jenis pesawat ATR 42 – 300 yang dioperasikan oleh Kalstar Aviation sudah tidak lagi beroperasi di Bandar Udara temindung sejak 30 September 2017, rute yang dilayani oleh Kalstar digantikan oleh Xpress Air [3]. Adapun jenis pesawat yang dimiliki oleh Xpress Air adalah Boeing 737 – 200,

Boeing 737 – 300, Boeing 737 – 500, Dornier 328 – 100, dan Dornier 328 – 300 [4]. Berdasarkan jenis pesawat yang dimiliki oleh Xpress air dalam penelitian ini mengambil asumsi bahwa pesawat yang menggantikan operasional pesawat ATR 42 – 300 adalah Dornier 328 – 300 karena merupakan seri keluaran terbaru dan terbaik dari sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Temindung adalah Cessna 208 dan Dornier 328 – 300.

Setelah dilakukan peninjauan ulang langsung pada *website* maskapai penerbangan yang melayani pergerakan, terdapat perubahan struktur rute penerbangan yang dilayani. Xpress Air melayani pergerakan menuju Berau dengan waktu tempuh 50 menit, Melak 30 menit, Tanjung Selor 60 menit, dan Tarakan 95 menit [5]. Sedangkan Dimonim Air sudah tidak beroperasi [6] dan seluruh layanan pergerakan dilayani oleh Susi Air [7], diantaranya menuju Balikpapan dengan waktu tempuh 30 menit, Datah Dawai 80 menit, Long apung 80 menit, Malinau 110 menit, dan Muara Wahau 60 menit

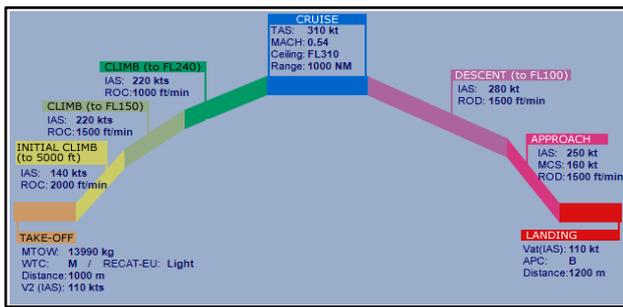
Jarak lurus langsung (euclidean) dari Bandar Udara Temindung menuju bandar udara tujuan diperoleh dari hasil olahan data menggunakan perangkat lunak *google earth pro*, rekapitulasi data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1. Dan *aircraft performance* atau *flash* dari jenis pesawat yang beroperasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Selanjutnya jarak horizontal pesawat untuk setiap fase terbang dihitung dengan menggunakan rumus *pythagoras* untuk mencari sisi datar (horizontal) pada sebuah segitiga siku – siku dari data panjang gradien dan ketinggian pesawat yang tertera pada *aircraft performance* atau *flash* pesawat.

Sedangkan persamaan model matematika akan dibentuk menggunakan regresi sederhana agar dapat memahami hubungan antara komponen – komponen yang menjelaskan masalah dan merumuskannya dalam suatu persamaan matematik yang memuat komponen – komponen itu sebagai variabelnya.

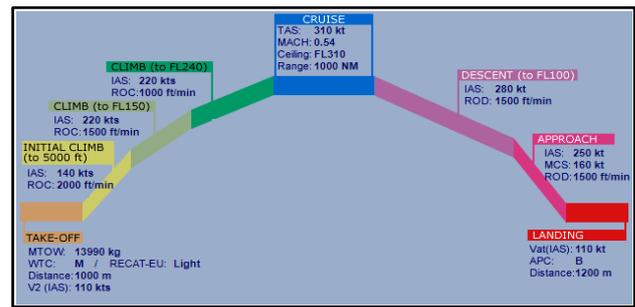
Adapun variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel terikat yang dinotasikan Y, yaitu jarak terbang pesawat hasil kali antara kecepatan jelajah pesawat dengan waktu tempuh dan variabel bebas yang di notasikan X, yaitu jarak lurus langsung (euclidean) yang secara langsung mempengaruhi besar jarak terbang pesawat.

Persamaan model matematika yang dipilih dan digunakan adalah persamaan model matematika yang memiliki koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang terbaik dalam menjelaskan hubungan antara komponen – komponen penyusunnya.



Gambar 1. Flash Dornier 328 – 300

Sumber: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/>



Gambar 2. Flash Cessna 208

Sumber: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/>

Tabel 1. Data Pergerakan Pesawat Di Bandar Udara Temindung

Maskapai	Rute		Jenis Pesawat	Jarak Lurus Langsung (km)	Waktu Tempuh (min)
	Asal	Tujuan			
Express Air	Samarinda	Berau ¹	Dornier 328-300	293	50 ²
	Samarinda	Melak ¹	Dornier 328-300	153	30 ²
	Samarinda	Tanjung Selor ¹	Dornier 328-300	356	60 ²
	Samarinda	Tarakan ²	Dornier 328-300	411	95 ²
Susi Air	Samarinda	Balikpapan ¹	Cessna 208	90,6	30 ³
	Samarinda	Datah Dawai ¹	Cessna 208	325	80 ³
	Samarinda	Long Apung ¹	Cessna 208	316	80 ³
	Samarinda	Malinau ¹	Cessna 208	446	110 ³
	Samarinda	Muara Wahau ¹	Cessna 208	214	60 ³

Sumber: 1. <http://aptpranotoairport.com/rute-penerbangan/>

2. <http://xpressair.co.id/>

3. <http://susiair.com/>

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis pola pergerakan pesawat untuk mengetahui jarak terbang horizontal pesawat berdasarkan data *aircraft performance* atau *flash* pesawat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tinggi yang dicapai pesawat adalah tinggi yang dicapai pesawat pada setiap fase terbang. Beda tinggi adalah beda tinggi antara setiap fase terbang, misalkan pada fase terbang *initial climb* pesawat mencapai ketinggian 5000 ft dari fase sebelumnya yaitu *take off* pada ketinggian 0 ft, jadi beda tinggi fase *initial climb* adalah selisih ketinggian antara fase *initial climb* dan *take off* yaitu 5000 ft. ROC (*Rate of Climb*) atau ROD (*Rate of Descent*) adalah kecepatan mendaki atau menurun yang tetap pada kurun waktu tertentu dan dalam hal ini ketinggian berubah seiring berubahnya waktu. Kebutuhan waktu adalah waktu yang dibutuhkan pesawat untuk mencapai fase terbang tertentu yang diperoleh dari hasil pembagian antara ketinggian dan ROC / ROD tergantung dari setiap fase terbang. IAS (*Indicated Airspeed*) adalah kecepatan relatif terhadap keadaan udara disekitar pesawat

yang dibutuhkan pesawat untuk menuju ketinggian tertentu dan dikonversikan ke dalam ft/min. Panjang gradien adalah panjang sisi miring pendakian untuk mencapai ketinggian tertentu yang diperoleh dari hasil perkalian IAS (ft/min) dengan kebutuhan waktu untuk mencapai ketinggian tertentu. Jarak horizontal didapatkan dengan menggunakan rumus pythagoras untuk mencari sisi datar (horizontal) pada sebuah segitiga siku – siku dari data panjang gradien dan ketinggian pesawat. Contoh perhitungan mencari jarak horizontal pada fase *intial climb* adalah sebagai berikut dan berlaku untuk mencari jarak horizontal pada fase lainnya:

- Waktu pendakian = Tinggi / ROC
= 5.000 ft / 2000 ft/min
= 2,5 min
- X1 (panjang pendakian) = IAS (ft/min) x waktu pendakian
= 1.4177,66 ft/min x 2,5 min
= 35.444 ft
- X2 (jarak horizontal) = $\sqrt{\text{Panjang Pendakian}^2 - \text{Tinggi}^2}$

$$= \sqrt{35.444^2 - 5.000^2}$$

$$= 35.090 \text{ ft}$$

$$= 11 \text{ km}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa pesawat Dornier 328 – 300 membutuhkan jarak horizontal untuk sekali terbang sepanjang 291 km sedangkan pesawat Cessna 208 membutuhkan jarak horizontal untuk sekali terbang sepanjang 408 km. Dibandingkan dengan jarak lurus langsung (euclidean) antar bandar udara (Tabel 1) dapat disimpulkan bahwa kebutuhan jarak horizontal cenderung lebih besar dibandingkan dengan jarak lurus langsung (euclidean) antar bandar udara, hal ini menunjukkan bahwa pesawat tidak terbang lurus dari satu bandar udara menuju bandar udara lain.

Oleh karena itu akan dibuat sebuah persamaan model matematika jarak terbang pesawat dari Kota Samarinda

berdasarkan jarak lurus langsung (euclidean) dari Bandar Udara Temindung menuju bandar udara tujuan sesuai dengan waktu tempuh dan karakteristik pesawat. Persamaan model matematika jarak terbang akan digunakan untuk mencari jarak terbang pesawat pada daerah – daerah yang belum terlayani atau rute baru agar jarak yang dihasilkan menyerupai jarak terbang sesungguhnya berdasarkan kondisi aktivitas penerbangan di Kota Samarinda. Data komponen dalam menyusun persamaan model matematika jarak terbang adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

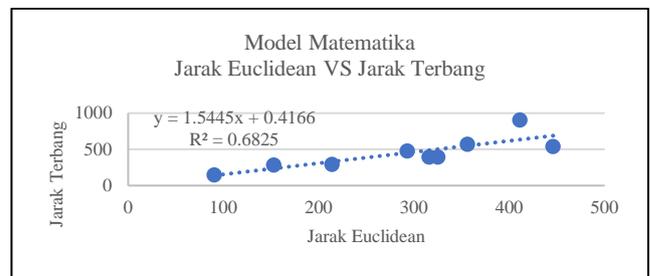
Perhitungan jarak terbang untuk tujuan yang dilayani di Kota Samarinda, secara ringkas ditunjukkan pada Tabel 2, menunjukkan 9 rute yang dilayani dari Kota Samarinda, dapat dilihat bahwa jarak lurus langsung (euclidean) yang diperkirakan dari peta berbeda dengan jarak terbang. Analisis berikutnya adalah menentukan model persamaan jarak terbang apabila data yang dimiliki hanya perkiraan jarak lurus langsung (euclidean) yang diperoleh dari peta.

Tabel 2. Data Komponen Dalam Menyusun Persamaan Model Matematika Jarak Terbang [8]

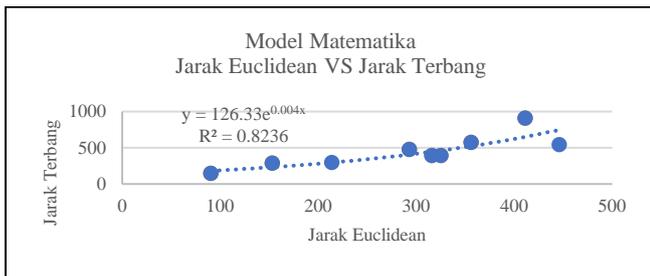
Maskapai Penerbangan	Rute		Jarak Lurus Langsung (km)	Waktu Tempuh (min)	Pesawat			Jarak Terbang (kec x Tterbang) (km)	
					Jenis Pesawat	Cruise Speed			
	Asal	Tujuan				(kts)	(km/jam)		Keb.Jarak Terbang Horizontal (km)
Express Air	Samarinda	Berau	293	50	Dornier 328-300	310	574	291	478
	Samarinda	Melak	153	30	Dornier 328-300	310	574	291	287
	Samarinda	Tanjung Selor	356	60	Dornier 328-300	310	574	291	574
	Samarinda	Tarakan	411	95	Dornier 328-300	310	574	291	909
Susi Air	Samarinda	Balikpapan	90,6	30	Cessna 208	160	296	408	148
	Samarinda	Datah Dawai	325	80	Cessna 208	160	296	408	395
	Samarinda	Long Apung	316	80	Cessna 208	160	296	408	395
	Samarinda	Malinau	446	110	Cessna 208	160	296	408	543
	Samarinda	Muara Wahau	214	60	Cessna 208	160	296	408	296

Variasi pemodelan cukup banyak, untuk dapat mengetahui model mana yang memiliki korelasi tinggi dengan data yang ada, perlu dilakukan analisis beberapa persamaan model matematika.

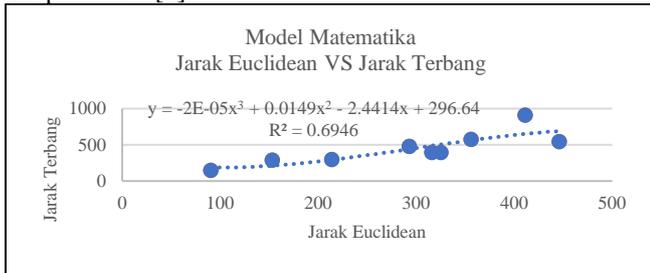
Persamaan model matematika yang dipilih dan digunakan adalah persamaan model matematika yang memiliki koefisien determinasi (R²) dan koefisien korelasi (R) yang terbaik. Adapun sumbu X adalah jarak lurus langsung (euclidean) dan Y adalah jarak terbang. Berikut persamaan model yang terbentuk menggunakan regresi sederhana:



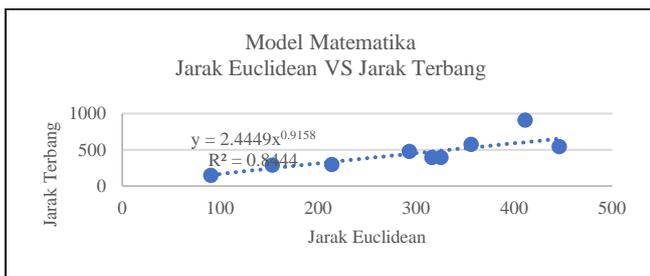
Gambar 3 Persamaan Model Matematika Hasil Regresi Linier [8]



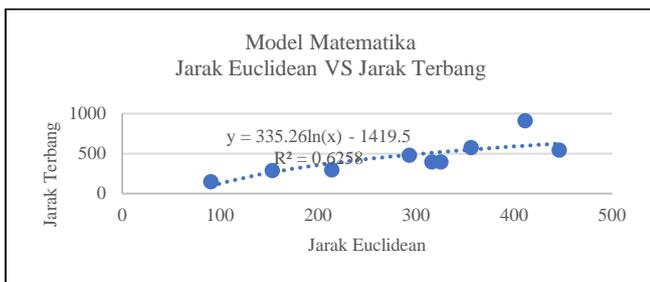
Gambar 4 Persamaan Model Matematika Hasil Regresi Eksponensial [8]



Gambar 5 Persamaan Model Matematika Hasil Regresi Polynomial [8]



Gambar 6 Persamaan Model Matematika Hasil Regresi Power [8]



Gambar 7 Persamaan Model Matematika Hasil Regresi Logaritmik [8]

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Dari Setiap Jenis Regresi Penyusunan Persamaan Model [8]

No.	Persamaan Model Matematika	Regresi	R ²	R
1.	$Y = 1,5445X + 0,6825$	Linier	0,6825	0,826
2.	$Y = 126,33e^{0,004X}$	Eksponensial	0,8236	0,908
3.	$Y = -2E-05X^3 + 0,0149X^2 - 2,4414X + 296,64$	Polynomial	0,6946	0,833

4.	$Y = 335,26\ln(X) - 1419,5$	Logaritmik	0,6258	0,791
5.	$Y = 2,4449X^{0,9158}$	Power	0,8444	0,919

Rekapitulasi dari variasi model matematika yang terbentuk disajikan pada Tabel 3, maka dipilih persamaan model matematika jarak terbang hasil regresi power karena memiliki koefisien determinasi (R²) dan koefisien korelasi (R) yang terbaik dibandingkan dari jenis regresi lainnya.

3. Simpulan

Berdasarkan analisis pola pergerakan pesawat untuk setiap fase terbang, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan jarak terbang horizontal pesawat Dornier 328 – 300 untuk sekali penerbangan adalah 291 km, jauh lebih pendek jika dibandingkan dengan kebutuhan jarak terbang horizontal pesawat Cessna 208 – 300 untuk sekali penerbangan yaitu 408 km. Hal ini disebabkan pesawat Dornier 328 – 300 memiliki ROC (*Rate Of Climb*) dan ROD (*Rate of Descent*) jauh lebih besar dibandingkan Cessna 208.

Perbandingan jarak terbang horizontal pesawat dengan jarak lurus langsung antar bandar udara menunjukkan bahwa kebutuhan jarak horizontal cenderung lebih besar dibandingkan jarak lurus langsung (euclidean) antar bandar udara, hal ini menunjukkan bahwa pesawat tidak terbang lurus dari satu bandar udara menuju bandar udara lain. Banyak hal yang mempengaruhi arah terbang pesawat yang memungkinkan adanya penambahan jarak, seperti kemampuan pesawat itu sendiri, ketinggian jelajah, kecepatan jelajah, kondisi cuaca, kondisi rintangan penerbangan, kondisi lalulintas udara pada suatu kawasan, dan lain sebagainya.

Persamaan Model matematika yang paling baik adalah persamaan model regresi power dengan nilai $Y = 2,4449X^{0,9158}$, dimana Y adalah jarak terbang dan X adalah jarak lurus langsung (euclidean) antar bandar udara.

4. Daftar Pustaka

- [1] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, “Penetapan Nama Bandar Udara Samarinda Baru Di Ptovinsi Kalimantan timur Menjadi Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto,” Jakarta, 2017.
- [2] M. Anang, *Data dan Informasi Perkembangan Kantor Unit Penyelenggara Bandar UDARA Temindung Samarinda*. Samarinda: UPBU Kelas II Temindung Samarinda, 2015.
- [3] Tribun Kaltim, “Sampai saat Ini Bandara Temindung Samarinda Belum Dapatkan Pengganti Kalstar,” 2018. [Online]. Available: <http://kaltim.tribunnews.com/2018/01/11/sampai-saat-ini-bandara-temindung-samarinda-belum-dapatkan-pengganti-kalstar>. [Accessed: 18-Mar-2018].

- [4] Wikipedia, "XpressAir," 2012. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/XpressAir>. [Accessed: 19-Mar-2018].
- [5] Xpress Air, "Xpress Air," 2018. [Online]. Available: <http://www.xpressair.co.id/>. [Accessed: 19-Mar-2018].
- [6] Dimonim Air, "Dimonim Air," 2018. [Online]. Available: <https://www.dimonimair.com/>. [Accessed: 19-Mar-2018].
- [7] Susi Asir, "Susi Air," 2018. [Online]. Available: <http://susiair.com/>. [Accessed: 19-Mar-2018].
- [8] I. Siara, "Analisis Potensi Pengembangan Jaringan Rute Penerbangan (Studi Kasus : Bandar Udara Samarinda Baru)," Master Thesis, Sepuluh Nopember Institute Of Technology, 2018.