

# PENERAPAN METODE STATISTIK UNTUK PERBANDINGAN PARAMETER ATMOSFER PERMUKAAN ANTARA PADANG DAN SELAPARANG

## APPLICATION STATISTICAL METHODS FOR COMPARISON OF ATMOSPHERE SURFACE PARAMETERS BETWEEN PADANG AND SELAPARANG

Ina Juaeni

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN, Jl. Dr. Djunjunan No. 103 Bandung 40173

E-mail: inajuaeni@yahoo.com

Naskah masuk: 21 Maret 2017; Naskah diperbaiki: 17 Nopember 2017; Naskah diterima: 22 Desember 2017

### ABSTRAK

Sudut datang sinar matahari menentukan banyaknya sinar matahari yang sampai dipermukaan sehingga faktor ini menentukan karakter cuaca suatu lokasi. Padang dan Selaparang (Mataram) selalu memiliki sudut datang sinar matahari yang berbeda setiap bulannya. Penelitian ini bertujuan membuktikan adanya perbedaan karakter parameter atmosfer antara dua lokasi tersebut. Pengujian dilakukan dengan dua metode. Pertama dengan metode statistik sederhana yaitu penentuan nilai rata-rata, maksimum dan koefisien variasi dan kedua dengan metode penentuan variansi dalam ANOVA1. Data yang digunakan adalah data tekanan, kelembapan, temperatur, curah hujan dan kecepatan angin dari OGIMET periode Januari sampai dengan Desember 2015. Berdasarkan selisih nilai-nilai maksimum, minimum, rata-rata dan koefisien variasi untuk tekanan, kelembapan, temperatur, kecepatan angin dan curah hujan antara Padang dan Selaparang menunjukkan kedua data berbeda. Hasil perbandingan dengan metode ANOVA1 menunjukkan bahwa curah hujan bulan Maret dan kelembapan serta temperatur bulan April mempunyai karakter yang sama dengan  $p$ -value 0,6 sampai 0,9. Selain variabel dan bulan tersebut, karakter parameter di dua lokasi tersebut berbeda dengan  $p$ -value 0,0 sampai 0,2.

**Kata kunci:** sudut datang sinar matahari, parameter atmosfer, ANOVA1

### ABSTRACT

Insolation angles determines the amount of incoming solar radiation (Insolasi) at the surface then to determine characteristic of the weather. Padang and Selaparang (Mataram) always has different the angle every month. This study aims to prove the difference in atmospheric parameters characteristic for those locations. Assessment to be done by using two methods, First, using average, maximum/minimum and coefficient of variation value as a simple statistic, second using variance on ANOVA1. OGIMET data of pressure, relative humidity, temperature, rainfall and wind speed from January to December 2015 is used. Based on bias of maximum value, minimum value, average values and coefficient of variation, Padang and Selaparang have different value of pressure, humidity, temperature, wind speed and rainfall. The results of comparison using ANOVA1 indicate that rainfall on March and humidity and temperature on April have similar character in  $p$ -value from 0.6 to 0.9. In addition to these variables, character is differ in  $p$ -value from 0.0 to 0.2.

**Keywords:** incoming solar radiation angle, atmosphere parameter, character, ANOVA1

## 1. Pendahuluan

Salahsatu faktor yang menentukan iklim dan cuaca hari ke hari adalah energi matahari. Sebagian dari energi matahari yang diterima permukaan bumi, rata-rata sebesar  $340 \text{ watt/m}^2$ , dipantulkan kembali ke angkasa, dan sisanya diserap oleh daratan dan lautan untuk dilepaskan kembali sebagai panas radiasi gelombang panjang. Panas radiasi ini diserap dan diemisikan lapisan atmosfer bawah ke lapisan

atmosfer di atasnya. Temperatur rata-rata bumi ditentukan oleh keseimbangan antara radiasi matahari yang datang dengan dengan radiasi panas yang diemisikan ke angkasa. Karena dalam proses pantulan dan radiasi energi matahari ini berkaitan keberadaan gas-gas di atmosfer, Kiehl dan Trenberth [1] menyatakan bahwa temperatur rata-rata permukaan bumi ditentukan oleh dua hal: fluks energi antara atmosfer dan permukaan dan pengaruh gas-gas diatmosfer.

Ketergantungannya pada kondisi permukaan bumi menyebabkan energi matahari tidak terdistribusi secara seragam, ekuator menerima energi matahari berlebih, sementara kutub menerima energi tersebut dalam jumlah yang sangat kurang. Energi yang diterima secara tidak seragam inilah yang menimbulkan perbedaan panas. Panas yang tidak seragam membangkitkan angin, kemudian meningkatkan evaporasi, dan presipitasi. Dengan kata lain panas yang tidak seragam di permukaan bumi membentuk cuaca.

Padang (Sumatera Barat) dan Selaparang (Lombok/Mataram/Nusa Tenggara Barat) tidak hanya memiliki perbedaan dalam *altitude* saja. Padang adalah wilayah tepi pantai sementara Selaparang adalah dataran rendah. Selain itu posisi dua lokasi penelitian ini juga berbeda, Padang terletak di wilayah Indonesia bagian barat, dan Selaparang terletak di sebelah timur. Posisi lintang menentukan jumlah energi matahari yang diterima permukaan bumi. Berkaitan dengan hal itu penting dilakukan penelitian karakter parameter atmosfer untuk berbagai macam kondisi permukaan dengan sasaran diperoleh rangkuman yang bisa memberikan kesimpulan umum tentang keterkaitan cuaca dan aspek geografi. Padang dan Selaparang memenuhi persyaratan untuk penelitian ini. Parameter atmosfer yang dianalisis untuk dua lokasi tersebut adalah tekanan, kelembapan relatif, temperatur, kecepatan angin dan curah hujan. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji perbedaan karakter parameter atmosfer antara Padang dan Selaparang dengan menggunakan metode ANOVA1.

*Analysis of variance* (ANOVA) adalah metode yang sangat penting untuk eksplorasi dan konfirmasi analisis data [2]. Pengembangan ANOVA dilakukan oleh Gelman [2] yang menyajikan fungsi *S user friendly* untuk *fitting* berbagai model seperti (a) model regresi non-parametrik, (b) model semi-parametrik linear; (c) model regresi non-parametrik nonlinear; (d) model regresi semi-parametrik nonlinear; dan (e) model semi-parametrik nonlinear campuran. Metode ANOVA juga dapat digunakan untuk menguji perbedaan antara dua fungsi dalam [3] dan [4]. Metode ANOVA sudah banyak digunakan dalam analisis data dalam berbagai latar belakang ilmu, seperti kedokteran, geografi, pertanian, kehutanan dan juga meteorologi. Dalam Zhang et al [5] ANOVA digunakan menguji keterkaitan wilayah dengan wabah berbagai penyakit. Sementara dalam Oliva [6] ANOVA digunakan untuk penelitian di bidang biologi lingkungan. Wang dan Brown [7] menggunakan *smoothing spline* untuk mempelajari efek wabah pada ritme sirkadian kortisol, yaitu hormon yang dipengaruhi oleh stres. Penggunaan ANOVA dalam penelitian atmosfer dilakukan juga oleh Sain et al [8], dan Kaufman dan Sain [9]. Dalam

penelitian Sain [8] ANOVA digunakan untuk menguji dua metode *dynamic downscaling* yang berbeda. Pengembangan ANOVA dilakukan oleh Kaufman dan Sain [9], dengan cara memfungsikan ANOVA dalam pemodelan. Penggunaan ANOVA dalam sains atmosfer masih dominan dalam bidang pemodelan, dengan tujuan untuk konfirmasi dan juga menentukan besar simpangan data model yang satu terhadap model lain atau data model terhadap observasi, meskipun ANOVA mempunyai potensi untuk digunakan dalam kajian penelitian proses atmosfer.

## 2. Metode Penelitian

Padang dan Selaparang merupakan dua lokasi dengan posisi lintang bujur dan ketinggian tempat yang berbeda. Tabel 1 menunjukkan lintang, bujur dan ketinggian Padang dan Selaparang. Selain berbeda aspek tempat dan ketinggian, sudut datang sinar matahari Padang dan Selaparang juga berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data OGIMET, yang dijelaskan secara rinci dalam subbab 2.1. Untuk menguji/membuktikan adanya perbedaan karakter parameter atmosfer di dua lokasi di atas digunakan metode ANOVA1 dalam Matlab. Angka 1 menunjukkan bahwa analisis dilakukan hanya untuk satu arah relasi. Metode ANOVA 1 dijelaskan lebih rinci dalam subbab 2.2.

**Tabel 1. Posisi Lokasi Penelitian**

| Lokasi                              | Ketinggian tempat |
|-------------------------------------|-------------------|
| Selaparang<br>8° 34' LS, 116° 7' BT | 0-26 m            |
| Padang<br>0°57'0" LS, 100°21'11" BT | 0-1,853 m         |

**Tabel 2. Sudut datang sinar matahari perbulan di Padang dan Selaparang [10]**

| Bulan     | Padang | Selaparang |
|-----------|--------|------------|
| Januari   | 105°   | 97°        |
| Februari  | 97°    | 89°        |
| Maret     | 89°    | 81°        |
| April     | 81°    | 73°        |
| Mei       | 73°    | 65°        |
| Juni      | 66°    | 58°        |
| Juli      | 73°    | 65°        |
| Agustus   | 81°    | 73°        |
| September | 89°    | 81°        |
| Oktober   | 97°    | 89°        |
| November  | 105°   | 97°        |
| Desember  | 112°   | 104°       |

Keterangan: Sudut datang sinar matahari perbulan yang diukur dari arah vertikal 0°

**Data OGIMET.** Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data parameter atmosfer permukaan (tekanan, kelembapan relatif, temperatur, kecepatan angin dan curah hujan) per tiga jam di Padang dan Selaparang untuk pengamatan bulan Januari sampai Desember tahun 2015. Data diperoleh dari <http://ogimet.com/gsynres.phtml.en>. Data Ogimet menjadi data alternatif terbaik, paling tidak sampai saat ini. Ogimet adalah Layanan Informasi Cuaca melalui [www.ogimet.com](http://www.ogimet.com). OGIMET dikembangkan oleh Guillermo Ballester Valor, meteorologis dari *Spanish Meteorological Institute*. Kontribusi juga diperoleh dari Dr. D. José Manuel García López, *Catedratic* dari *Department of Histology of Granada University*. Data yang dipublikasi adalah data yang digunakan oleh beberapa jaringan informasi dunia, terutama dari *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, dan menggunakan software bebas lisensi untuk mengolahnya. Data parameter meteorologi seperti temperatur, kelembapan relatif, tekanan udara, angin dan presipitasi dari seluruh dunia berasal dari jalur khusus seperti jalur kerjasama internasional. Web OGIMET memberikan informasi beberapa jenis data. Salah satunya adalah data cuaca harian OGIMET yang diperoleh berdasarkan data sinop dan tersedia sejak Juli 2004.

**Metode ANOVA.** Untuk menemukan karakter parameter atmosfer yang berbeda antara Padang dan Selaparang, digunakan nilai maksimum, nilai minimum, nilai rata-rata dan koefisien variasi. Juga digunakan nilai rata-rata kuadrat dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dalam Matlab. ANOVA adalah sebuah metode untuk mendeteksi kesamaan/perbedaan sifat dua atau lebih grup data.

Dalam penelitian ini, fungsi atau grup yang akan diuji dengan ANOVA adalah grup data parameter atmosfer Padang dan grup data atmosfer Selaparang. Karena waktu pengamatan sama, maka ANOVA satu arah memungkinkan untuk melihat apakah dua grup yang berbeda menghasilkan tanggapan yang sama atau berbeda. Persamaan ANOVA satu arah adalah [11]:

$$y_{ij} = \alpha_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

dengan asumsi bahwa:

- $y_{ij}$  adalah data,  $i$  menyatakan jumlah data, dan  $j$  menyatakan level grup lain dari prediktor variabel  $y$ . Semua  $y_{ij}$  independent.
- $\alpha_j$  menyatakan rata-rata populasi untuk grup ke  $j$ .
- $\varepsilon_{ij}$  adalah kesalahan acak, independent dan terdistribusi normal, dengan rata-rata nol dan konstanta variansi  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Model ANOVA seperti ini disebut model rata-rata. Model mengasumsikan bahwa kolom  $y$  adalah konstanta  $\alpha_j$  ditambah komponen kesalahan  $\varepsilon_{ij}$ . Test hipotesa ANOVA dilakukan untuk semua rata-rata grup terhadap hipotesa alternatif sama jika paling sedikit satu grup beda dengan yang lain.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k \quad H_1: \text{tidak semua rata-rata grup sama} \quad (2)$$

Untuk penelitian ini digunakan ANOVA dalam Matlab. Dalam matlab ANOVA satu arah disebut ANOVA1 yang menguji kesamaan rata-rata kolom dalam matriks  $y$ , dimana setiap kolom adalah grup yang berbeda. ANOVA1 berdasarkan pada asumsi bahwa semua sampel populasi terdistribusi normal. Data kosong atau NaN dalam ANOVA1 diabaikan dalam perhitungan. Bentuk matriks  $y$  seperti ditunjukkan dalam persamaan

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1k} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nk} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \text{Grup 1} & \text{Grup 2} & & \text{Grup ke k} \end{matrix} \quad (3)$$

Dalam penelitian ini metode ANOVA dalam Matlab menghasilkan koefisien-koefisien SS, MS, df, F, dan  $p > F$  dalam bentuk tabel (**Tabel 3**).

**Tabel 3. ANOVA dalam Matlab memperlihatkan variabilitas model dengan sumber, test F dan nilai [11]**

| Sumber | SS  | df  | MS            | F       | Nilai p                  |
|--------|-----|-----|---------------|---------|--------------------------|
| Grup   | SSR | k-1 | MSR=SSR/(k-1) | MSR/MSE | $\rho(F_{k-1, N-k}) > F$ |
| Kolom  | SSE | N-k | MSE=SSE/(N-k) |         |                          |
| Total  | SST | N-1 |               |         |                          |

Dengan definisi:

Sumber: Sumber variabilitas

SS : Jumlah kuadrat (*sum of squares*) setiap sumber

df : Derajat kebebasan (*degrees of freedom*) setiap sumber. Karena  $N$  adalah jumlah observasi/data dan  $k$  adalah jumlah grup, maka  $N - k$  adalah derajat kebebasan dalam grup (kesalahan),  $k - 1$  adalah derajat kebebasan antar grup (kolom), dan  $N - 1$  adalah derajat kebebasan total:  $N - 1 = (N - k) + (k - 1)$

MS : Kuadrat rata-rata (*mean squares*) setiap sumber, yaitu  $SS/df$

F :  $F$ -statistik, yaitu perbandingan MS atau  $\sigma$

Prob>F:  $p$ -value, probabilitas  $F$ -statistik lebih besar dari  $F$  hitung.  
anova1 memberikan probabilitas ini dari  $cdf$  distribusi  $F$

Grup : Variabilitas karena perbedaan antar grup

Kolom : Variabilitas karena perbedaan data setiap grup dan rata-rata grup (variabilitas didalam grup)

Total : Variabilitas total

Jika nilai  $p$  lebih kecil dari level signifikansi, maka paling sedikit satu sampel sangat berbeda dengan sampel lainnya. Level signifikansi yang biasa digunakan adalah 0,05 dan 0,01. Untuk penelitian ini digunakan 0,05.  $F$ -statistik adalah perbandingan kesalahan rata-rata kuadrat.  $p$ -value adalah probabilitas bahwa tes statistik dapat mencapai nilai lebih besar atau sama dengan nilai tes hitung.  $p$ -value yang kecil berarti hipotesa nol ditolak atau ada perbedaan antara dua sampel.

Data OGIMET adalah data sekunder. Data primer (insitu) bisa menghasilkan nilai-nilai SS, df, MS, F dan  $p$ -value yang berbeda dengan data-data sekunder (OGIMET), tetapi karena metode ANOVA1 tidak memperhatikan nilai mutlak, maka karakter yang dihasilkan akan sama.

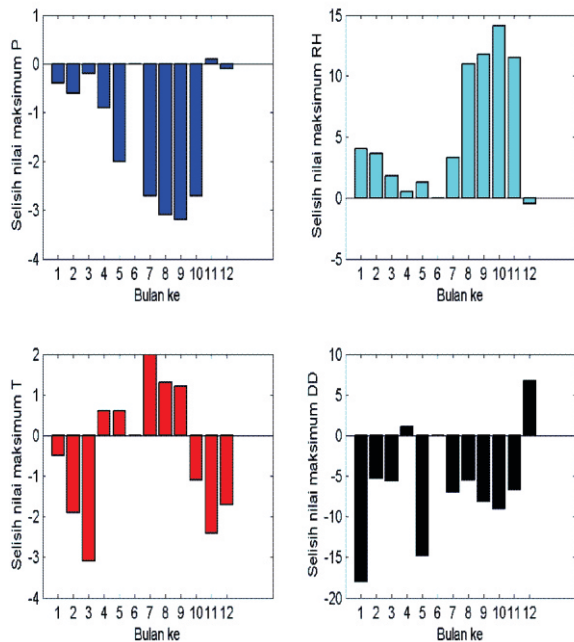
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada **Tabel 2** ditunjukkan bahwa sudut datang sinar matahari untuk Padang berbeda dengan sudut datang sinar matahari di Selaparang. Jika hanya faktor sudut datang saja yang diperhatikan maka dapat dipastikan bahwa intensitas radiasi matahari yang diterima di dua lokasi tersebut berbeda. Intensitas radiasi matahari yang berbeda menyebabkan karakter parameter atmosfer juga berbeda. Perbedaan atau kesamaan antara parameter atmosfer permukaan di Padang dan Selaparang, dalam penelitian ini akan dikaji berdasarkan data. Bab ini akan menguraikan perbandingan pola parameter atmosfer di Padang dengan parameter sejenis di Selaparang. Yang

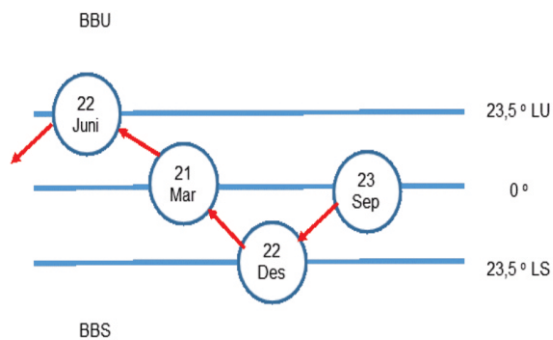
pertama, perbandingan dilakukan melalui nilai-nilai maksimum, minimum, rata-rata dan koefisien variasi. Selanjutnya perbandingan akan dilihat melalui ANOVA1 yang sudah menjadi pilihan menu metode dalam Matlab.

**Perbandingan Berbasis Nilai.** Pada subbab ini, selanjutnya diuraikan perbandingan berdasarkan nilai maksimum, nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai koefisien variasi. Perbandingan nilai maksimum, minimum dan nilai rata-rata antara parameter atmosfer Padang dengan Selaparang disajikan dalam bentuk selisih keduanya. Selisih nilai maksimum tekanan, kelembapan, suhu dan kecepatan angin antara Padang dan Selaparang ditunjukkan pada Gambar 1. Selisih tekanan maksimum dan kecepatan angin maksimum umumnya negatif atau tekanan/kecepatan angin Padang lebih rendah dibandingkan tekanan di Selaparang. Sedangkan selisih kelembapan relatif bernilai positif atau berarti kelembapan Padang lebih tinggi dibandingkan kelembapan Selaparang. Selisih nilai suhu maksimum menunjukkan nilai positif dan negatif. Artinya bahwa perbedaan suhu maksimum antara Padang dan Selaparang tidak konsisten. Pada bulan-bulan Januari, Februari, Maret, Oktober, November dan Desember suhu Padang lebih dingin dibandingkan Selaparang sedangkan pada bulan-bulan April sampai dengan September suhu di Padang lebih panas dibandingkan Selaparang. Berdasarkan selisih nilai maksimum, maka tekanan, kelembapan, temperatur dan kecepatan angin di Padang berbeda dengan parameter sejenis di Selaparang.

Suhu maksimum di Padang lebih tinggi pada bulan April sampai dengan Oktober, karena berkaitan dengan posisi matahari. Pada Gambar 2 nampak bahwa matahari berada di Belahan Bumi Utara (BBU) mulai bulan Maret akhir sampai awal bulan September, sehingga suhu permukaan di Padang lebih tinggi dibandingkan Selaparang yang berada lebih ke selatan. Pola selisih nilai maksimum tekanan, kelembapan dan angin tidak menunjukkan keterkaitan dengan posisi semu matahari terhadap bumi. Tekanan dan kecepatan angin di Padang yang lebih rendah dibandingkan tekanan/kecepatan angin di Selaparang dan kelembapan yang lebih tinggi lebih berkaitan dengan ketinggian tempat. Ketinggian tempat Padang dari 0 sampai 1, 85 m di atas permukaan laut, sedangkan Selaparang ketinggian maksimum mencapai 26 m.

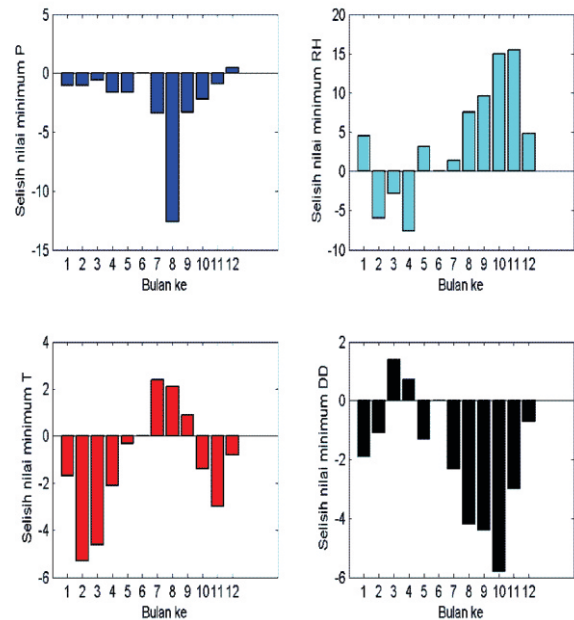


**Gambar 1. Selisih nilai maksimum P (tekanan), RH (kelembapan), T (suhu) dan DD (kecepatan angin) antara Padang dan Selaparang**

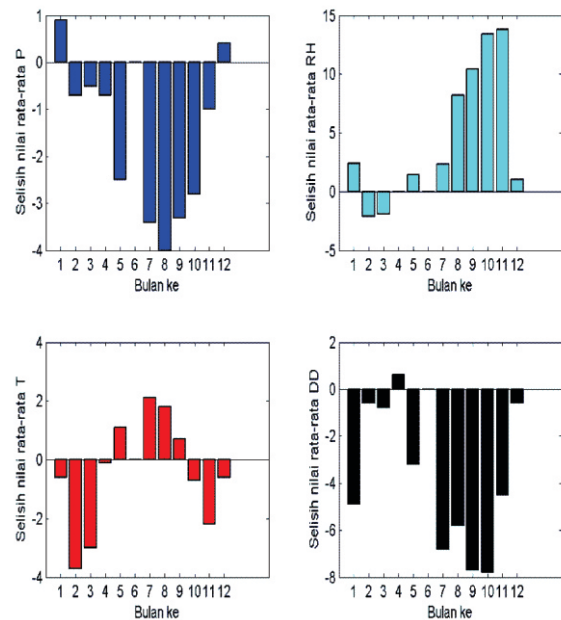


**Gambar 2. Posisi semu matahari**

Pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**, diperlihatkan selisih nilai minimum dan rata-rata untuk tekanan, kelembapan, temperatur dan kecepatan angin. Adanya nilai selisih nilai minimum tekanan, kelembapan, temperatur dan kecepatan angin antara Padang dan Selaparang menunjukkan perbedaan karakter keduanya. Demikian pula untuk selisih nilai rata-rata, menunjukkan perbedaan antara Padang dan Selaparang. Pola selisih nilai minimum (**Gambar 3**) dan pola nilai rata-rata (**Gambar 4**) memiliki pola yang serupa dengan pola selisih nilai maksimum (**Gambar 1**). Hal ini menunjukkan konsistensi parameter-parameter tersebut terhadap faktor pemicunya, yaitu posisi lintang dan posisi ketinggian.



**Gambar 3. Selisih nilai minimum P (tekanan), RH (kelembapan), T (suhu) dan DD (kecepatan angin) antara Padang dan Selaparang**

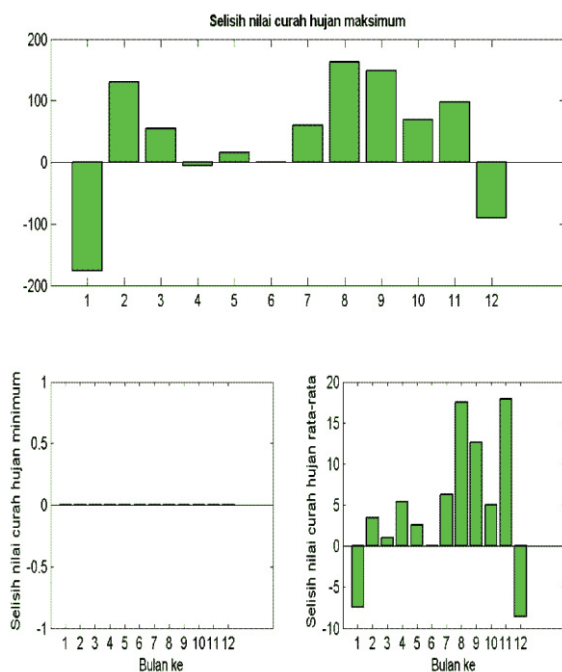


**Gambar 4. Selisih nilai rata-rata P (tekanan), RH (kelembapan), T (suhu) dan DD (kecepatan angin)**

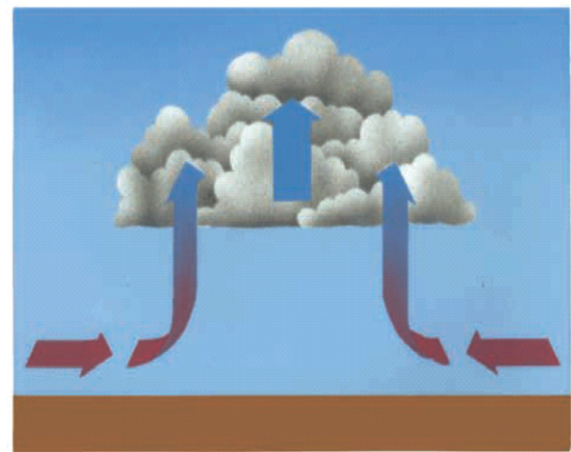
Selisih nilai maksimum, minimum dan rata-rata untuk curah hujan diperlihatkan pada **Gambar 5**. Nampak dari gambar tersebut selisih-selisih untuk nilai maksimum, minimum dan rata-rata untuk curah hujan tidak nol, atau parameter yang dibandingkan tidak sama. Selisih nilai minimum nol karena nilai minimum rata-rata masing-masing adalah nol.

Pada **Gambar 5** juga ditunjukkan bahwa curah hujan di Padang lebih tinggi dibandingkan di Selaparang. Konveksi akan terjadi jika suhu tinggi menyebabkan

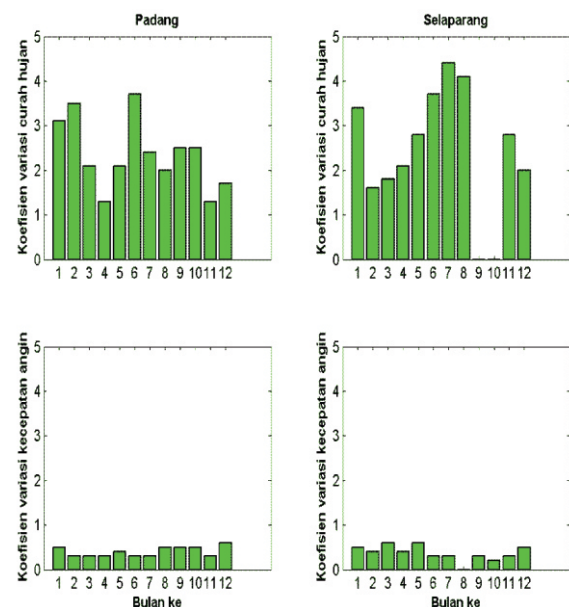
udara memuai, menjadi ringan, kemudian bergerak ke atas. Di permukaan datar gerak massa udara ke lapisan atas terjadi karena konvergensi (Gambar 6). Agar gerakan ke atas terjadi secara kontinu maka perlu pendorong yang tidak lain adalah kontras suhu/tekanan dengan lingkungan, baik dipermukaan maupun sepanjang kolom konveksi. Selanjutnya, jika udara yang naik bisa mencapai titik kondensasi akan membentuk butir-butir awan dan faktor yang bekerja selanjutnya adalah kelembapan yang dibawa dari permukaan ke level atas. Semakin banyak terbentuk butir-butir awan maka semakin banyak kemungkinan terbentuknya tetes-tetes hujan. Konvergensi menjadi penting dalam mekanisme pembentukan awan dan hujan, meskipun tidak semua konvergensi dapat menghasilkan awan dan hujan, jika massa udara yang naik mempunyai kadar kelembapan yang rendah. Kelembapan di Padang secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan di Selaparang, ini menjadi faktor penentu mengapa curah hujan di Padang lebih tinggi daripada di Selaparang.



**Gambar 5.** Selisih nilai maksimum, minimum dan rata-rata curah hujan antara Padang dan Selaparang



**Gambar 6.** Konvergensi di permukaan [12]



**Gambar 7.** Koefisien variasi curah hujan dan kecepatan angin (kiri: Padang, kanan: Selaparang)

Perbandingan terakhir adalah berdasarkan koefisien variasi. Koefisien variasi adalah rata-rata dibagi deviasi standar. Perbedaan koefisien variasi yang sangat kecil nampak pada koefisien variasi untuk tekanan, kelembapan dan temperatur, karena memang nilai koefisien variasinya kecil. Sedangkan untuk curah hujan dan kecepatan angin nampak ada perbedaan antara keduanya (Gambar 7).

Dari perbandingan nilai-nilai maksimum, minimum, rata-rata dan koefisien variasi, secara umum menunjukkan nilai yang tidak nol, berarti ada perbedaan antara Padang dan Selaparang pada nilai-nilai tersebut.

Perbandingan kelembapan, tekanan, temperatur, curah hujan dan kecepatan angin antara Padang dan Selaparang berdasarkan nilai dan koefisien variasi menunjukkan bahwa dua data tersebut berbeda.

**Perbandingan Berbasis Kuadrat Rata-rata (ANOVA).** Selanjutnya adalah penggunaa ANOVA1 untuk memperoleh kesamaan/perbedaan karakter parameter atmosfer di Padang dan Selaparang. Pada Tabel 4 untuk P (tekanan bulan Januari) nilai F statistiknya adalah 49,817. Sedangkan *p-value* adalah 0,00, artinya bahwa kemungkinan F statistik > F hitung sangat kecil, ini berarti test ditolak yang berarti pula bahwa tekanan pada bulan Januari di Padang berbeda dengan tekanan di Selaparang. Contoh lain, untuk temperatur pada bulan April menunjukkan *p-value* yang sedang yaitu 0,698. Ini berarti hipotesa diterima dan temperatur bulan April di Padang sama dengan temperatur bulan yang sama di Selaparang. Pada Tabel 4, nampak bahwa pada umumnya hipotesa ditolak (*p-value* <<) atau berarti data Padang dan Selaparang berbeda kecuali curah hujan pada bulan Maret, kelembapan dan temperatur pada bulan April. Bulan Maret dan April adalah waktu dimana matahari berada tepat di atas ekuator dan dekat ekuator. Meskipun beda sudut datang matahari antara Padang dan Selaparang pada bulan tersebut 8°, namun tidak berpengaruh pada curah hujan, kelembapan dan temperatur pada saat itu. Jarak matahari yang dekat ke bumi bisa saja menyebabkan panas yang diterima permukaan Padang dan Selaparang sama. Sedangkan kelembapan udara Selaparang yang hampir sama dengan di Padang di bulan April bisa disebabkan ada suplai massa lembap dari tempat lain.

Penelitian ini merupakan salah satu penelitian yang memanfaatkan metode ANOVA1 untuk menggali karakter parameter atmosfer secara statistik. Telah ditunjukkan bahwa metode ini mendukung hasil yang diperoleh dari metode statistik sederhana (nilai maksimum, nilai minimum, rata-rata dan koefisien variasi). Telah disinggung diatas bahwa dalam [7] *Analysis of variance* (ANOVA) digunakan dalam bidang pemodelan atmosfer, tepatnya adalah untuk menguji perbedaan hasil antara dua model dinamik. Hasilnya menunjukkan bahwa ada perbedaan proyeksi temperatur dan hujan antara dua model tersebut. Dampak dari hasil ini adalah memberikan pilihan model mana yang terbaik setelah dibandingkan dengan observasi. Penerapan ANOVA dalam pemodelan atmosfer juga dilakukan dalam [8]. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh geografi pada profil temperatur dan variabilitas parameter atmosfer model perlu mendapatkan perhatian untuk koreksi pemodelan selanjutnya. Penerapan ANOVA dalam [13] yang menggali kinerja model memberikan masukan untuk pengembangan RCM-GCM (Regional Climate Model-Global Climate Model) selanjutnya. Metode ANOVA digunakan dalam [14] untuk menguji keterkaitan parameter dalam kasus benda jatuh di atmosfer, menunjukkan bahwa energi kinetik atmosfer lebih ditentukan oleh kecepatan

awal dibandingkan massa dan sudut azimuth. Kajian-kajian iklim terkait proyeksi iklim, perubahan iklim ataupun pemodelan cuaca yang menggunakan metode lain diantaranya seperti yang dilakukan dalam [15], [16], [17] dapat memanfaatkan metode ANOVA. Metode ANOVA juga mempunyai potensi digunakan dalam membandingkan kinerja instrument baru terhadap instrument lainnya. Salah satunya adalah RASS (Radio Acoustic Sounding System). RASS adalah sebuah instrument yang dikembangkan untuk dapat mengukur profil temperatur atmosfer (T) dengan akurasi seperti Radiosonde [18]. Perbandingan profil temperatur hasil pengukuran Radiosonde dengan profil temperatur hasil pengukuran RASS dengan ANOVA akan menambah informasi seberapa besar bias antar keduanya dan faktor apa yang mungkin bisa diperbaiki dalam pengukuran T dengan RASS sehingga akurasi semakin mendekati hasil pengukuran Radiosonde. Hasil dalam penelitian ini sejalan dengan hasil referensi-referensi tersebut di atas yang menunjukkan potensi penggunaan ANOVA dalam bidang sains atmosfer, klimatologi dan meteorologi.

Perbedaan hasil antara metode statistik sederhana manual dengan ANOVA, diduga berasal dari variasi spasial yang kecil pada periode pengamatan (Maret-April) sehingga terdeteksi adanya kesamaan pada curah hujan, kelembapan dan temperatur antara Padang dan Selaparang. Perbedaan hasil juga dimungkinkan dari pengambilan level signifikansi [8].

#### 4. Kesimpulan

Penelitian terhadap data atmosfer permukaan yang berasal dari OGIMET periode Januari sampai Desember 2015, berdasarkan metode statistik sederhana yaitu penentuan nilai-nilai maksimum, minimum, rata-rata dan koefisien variasi untuk tekanan, temperatur, kelembapan, curah hujan dan kecepatan angin menunjukkan bahwa parameter-parameter tersebut untuk Padang berbeda dengan Selaparang. Hasil yang sama juga diperoleh dengan penerapan ANOVA. Tekanan, temperatur, kelembapan, curah hujan dan kecepatan angin anatar Padang dan Selaparang berbeda dengan nilai *p-value* antara 0,0 sampai 0,2 atau lebih kecil dari 0,5, kecuali untuk curah hujan pada bulan Maret, kelembapan dan temperatur pada bulan April yang menunjukkan kesamaan atau nilai *p-value* anatar 0,6 sampai 0,9. Analisis statistik sederhana tidak berhasil mengungkapkan adanya perbedaan tersebut, maka metode ANOVA1 dapat digunakan untuk mengeksplorasi karakter parameter atmosfer suatu lokasi atau perbandingannya dengan lokasi lain dengan lebih teliti.

**Tabel 4. Hasil analisis ANOVA1 masing-masing parameter dan masing-masing lokasi berbasis Matlab (P = tekanan, RH= kelembapan relatif, T= temperatur, RR= curah hujan, DD= kecepatan angin)**

|    | Januari   |         | Februari |         | Maret    |         | April    |         |
|----|-----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
|    | $\sigma$  | p-value | $\sigma$ | p-value | $\sigma$ | p-value | $\sigma$ | p-value |
| P  | 49,82     | 0,000   | 56,998   | 0,000   | 31,821   | 0,000   | 60,531   | 0,000   |
| RH | 54,33     | 0,000   | 46,649   | 0,000   | 29,284   | 0,000   | 0,026    | 0,872   |
| T  | 76,31     | 0,000   | 11,060   | 0,001   | 60,385   | 0,000   | 0,151    | 0,698   |
| RR | 4,07      | 0,044   | 1,803    | 0,180   | 0,355    | 0,552   | 10,927   | 0,001   |
| DD | 253,71    | 0,000   | 6,297    | 0,012   | 10,858   | 0,001   | 12,712   | 0,000   |
|    | Mei       |         | Juni     |         | Juli     |         | Agustus  |         |
| P  | 755,285   | 0,000   | 362,853  | 0,000   | 796,205  | 0,000   | 637,696  | 0,000   |
| RH | 29,095    | 0,000   | 61,907   | 0,000   | 84,749   | 0,000   | 1797,478 | 0,000   |
| T  | 205,825   | 0,000   | 407,999  | 0,000   | 1190,951 | 0,000   | 592,222  | 0,000   |
| RR | 20,691    | 0,000   | 74,626   | 0,000   | 42,497   | 0,000   | 58,832   | 0,000   |
| DD | 115,339   | 0,000   | 209,432  | 0,000   | 1029,208 | 0,000   | 542,110  | 0,000   |
|    | September |         | Oktober  |         | November |         | Desember |         |
| P  | 1017,636  | 0,000   | 723,461  | 0,000   | 133,805  | 0,000   | 32,461   | 0,000   |
| RH | 2146,382  | 0,000   | 5513,21  | 0,000   | 2495,833 | 0,000   | 9,503    | 0,002   |
| T  | 96,163    | 0,000   | 283,504  | 0,000   | 1226,824 | 0,000   | 65,395   | 0,000   |
| RR | 37,275    | 0,000   | 38,786   | 0,000   | 100,9    | 0,000   | 8,682    | 0,003   |
| DD | 923,203   | 0,000   | 2101,88  | 0,000   | 624,733  | 0,000   | 5,139    | 0,024   |

Dari penelitian ini juga terbukti bahwa perbedaan sudut datang matahari menyebabkan perbedaan karakter tekanan, kelembapan, temperatur, kecepatan angin dan curah hujan antara Padang dan Selaparang, secara umum. Sedikit perbedaan hasil antara metode statistik sederhana dengan ANOVA menjadi input untuk penelitian serupa.

**Ucapan Terima Kasih.** Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fitri Rahmawati dan Hotjen Manullang (mahasiswa Universitas Sriwijaya) serta Juniarti Visa yang telah membantu pengadaan data OGIMET dan kepada Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer atas dukungan seluruh fasilitas yang digunakan.

## Daftar Pustaka

- [1] Kiehl, J. and Trenberth K. E. "Earth's Annual Global Mean Energy Budget." Bull. Amer. Meteor. Soc., vol 78, pp. 197-208. 1997.
- [2] Gelman, A. (2005). "Discussion paper analysis of variance- Why it is more important than ever." The Annals of Statistics, vol 33, no. 1, pp. 1-53.
- [3] Härdle, W. and J. S. Marron. "Semi parametric comparison of regression curves", The Annals. Of Statistics, vol. 18, pp. 63-89. 1990
- [4] Wang, Y. and C. Ke. Assist: A suite of s-plus function implementing spline smoothing techniques, Manual for the ASSIST package. 2002
- [5] Zhang, Y., J. S. Hodges and S. Banerjee. "Smoothed ANOVA with spatial effects as a competitor to MCAR in multivariate spatial smoothing." Annals. of Applied Statistics, vol 3, pp. 1805-1830. 2009
- [6] Oliva, S. R. and A. J. F. Espinosa. "Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources", Microchemical Journal, vol 86, pp. 131-139. 2007
- [7] Wang, Y., C. Ke and M. Brown. "Shape Invariant Modelling of Circadian Rhythms with Random Effects and Smoothing Spline ANOVA Decompositions". Bio-metrics, vol 59, pp. 804-812. 2003
- [8] Sain, S.R., D. Nychka and L. Mearns. "Functional ANOVA and regional climate experiments: A statistical analysis of dynamic downscaling". Environmetrics, vol 22, no. 6, pp. 699-797. 2010.
- [9] Kaufman, C. and S. Sain. Bayesian Functional ANOVA Modeling Using Gaussian Process Prior Distributions," Bayesian Analysis, vol 5, pp. 123-150. 2010
- [10] Boxwell, M.. Solar Electricity Handbook, 204 pp, Greenstream Publishing. 2015
- [11] Wu, C. F. J., and M. Hamada. Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization, ISBN-13: 978-0471699460, ISBN-10: 0471699462 Wiley, 2nd edition. 2009
- [12] Peterson, J. F. and D. Sack. Physical Geography, Chapter V: Atmospheric Pressure, Winds, and Circulation Patterns, 113-137. 2012
- [13] Mearns L. O, S. Sain, L. R. Leung, M. S. Bukovsky, S. McGinnis, S. Biner, D. Caya,

- R. W. Arritt, W. Gutowski, E. Takle, M. Snyder, R. G. Jones, A. M. B. Nunes, S. Tucker, D. Herzmann, L. McDaniel and L. Sloan. "Climate change projections of the North American Regional Climate Change Assessment Program (NARCCAP)". This article is published with open access at Springer Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-013-0831-3. 2013
- [14] Bastien, P., S. Martin, R. Vincent and E. B. Didier. "Monte-Carlo Analysis of Object Reentry in Earth's Atmosphere Based On Taguchi Method", Conference Paper on Conference: 8th European Symposium on Aerothermodynamics for Space Vehicles Final, At Lisbonn. 2015
- [15] Li, W. and Qiu B. Sensitivity of a regional climate model to land surface parameterization schemes for East Asian summer monsoon simulation, *Climate Dynamics*, vol 47, pp. 2293-2308. 2016.
- [16] Ham, S., Ji-Woo L. and K. Yoshimura .Assessing Future Climate Changes in the East Asian Summer and Winter Monsoon Using Regional Spectral Model, *J. of the Meteorol. Soc. of Jpn.* vol 94, pp. 69-87. 2016.
- [17] Yign Noh, Eunjeong Lee, Dong-Hoon Kim, Song-You Hong, Mee-Ja Kim, and Mi-Lim Ou. "Prediction of the diurnal warming of sea surface temperature using an atmosphere-ocean mixed layer coupled model." *J. of Geophy. Res.*, vol 116. 2011
- [18] Alexander, S. P., T. Tsuda and J. Furumoto. Effects of Atmospheric stability on wave and energy propagation in the troposphere, *J. of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 24, pp. 602- 615. 2007