

Pemanfaatan Big Data dalam Monitoring Pola Aktivitas Aviasi di Indonesia

Nasiya Alifah Utami

Politeknik Statistika STIS, Jl. Otto Iskandardinata No.64C, RT.1/RW.4, Bidara Cina, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13330
e-mail: 221810496@stis.ac.id

Thosan Girisona Suganda

Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik, Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Jl. Dr. Sutomo No.6-8, Ps. Baru, Kecamatan Sawah Besar, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10710
e-mail: thosan@bps.go.id

Setia Pramana

¹ Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik, Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Jl. Dr. Sutomo No.6-8, Ps. Baru, Kecamatan Sawah Besar, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10710

² Politeknik Statistika STIS, Jl. Otto Iskandardinata No.64C, RT.1/RW.4, Bidara Cina, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13330
e-mail: setia.pramana@stis.ac.id

Abstract: Covid-19 which entered Indonesia in 2019 has poignant impact on the aviation industry. According to BPS data for 2020, the aviation industry's contribution to Indonesia's GDP decreased from 1.21% to 0.28% in the second quarter of 2020. To overcome this setback, comprehensive monitoring by policy makers is needed. The use of bigdata in monitoring aviation industry activities can be an option. This study aims to analyze aviation activities using big data approach for monitoring basis. The data was collected by using web-scraping method on one of the global aviation websites to obtain flight status data at 108 airports in Indonesia on April until June 2021. Other data used are google mobility index data, GDP data, and TPK (tingkat penghunian kamar). The analysis method used are descriptive analysis, correlation analysis and machine learning based time series modelling with ARNN, single layer ANN and MLP. The results show that the policy of restricting mobility has a significant effect on the productivity of aviation industry. Machine learning modeling shows that the MLP model is the best model for forecasting international aviation activity. In addition, it was found that the aviation industry has a strong correlation with the economy and tourism sector in Indonesia.

Keywords: aviation industry, big data, monitoring, web scraping

Abstrak: Virus Covid-19 yang pertama kali masuk ke Indonesia pada Desember 2019 berdampak pada kemunduran dalam industri aviasi. Hal ini dibuktikan oleh data BPS tahun 2020 bahwa kontribusi industri aviasi terhadap PDB Indonesia turun dari 1,21% menjadi 0,28% di kuartal kedua 2020. Untuk mengatasi kemunduran tersebut, monitoring secara komprehensif oleh pemangku kebijakan sangat diperlukan. Pemanfaatan big data dalam monitoring aktivitas industri aviasi dapat menjadi pilihan. Penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis aktivitas aviasi dengan pendekatan big data sebagai dasar monitoring. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode web scraping pada salah satu website aviasi global untuk mendapatkan data status penerbangan di 108 bandara di Indonesia dalam rentang waktu April 2020 hingga Juni 2021. Data lainnya yang digunakan adalah data indeks mobilitas google, data (Tingkat Penghunian Kamar Hotel) TPK dan data PDB Indonesia. Analisis dilakukan dengan metode analisis deskriptif, analisis korelasi dan pemodelan time series berbasis machine learning menggunakan AR-NN, single layer ANN, dan MLP. Hasil menunjukkan bahwa kebijakan pembatasan mobilitas masyarakat berpengaruh terhadap produktivitas industri aviasi. Pemodelan machine learning yang dilakukan menunjukkan bahwa model MLP merupakan model terbaik untuk meramalkan aktivitas aviasi internasional. Selain itu, ditemukan bahwa industri aviasi memiliki keterkaitan erat dengan perekonomian dan pariwisata di Indonesia.

Kata Kunci: industri aviasi, big data, monitoring, web scraping

1. Pendahuluan

Industri aviasi merupakan salah satu sektor industri yang memiliki kontribusi signifikan terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia. Tercatat dalam publikasi Badan Pusat Statistik (2020), Industri aviasi berkontribusi sekitar 2% pada PDB Indonesia. Selain berkontribusi terhadap PDB, industri aviasi juga memiliki kontribusi terhadap penyerapan tenaga kerja, yakni menyediakan 4,2 juta tenaga kerja (IATA 2019). Aktivitas industri aviasi berpusat di bandara. Bandara diakui memiliki dampak ekonomi dan sosial yang cukup besar terhadap daerah sekitarnya (Dimitriou 2018). Produktivitas bandara sendiri, membawa manfaat terhadap pembangunan daerah dan pertumbuhan ekonomi, serta memiliki keterkaitan dengan sektor pariwisata daerah (Gössling 2020).

Namun, sejak masuknya Covid-19 ke Indonesia pada akhir tahun 2019, industri aviasi ikut terkena efek domino. (Badan Pusat Statistik 2020) Pada kuartal kedua tahun 2020, terlihat penurunan signifikan kontribusi industri aviasi terhadap PDB, yakni yang pada kuartal pertama memiliki kontribusi 1,21% turun menjadi 0,28%. Turunnya kontribusi industri aviasi terhadap PDB juga dapat berdampak pada penyerapan tenaga kerja di sektor tersebut. (Salman 2020) Dampak Covid-19 terhadap kemunduran industri aviasi mengharuskan industri aviasi untuk bertarung melawan kebangkrutan. Penurunan aktivitas industri aviasi atau penerbangan di Indonesia dapat dikaitkan dengan penurunan mobilitas masyarakat, terutama ke tempat-tempat wisata. Hal ini dikarenakan terdapat kebijakan pemerintah untuk membatasi mobilitas masyarakat selama masa pandemi Covid-19 sebagai upaya memutus mata rantai penularan. Selain aktivitas aviasi dalam negeri, yang paling menurun drastis adalah aktivitas aviasi internasional di Indonesia.

Untuk bertarung mengatasi kemunduran dalam industri aviasi, diperlukan monitoring secara komprehensif oleh pemangku kebijakan. Informasi yang menyeluruh dan granular mengenai kondisi industri aviasi di Indonesia sejak masuknya pandemi Covid-19 sangat dibutuhkan sebagai dasar pengambilan keputusan. Akan tetapi, Informasi tersebut belum

tersedia. (Kumar 2020) Hal ini dapat dikarenakan keterbatasan proses pengumpulan data akibat pandemi Covid-19. (Badan Pusat Statistik 2020) Pemanfaatan big data dapat menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan tersebut. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan metode web scraping. Menurut Mitra et al (2017) Web scraping merupakan metode pengambilan dokumen semi-terstruktur dari internet yang dapat berupa web page dalam bahasa markup dan menganalisis dokumen tersebut untuk diambil data tertentu sesuai kepentingan. Metode tersebut tentunya dapat mempermudah proses pengumpulan data pada penelitian ini.

Pemanfaatan big data terutama untuk melihat aktivitas industri aviasi telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Sayangnya, penelitian secara spesifik pada aktivitas industri aviasi tersebut hanya sedikit dilakukan dengan mengambil *point of interest* di Indonesia. Penelitian sebelumnya dilakukan secara global oleh International Air Transport Association (IATA) 2020, International Civil Aviation Organization (ICAO) 2020 dan Nhamo et al (2020), dilakukan di United States oleh Federal Aviation Administration (2020), dilakukan di Kanada oleh Abu-Rasyah A. et al (2020) dan penelitian lain yang terkait. Disisi lain, Permana S et al (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Big data for government policy: Potential implementations of big data for official statistics in Indonesia”, melakukan pemanfaatan big data untuk kebijakan publik dengan mengambil *point of interest* di Indonesia. Oleh karena itu, terdapat landasan yang kuat untuk melakukan penelitian mengenai aktivitas industri aviasi di Indonesia dengan pendekatan big data.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, perlu dilakukan analisis terhadap kondisi aktivitas industri aviasi di Indonesia untuk mendapatkan informasi yang menyeluruh dan granular dengan memanfaatkan big data. Pada penelitian ini, aktivitas industri aviasi dilihat berdasarkan produktivitas bandara yakni frekuensi penerbangan (*airplane flight volume*). Frekuensi penerbangan yang dianalisis adalah frekuensi *departure* dan frekuensi *arrival* yang dipecah menurut penerbangan lokal serta penerbangan internasional. Aktivitas industri aviasi yakni penerbangan dianalisis untuk melihat pola kecenderungan aktivitas penerbangan saat kebijakan pemerintah terkait Covid-19 diberlakukan. Untuk memperdalam analisis, dilakukan identifikasi keterkaitan aktivitas industri aviasi di Indonesia dengan sektor pariwisata, produk domestik bruto (PDB), dan mobilitas masyarakat ke tempat-tempat wisata.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pola aktivitas aviasi selama masa pandemi Covid-19 sebagai dasar monitoring, menganalisis pengaruh kebijakan yang diterapkan selama masa pandemi Covid-19 terhadap produktivitas industri aviasi, menganalisis hubungan industri aviasi dengan perekonomian dan pariwisata Indonesia, dan membangun model runtun waktu untuk memprediksi pola aktivitas penerbangan internasional harian di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi menyeluruh dan granular mengenai kondisi industri aviasi di Indonesia. Informasi ini

dapat digunakan oleh pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan dan memfokuskan usahanya dalam pemulihan industri aviasi sehingga dapat mendorong upaya pemulihan ekonomi nasional.

2. Metode Penelitian

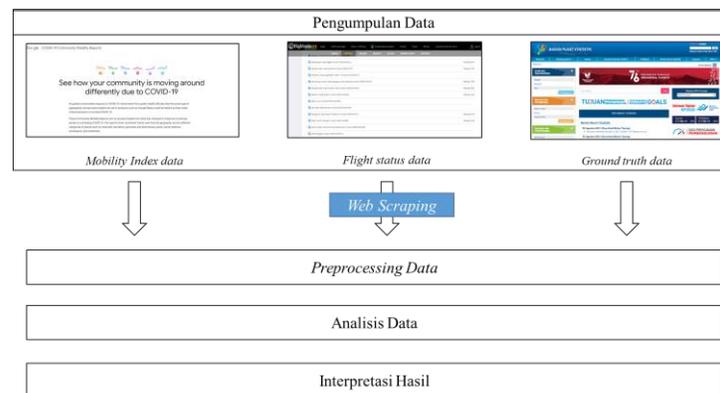
Data mengenai industri aviasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data status penerbangan pada 108 bandara di Indonesia yang tercatat dalam salah satu *website* aviasi global. Data dikumpulkan dari *website* tersebut dengan menggunakan metode *web scraping*. Terdapat penelitian terdahulu mengenai proses pengumpulan data dari salah satu *website* aviasi global terbesar dengan metode *web scraping* (Panuntun S.B. & Pramana S., 2021). Metode serupa dengan penelitian terdahulu yang telah disebutkan diadopsi pada penelitian ini. Tahapan yang dilakukan untuk mengumpulkan data status penerbangan menggunakan *web scraping* yang berlandaskan penelitian terdahulu adalah melakukan *listing* kode bandara di Indonesia berdasarkan IATA, melakukan request HTTP ke API server dengan parameter kode IATA, dan yang terakhir melakukan pengkoleksian data status penerbangan. Pengkoleksian data status penerbangan dilakukan dengan teknik *web scraping* menggunakan pemrograman *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Kami mengirim permintaan HTTP ke server API dengan mengirimkan beberapa permintaan parameter seperti kode bandara IATA yang telah ditentukan, jenis penerbangan (kedatangan atau keberangkatan), dan tanggal penerbangan. Setelah mengirim permintaan dan parameternya, server akan mengirimkan JSON yang berisi daftar link semua jadwal penerbangan di bandaradan jam terbang sesuai permintaan yang dikirim.

Data hasil *web scraping* merupakan data aktivitas penerbangan harian dari tiap bandara di Indonesia, baik data keberangkatan (*departure*), kedatangan (*arrival*), maupun data penerbangan yang dibatalkan (*canceled flight*). Data diambil dalam rentang waktu 18 Maret 2020 hingga 22 Juni 2021. Terdapat 657.393 *records* data berhasil dikumpulkan dan disimpan dalam bentuk *.sql file* dengan ukuran 143 *megabyte*. Data yang berkaitan dengan mobilitas masyarakat yang digunakan adalah data *google mobility index*. Data ini dapat diunduh secara gratis dari tautan berikut ini <https://www.google.com/covid19/mobility/>. Data lainnya yang digunakan diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik, yakni data PDB dan data Tingkat Penghunian Kamar (TPK). Adapun detail data yang digunakan dapat dijelaskan pada Tabel 1.

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahapan utama. Yakni pengumpulan data, *preprocessing data*, analisis data, dan interpretasi hasil. Tahapan tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir yang divisualisasikan dalam Gambar 1.

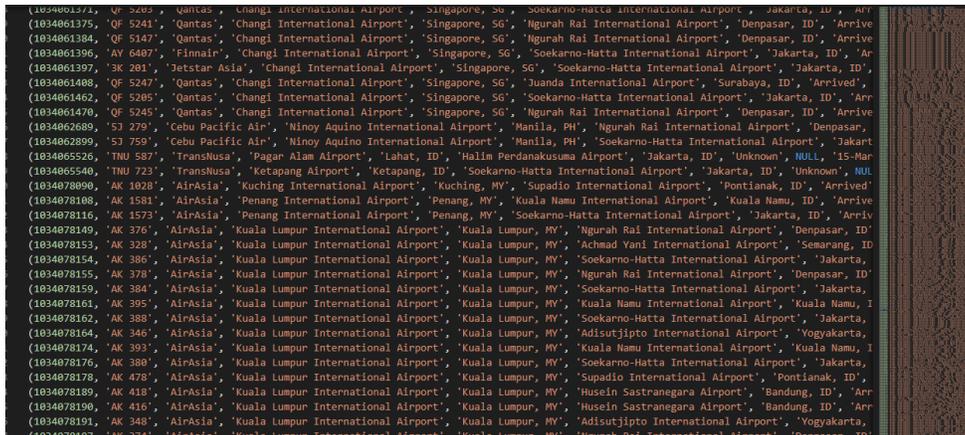
Tabel 1. Data dan Sumber Data

Data	Sumber Data	Granularitas Waktu	Granularitas Wilayah
Status Penerbangan	Website flightradar24	Data Harian	Berdasarkan letak bandara
Indeks Mobilitas	Google Mobility Index	Data Harian	Level provinsi
PDB	Badan Pusat Statistik	Data Kuartal	Level nasional
TPK	Badan Pusat Statistik	Data Bulanan	Level provinsi



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan setelah pengumpulan data adalah *preprocessing data*. (Junaedi, 2011) *Preprocessing data* dilakukan untuk memperbaiki kualitas data yang dapat memengaruhi kualitas analisis. Gambaran data yang belum memasuki tahapan *preprocessing* disajikan secara terstruktur pada Gambar 2.a. Pada penelitian ini, *preprocessing* yang dilakukan adalah *grouping* data *flight status* untuk dapat dihitung frekuensi penerbangan masing-masing bandara per hari. Dalam *grouping data* diperlukan variabel *dummy* untuk perhitungan frekuensi. Data *flight status* yang telah memasuki tahapan *preprocessing* akan menghasilkan data *airplane flight volume* atau frekuensi aktivitas penerbangan berupa keberangkatan, kedatangan, dan penerbangan dibatalkan yang dikelompokkan berdasarkan penerbangan lokal dan penerbangan internasional. Kemudian untuk keperluan analisis, dilakukan *merge* atau *join* data *flight status* dengan data lainnya. Pengaturan *missing value* pada data yang telah di *merge* dilakukan dengan metode penghapusan keseluruhan *row*. Ilustrasi data sebelum dan setelah *preprocessing* dapat tergambar pada Gambar 2.a dan Gambar 2.b.



(a) Data Hasil *Webscraping* Sebelum memasuki tahapan *Preprocessing*

Day of Date	Count	Day of Date	Count	Kota Asal	Count
March 18, 2020	75	March 18, 2020	5,887	Kupang	7,726
March 19, 2020	130	March 19, 2020	5,842	Jayapura	8,343
March 23, 2020	150	March 20, 2020		Padang	8,651
March 24, 2020	170	March 21, 2020		Praya	11,495
March 25, 2020	200	March 22, 2020		Banjarmasin	11,821
March 27, 2020	189	March 23, 2020	2,734	Semarang	11,892
March 30, 2020	215	March 24, 2020	2,488	Pekanbaru	12,096
March 31, 2020	88	March 25, 2020	4,795	Palembang	12,677
April 2, 2020	62	March 26, 2020		Yogyakarta	17,455
April 5, 2020	70	March 27, 2020	5,873	Batam	19,091
April 7, 2020	41	March 28, 2020		Pontianak	20,680
April 9, 2020	17	March 29, 2020		Balikpapan	22,666
April 10, 2020	12	March 30, 2020	6,016	Kuala Namu	26,817
April 12, 2020	39	March 31, 2020	1,706	Denpasar	32,489
April 14, 2020	51	April 1, 2020		Surabaya	53,469
April 17, 2020	25	April 2, 2020	1,493	Ujung Pandang	54,282
April 18, 2020	6	April 3, 2020		Jakarta	178,030

(b) Data Hasil *Webscraping* Sebelum memasuki tahapan *Preprocessing*

Gambar 2. Data Sebelum dan Setelah *Preprocessing*

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini merupakan analisis deskriptif, analisis korelasi, dan penggunaan model AR-NN, *Single layer ANN*, dan MLP. Analisis deskriptif merupakan analisis yang dilakukan untuk melihat pola dan distribusi data (Nasution, 2017). Visualisasi data menggunakan grafik maupun diagram dilakukan untuk mendukung analisis. Analisis korelasi digunakan untuk melihat hubungan aktivitas industri aviasi dengan variabel-variabel yang diindikasikan memiliki keterkaitan berdasarkan penelitian terdahulu. Formula yang digunakan untuk menggambarkan korelasi antar variabel adalah formula koefisien korelasi pearson. Formula koefisien korelasi pearson dapat dituliskan sebagai berikut.

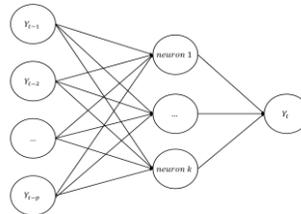
$$r_{xy} = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (1)$$

Dengan x_i merupakan observasi ke i variabel pertama, y_i merupakan observasi ke i variabel kedua, dan n merupakan banyaknya observasi yang digunakan.

Model estimasi runtun waktu digunakan dalam penelitian ini untuk mengestimasi aktivitas industri aviasi internasional di Indonesia dalam beberapa waktu kedepan. Adapun model yang digunakan dijelaskan pada poin-poin sebagai berikut.

1) ARNN

Model ARNN merupakan modifikasi dari ANN (artificial neural network) sederhana yang secara khusus didesain untuk kepentingan prediksi data runtun waktu (Faraway, Chatfield, 1998) Model ARNN menggunakan nilai-nilai lag pada data runtun waktu yang telah ditentukan sebelumnya sebagai input dan banyak neuron tertentu (Faraway, Chatfield, 1998). Model ARNN(p,k) menunjukkan model yang menggunakan p lag sebagai input pada data runtun waktu ke satu layer feedforward neural network dengan k neuron. Arsitektur ARNN secara umum dapat diilustrasikan melalui Gambar 3.



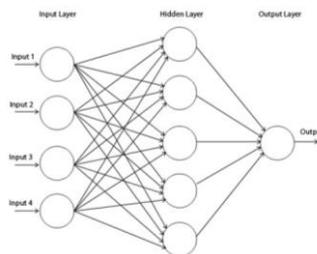
Gambar 3. Arsitektur ARNN

Persamaan (2) menunjukkan arsitektur yang dibangun dengan \underline{x} sebagai p lag input dan c_0 , w_j , a_j sebagai bobot yang saling terhubung, b_j adalah vektor bobot, dan ϕ adalah fungsi non linier. Bobot-bobot tersebut dilatih menggunakan gradient descent backpropagation.

$$f(\underline{x}) = c_0 + \sum_{j=1}^k \phi(a_j + b'_j \underline{x}) \quad (2)$$

2) Single Layer ANN

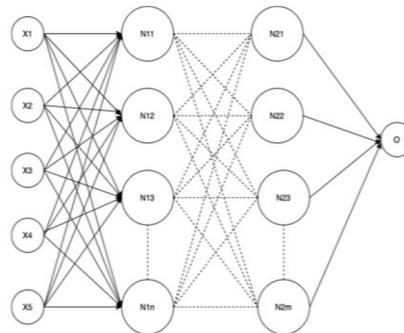
Artificial Neural Network (ANN) adalah teknik machine learning yang mencontoh struktur kerja saraf manusia yang merupakan bagian fundamental dari otak untuk proses pembelajaran (Hyndman, Athanasopoulos, 2018). Single Layer ANN merupakan arsitektur neural network sederhana yang terdiri dari satu hidden layer (Faraway, Chatfield, 1998). Pada penelitian ini, model single layer ANN dikombinasikan dengan metode peramalan runtun waktu seperti *moving average* (MA). Adapun arsitektur *single layer ANN* diilustrasikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur Single Layer ANN

3) MLP

Multilayer Perceptron (MLP) merupakan modifikasi arsitektur *neural network* yang memiliki bentuk lapisan *perceptron* yang difusikan dengan menambahkan lebih banyak layer atau lapisan dan *neuron* atau *node* pada setiap layer (Sen, Sugiarto, Rochman, 2020). Model MLP dapat digunakan untuk membangun model peramalan runtun waktu. Pengkombinasian Model MLP dan model *Autoregressive* (AR) memungkinkan untuk melakukan peramalan runtun waktu (Mohammadi, 2021). Selain mengkombinasikannya dengan AR, pemodelan runtun waktu dengan MLP juga dapat dilakukan dengan mengkombinasikannya dengan model runtun waktu lain. Adapun arsitektur MLP secara general diilustrasikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Arsitektur *Multilayer Perceptron* (MLP)

Pada Gambar X, dapat dilihat bahwa arsitektur MLP terdiri dari input layer yang merupakan variabel prediktor, n *hidden layer* dengan n *neuron* di setiap layer, dan output layer yang merupakan hasil prediksi.

Untuk melihat akurasi model prediksi, dilakukan penghitungan akurasi berdasarkan nilai residual data *train set* dan *test set*. Penghitungan akurasi model dilakukan dengan beberapa ukuran akurasi hasil prediksi yaitu MAE, RMSE, dan MAPE sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i| \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right| \quad (5)$$

Semakin kecil nilai MAE, RMSE, dan MAPE maka semakin baik pula kemampuan model dalam melakukan prediksi. Model terbaik kemudian dipilih dengan mempertimbangkan nilai-nilai akurasi tersebut. Ukuran MAPE dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan peramalan. Nilai MAPE <10% menunjukkan peramalan yang dilakukan sangat akurat, nilai MAPE 10-20% menunjukkan peramalan baik, nilai MAPE

20-50% menunjukkan peramalan berdasar, nilai MAPE >50% menunjukkan peramalan lemah dan tidak akurat (Lewis, C. D, 1982).

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah interpretasi hasil analisis. Interpretasi hasil analisis dilakukan untuk menjelaskan temuan-temuan yang didapatkan. Hal ini mendorong hasil analisis dapat memiliki kebermanfaatan yang lebih luas.

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 6. Aktivitas Harian Penerbangan Internasional di Indonesia

Pada Gambar 6, dijelaskan pola aktivitas harian penerbangan internasional di Indonesia dari bulan Maret 2020 hingga bulan Juni 2021. (Kemenko 2020) Pada awal April 2020, pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No 21 Tahun 2020. Berdasarkan grafik garis pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan drastis aktivitas penerbangan internasional pada awal ditetapkannya kebijakan PSBB di Indonesia. Frekuensi penerbangan internasional menurun dari sebelum ditetapkannya PSBB yakni sekitar 900 penerbangan per hari, menjadi rata-rata 50 penerbangan per hari selama masa PSBB. Penurunan frekuensi penerbangan internasional di Indonesia terlihat sangat jauh untuk dapat kembali naik seperti kondisi sebelum adanya kebijakan PSBB akibat Covid-19. Hal ini dapat menjadi indikasi sebagai penyebab terjadinya penurunan drastis kontribusi industri aviasi terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia dari kuartal pertama 2020 ke kuartal kedua 2021 hingga saat ini. (Badan Pusat Statistik 2020) Kontribusi industri aviasi terhadap PDB tercatat menurun dari 1,21% pada kuartal pertama 2020 menjadi 0,28% pada kuartal kedua 2020. Dari grafik, pada tanggal 10 Juni 2020 terlihat kenaikan frekuensi penerbangan internasional yang cukup signifikan. (CNN Indonesia 2020) Kenaikan yang signifikan tersebut dapat diakibatkan oleh kebijakan PSBB yang berakhir secara keseluruhan sekitar pertengahan bulan Juni 2020, sehingga mobilitas masyarakat meningkat karena pembatasan pergerakan dilonggarkan. Hal yang sama juga terjadi pada

tanggal 15 Juni 2021, frekuensi penerbangan internasional memiliki peningkatan yang cukup signifikan dari 60 penerbangan per hari menjadi 239 penerbangan per hari. Hal tersebut dapat diindikasikan karena tanggal 15 Juni 2021 merupakan waktu berakhirnya PPKM sebelum diumumkan terdapat perpanjangan kebijakan PPKM.

Indikasi awal efek kausalitas penurunan produktivitas industri aviasi adalah adanya kebijakan PSBB yang membatasi mobilitas masyarakat terutama ke tempat-tempat wisata. Pergerakan masyarakat ke tempat wisata dapat dilihat berdasarkan indeks mobilitas yang dikeluarkan oleh *google*. Indeks mobilitas yang dikeluarkan *google* merupakan pergerakan masyarakat pengguna *google*. Berikut adalah pola aktivitas masyarakat ke tempat-tempat wisata pada masa pandemi Covid-19.



Gambar 7. Aktivitas Mobilitas Masyarakat ke Tempat-tempat Rekreasi

Pada Gambar 7, terdapat penurunan signifikan indeks mobilitas masyarakat di awal April yang mencapai angka -53% dari *baseline*, sama halnya dengan frekuensi penerbangan di Indonesia. Hal ini dapat diindikasikan terjadi akibat diberlakukannya kebijakan PSBB. Namun, setelah diterapkannya PSBB hingga bulan Juni 2021, mobilitas masyarakat cenderung memiliki tren naik hingga mencapai 8% dari *baseline*. Tren naik yang juga terjadi pada angka indeks mobilitas masyarakat ini, dapat menjadi indikasi awal bahwa terdapat keterkaitan antara pola mobilitas masyarakat dengan produktivitas penerbangan di Indonesia. Untuk melihat keterkaitan keduanya, dilakukan uji korelasi pearson yang memiliki hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi Pearson Indeks Mobilitas Rekreasi dan Frekuensi Penerbangan

		Indeks Mobilitas Rekreasi	Frekuensi Penerbangan
Pearson	Indeks Mobilitas Rekreasi	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000
		N	422

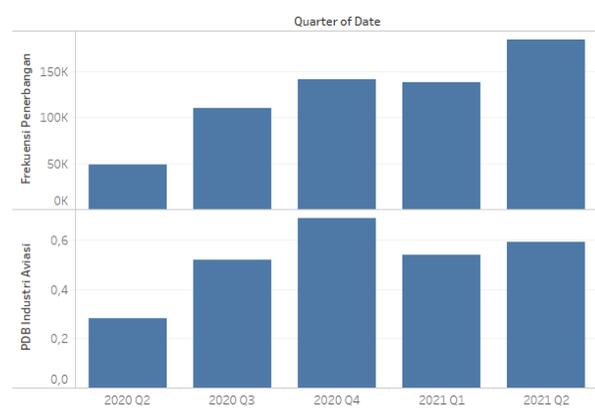
Berdasarkan Tabel 2, didapatkan bahwa nilai *p-value* dari uji korelasi pearson bernilai 0,000 ketika dilakukan pembulatan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara indeks mobilitas rekreasi dan dan frekuensi penerbangan dengan hubungan yang cukup tinggi. Hal ini menggambarkan bahwa kebijakan pembatasan mobilitas masyarakat memiliki keterkaitan yang erat dengan produktivitas industri penerbangan atau aviasi di Indonesia. Karena memiliki keterkaitan erat, dilakukan pemodelan linear menggunakan regresi untuk melihat apakah mobilitas masyarakat ke tempat-tempat wisata memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas industri aviasi di Indonesia. Signifikansi pengaruh dari mobilitas masyarakat dilihat berdasarkan uji parsial student-t dari hasil model regresi. Berikut adalah hasil uji signifikansinya.

Tabel 3. Hasil Uji Signifikansi Mobilitas terhadap Frekuensi Penerbangan di Indonesia

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2518,013	93,245		27,004	0.000
	Indeks Mobilitas ke tempat rekreasi	52,549	4,238	.518	12.400	0.000

Berdasarkan Tabel 3, nilai *p-value* dari uji signifikansi indeks mobilitas masyarakat ke tempat rekreasi terhadap frekuensi penerbangan adalah 0,000. Hal ini menunjukkan, terdapat bukti secara statistik untuk menyatakan bahwa mobilitas masyarakat ke tempat-tempat wisata berpengaruh signifikan terhadap perubahan produktivitas industri aviasi jika dilihat dari frekuensi penerbangan. Oleh karena itu, penurunan produktivitas aviasi dapat dikatakan berjalan beriringan dengan ditetapkannya kebijakan pemerintah untuk membatasi mobilitas masyarakat selama masa pandemi Covid-19 seperti PSBB dan PPKM.

Dalam penelitiannya tahun 2018, Dimitriou mendapatkan bahwa industri aviasi memiliki kontribusi yang besar terhadap pembangunan daerah dan pertumbuhan ekonomi. Kondisi produktivitas industri aviasi di Indonesia dapat dilihat melalui data frekuensi penerbangan di Bandar udara. Keterkaitan kondisi industri aviasi dengan kondisi perekonomian Indonesia dapat dilihat dengan membandingkan frekuensi penerbangan dengan kontribusinya terhadap produk domestik bruto (PDB). Berikut visualisasi perbandingannya melalui diagram batang.



Gambar 8. Perbandingan Frekuensi Penerbangan dengan Kontribusinya terhadap PDB

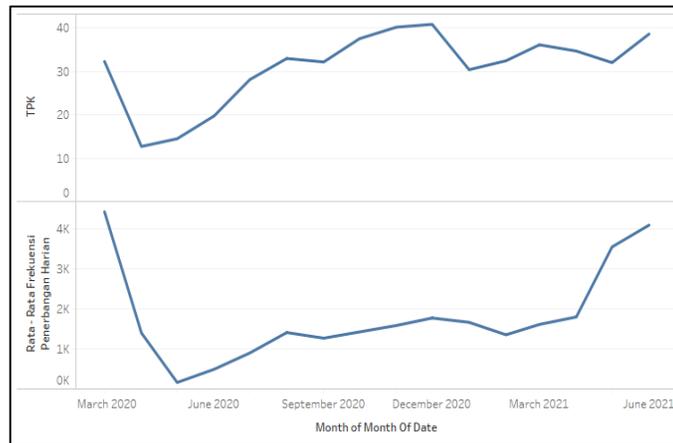
Jika dilihat berdasarkan diagram batang pada Gambar 8, pola frekuensi penerbangan di Indonesia cenderung memiliki pola yang sama dengan kontribusi industri aviassi terhadap PDB. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat keterkaitan atau korelasi antara aktivitas penerbangan dengan kontribusinya terhadap perekonomian di Indonesia. Korelasi antara kedua variabel tersebut dilihat berdasarkan koefisien korelasi pearson. Korelasi pearson menghasilkan ukuran korelasi yakni sebesar 0,900, yang berarti bahwa kedua variabel tersebut memiliki korelasi tinggi. Untuk memperkuat bahwa terdapat hubungan antara frekuensi penerbangan dengan kontribusinya terhadap PDB, dilakukan uji korelasi yakni uji korelasi pearson. Berikut adalah hasil uji korelasi pearson yang dilakukan dengan bantuan SPSS.

Tabel 4. Hasil Uji Korelasi Pearson Frekuensi Penerbangan dan Kontribusinya terhadap PDB

			Frekuensi Penerbangan	PDB Industri Aviassi
Pearson	Frekuensi Penerbangan	Correlation Coefficient	1,000	,900 [*]
		Sig. (2-tailed)	.	,037
		N	5	5

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan bahwa *p-value* yang diperoleh dari uji korelasi pearson adalah 0,037. Jika digunakan tingkat signifikansi 5%, diperoleh bahwa terdapat keterkaitan atau korelasi yang cukup tinggi antara frekuensi penerbangan dan kontribusinya terhadap PDB. Hal ini menunjukkan bahwa, pemulihan terhadap industri aviassi atau penerbangan, akan berdampak pada kontribusinya terhadap PDB yang merupakan salah satu indikator pertumbuhan ekonomi.

Selain memiliki indikasi keterkaitan dengan sektor ekonomi, penelitian Gössling pada tahun 2020 menyatakan bahwa terdapat keterkaitan antara industri aviassi dengan pembangunan pariwisata. Data Badan Pusat Statistik mengenai sektor pariwisata dapat dilihat berdasarkan Tingkat Penghunian Kamar (TPK) Hotel. Berikut adalah perbandingan rata-rata penerbangan harian tiap bulan dengan tingkat penghunian kamar.



Gambar 9. Perbandingan Rata-rata Penerbangan Harian dengan TPK

Jika dilihat pada Gambar 9, bentuk *series plot* yang dihasilkan cenderung memiliki pola yang sama. Kesamaan pola ini mengindikasikan terdapat keterkaitan antara keduanya. Untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan uji korelasi antara kedua variabel dengan menggunakan uji korelasi pearson. Berikut adalah hasil uji korelasi pearson yang dilakukan.

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi Pearson TPK dan Rata-rata penerbangan harian

			TPK	Rata - Rata Frekuensi Penerbangan Harian
Pearson	TPK	Correlation Coefficient	1.000	.541*
		Sig. (2-tailed)	.	.030
		N	16	16

Tabel 5 menunjukkan bahwa *p-value* yang dihasilkan dari uji korelasi pearson adalah 0,030. Hal ini berarti bahwa dengan tingkat kesalahan 5%, terdapat bukti bahwa ada keterkaitan antara rata-rata penerbangan per hari dengan tingkat penghunian kamar. Keterkaitan ini berarti bahwa produktivitas industri aviasi di Indonesia dapat menjadi indikator penyumbang aktivitas sektor pariwisata di Indonesia. Dengan memfokuskan pemulihan terhadap industri aviasi, dapat berdampak positif terhadap pemulihan sektor pariwisata di Indonesia.

Seperti yang telah dijelaskan dalam analisis deskriptif mengenai aktivitas aviasi internasional di indonesia, dilakukan permodelan runtun waktu untuk memprediksi pola aktivitasnya. Dilakukan permodelan runtun waktu berbasis *machine learning* yakni ARNN, ANN dan MLP. Model dibangun menggunakan data latih yang terdiri dari 80% data observasi pertama dan dievaluasi menggunakan data uji yang terdiri dari 20% data observasi terbaru.

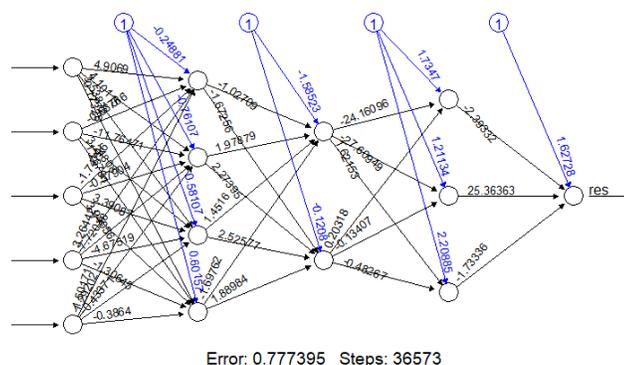
Data yang digunakan sebagai input dari model *multilayer perceptron* (MLP) dan *artificial neural network* (ANN) yang dibentuk merupakan *simple moving average* (SMA) dari data aktivitas aviasi internasional di Indonesia yang digunakan sebagai variabel target yang hendak diramalkan. Sementara itu, model *autoregressive neural network* membutuhkan lag sebagai input yang digunakan dalam membangun model peramalan runtun waktu. Adapun spesifikasi dari model yang dibangun disajikan secara terstruktur dalam Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi model *machine learning*

Model	Spesifikasi Hidden Layer	Input	Spesifikasi lain
MLP-MA	C(4,2,3)	SMA_(t-1)(1), SMA_(t-1)(2), SMA_(t-1)(3), SMA_(t-1)(4), SMA_(t-1)(5),	Learning process: RPROP+
ANN-MA	C(8)	SMA_(t-1)(1), SMA_(t-1)(2), SMA_(t-1)(3), SMA_(t-1)(4), SMA_(t-1)(5),	Learning process: RPROP+
ARNN	C(8)	8 Lag	Backprop

Proses pembelajaran (*learning process*) dalam pembangunan model runtun waktu dengan metode MLP dan ANN dilakukan menggunakan pendekatan resilient backpropagation dengan *weight backtracking* (RPROP+). Hal ini dilakukan karena jika menggunakan metode backpropagation, diperlukan nilai learning rate. Jika *learning rate*-nya semakin rendah, proses *learning*-nya semakin lama, sementara jika *learning rate*-nya tinggi *weight* yang dihasilkan akan jauh dari nilai minimum *weight*-nya (Widodo Saputra et al 2017). Oleh karena itu, digunakan metode RPROP+ untuk mengatasi hal tersebut, agar proses pembelajarannya bisa lebih cepat. Sementara itu, pada pembangunan model ARNN digunakan metode *backpropagation* karena restriksi dari penggunaan *package* RStudio yang digunakan untuk membangun model tersebut.

Adapun Struktur model runtun waktu MLP yang berhasil dibangun dapat disajikan dalam Gambar 10.



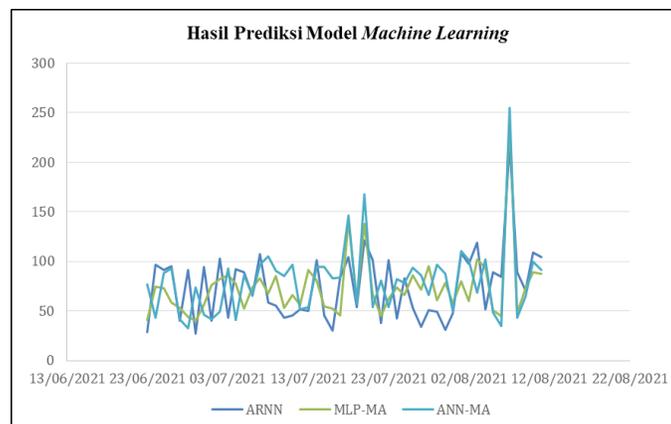
Gambar 10. Struktur Model *Multi layer Perceptron* dengan tiga *hidden layer*

Setelah model dibangun, dilakukan evaluasi terhadap model untuk mendapatkan model terbaik yang dapat digunakan untuk memprediksi pola aktivitas aviasi beberapa hari kedepan. Berikut adalah hasil evaluasi yang dilakukan pada model yang telah dibangun.

Tabel 7. Evaluasi Model Peramalan Runtun Waktu

Model	RMSE Model	MAPE Model	MAE Model	RMSE Test
MLP-MA	21,56988	14.16%	15,28267	20,684960
ANN-MA	21,21135	17.46%	14,82622	23,652820
ARNN	25,41623	19.97%	16,25276	23,803377

Berdasarkan Tabel 7, dapat terlihat bahwa MAPE dari semua model yang dibangun memiliki nilai yang berada dalam rentang 10% sampai 20%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dibangun menghasilkan peramalan yang baik (Lewis, C. D, 1982). Model terbaik yang dapat digunakan dalam memprediksi aktivitas aviasi internasional di Indonesia pada beberapa hari kedepan guna keperluan dasar monitoring adalah model MLP dengan input moving average. Untuk meningkatkan akurasi model yang digunakan, data baru hasil *updating* terus ditambahkan ke dalam model untuk prediksi. Berikut adalah hasil prediksi aktivitas aviasi internasional dalam 50 hari setelah data terbaru.



Gambar 11. Hasil Prediksi Model Runtun Waktu berbasis *Machine Learning*

4. Kesimpulan dan Saran

Pemanfaatan *big data* dapat dijadikan sebagai dasar *monitoring* aktivitas industri aviasi di Indonesia. Informasi yang didapatkan bersifat menyeluruh dan *granular* sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan. Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, didapatkan bahwa penurunan drastis aktivitas aviasi di Indonesia terjadi sejak awal diterapkannya kebijakan PSBB. Pola kenaikan aktivitas aviasi terjadi di saat

kebijakan pembatasan mobilitas masyarakat dilonggarkan, yakni tanggal 10 Juni 2020 dan 15 Juni 2021. Sesuai uji statistik, didapatkan bahwa kebijakan yang berkaitan dengan pembatasan mobilitas masyarakat, yakni PSBB dan PPKM, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan produktivitas penerbangan di Indonesia. Restriksi mobilitas masyarakat berdampak pada menurunnya produktivitas industri aviasi. Jika dilihat berdasarkan keterkaitan industri aviasi dengan variabel ekonomi dan pariwisata di Indonesia, ditemukan bahwa industri aviasi memiliki keterkaitan yang kuat dengan sektor ekonomi dan pariwisata di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pemulihan industri aviasi juga dapat menjadi salah satu upaya untuk mendorong pemulihan ekonomi dan pariwisata di Indonesia. Model terbaik yang dapat digunakan dalam prediksi runtun waktu aktivitas penerbangan internasional di Indonesia adalah model MLP-AR dengan MAPE sebesar 14,16%.

Daftar Pustaka

- Abu-Rayash, A., & Dincer, I. (2020). Analysis of mobility trends during the COVID-19 coronavirus pandemic: Exploring the impacts on global aviation and travel in selected cities. *Energy research & social science*, 68, 101693.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Tinjauan Big Data Terhadap Dampak Covid-19. (pp. 1-25)
- CNN Indonesia. (2020). "PSBB Jakarta Berakhir Hari Ini, Pemprov Koordinasi Pusat" Retrieved (<https://www.cnnindonesia.com/nasional/20210308075620-20-614892/psbb-jakarta-berakhir-hari-ini-pemprov-koordinasi-pusat>)
- Dimitriou, D. J. (2018). Comparative evaluation of airports productivity towards tourism development. *Cogent Business & Management*, 5(1), 1464378.
- Federal Aviation Administration. 2020. The Economic Impact of Civil Aviation on the U.S. Economy. (pp. 1-30)
- Faraway, J., & Chatfield, C. (1998). Time series forecasting with neural networks: a comparative study using the air line data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 47(2), 231-250.
- Gössling, S. (2020). Risks, resilience, and pathways to sustainable aviation: A COVID-19 perspective. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101933.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- IATA. 2019. The Importance of Air Transport to Indonesia. (pp. 1-4)
- ICAO. 2020. The Economic and Social Benefits of Air Transport. (pp. 1-32)
- Junaedi, H., Budianto, H., Maryati, I., & Melani, Y. (2011). Data transformation pada data mining. *Prosiding Konferensi Nasional Inovasi dalam Desain dan Teknologi-IDEaTech*, 93-99.
- Kumar, S., & Nafi, S. M. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on tourism: recovery proposal for future tourism. *GeoJournal of Tourism and Geosites, Year XIII Vol, 33*.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Butterworth-Heinemann.

- Mitra, V., Sujaini, H., & Negara, A. B. P. (2017). Rancang bangun aplikasi web scraping untuk korpus paralel indonesia-inggris dengan metode html dom. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(1), 36-41.
- Mohammadi, B., Mehdizadeh, S., Ahmadi, F., Lien, N. T. T., Linh, N. T. T., & Pham, Q. B. (2021). Developing hybrid time series and artificial intelligence models for estimating air temperatures. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 35(6), 1189-1204.
- Nasution, L. M. (2017). Statistik deskriptif. *Hikmah*, 14(1), 49-55.
- Nhamo, G., Dube, K., & Chikodzi, D. (2020). COVID-19 and implications for the aviation sector: A global perspective. In *Counting the Cost of COVID-19 on the Global Tourism Industry* (pp. 89-107). Springer, Cham.
- Panuntun, S. B., & Pramana, S. (2021, March). Development of Automated Flight Data Collection System for Air Transportation Statistics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1863, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Pramana, S., Yuniarto, B., Kurniawan, R., Yordani, R., Lee, J., Amin, I., & Indriani, R. (2017, September). Big data for government policy: Potential implementations of big data for official statistics in Indonesia. In *2017 International Workshop on Big Data and Information Security (IWBIS)* (pp. 17-21). IEEE.
- RI (Republik Indonesia). (2021). PP No 21 Tahun 2021 tentang PSBB. Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan (Kemenko PMK) Tahun 2020, Jakarta.
- Salman, D., Seiam, D., & Fayaz, E. (2020). How Can the Aviation Sector Survive after COVID-19?. *Virtual Economics*, 3(4), 91-105.
- Saputra, W., Zarlis, M., Sembiring, R. W., & Hartama, D. (2017, December). Analysis resilient algorithm on artificial neural network backpropagation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 930, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Sen, S., Sugiarto, D., & Rochman, A. (2020). Komparasi Metode Multilayer Perceptron (MLP) dan Long Short Term Memory (LSTM) dalam Peramalan Harga Beras. *target*, 4, 1.
- Sugiarti, S. (2021). ANALISIS DAMPAK COVID 19 TERHADAP PENERBANGAN DI INDONESIA. *JURNAL MITRA MANAJEMEN*, 12(1), 113-122.