

PENGARUH FENOMENA SUNSPOT TERHADAP VARIASI SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN RELATIF DI KOTA MEDAN

THE EFFECT OF SUNSPOT PHENOMENON ON VARIATIONS OF AIR TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY IN MEDAN CITY

Yosafat Donni Haryanto^{1*}, Nelly Florida Riama², Dendi Rona Purnama¹

¹Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten, 15221

²Pusat Pendidikan dan Pelatihan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa Pura 1 No.2, Kemayoran, Jakarta Pusat, 10720

*E-mail: yosafatdonni@gmail.com

Naskah masuk: 19 Juli 2021

Naskah diperbaiki: 18 Mei 2022

Naskah diterima: 20 Mei 2022

ABSTRAK

Pengaruh aktivitas Matahari terhadap cuaca dan iklim telah menjadi topik penelitian setelah siklus 11 tahunan *sunspot* (bintik Matahari) ditemukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *sunspot* terhadap variasi suhu udara dan kelembapan relatif (RH) di Kota Medan. Dalam penelitian ini digunakan data rata-rata harian suhu udara dan RH selama 30 tahun dari tahun 1985 – 2014 di Stasiun Meteorologi Kualanamu yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Sementara itu, data bilangan *sunspot* (*sunspot number*) harian dalam rentang periode tahun yang sama diperoleh dari *Solar Influences Data Analysis Center* (SIDC) - *The Royal Observatory of Belgium* (RWC). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien determinasi R^2 antara *sunspot number* dengan parameter suhu udara dan RH secara berturut-turut adalah 0,9 dan 2,2. Sementara itu, koefisien korelasi antara *sunspot number* dengan parameter suhu udara dan RH secara berturut-turut adalah -0,058 dan 0,038. Semua variabel menunjukkan *p-value* <0,05 yang berarti signifikan secara statistik. Sehingga, peningkatan bilangan *sunspot* berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan suhu udara dan peningkatan RH di Kota Medan.

Kata kunci: *sunspot*, suhu udara, kelembapan relatif, Kota Medan

ABSTRACT

The effect of solar activity on weather and climate has become a research topic after the 11-years sunspot cycle was discovered. This research is aimed to find the effect of sunspots on the variations of air temperature and relative humidity (RH) in Medan City. This research used the daily average of air temperature and RH data from 1985 – 2014 at Kualanamu Meteorological Station which was obtained from BMKG. Meanwhile, the daily sunspot number data within the same year period was obtained from the Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) - The Royal Observatory of Belgium (RWC). The method that was used in this study is a statistical method. The results of the study show that the coefficient of determination R^2 between the sunspot number and the parameters of air temperature and RH are 0.9 and 2.2, respectively. Meanwhile, the correlation coefficient between sunspot number and the parameters of air temperature and RH is -0.058 and 0.038, respectively. All variables showed *p-value* <0.05 which means statistically significant. Thus, the increase in the number of sunspots has significant effects on decreasing air temperature and increasing RH in Medan City.

Keywords: *sunspot*, air temperature, relative humidity, Medan City

1. Pendahuluan

Matahari adalah sumber energi utama dan paling penting di Bumi yang dapat mengendalikan iklim. Suhu permukaan Matahari sekitar 6000 K dan memiliki diameter $1,42 \times 10^6$ km, dimana setiap cm^2 dari permukaan Matahari mengemisikan energi rata-rata sebesar 6,2 kilowatt per menit [1]. Terdapat pergolakan pada permukaan Matahari yang terkadang

menguat dan terkadang melemah, yang dikenal sebagai aktivitas Matahari. Kopp dan Lean [2] telah melaporkan bahwa nilai paling akurat dari konstanta Matahari yang diterima Bumi adalah $1360,8 \pm 0,5$ W/m^2 . Konstanta matahari tersebut dipengaruhi oleh variasi jumlah bintik matahari atau bilangan *sunspot* (*sunspot number*) [3].

Analisis spektral *wavelet* terhadap bilangan *sunspot* telah dilakukan oleh Zhao dkk. [4] yang menghasilkan beberapa periode yang jelas, salah satunya periode sekitar 11 tahun yang terkait dengan siklus bilangan *sunspot* (siklus Schwabe). Aktivitas dari Matahari bervariasi dengan periode rata-rata 11 tahun, serta turun naiknya aktivitas Matahari bersesuaian dengan perubahan bilangan *sunspot* [5, 6]. Panjang gelombang dapat mempengaruhi besar kecilnya variasi selama siklus tersebut, dimana faktor perubahannya akan semakin besar dengan semakin pendeknya panjang gelombang [7]. Perubahan bilangan *sunspot* juga dapat mempengaruhi radiasi Matahari [5]. Selain itu, beberapa penelitian menjelaskan tentang bagaimana variabilitas radiasi Matahari dapat mempengaruhi suhu udara [8,9].

Pengaruh aktivitas Matahari terhadap cuaca dan iklim mulai menjadi pembahasan para peneliti setelah Schwabe menemukan siklus *sunspot* 11 tahun pada tahun 1851. Kecenderungan dan variasi sekuler iklim berkaitan erat dengan perubahan radiasi Matahari yang terjadi selama siklus *sunspot* [10]. Sementara itu, Haigh [11] memperlihatkan mekanisme perubahan iklim akibat perubahan aktivitas Matahari menggunakan model sirkulasi global (*Global Circulation Model*) yang proses utamanya terletak pada interaksi lapisan stratosfer yang terpengaruh oleh perubahan fluks radiasi Matahari dengan troposfer ekuator. Penelitian Szypcio dan Dolzyk-Szypcio [12] memperlihatkan pengaruh dari aktivitas Matahari terhadap total presipitasi tahunan di Polandia. Sementara itu, penelitian Birhan dan Tariku [13] memberikan hasil korelasi positif antara *sunspot number* dengan suhu udara.

Pengaruh *sunspot* terhadap radiasi harian di beberapa tempat di Indonesia menunjukkan pengaruh *sunspot* yang signifikan terhadap jumlah radiasi harian [14]. Hal menarik ditemukan oleh Basyaruddin dan Effendy [14] bahwa siklus *sunspot* mampu mempengaruhi perubahan cuaca di Indonesia. Selain itu, penelitian Cahyono [15] menunjukkan bahwa aktivitas Matahari berkorelasi dengan kenaikan temperatur sejak 1900-an dan menjadikannya sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi pemanasan global. Maka dari itu diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh aktivitas Matahari terhadap unsur cuaca terutama di sekitar ekuator yang menerima radiasi Matahari lebih besar daripada di daerah lintang menengah dan tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari fenomena *sunspot* terhadap variasi suhu udara dan kelembapan relatif (RH) di Kota Medan. Penelitian ini akan membandingkan data *sunspot number* harian dengan suhu rata-rata harian dan RH rata-rata harian.

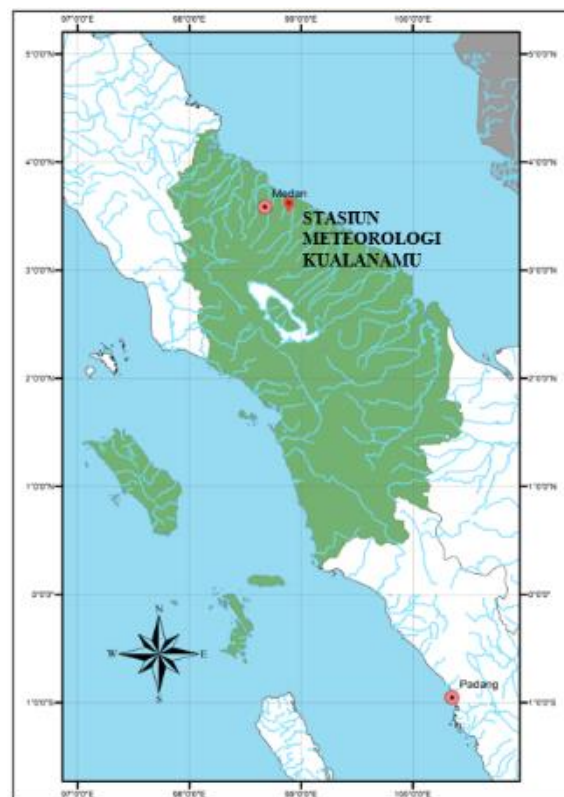
2. Metode Penelitian

Lokasi. Dalam penelitian ini, Stasiun Meteorologi Kualanamu yang berada pada titik koordinat 3,64573 °LU dan 98,88488 °BT serta terletak di Kota Medan dekat garis khatulistiwa dipilih sebagai area penelitian. Lokasi ini dapat menjadi representasi atau sampel wilayah atau lokasi di sekitar ekuator. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi penelitian.

Data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data rata-rata harian dari suhu udara dan RH selama 30 tahun dari tahun 1985 – 2014 di Stasiun Meteorologi Kualanamu yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- Data *daily total sunspot number* yang diambil selama 30 tahun dari tahun 1985 – 2014 yang diperoleh dari *Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) - The Royal Observatory of Belgium* (www.sidc.be/silso/infosndtot).

Metode. Metode yang digunakan yaitu metode statistik. Dalam penelitian ini akan dianalisis mengenai hubungan antara aktivitas Matahari dengan suhu udara dan RH, yaitu dengan mencari nilai regresi, koefisien korelasi dan nilai probabilitasnya dalam aplikasi Minitab 14.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Nawari [16] menjelaskan bahwa analisis regresi merupakan suatu metode yang memungkinkan kita melihat keterkaitan antar variabel. Kita tidak bisa melakukan prediksi variabel Y dari variabel X apabila kedua variabel tersebut tidak memiliki hubungan. Korelasi merupakan rasio kovarian sampel antara dua variabel dengan produk dari dua standar deviasi, sedangkan nilai regresi memperlihatkan seberapa besar pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya [17]. Penelitian ini menggunakan koefisien determinasi (*R square*) untuk mengukur kecocokan regresi:

$$R^2 = 1 - \frac{SSR}{SST} \quad (1)$$

dimana SSR atau *sum squared regression* adalah jumlah kuadrat regresi. Sementara itu, SST atau *total sum of squares* adalah jumlah jarak data dari rata-rata semua kuadrat [17].

Selain itu, penelitian ini menggunakan koefisien korelasi dalam melihat hubungan antara *sunspot* dengan parameter meteorologi seperti yang dilakukan oleh Castro dkk. [18]. Jenis koefisien korelasi yang digunakan adalah koefisien korelasi Pearson dengan persamaan sebagai berikut [17]:

$$r_{x,y} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\left[\frac{1}{n-1} a \right]^{1/2} \left[\frac{1}{n-1} b \right]^{1/2}} \quad (2)$$

dimana x adalah variabel bebas, y adalah variabel terikat, $a = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, $b = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$, serta n adalah banyaknya data [17].

Menurut Levin dkk. [19], nilai regresi dijadikan acuan untuk menentukan kekuatan hubungan antar variabel beserta sifatnya. Ketersediaan data observasi masa lampau dari suatu variabel dapat dijadikan dasar dalam memprediksi variabel tersebut dengan menggunakan nilai regresi. Signifikansi hubungan antara dua variabel pun perlu dicari dengan melihat nilai probabilitas. Beberapa penelitian telah mengkaji terkait hubungan antara *sunspot* dengan suhu udara di beberapa wilayah [7,13]. Namun penelitian tersebut masih belum menggunakan nilai probabilitas untuk melihat signifikansinya.

Nilai probabilitas (*p-value*) digunakan untuk mengukur jumlah bukti yang bertentangan dengan hipotesis nol (H_0) yang berarti akan besar kemungkinan H_0 ditolak apabila semakin kecil nilai probabilitasnya [20]. Pada penelitian ini 0,05 adalah nilai probabilitas maksimal yang digunakan dalam mengkaji hubungan antar variabel cuaca, dengan arti bahwa sebuah hubungan memiliki tingkat kepercayaan sebesar 95% [21-23].

Dalam mencari kelinieran dalam model regresi antar parameter, maka suatu model regresi dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu model linear dan non-linear [17]. Apabila suatu permasalahan tidak bisa dimodelkan atau tidak didapatkan hasil yang baik dengan model regresi linier, maka model yang diperoleh adalah model regresi non-linear [24]. Beberapa penelitian terkait hubungan *sunspot* dengan parameter cuaca membentuk non-linear kubik [14,18]. Secara umum model regresi non-linear parametrik dengan Y_{ij} sebagai variabel respon pada replikasi sebanyak data yang tersedia dan setiap nilai x_i merupakan variabel independen dapat dinyatakan dalam persamaan [24]:

$$Y_{ij} = f(x_i, \theta) + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

dengan f adalah fungsi regresi dengan parameter θ yang harus diduga dan ε_{ij} adalah galat dengan sifat $N(0, \alpha)$ [24].

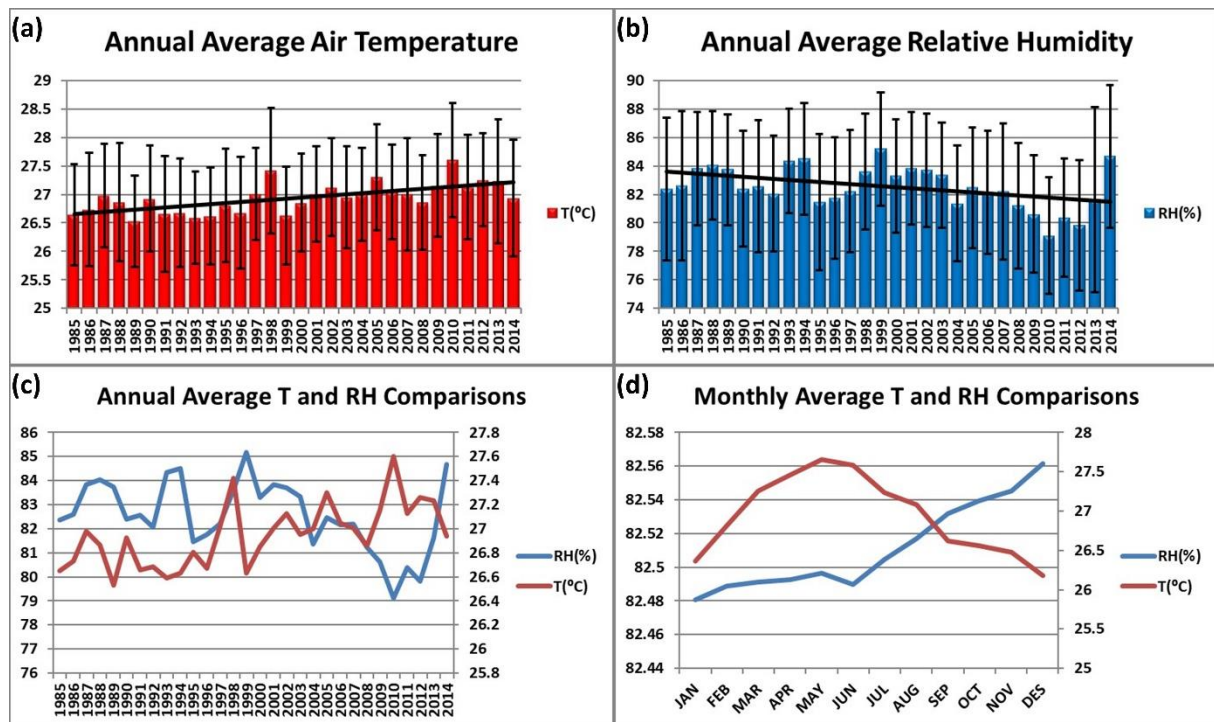
3. Hasil dan Pembahasan

Analisis *trend* suhu udara dan kelembapan relatif.

Pada analisis ini, data harian suhu udara dan RH dirata-ratakan tiap tahun menjadi rata-rata tahunan dan dilihat *trend* dari kedua parameter tersebut. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan perbandingan grafik antara suhu udara dan RH. Gambar 2 menunjukkan rata-rata tahunan dan perbandingan dari parameter suhu udara dan RH dari tahun 1985 – 2014.

Berdasarkan data suhu udara harian yang dirata-ratakan tiap tahun menjadi rata-rata suhu udara tahunan, didapatkan *trend* yang meningkat untuk 30 tahun pengamatan (1985 – 2014), sesuai dengan Gambar 2a. Suhu rata-rata harian maksimumnya adalah 31,1 °C pada tanggal 12 Mei 2013, dan suhu rata-rata harian minimumnya adalah 22,85 °C pada tanggal 30 November 1988, dengan standar deviasi 0,956766923 °C selama 30 tahun.

Rata-rata suhu tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2010 bertepatan dengan fenomena El-Nino yang terjadi hingga bulan April 2010, dengan indeks Nino 3.4 sebesar 1,43 di bulan Januari 2010 dan sebesar 0,56 di bulan April 2010. Karakteristik suhu bulanan di Stasiun Meteorologi Kualanamu memiliki suhu yang cenderung lebih panas pada bulan April - Juni (Gambar 2d). Sehingga, dengan adanya El-Nino di awal tahun 2010 menyebabkan suhu udara semakin meningkat dan mempengaruhi nilai rata-rata suhu tahunan menjadi lebih tinggi untuk tahun 2010. Hal yang sama terjadi pada tahun 1998, dimana pada tahun tersebut terjadi El-Nino kuat yang menyebabkan kekeringan dan berdampak secara tidak langsung terhadap suhu udara di Stasiun Meteorologi Kualanamu.

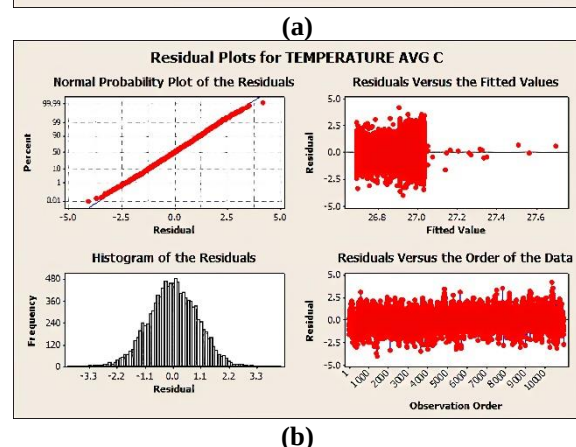
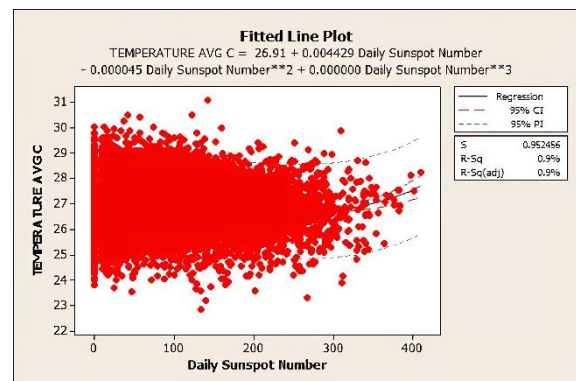


Gambar 2. Grafik batang dan *error bars* dari rata-rata tahunan (a) suhu udara dan (b) kelembapan relatif, serta perbandingan kedua parameter tersebut dalam rata-rata (c) tahunan dan (d) bulanan di Stasiun Meteorologi Kualanamu tahun 1985 – 2014.

Rata-rata suhu udara tahunan terendah terjadi pada tahun 1989. Sejak tahun 1979 – 2009, La-Nina paling kuat terjadi pada tahun 1988/1989 yang banyak mempengaruhi presipitasi di Indo-Pasifik [25]. Selain itu, terjadi IOD negatif di 1989 [26]. Kedua fenomena ini memberikan pengaruh yang dominan terhadap kondisi cuaca maupun tingginya presipitasi di beberapa wilayah Indonesia [27]. Hal ini berdampak pula pada tingginya nilai rata-rata RH tahunan di tahun 1989 karena adanya kedua fenomena tersebut (Gambar 2c).

Gambar 2c menunjukkan *trend* RH yang menurun mulai tahun 1985 – 2014, dengan rata-rata RH tahunan terendah terdapat pada tahun 2010 yang sesuai dengan tingginya suhu rata-rata tahunan pada 2010. Hal ini mengindikasikan sifat yang cenderung berkebalikan antara suhu udara dengan RH (Gambar 2d). Sementara itu, rata-rata RH tahunan tertinggi terjadi pada tahun 1999 bersamaan dengan terjadinya La-Nina kuat dan IOD negatif. Hadirnya kedua fenomena tersebut secara bersamaan mampu meningkatkan presipitasi di wilayah barat Pasifik [26] dan juga wilayah Indonesia [27].

Analisis pengaruh *sunspot* terhadap suhu udara dan kelembapan relatif. Pada bagian ini, pengaruh dari *sunspot* terhadap suhu udara dan kelembapan relatif dijelaskan melalui metode statistik. Gambar 3 dan 4 menunjukkan hasil analisis pengaruh *sunspot* terhadap suhu udara dan RH di Kota Medan secara berturut-turut.

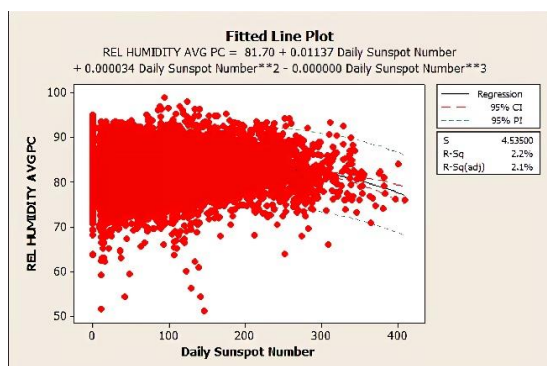


Gambar 3. Grafik (a) *fitted line plot* dan (b) *residual plot* antara suhu udara dengan *sunspot number*.

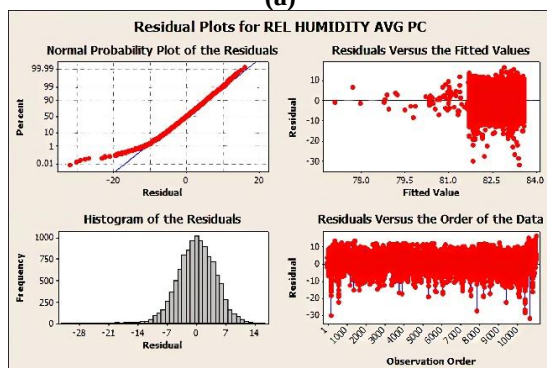
Pada Gambar 3a, terlihat hubungan antara *sunspot* dengan suhu udara membentuk persamaan regresi

nonlinier-kubik $Y = 26,91 + 0,004429X - 0,000045X^2 + 6 \times 10^{-8}X^3$ dan nilai regresinya (*R-Square*) sebesar 0,9%. Nilai regresi ini mempunyai arti bahwa sebesar 0,9% variasi dari variabel suhu udara dapat diterangkan dengan variabel *sunspot*, sedangkan sisanya yaitu 99,1% dipengaruhi oleh faktor lain. Sementara itu, nilai koefisien korelasi Pearson dari hubungan kedua variabel ini adalah sebesar -0,058. Hal ini menunjukkan hubungan yang berkebalikan (negatif) antara *sunspot number* dengan suhu udara di Kota Medan. Hasil ini selaras dengan penelitian Castro dkk. [18]. Namun, pada penelitian Birhan dan Tariku [13] memperlihatkan hubungan yang searah (positif). Penelitian Basyarudin dan Effendy [14] menghasilkan sepuluh lokasi yang memiliki hubungan searah antara *sunspot* dengan suhu udara dan dua lokasi (Surabaya dan Bengkulu) yang memiliki hubungan berkebalikan atau *inverse relation* seperti hasil dalam penelitian ini.

Nilai probabilitas yang didapat ialah $1,38 \times 10^{-9}$ atau kurang dari 0,05 yang berarti bahwa korelasinya signifikan secara statistik. Meskipun hasil dari nilai regresi menunjukkan bahwa *sunspot* memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap suhu udara, namun hal ini signifikan secara statistik. Sehingga, hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas Matahari yang diwakili oleh fenomena *sunspot* secara signifikan memiliki pengaruh terhadap fluktuasi suhu udara harian di wilayah Kota Medan.



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik (a) *fitted line plot* dan (b) *residual plot* antara kelembapan relatif (RH) dengan *sunspot number*.

Hubungan antara *sunspot* dengan RH dapat dilihat pada Gambar 4a. Hubungan tersebut memiliki persamaan regresi nonlinear-kubik $Y = 81,70 + 0,01137X + 0,000034X^2 - 8 \times 10^{-8}X^3$. Nilai *R-Square* sebesar 2,2% mempunyai arti bahwa pengaruh variabel X (*sunspot*) terhadap variabel Y (RH) adalah sebesar 2,2%, sedangkan sisanya 97,8% dipengaruhi oleh variabel-variabel lain. Hubungan searah antara variabel *sunspot* dengan RH ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yaitu sebesar 0,038. Penelitian Basyarudin dan Effendy [14] mendapatkan enam lokasi yang memiliki hubungan searah antara *sunspot* dengan RH, dengan dua lokasi terletak di lintang utara. Sementara itu, penelitian Mukhtar dkk. [28] menunjukkan bahwa RH memiliki korelasi yang signifikan pada saat *solar minimum* atau pada saat *sunspot number* bernilai kecil. Pada penelitian Aftab dan Jilani [29] juga memperlihatkan korelasi negatif antara *sunspot number* dengan RH.

Nilai probabilitasnya sebesar $7,79 \times 10^{-5}$ atau kurang dari 0,05 yang artinya berkorelasi secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai regresi yang sangat kecil antara *sunspot* dengan RH memiliki hubungan yang signifikan. Maka dari itu, aktivitas Matahari yang diwakili oleh fenomena *sunspot* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variasi RH harian di wilayah Medan.

Selain grafik *fitted line plots*, dihasilkan pula analisis residual untuk kedua parameter (Gambar 3b dan 4b). Pada grafik *Normal Probability Plot* di pojok kiri atas dari Gambar 3b dan 4b, titik-titik residual mengikuti garis normal. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa residual pada pengolahan ini memiliki distribusi yang normal (mendekati garis regresi). Pada grafik histogramnya (pojok kiri bawah pada Gambar 3b dan 4b) terlihat bahwa residual banyak bernilai nol. Residual adalah perbedaan antara variabel dependen atau Y dengan Y prediksi. Y prediksi adalah nilai Y berdasarkan hasil persamaan regresi. Dapat disimpulkan bahwa dalam pengolahan ini, banyak Y dependen yang nilainya sama dengan Y prediksi. Sedangkan pada grafik *Versus Order* (pojok kanan bawah pada Gambar 3b dan 4b) terlihat bahwa titik-titik residual tidak menunjukkan pola tertentu dan tampak tak teratur. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa residualnya independen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan data suhu udara dan RH selama 30 tahun (1985 – 2014), diperoleh hasil bahwa suhu udara di Stasiun Meteorologi Kualanamu memiliki *trend* yang meningkat dan pada RH memiliki *trend* yang cenderung menurun. Pada hasil perbandingan grafik suhu udara dan RH, terlihat bahwa kedua parameter tersebut memiliki grafik yang berkebalikan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu udara dan RH di Stasiun

Meteorologi Kualanamu memiliki sifat yang berkebalikan.

Pengaruh dari perubahan nilai bilangan *sunspot* harian terhadap variasi harian dari parameter suhu udara dan kelembapan relatif di Kota Medan cukup signifikan secara statistik. Pada parameter suhu udara, peningkatan bilangan *sunspot* harian memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan suhu udara di sekitar wilayah Kota Medan. Sementara itu, peningkatan pada bilangan *sunspot* harian memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kelembapan relatif di sekitar wilayah Kota Medan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG), Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, SIDC-RWC, serta semua pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] B. Tjasyono. *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB, 2004.
- [2] G Kopp and J.L. Lean, "A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance," *Geophysical Research Letters*, vol. 38, no. 1, 2011.
- [3] P. Bhowmik and D. Nandy, "Prediction of the strength and timing of sunspot cycle 25 reveal decadal-scale space environmental conditions," *Nature communications*, vol. 9, no. 1, pp. 1-10, 2018
- [4] J. Zhao, Y.B. Han, and Z.A. Li, "The effect of solar activity on the annual precipitation in the Beijing area," *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics*, vol. 4, no. 2, p. 189, 2004.
- [5] J. Lean, "Variations in the Sun Radiative Output," *Review of Geophysics*, vol. 29, no. 4, pp. 505-535, 1991.
- [6] D.H. Hathaway, "The solar cycle," *Living reviews in solar physics*, vol. 12, no. 1, pp. 1-87, 2015.
- [7] T. Djamaluddin, A.G. Admiranto, and W. Sinambela, "Pengaruh aktivitas matahari dan faktor lainnya pada suhu atmosfer permukaan Indonesia," *Majalah LAPAN*, vol. 80, pp. 46-52, 1997.
- [8] G.A. Meehl, J.M. Arblaster, K. Matthes, F. Sassi, and H. van Loon, "Amplifying the Pacific climate system response to a small 11-year solar cycle forcing," *Science*, vol. 325, no. 5944, pp. 1114-1118, 2009.
- [9] A.A. Tsonis, E.R. Deyle, R.M. May, G. Sugihara, K. Swanson, J.D. Verbeten, and G. Wang, "Dynamical evidence for causality between galactic cosmic rays and interannual variation in global temperature," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 11, pp. 3253-3256, 2015.
- [10] R.A. Craig and H.C. Willet, "Solar energy variations as a possible cause of anomalous weather changes," In: *Compendium of Meteorology*, American Meteorological Society, Boston, pp. 379-390, 1951.
- [11] J.D. Haigh, "The Impact of Solar Variability on Climate," *Science*, vol. 272, no. 5264, pp. 981-984, 1996.
- [12] Z. Szypcio and K. Dolzyk-Szypcio, "Influence of solar activity on total annual precipitation," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 221, no. 1, p. 012156, 2019.
- [13] M.W. Birhan and S. Tariku, "Investigating the impact of space weather on agriculture products over Chokie mountain basin in Ethiopia," *Acta Geophysica*, vol. 69, no. 4, pp. 1481-1491, 2021.
- [14] B. Basyarudin and S. Effendy, "Keterkaitan Cuaca di Indonesia dengan Fenomena Bintik Matahari (Sunspot)," *Jurnal Agromet Indonesia*, vol. 21, no. 1, pp. 36-46, 2007.
- [15] W.E. Cahyono, "Dampak Aktivitas Matahari Terhadap Kenaikan Temperatur Global," *Berita Dirgantara*, vol. 11, no. 1, pp. 1-5, 2010.
- [16] Nawari. *Analisis Regresi dengan MS Excel 2007 dan SPSS 17*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2010.
- [17] D.S. Wilks. *Statistical methods in the atmospheric sciences (4th ed.)*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2019.
- [18] K.C. Castro, A.C. Palomino, G.F. Ladera, A.P. Rojas, and N.M. Aburto, "Analysis of the influence of solar cycles on meteorological variables in the central inter-Andean valley of Peru in the period 1986–2019," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 89-94, 2022.
- [19] R.I. Levin, D.S. Rubin, M.H. Siddiqui, and S. Rastogi. *Statistic for Management (8th ed.)*. Noida: Pearson, 2017.
- [20] T. Sugiharto. *Pengujian Hipotesis*. Jakarta: Universitas Gunadarma, 2009.
- [21] Y.D. Haryanto, N.F. Riama, D.R. Purnama, N. Pradita, S.F. Ismah, A.W. Suryo, M. Fadli, N.D. Hananto, S. Li, and R.D. Susanto, "Effect of monsoon phenomenon on sea surface temperatures in Indonesian Throughflow region and southeast Indian Ocean," *Journal of Southwest Jiaotong University*, vol. 56, no. 6, pp. 914-923, 2021.

- [22] D.R. Purnama, K.A. Zulistyawan, B. Christian, and D.P.O. Veanti, "Dampak terjadinya el nino/la nina terhadap intensitas, masa hidup dan frekuensi siklon," *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, vol. 5, no. 2, pp. 10-21, 2018.
- [23] N. Pradita, S.F. Ismah, and D.R. Purnama, "Pengaruh arlindo terhadap durasi dan intensitas siklon tropis di Pasifik Barat Laut dan Samudra Hindia Selatan," *Seminar Nasional Bumi dan Atmosfer*, pp. 7-15, 2019.
- [24] W.N. Venables and B.D. Ripley. *Modern applied statistics with S (4th ed.)*. New York: Springer, 2002.
- [25] C.T. Chung and S.B. Power, "Precipitation response to La Niña and global warming in the Indo-Pacific," *Climate dynamics*, vol. 43, no. 12, pp. 3293-3307, 2014.
- [26] G. Meyers, P. McIntosh, L. Pigot, and M. Pook, "The years of El Niño, La Niña, and interactions with the tropical Indian Ocean," *Journal of Climate*, vol. 20, no. 13, pp. 2872-2880, 2007.
- [27] J. Ina, Ruminta, B. Tjasyono, L. Atika, and S.B. Harijono, "Pengaruh El Niño, La Niña dan Indian Ocean Dipole terhadap Curah Hujan Pentad di Wilayah Indonesia," *Jurnal Bionatura*, vol. 10, no. 2, pp. 168-177, 2008.
- [28] M. Mukhtar, B.W. Jushua, D.S. Bonde, M.B. Kaoje, B.A. Asabe, and M.Y. Sulaiman, "The relationship between sunspots number and some lower atmospheric parameters at solar minimum of solar cycle 24," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 3, no. 1, pp. 228-233, 2021.
- [29] K. Aftab and S.A. Jilani, "Sunspots Influence on Climatic Variability of Karachi and Rohri," *Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences*, vol. 64, no. 1, pp. 52-58, 2021.