

Analisis Regresi Linier Sederhana dan Uji Korelasi Curah Hujan terhadap Penyinaran Matahari Tahunan di Kota Bandung

Saipul Hamdi

Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer – LAPAN

saipulh@yahoo.com

ABSTRACT. *The surface albedo causing some solar energy absorbed by a surface of earth, and lead to leaving of water vapor from the surface of the earth. Over exposure of insolation for long periods cause water vapor contained in the earth surface gradually decrease and finally no more of water vapor can be detached. The aim of this research is to calculating the correlation factor between rainfall and surface solar irradiation in Bandung on period 2009-2016. Both rainfall and surface solar irradiation are measured every day automatically then grouped for 10 days of data respectively to reduce any locally influence changes. The Rank Spearman correlation has been used to calculate the coefficient of correlation between rainfall and surface solar irradiation. Strong negatif correlation has been found between rainfall and surface solar irradiation with coefficient of correlation $r = -0.95$ and coefficient of determination $R^2 = 0.894$. Data processing of daily surface temperatures show that the 2015 is most of the hottest in the period 2009-2016. Analizing of daily surface temperature shows that year 2015 has much event hottest compared to another year in this period.*

Keywords : rainfall, solar irradiation, correlation

ABSTRAK. Albedo permukaan menyebabkan sebagian energi matahari diserap oleh permukaan bumi, dan berakibat pada lepasnya molekul-molekul uap air yang ada di permukaan bumi. Insolasi yang berlebihan dan dalam jangka waktu yang lama menyebabkan uap air yang terkandung di permukaan menjadi semakin sedikit dan lama-lama tidak ada lagi uap air yang bisa dilepaskan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung faktor korelasi curah hujan terhadap radiasi matahari permukaan di Bandung pada tahun 2009-2016. Curah hujan dan radiasi matahari permukaan diukur setiap hari secara otomatis, kemudian dikelompokkan tiap 10 hari data secara berurutan untuk memperkecil pengaruh perubahan-perubahan yang bersifat lokal. Koefisien korelasi antara curah hujan dan radiasi matahari permukaan dihitung menggunakan korelasi Rank Spearman. Diperoleh hasil korelasi negatif yang kuat antara curah hujan dan radiasi matahari permukaan dengan koefisien korelasi sebesar $r = -0,95$, dan koefisien determinasi $R^2 = 0,894$. Pengolahan data suhu permukaan harian menunjukkan bahwa tahun 2015 merupakan tahun dengan kejadian terpanas terbanyak dibandingkan dengan tahun lainnya pada periode 2009-2016.

Kata kunci : curah hujan, iradiasi matahari, korelasi

1. PENDAHULUAN

Radiasi matahari yang tiba di bumi menyebabkan proses konveksi, mulai dari penyerapan radiasi matahari pada spektrum tampak hingga konveksi aktif di daerah ekuator (Tjasyono, 2007). Di Indonesia, unsur iklim yang paling besar keragamannya dalam dimensi waktu maupun tempat adalah curah hujan, sedangkan unsur iklim lain relatif lebih kecil (Boer, 2002). Di Kota Bandung, curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember, yaitu 283 mm sedangkan terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu 57 mm, atau sekitar 2140 mm/tahun. Sebagai negara yang terletak di daerah tropis maka hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi yang paling dominan. Jika rata-rata hujan berada pada kisaran 85% - 115%, disebut normal. Jika lebih dari 155% maka disebut di atas normal dan di bawah normal jika kurang dari 85% (BMG, 2002). Penting untuk mengetahui curah hujan normal di suatu daerah agar dapat diaplikasikan pada sektor kehidupan lainnya misal pertanian, perkebunan, dan pariwisata.

Santer dkk. (2008) telah menunjukkan adanya perubahan suhu troposfer-atas di daerah tropis melebihi di permukaan pada skala waktu multi-dekadal. Meskipun beberapa analisis masih menunjukkan hal sebaliknya. Pengamatan terhadap data satelit yang dikompilasi dengan data radiosonde menunjukkan bahwa suhu permukaan di daerah tropis adalah lebih hangat daripada di daerah troposfer. Santer dkk. (2008) juga menemukan bahwa tidak ada perbedaan antara hasil pemodelan dan data pengamatan di *lapse rate* daerah tropis.

Nilai radiasi matahari yang tiba di permukaan bumi bervariasi terhadap lintang, kondisi atmosfer, ketinggian tempat, dan sudut zenith matahari (Hanggoro, 2011). Selain itu, komposisi gas-gas penyusun atmosfer juga berperan dalam melemahkan insolasi di permukaan (insolasi = *incoming solar radiation*). Di antara gas-gas penyusun atmosfer, uap air (H₂O) merupakan komponen yang memiliki kemampuan terbesar dalam melemahkan radiasi matahari, dan berpengaruh pada rentang panjang gelombang yang sangat lebar. Meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi dapat menyebabkan terjadinya perubahan unsur-unsur iklim seperti naiknya suhu air laut, bertambahnya penguapan, dan perubahan pola curah hujan di suatu wilayah (IPCC, 2007). Tujuan penelitian ini untuk menghitung faktor korelasi curah hujan terhadap lama penyinaran matahari di Bandung pada tahun 2009-2016.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan adalah data insolasi (*incoming solar radiation*) yang diukur menggunakan *automatic weather station* (AWS). AWS diletakkan pada atap gedung lantai 4, atau pada ketinggian kira-kira 20 meter dari permukaan tanah. Selain itu, digunakan juga data suhu permukaan dan curah hujan.

Suhu permukaan diukur secara terus menerus dalam interval waktu 10 menit, dan dipilih nilai tertingginya secara otomatis. Suhu tertinggi harian dikelompokkan menjadi 10 hari dan dipilih suhu maksimum rata-rata dalam interval 10 hari tersebut. Hal yang sama dilakukan juga untuk periode 10 hari berikutnya, sehingga di dalam 1 tahun (365 hari) terdapat 17 data suhu maksimum rata-rata 10 harian. Pada kelompok 10 hari ke-37, jumlah

hari yang dirata-ratakan hanya berjumlah 5 atau 6 hari, tidak seperti kelompok 10 hari data lainnya, namun tetap disertakan di dalam pengolahan data selanjutnya. Untuk menentukan suhu terpanas dalam periode 8 tahun pengamatan, kelompok 10 hari data yang sama setiap tahun dipilih tahun yang menunjukkan suhu tertinggi. Demikian pula untuk 37 kelompok 10 hari data. Tahun yang memiliki jumlah suhu tertinggi terbanyak dipilih sebagai tahun terpanas dalam kurun waktu 2008-2016.

Pengukuran curah hujan dilakukan secara otomatis setiap hari. Jumlah curah hujan setiap hari hujan dijumlahkan secara menyeluruh dalam satu tahun dengan mengabaikan kapan kejadiannya, karena yang dibutuhkan adalah curah hujan tahunan (mm). Pengukuran energi radiasi matahari (iradiasi) juga dilakukan secara otomatis karena AWS dilengkapi juga dengan sensor sinar matahari. Perekaman data dilakukan setiap 10 menit sekali, kemudian dijumlahkan dalam satu hari data. Jumlah keseluruhan iradiasi yang terukur dinyatakan sebagai jumlah energi bulanan yang tiba di permukaan bumi. Untuk melakukan pengolahan data iradiasi matahari, curah hujan, dan suhu digunakan *spreadsheet* yang sangat populer.

Penentuan koefisien korelasi digunakan koefisien korelasi Rank Spearman karena jumlah sampel kurang dari 30 sampel dan sampel tidak harus mengikuti distribusi normal.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

ρ adalah koefisien korelasi

d_i adalah beda rangking antara dua pasangan pengamatan

n adalah jumlah pasangan data, dalam hal ini $n=8$

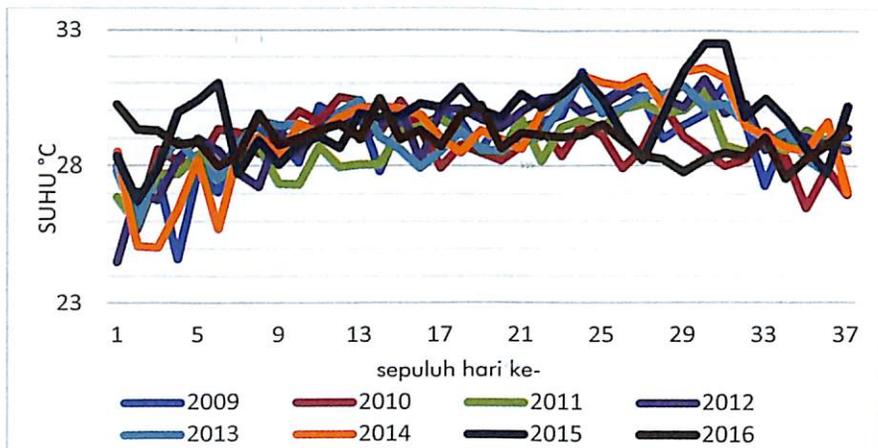
Tabel 1. Nilai-nilai ρ , Korelasi Spearman Rank

N	Derajat signifikansi		N	Derajat Signifikansi	
	5 %	1 %		5 %	1 %
5	1,000		16	0,506	0,665
6	0,886	1,000	18	0,475	0,625
7	0,786	0,929	20	0,450	0,591
8	0,738	0,881	22	0,428	0,562
9	0,683	0,833	24	0,409	0,537
10	0,648	0,794	26	0,392	0,515
12	0,591	0,777	28	0,377	0,496
14	0,544	0,715	30	0,364	0,478

Sugiyono (2014)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data suhu permukaan, energi radiasi, dan curah hujan tahunan ditunjukkan pada Gambar 1 s.d. 6. Gambar 1 adalah suhu permukaan maksimum rata-rata dari pengelompokan 10 hari data pada periode 2008-2016. Suhu udara permukaan pada umumnya lebih tinggi di pertengahan tahun dibandingkan dengan di awal/akhir tiap tahun.



Gambar 1. Suhu permukaan maksimum rata-rata 10 hari tahun 2009-2016

Untuk menentukan tahun terpanas pada periode waktu pengamatan ini, maka dilakukan perhitungan seperti yang telah dijelaskan pada metode penelitian. Hasil pengolahannya disampaikan dalam Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bahwa jumlah hari panas terbanyak adalah terjadi pada tahun 2015, yaitu sebanyak 16 kejadian dari pengelompokan 10 hari data, dan tahun 2011 adalah tahun yang tidak memiliki hari terpanas dalam periode waktu 8 tahun tersebut. Kejadian terpanas yang dihitung dari rata-rata 10 hari tidak memasukan unsur kelembapan dan hujan di dalam perhitungan. Gettelman and Foster (2002) menyatakan bahwa pemanasan di atmosfer terjadi karena radiasi gelombang panjang, dan bukan karena sinar matahari langsung. Radiasi gelombang panjang dipancarkan oleh permukaan akibat adanya albedo permukaan bumi. Sebagian energi sinar matahari yang datang ke permukaan diserap oleh permukaan sehingga energi sinar yang dipantulkan menjadi berkurang, dan akibatnya terjadi pergeseran gelombang menjadi gelombang panjang (*longwave radiation*).

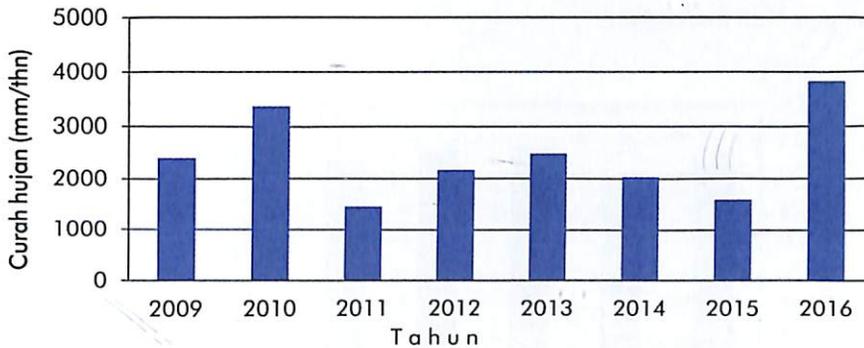
Tabel 2. Jumlah kejadian hari panas di Kota Bandung tahun 2009-2016

Tahun	Jumlah Kejadian	
2009	4	hari
2010	5	hari
2011	0	hari
2012	4	hari
2013	3	hari
2014	5	hari
2015	16	hari
2016	6	hari

Tahun terpanas di Indonesia yang pernah tercatat adalah tahun 2014, dan hal ini sesuai dengan analisis global Badan Kesehatan Dunia (WHO) bahwa suhu rata-rata global di daratan pada tahun 2014 mencapai 0,57 °C di atas suhu rata-rata jangka panjang (<http://nationalgeographic.co.id/>). Hal ini berbeda dengan hasil yang diperoleh di dalam

penelitian ini. Kenaikan suhu tidak selalu dikaitkan dengan perubahan iklim, namun beberapa faktor lain juga akan berperan, seperti El-Niño, Monsun, serta kejadian badai sepanjang tahun 2015.

Hasil pengolahan data curah hujan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2016 sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2011 disusul tahun 2015. Pada tahun 2010 Indonesia mengalami La-Niña (LAPAN dkk., 2016). La-Niña yang terjadi tahun 2010 menyebabkan melimpahnya uap air, dan ketika terjadi hujan memberikan kontribusi pada peningkatan suhu melalui pelepasan panas laten di atmosfer (Indah dkk., 2016). Pada akhir 2015 terjadi *El-Niño* kuat dan berangsur menjadi normal pada bulan Maret-April 2016. Dampak La-Niña yang terjadi adalah kenaikan curah hujan pada bulan Juli-September 2016 (sumber : <http://www.antaraneews.com>).

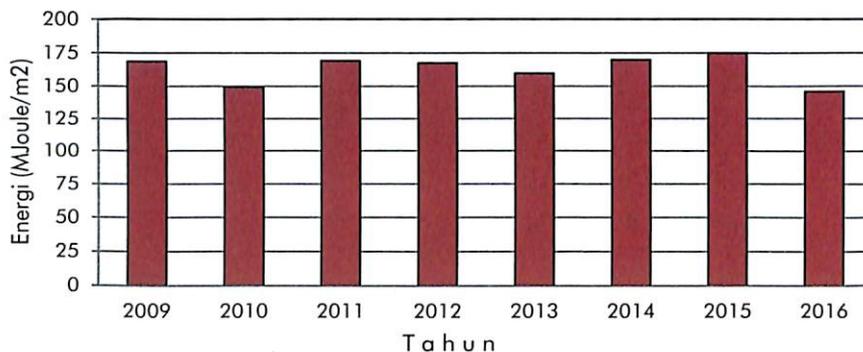


Gambar 2. Grafik curah hujan di Kota Bandung tahun 2009-2016

Pelepasan panas laten mengakibatkan anomali suhu hingga 3°C . Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa di tahun 2010, curah hujan tinggi dibarengi dengan energi matahari tahunan yang relatif rendah. Fenomena ini dapat dijelaskan karena sinar matahari tertahan oleh uap air dan awan di atmosfer. Namun demikian, energi matahari dibutuhkan dalam pembentukan uap air yang berasal dari penguapan di permukaan bumi. Tahun 2015 adalah tahun terpanas dalam periode 8 tahun pengamatan. Tahun tersebut memiliki curah hujan relatif rendah, dibarengi dengan iradiasi matahari tahunan yang relatif lebih tinggi. Wilayah Indonesia yang berada di daerah tropis pada umumnya memiliki curah hujan berkisar antara 2000 hingga 3000 mm/tahun. Di dalam interval pengamatan tahun 2009-2016 suhu tertinggi tercatat sebesar $32,5^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada tahun 2015, dan suhu terendah sebesar $24,6^{\circ}\text{C}$ terjadi pada tahun 2012. Suhu rata-rata tahunan pada tahun 2015 tercatat sebesar $29,7^{\circ}\text{C}$ dan merupakan suhu rata-rata tertinggi di dalam interval pengamatan ini.

Pada Gambar 3a, jumlah iradiasi matahari tahunan memiliki besar yang tidak sama dan terlihat bersifat fluktuatif. Iradiasi tertinggi terjadi pada tahun 2015 dan terendah terjadi pada tahun 2016. Tingginya iradiasi matahari dapat disebabkan oleh bertambahnya faktor transmitansi dari keadaan biasanya, yang berarti terjadi pengurangan penyerapan energi matahari oleh atmosfer bumi, selain juga disebabkan oleh meningkatnya aktivitas

matahari. Aktivitas matahari dapat ditunjukkan oleh beberapa indikator antara lain bintik matahari, total iradiasi matahari, *flare*, indeks gangguan geomagnet (Kane, 2008), model dinamo (Hiremath, 2001), dan panjang siklus matahari (Kane, 2008). Bilangan bintik matahari adalah indikator aktivitas matahari yang paling umum, dan telah dicatat sejak tahun 1700 dan dipergunakan sejak tahun 1913 (Kilcik, 2008). Namun demikian, aktivitas matahari menjadi maksimum pada tahun 2014 (siklus ke-24) dan berangsur-angsur melemah hingga awal tahun 2017 (Gambar 3.b) bahkan paling lemah sejak tahun 2011. Diduga, tingginya energi matahari rata-rata bulanan pada tahun 2015 disebabkan oleh berkurangnya faktor penyerapan di atmosfer dan/atau meningkatnya faktor trasmansi atmosfer. Dibandingkan dengan CO₂, uap air atau H₂O memiliki kemampuan yang jauh lebih dahsyat dalam melemahkan (atenuasi) energi sinar matahari dan bekerja pada rentang panjang gelombang yang sangat lebar. Akibatnya, berkurangnya jumlah uap air di atmosfer akan menyebabkan kenaikan insolasi yang berarti energi matahari yang tiba di permukaan bumi pun akan meningkat.

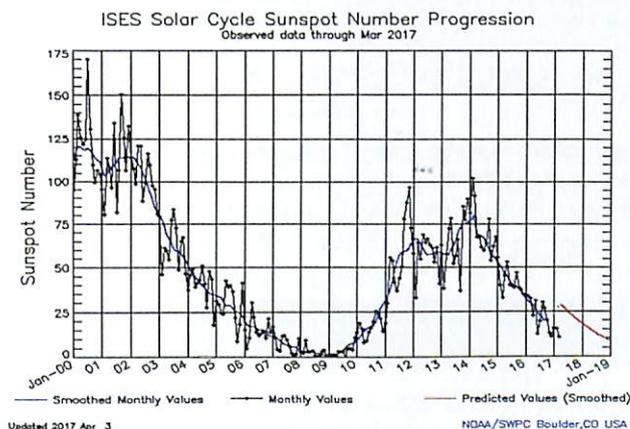


Gambar 3a. Grafik energi jumlah rata-rata bulanan energi radiasi matahari tahun 2009-2016

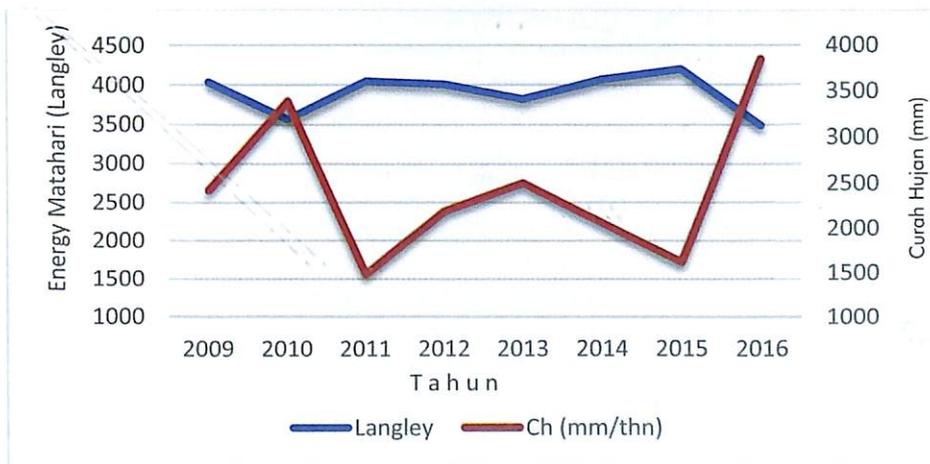
Interkorelasi antara jumlah energi rata-rata bulanan dan curah hujan tahunan ditunjukkan pada gambar 4 dan 5. Dalam satuan Langley pada gambar 4, terlihat bahwa energi iradiasi matahari memiliki pola yang berlawanan terhadap curah hujan tahunan dan ini sangat bersesuaian dalam kurun waktu pengamatan tahun 2009-2016.

Uji korelasi energi matahari terhadap curah hujan tahunan dalam periode 2009-2016 menunjukkan nilai yang negatif, yaitu peningkatan energi radiasi matahari menyebabkan berkurangnya jumlah curah hujan, demikian juga sebaliknya. Dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh koefisien korelasi $\rho = -0,905$. Dengan membandingkan nilai ρ dan nilai ρ_t pada Tabel 1 terlihat bahwa untuk $n=8$ maka $\rho > \rho_t$. Hal ini menyebabkan H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti terdapat korelasi yang sangat kuat antara curah hujan tahunan dan energi matahari rata-rata bulanan. Albedo permukaan menyebabkan sebagian energi matahari diserap oleh permukaan, dan berakibat pada lepasnya molekul-molekul uap air yang ada di permukaan bumi, menyebabkan udara permukaan menjadi tidak stabil dan menghasilkan aliran konveksi. Pada insolasi yang

berlebihan dan dalam jangka waktu yang lama maka uap air yang terkandung di permukaan menjadi semakin sedikit dan lama-lama tidak ada lagi uap air yang bisa dilepaskan. Hal ini menyebabkan udara di sekitar daerah tersebut menjadi kering. Dalam skala yang luas, jumlah uap air di udara pun menjadi semakin menipis.

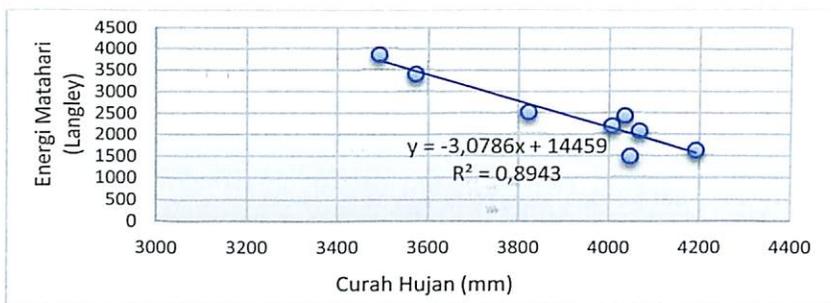


Gambar 3b. Siklus matahari dari pengamatan NOAA hingga 15 November 2016, diunduh dari <http://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>



Gambar 4. Grafik jumlah energi rata-rata bulanan dan curah hujan tahunan periode 2008-2016

Koefisien determinasi sebesar $R^2=0,894$ atau 89,4% menunjukkan bahwa curah hujan tahunan memberikan kontribusi sebesar 89,4% terhadap melemahnya energi matahari rata-rata, sisanya sebesar 10,6% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak dibahas di dalam tulisan ini.



Gambar 5. Grafik hubungan curah hujan dan jumlah energi rata-rata tahunan periode 2008-2016

Tabel 3. Penentuan nilai p

No	Ch (mm/thn)		Langley		d_i	d^2
	X_i	rangking X	Y_i	rangking Y		
1	1483	1	4047	6	-5	25
2	1617	2	4192	8	-6	36
3	2058	3	4067	7	-4	16
4	2189	4	4007	4	0	0
5	2421	5	4035	5	0	0
6	2504	6	3822	3	3	9
7	3397	7	3572	2	5	25
8	3847	8	3492	1	7	49
						160

4. KESIMPULAN

Curah hujan terukur antara tahun 2009 hingga 2016 adalah dalam rentang 1482,6 s.d. 3847,4 mm/thn. Terdapat hubungan yang kuat antara energi matahari rata-rata bulanan yang tiba di permukaan bumi terhadap curah hujan tahunan dengan koefisien korelasi $\rho = -0,905$. Interkorelasi antara keduanya merupakan sebuah hubungan inversi, yaitu tingginya curah hujan tahunan akan berkibat pada menurunnya energi radiasi matahari rata-rata bulanan. Demikian juga sebaliknya, kenaikan energi radiasi matahari rata-rata bulanan akan menurunkan curah hujan tahunan, dan koefisien determinasi di antara keduanya adalah sebesar 89,4%. Selain itu diperoleh juga bahwa tahun 2015 merupakan tahun dengan kejadian panas terbanyak di dalam interval waktu pengamatan 2009-2016 dengan suhu rata-rata $29,7^{\circ}\text{C}$, dan suhu tertinggi sebesar $32,5^{\circ}\text{C}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PSTA LAPAN yang telah menyediakan data pengamatan dan mengizinkan penggunaannya, juga kepada Bpk. Drs. Sri Kaloka (PSTA LAPAN) atas diskusi-diskusi mengenai radiasi matahari selama penulisan makalah ilmiah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- BMG (2002). Perkiraan Musim Kemarau 2002 di Indonesia.
- Boer, R. (2002). Analisis Risiko Iklim untuk Produksi Pertanian. Paper disajikan dalam Pelatihan Dosen PT se Sumatera-Kalimantan dalam Bidang Pemodelan dan Simulasi Pertanian dan Lingkungan, Bogor 1-13 Juli 2002.
- Gettelman, A. and Foster, P.M.F. (2002). A climatology of the Tropical Tropopause Layer. *J. Met. Soc. Jpn.* 80, pp.911-924.
- Hanggoro, W. (2011). Pengaruh intensitas radiasi saat gerhana matahari cincin terhadap beberapa parameter cuaca. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol. 12 Nomor 2, hal 137-144.
- IPCC (2007). Summary of policymakers. In). *Climate Change 2007). Mitigation. Contribution of working group III to The Fourth Assesment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kane, R.P. (2008). Prediction of Solar Cycle Maximum Using Solar Cycle Lengths. *Solar Physics*, 248, pp.203-209.
- LAPAN, WFP, Kementerian Pertanian, FAO, BPS, BNPB, BMKG, (2016). Buletin pemantauan ketahanan pangan di Indonesia Fokus Utama). *La-Niña*, Volume 3 Bulan Agustus.
- Santer, B.D.P., P.W. Thorne, L. Haimberger, K.E. Taylor, T.N.L. Jones, J.R. La S. Solomon, M. Free, P.J. Gleckler, P.D. Jones, T.R. Karl, S.A. Klein, C. Mears, D. Nychka, G.A Schmidt, S.C. Sherwood, and F.J. Wentz (2008). Consistency of Modeled and Observed Temperature Trends in The Tropical Troposphere. *Int. J. Climatol.*, 28, pp.1703-1722, doi:10.1002/joc.1756.
- Sugiono (2004). *Statistik Nonparametrik Untuk Penelitian*. Penerbit CV Alfabeta Bandung.
- Susanti, I., W.E. Cahyono, Rosida(2016). Variabilitas profil suhu vertikal dan keterkaitan dengan efek rumah kaca di Indonesia. *Sains dan Teknologi Atmosfer Benua Maritim Indonesia*, ISBN 978-602-6465-04-7. CV Media Akselerasi, hal. 35-48.
- Tjasyono, B.H.K. (2007). *Mikrofisika Awan dan Hujan*. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- <http://nationalgeographic.co.id/berita/2015/02/kapan-tahun-terpanas-bagi-indonesia>, diakses tanggal 6 April 2017
- <http://www.antaranews.com/berita/560574/bmkg-la-Niña-akan-berlangsung-agustus-hingga-september>). Diakses tanggal 4 April 2017
- <http://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression> diakses tanggal 4 April 2017