

**PERBANDINGAN AKURASI *RECURRENT FORECASTING*  
DAN *VECTOR FORECASTING* PADA METODE *SINGULAR  
SPECTRUM ANALYSIS* DALAM PERAMALAN JUMLAH  
WISATAWAN MANCANEGERA YANG MASUK MELALUI  
BANDARA NGURAH RAI BALI TAHUN 2017**

**Yosep Oktavianus Sitohang<sup>1)</sup>, Gumgum Darmawan<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Magister Statistika Terapan, FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung;  
yosep1707@gmail.com*

<sup>2)</sup> *Magister Statistika Terapan, FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung;  
gumstat@gmail.com*

**Abstrak**

Pariwisata merupakan sektor penting didalam perekonomian Indonesia. Salah satu tolak ukur perkembangan sektor pariwisata adalah jumlah kedatangan wisatawan mancanegara melalui pintu masuk yaitu bandara. Pada tahun 2017 pemerintah telah menargetkan 15 juta kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Agar target ini tercapai diperlukan perencanaan yang tepat dimana informasi peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang datang pada tahun 2017 sangat diperlukan. Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) merupakan metode terbaru didalam analisis time series. Pada dasarnya metode SSA dapat menguraikan data deret waktu kedalam komponen-komponen deret waktu, yaitu tren, musiman, siklis dan noise sehingga metode SSA tidak terikat kepada asumsi-asumsi seperti ARIMA. Terdapat dua metode peramalan dalam SSA, yaitu metode *recurrent* (*R-Forecasting*) dan *vector* (*V-Forecasting*). Dari hasil penghitungan, metode *vector* dengan menggunakan *window length* sebesar 54 dan *grouping* sebanyak 4 kelompok memberikan akurasi peramalan yang lebih baik dibanding metode *recurrent*. Dari hasil peramalan didapat bahwa jumlah wisatawan mancanegara yang datang melalui bandara Ngurah Rai Bali tahun 2017 hanya sebanyak 5,1 juta wisatawan dengan puncak kunjungan terjadi di bulan September.

**Kata Kunci.** *Singular Spectrum Analysis* (SSA), metode *recurrent*, metode *vector*.

## **1. Pendahuluan**

Pariwisata merupakan salah satu sektor penting didalam perekonomian Indonesia. Menurut paparan kementerian pariwisata Indonesia untuk KIDI keenam oleh kepala biro hukum dan komunikasi publik disampaikan bahwa pada tahun 2015 sektor pariwisata menyumbangkan 10 persen PDB nasional dengan nominal tertinggi di ASEAN. Dari sisi penyerapan tenaga kerja, sektor pariwisata menyumbang 9,8 juta lapangan pekerjaan. Dalam hal penciptaan lapangan kerja, sektor pariwisata telah tumbuh 30 persen dalam waktu 5 tahun. Oleh karenanya dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJM) 2015-2019 sektor pariwisata menjadi sektor yang diprioritaskan (Bappenas, 2014).

Dalam rangka pengembangan sektor pariwisata di Indonesia, pemerintah telah melakukan beberapa kebijakan. Dalam peraturan pemerintah nomor 50 tahun 2011 tentang RIPPARNAS 2010-2025 pembangunan kepariwisataan nasional berfokus pada destinasi pariwisata, industri pariwisata, pemasaran pariwisata dan kelembagaan kepariwisataan (Kemenpar, 2016). Salah satu kebijakan yang ditetapkan dalam mengimplementasikan pembangunan tersebut, yaitu ditetapkan kawasan prioritas pembangunan pariwisata nasional dengan salah satunya adalah Bali. Bali merupakan salah satu destinasi pariwisata utama di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan sejumlah penghargaan yang diterima, antara lain predikat pulau wisata terbaik kedua di dunia tahun 2015 versi majalah *Travel and Leisure* (Asdhiana, 2016) dan predikat destinasi wisata terbaik dunia tahun 2017 versi *tripAdvisor* ([www.prnewswire.com](http://www.prnewswire.com)).

Salah satu indikator perkembangan sektor pariwisata adalah kunjungan wisatawan mancanegara (Kemenpar, 2015). Berdasarkan data kunjungan wisatawan mancanegara melalui Bandara Ngurah Rai Bali yang dirilis oleh BPS pada tahun 2016 mencapai 4.852.634 kunjungan atau memberi andil 44,88 persen dari jumlah kunjungan wisatawan mancanegara secara nasional. Dengan nilai persentase tersebut jika digunakan pada target jumlah wisatawan mancanegara pada tahun 2017 sebesar 15 juta wisatawan mancanegara ([www.travel.detik.com](http://www.travel.detik.com)), maka jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Bali pada tahun 2017 sedikitnya harus mencapai 6,7 juta orang. Untuk mencapai target tersebut maka perencanaan strategi di bidang pariwisata sangat diperlukan. Informasi perkiraan jumlah wisatawan yang akan datang ke Bali sangat dibutuhkan dalam menyusun perencanaan tersebut. Untuk memperoleh informasi tersebut, maka metode peramalan sangat dibutuhkan.

Salah satu metode peramalan yang sering digunakan adalah analisis deret waktu (Wei, 2006). Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) merupakan metode baru dalam analisis deret waktu yang diperkenalkan Broomhead dan King (1986). Pada dasarnya metode SSA dapat menguraikan data deret waktu kedalam komponen-komponen deret waktu, yaitu tren, musiman, siklis dan *noise*. Hal ini membuat metode SSA tidak terikat kepada asumsi-asumsi seperti metode deret waktu lainnya yang konvensional.

Terdapat dua metode peramalan dalam SSA, yaitu metode *recurrent* (*R-Forecasting*) dan *vector* (*V-Forecasting*). Metode *recurrent* adalah metode dasar yang sering digunakan karena relatif lebih mudah (Golyandina, dkk., 2001). Metode *vector* adalah hasil modifikasi dari metode *recurrent*. Perbedaan antara kedua metode peramalan adalah metode *recurrent* melakukan kontinuitas secara langsung (dengan bantuan LRF), sedangkan metode *vector* berhubungan dengan *L-continuation*. Ini menyebabkan dalam *approximate continuation*-nya biasanya memberikan hasil yang berbeda (Golyandina, dkk., 2001). Oleh karenanya dalam penelitian ini, penulis mencoba membandingkan akurasi dari kedua metode peramalan tersebut. Pemilihan metode terbaik akan didasarkan dari nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) terkecil. Metode terbaik akan digunakan dalam meramalkan jumlah wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali tahun 2017.

## 2. Metodologi

### 2.1. *Singular Spectrum Analysis* (SSA)

*Singular Spectrum Analysis* (SSA) merupakan metode alternatif dan terbaru pada analisis data deret waktu. Secara garis besar, SSA terbagi kedalam 4 proses yaitu *Embedding*, *Singular Value Decomposition* (SVD), *Grouping* dan *Diagonal Averaging*. Proses *Embedding* dan SVD biasanya disebut tahapan dekomposisi dan proses *Grouping* dan *Diagonal Averaging* biasa disebut tahapan rekonstruksi.

#### a. *Embedding*

Pada proses ini data deret waktu ditransformasikan ke dalam matriks lintasan (*trajectory*) berukuran  $L \times K$  atau biasa dikenal dengan matriks Hankel. dengan nilai  $L$  berada di rentang  $2 < L < N/2$ . Nilai  $L$  diperoleh dari  $K = N - L + 1$ . *Lag vector*  $X_i = (x_i, \dots, x_{i+L-1})^T$  dengan  $(1 \leq i \leq K)$  berukuran  $L$  ditransformasi menjadi data deret waktu multidimensi  $X_1, X_2, \dots, X_k$  sehingga elemen anti diagonal matriks lintasan bernilai sama, matriks lintasan dapat diilustrasikan seperti berikut ini:

$$X = [X_1 : \dots : X_K] = (x_{ij})_{i,j=1}^{L,K} = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_K \\ x_2 & x_3 & \dots & x_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_L & x_{L+1} & \dots & x_N \end{pmatrix} \quad (1)$$

b. *Singular Value Decomposition (SVD)*

Dimisalkan matriks  $S = XX^T$ . Dari matriks  $S$  dihitung *eigenvalue* ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L$ ) dengan urutan secara menurun  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \geq \lambda_L \geq 0$ . Selain itu  $U_1, U_2, \dots, U_L$  adalah *eigenvector* dari masing-masing *eigenvalue*. Nilai rank matriks  $X$  dinotasikan dengan  $d = \max \{i, \lambda_i > 0\}$ , dalam realitasnya data deret waktu biasanya memiliki  $d = L^*$  dengan  $L^* = \min \{L, K\}$  dan *principle component* diformulasikan sebagai berikut  $V_i = (X^T U_i)(\lambda_i)^{-0.5}$ ; ( $i = 1, \dots, d$ ). SVD dari matriks lintasan  $X$  diformulasikan:

$$X = X_1 + \dots + X_d = \sqrt{\lambda_1} U_1 V_1^T + \dots + \sqrt{\lambda_d} U_d V_d^T \quad (2)$$

Dengan demikian matriks lintasan  $X$  memiliki tiga komponen yaitu *eigenvalue* ( $\lambda_i$ ), *eigenvector* ( $U_i$ ) dan *principle component* ( $V_i$ ) yang biasa dikenal dengan *eigen triple* (ET).

c. *Grouping*

*Grouping* dilakukan berdasarkan sub-kelompok tren, musiman, periodik dan *noise*. Hasil pengelompokan tersebut kemudian dijumlahkan, dengan kata lain matriks  $X_i$  dipartisi ke dalam  $m$  subset disjoint  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ . Dimisalkan  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_p\}$  merupakan matriks hasil dari  $X_i$  sesuai dengan kelompok  $I$  yang didefinisikan sebagai  $X_i = X_{i1} + \dots + X_{ip}$ . Selanjutnya matriks  $X_i$  disesuaikan dengan pengelompokan  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$  sehingga matriks  $X = X_1 + \dots + X_d$  dapat diperluas menjadi:

$$X = X_{I_1} + X_{I_2} + \dots + X_{I_m} \quad (3)$$

d. *Diagonal Averaging*

Tujuan dari tahap ini adalah mendapatkan *singular value* dari komponen-komponen yang telah dipisahkan, kemudian akan digunakan dalam peramalan. Misalkan hasil dari proses ini adalah matriks  $Y$  yang berukuran  $L \times K$  dengan elemen  $y_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq L$ , dan  $1 \leq j \leq K$ . Maka diagonal averaging matriks  $Y$  dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$y_k = \begin{cases} \frac{1}{k} \sum_{m=1}^k y_{m,k-m+1}^* & ; 1 \leq k < L^* \\ \frac{1}{L^*-1} \sum_{m=1}^{L^*-1} y_{m,k-m+1}^* & ; L^* \leq k < K^* + 1 \\ \frac{1}{N-K+1} \sum_{m=1}^{L^*-1} y_{m,k-m+1}^* & ; K^* + 1 \leq k < N \end{cases} \quad (4)$$

di mana  $L^* = \min(L, K)$ ,  $K^* = \max(L, K)$ , dan  $N = L + K - 1$ . Jika persamaan (1) diterapkan pada persamaan (3) akan menghasilkan sebuah deret  $\tilde{X}^{(k)} = (\tilde{x}_1^{(k)}, \dots, \tilde{x}_N^{(k)})$ . Dengan demikian data deret asli didekomposisi menjadi sejumlah  $m$  deret hasil rekonstruksi sebagai berikut:

$$x_n = \sum_{k=1}^m \tilde{x}_n^{(k)} \quad ; n = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

e. Peramalan *R-forecasting* dan *V-forecasting* SSA

Terdapat dua metode peramalan dalam SSA, yaitu metode *recurrent* (*R-Forecasting*) dan *vector* (*V-Forecasting*). Metode *recurrent* adalah metode dasar yang sering digunakan karena relatif lebih mudah (Golyandina, dkk., 2001). Metode *vector* adalah hasil modifikasi dari metode *recurrent*. Dalam peramalan SSA, model dapat digambarkan dengan bantuan *Linear Recurrent Formula* (LRF), misalnya dalam bentuk *polynomial* sebagai berikut:

$$y_{i+d} = \sum_{k=1}^d a_k y_{i+d-k} \quad \text{untuk } 1 \leq i \leq N - d \quad (6)$$

Perbedaan antara kedua metode peramalan adalah peramalan dengan metode *recurrent* melakukan kontinuitas secara langsung (dengan bantuan LRF), sedangkan peramalan dengan metode *vector* berhubungan dengan *L-continuation*. Ini menyebabkan dalam *approximate continuation*-nya biasanya memberikan hasil yang berbeda (Golyandina, dkk., 2001).

Kedua metode peramalan memiliki dua tahap umum: *Diagonal Averaging* dan *Continuation*. Untuk metode *recurrent*, *diagonal averaging* digunakan untuk memperoleh rekonstruksi dan *continuation* dilakukan dengan menerapkan LRF. Sedangkan dalam peramalan metode *vector*, kedua tahap digunakan dalam urutan terbalik: pertama, *vector* peramalan dilakukan dan kemudian *diagonal averaging* memberikan nilai ramalan. Untuk mendapatkan  $M$  periode ke depan. Metode *vector* menggunakan prosedur  $M+L-1$  langkah. Sehingga metode *vector* memiliki  $L-1$  langkah tambahan.

## 2.2. Pengukuran Akurasi Peramalan

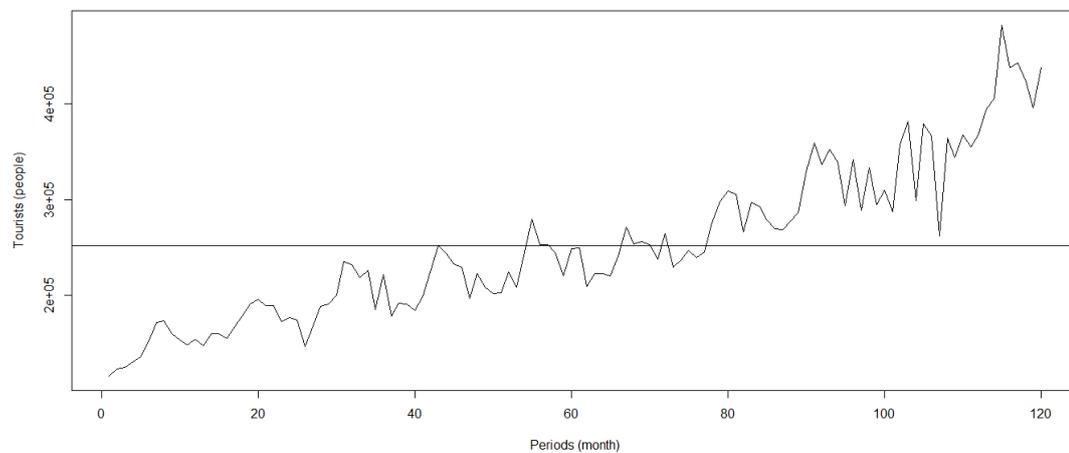
Pengukuran akurasi peramalan pada penelitian ini menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\% \quad (7)$$

Dimana  $\hat{y}_t$  dan  $y_t$  adalah nilai estimasi dan nilai aktual serta n adalah banyaknya data.

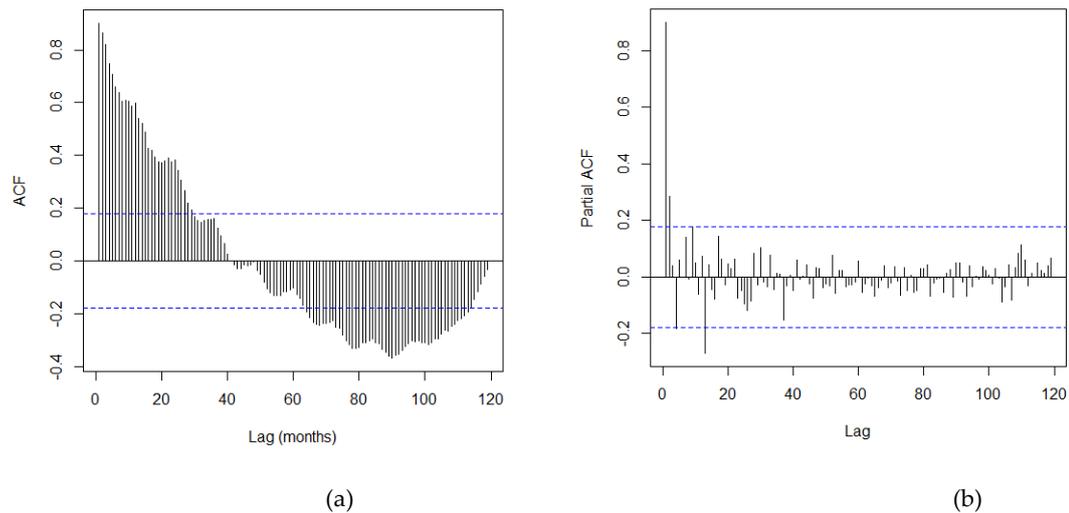
## 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kedatangan wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali periode Januari 2007-Desember 2016. Data tersebut dikeluarkan oleh BPS.



**Gambar 1.** Plot data kedatangan wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali periode januari 2007-desember 2016

Pada Gambar 1, terlihat pada data cenderung terjadi kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa data mengandung pola trend. Selain itu dari plot ACF dan PACF pada Gambar 2, terlihat nilai-nilai autokorelasi pada plot ACF dan PACF turun secara lambat untuk lag yang semakin meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa data mengandung pola musiman.



**Gambar 2.** Plot ACF (a) dan PACF (b) data data kedatangan wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali periode januari 2007-desember 2016

Pada SSA, pemilihan *window length* ( $L$ ) dilakukan berdasarkan *trial and error* dengan memperhatikan nilai MAPE terkecil. Dengan menggunakan metode *recurrent* (*R-Forecasting*) didapat nilai  $L$  optimum yaitu sebesar 52. Dengan menggunakan nilai  $L$  sebesar 52 maka dibentuklah matriks  $X$  pada proses *Embedding*. Selanjutnya pada proses SVD, didapat *eigenvalue* yang menggambarkan karakteristik untuk setiap kolom matriks  $S$  dan *eigenvalue* ini dapat direpresentasikan oleh *eigenvector*. Oleh karena itu bahan dasar pengelompokkan pada proses *grouping* adalah *eigenvector*. Jumlah *eigenvector* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 10. Adapun hasil pengelompokkannya terdiri dari 4 yaitu kelompok 1 terdiri dari *eigenvector* 1, kelompok 2 terdiri dari *eigenvector* 2 dan 3, kelompok 3 terdiri dari *eigenvector* 5,6 dan 9 dan kelompok 4 yang terdiri dari *eigenvector* 4,7,8,10. Dengan menggunakan hasil *grouping* didapatkan nilai MAPE sebesar 12,73 persen.

Dengan menggunakan metode *vector* (*V-Forecasting*) didapat nilai  $L$  optimum yaitu sebesar 54. Dengan tahapan yang sama dengan metode *recurrent* didapat hasil pengelompokkan yang terdiri dari 4 yaitu kelompok 1 terdiri dari *eigenvector* 1, kelompok 2 terdiri dari *eigenvector* 2 dan 3, kelompok 3 terdiri dari *eigenvector* 5,6 dan 9 dan kelompok 4 yang terdiri dari *eigenvector* 4,7,8,10. Dengan menggunakan hasil *grouping* didapatkan nilai MAPE sebesar 9,97 persen.

Berdasarkan nilai MAPE didapat bahwa metode *vector* (*V-Forecasting*) memberikan hasil yang lebih baik. Oleh karenanya peramalan jumlah wisatawan mancanegara

yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali menggunakan metode *vector (V-Forecasting)* dengan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali tahun 2017 (hasil Peramalan)

Bulan	Jumlah Wisatawan (orang)
Januari	382.332
Februari	380.161
Maret	385.112
April	397.045
Mei	413.295
Juni	430.193
Juli	444.482
Agustus	453.463
September	455.649
Oktober	451.352
November	442.724
Desember	433.029
TOTAL	5.068.837

#### 4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan nilai MAPE, dapat dikatakan metode *vector (V-Forecasting)* pada SSA memiliki akurasi yang baik dalam peramalan data jumlah wisatawan mancanegara yang masuk melalui bandara Ngurah Rai Bali dibanding metode *recurrent (R-Forecasting)*. Berdasarkan data ramalan (*real forecast*) yang ditunjukkan pada tabel 1 diketahui bahwa jumlah wisatawan mancanegara yang datang melalui bandara Ngurah Rai Bali ditahun 2017 berjumlah 5,1 juta wisatawan. Hal ini membuat target 15 juta wisatawan mancanegara yang ditargetkan pemerintah cukup sulit untuk dicapai. Selain itu terlihat bahwa puncak kunjungan wisatawan mancanegara terjadi dibulan September. Melalui informasi-informasi tersebut diharapkan pemerintah dapat melakukan terobosan-terobosan baru serta kebijakan yang tepat agar dapat menarik wisatawan mancanegara yang lebih banyak untuk berkunjung ke Bali.

## Daftar Pustaka

- Alamsjah, MI. 2016. *Paparan Kementerian Pariwisata RI untuk KIDI ke-6 2016 tanggal 22 september 2016 di Yogyakarta.*  
<https://web.kominfo.go.id/sites/default/files/Paparan%20Kemenpar%20untuk%20KIDI%202016.pdf>.
- Asdhiana, M. 2016. *Bali Pulau Terbaik Kedua di Dunia.*  
<http://travel.kompas.com/read/2016/01/04/173936827/Bali.Pulau.Terbaik.Kedua.di.Dunia>.
- Bappenas. 2014. *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Menengah Nasional 2015-2019.* Bappenas.
- BPS. 2017. *Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia per Bulan Menurut Pintu Masuk.* <https://bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/807>
- Broomhead DS, King GP .1986. *Extracting qualitative dynamics from experimental data.* Physica D 20:217-236.
- Golyandina, N., V. Nekrutkin, and A. Zhigljavsky. 2001. *Analysis of Time Séries Structure: SSA and Related Thechniques,* Chapman & hall.
- Kemenpar. 2015. *Laporan Kinerja Kementerian Pariwisata Tahun 2014.* Kemenpar.
- Kemenpar. 2016. *Kebijakan Pengembangan Destinasi Pariwisata Indonesia 2016-2019; disampaikan pada rapat teknis pra musrenbang regional kalimantan tanggal 10 maret 2016 di Jakarta.* <http://datacenter.bappedakaltim.com/data/musrenbangreg/08%202016.03.10-KEBIJAKAN-PENGEMBANGAN-DESTINASI-PARIWISATA-INDONESIA-.pdf>.
- Wei, William W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and multivariate Methods; Second Edition.* Pearson Addison Wesley, USA.
- <http://www.prnewswire.com/news-releases/tripadvisor-announces-top-destinations-around-the-globe-in-2017-travelers-choice-awards-300426745.html>
- <https://travel.detik.com/travel-news/d-3377405/catat-target-kunjungan-turis-di-2017>