

PERGESERAN POLA INTENSITAS RADIASI MATAHARI PADA SAAT GERHANA MATAHARI TOTAL 2016

Saipul Hamdi, Sumaryati, Waluyo Eko Cahyono

Peneliti Ilmu Lingkungan Atmosfer

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN

e-mail: saipulh@yahoo. com

ABSTRACT

Solar eclipse is occurred when moon cover solar disk, and blocks solar radiation toward the earth. Shifting of solar irradiation pattern caused by solar eclipse has been studied in Bandung and Pasuruan. Incoming solar radiation of ultraviolet A, B, and global are measured for this purpose. The shifting of solar irradiation pattern has been observed in Pasuruan, whereas in Bandung is not observed. The shifting is shown by increasing of ratio of UV-A/Global intensity as well 4. 5% on full eclipse. On March 9th Solar Eclipse, decreasing of global solar radiation in Bandung and Pasuruan is 425. 19 kJ/m² and 863. 28 kJ/m² respectively. Also, it has been observed delay of increasing surface temperature related to average surface temperature in 8 days (before and after) at solar eclipse.

Keywords : solar spectrum, solar eclipse, incoming solar radiation

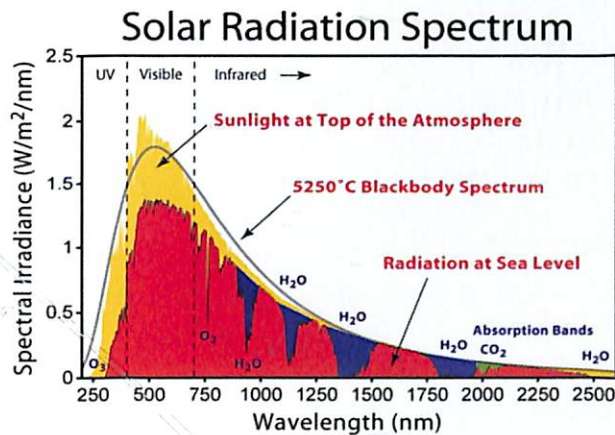
ABSTRAK

Gerhana matahari terjadi ketika bayangan bulan menutupi piringan matahari dan menyebabkan terhalangnya sinar matahari yang menuju bumi. Pengaruh gerhana matahari tanggal 9 Maret 2016 terhadap pergeseran pola intensitas radiasi matahari diamati di Bandung dan Pasuruan melalui pengukuran insolasi ultraviolet A, ultraviolet B, dan insolasi global matahari. Diperoleh hasil bahwa di Pasuruan teramati pergeseran pola intensitas radiasi matahari sedangkan di Bandung tidak teramati. Pergeseran ini ditunjukkan oleh meningkatnya rasio insolasi ultraviolet A terhadap global sebesar 4,5% pada saat puncak gerhana. Diperoleh juga penurunan intensitas radiasi global di Bandung dan Pasuruan masing-masing sebesar 425,19 kJ/m² dan 863,28 kJ/m² selama gerhana matahari 9 Maret 2016. Teramati pula penundaan kenaikan suhu permukaan pada saat terjadinya gerhana matahari dibandingkan dengan suhu rata-rata dalam 8 hari (sebelum dan sesudah gerhana).

Kata-kunci: spektrum matahari, gerhana matahari, insolasi

1 PENDAHULUAN

Gerhana matahari merupakan peristiwa alam biasa, yang tidak ada gejalanya tetapi kejadiannya dapat diperhitungkan dengan tepat dan memiliki dampak pada bumi. Berbeda dengan gempa dan gunung meletus yang ada gejala awalnya, tetapi kejadiannya tidak dapat diprediksi. Gerhana matahari terjadi saat posisi bulan terletak di antara bumi dan matahari sehingga menutup sebagian atau seluruh cahaya matahari (Dermawan dkk., 2015). Jika bulan menutupi sebagian cahaya matahari maka disebut sebagai gerhana matahari sebagian, dan gerhana matahari total terjadi ketika seluruh cahaya matahari tertutup oleh bulan. Pada peristiwa gerhana matahari, sinar matahari di puncak atmosfer mengalami pelemahan, bahkan mencapai nol untuk daerah yang dilintasi bayangan umbra.



Gambar 1. Spektrum radiasi matahari dari spektrum ultraviolet hingga infra merah jauh dan gelombang elektromagnetik lainnya (https://geosciencebigpicture.files.wordpress.com/2014/01/drawing.png).

Pancaran energi radiasi matahari mengikuti kaidah *black body radiation*, distribusi Planck, serta hukum pergeseran Wien (Planck, 1901). Spektrum radiasi matahari terdiri dari sinar γ dengan panjang gelombang kurang dari 1 nm sampai gelombang radio dengan panjang gelombang sampai ratusan kilometer, dan puncak maksimum intensitas terjadi pada panjang gelombang (400 -700) nm, bersesuaian dengan temperatur matahari sekitar 6000 K. Semua panjang gelombang tersebut tidak sampai ke permukaan bumi hanya sinar

tampak dan gelombang radio yang mampu menembus atmosfer bumi, sedangkan sinar γ tidak mampu menembus atmosfer bumi.

Intensitas radiasi yang sampai ke *terrestrial* bumi dipengaruhi oleh jarak matahari-bumi yang mengalami siklus dalam satu tahun, dan aktivitas matahari memiliki siklus 11 tahun. Radiasi matahari yang diterima di puncak atmosfer bumi adalah sebesar 1360 W/m^2 dan rata-rata setengah dari nilai tersebut diterima di permukaan bumi setelah mengalami proses pemantulan dan penyerapan oleh awan (Handoko, 1993). Radiasi yang diterima di permukaan bumi nilainya bervariasi terhadap letak lintang, keadaan atmosfer di tempat tersebut, faktor ketinggian tempat, serta sudut zenith matahari (sudut yang dibentuk antara garis vertikal pada lokasi tersebut dan arah datangnya sinar matahari) (Hanggoro, 2011).

Pengaruh utama dari gerhana matahari adalah pada radiasi matahari, yang selanjutnya berpengaruh terhadap parameter meteorologi lain, diantaranya adalah suhu, tekanan udara, kelembapan relatif, dan angin (Anderson dkk., 1972; Gonzales, 1997; Aculinin and Smicov, 2006). Terhalangnya radiasi matahari selama berlangsungnya proses gerhana matahari memberikan dampak pada perubahan struktur dan dinamika atmosfer pada daerah yang dilintasi gerhana (Sartika, dkk., 2015).

Ketika terjadi gerhana matahari total ataupun mendekati total, maka penampang matahari dari inti sampai kromosfer tertutup oleh bulan, tetapi tidak sampai menutup bagian korona. Bagian korona memiliki temperatur yang lebih tinggi dari kromosfer, bahkan temperatur kromosfer dapat mencapai 10.000 K. Radiasi yang dipancarkan oleh seluruh sistem matahari dengan temperatur rata-rata mendekati 6.000 K memiliki intensitas spektrum dengan intensitas maksimum pada daerah cahaya tampak sebagaimana digambarkan pada Gambar 1. Oleh karena itu ada kemungkinan jika hanya bagian korona dengan temperatur sampai 10.000 K yang radiasinya sampai ke permukaan bumi, maka pola intensitas radiasi maksimum yang sampai ke permukaan bumi bergeser dari cahaya tampak ke arah radiasi ultraviolet. Makalah ini bertujuan untuk mengetahui terjadinya pergeseran pola intensitas radiasi matahari dan pengurangan intensitas radiasi matahari pada saat terjadinya gerhana matahari 2016, serta dampaknya pada perubahan temperatur di Bandung dan Pasuruan.

2 METODE PENELITIAN

Data yang digunakan adalah radiasi UV-A (300-400) nm, UV-B (280 – 315) nm, dan radiasi global (semua panjang gelombang). Lokasi pengamatan di Bandung (6°53'40"LS; 107°35'12"BT) dan Pasuruan (7°34'0"LS ; 112°40'37"BT). Waktu dan durasi gerhana di kedua tempat tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu gerhana matahari

	Bandung	Pasuruan
Awal gerhana	6:19:55 WIB	6:21:20 WIB
Puncak gerhana	7:21:45 WIB	7:25:45 WIB
Akhir gerhana	8:32:06 WIB	8:39:12 WIB
Maksimum gerhana	86 %	82 %

Sumber: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001/SE2016Mar09Tgoogle.html>

Pendekatan persamaan untuk menghitung sudut zenith (θ) yang menentukan besarnya intensitas radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, dituliskan pada persamaan (1).

$$\cos(\theta) = \sin(\delta) \sin(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \cos(\omega) \quad (1)$$

Dengan ϕ adalah derajat lintang posisi Bandung (6°53'40"LS = -6,89°) dan Pasuruan (7°34'0"LS = -7,67°), ω adalah sudut jam matahari nilainya setiap 15° setara dengan satu jam dan dengan acuan 0° pada jam 12.00 waktu matahari, dan δ adalah sudut deklinasi matahari dirumuskan sebagai berikut, dengan N adalah *Julian day*:

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{284+n}{365}\right) \quad (2)$$

Korelasi antara waktu matahari (T_{sol}) dan waktu setempat (T_{loc} = WIB) adalah ditunjukkan pada persamaan (3).

$$T_{sol} = T_{loc} + [EoT + 4(\phi_{loc} - \phi_{std}) \text{menit}] \quad (3)$$

Dengan :

- T_{sol} : waktu matahari,
- T_{loc} : waktu setempat (WIB)
- EoT : *equation of time*

φ_{loc} : bujur setempat (104,73 °BT)

φ_{std} : bujur standar waktu (105 °BT)

Equation of time menurut Lunde dalam Naima dan Majeed (2011) dirumuskan dengan persamaan (4):

$$EoT(n) = -9.00 \sin\left(\frac{n-1}{28,648}\right) - 5, 1 < n < 100 \quad (4a)$$

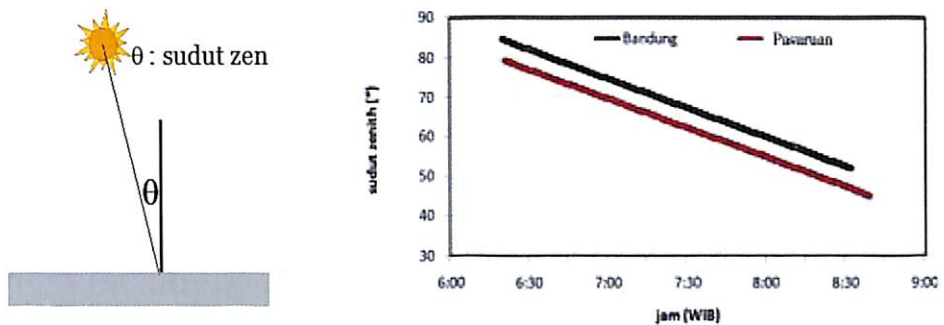
$$EoT(n) = -9.00 \sin\left(\frac{n-1}{28,648}\right) - 5, 1 < n < 100 \quad (4b)$$

$$EoT(n) = 18,6 \sin\left(\frac{n-242}{39,248}\right) - 2, 243 \leq n \leq 366 \quad (4c)$$

Untuk mengetahui adanya pergeseran pola intensitas radiasi matahari, digunakan perbandingan intensitas radiasi UV-A terhadap radiasi global (UV-A/Global). Jika pada saat gerhana tidak ada perubahan nilai perbandingan (rasio), maka diartikan tidak ada pergeseran pola intensitas radiasi matahari. Sebaliknya, jika terjadi perubahan nilai perbandingan antara radiasi UV-A terhadap radiasi global maka terjadi pergeseran pola intensitas radiasi matahari.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

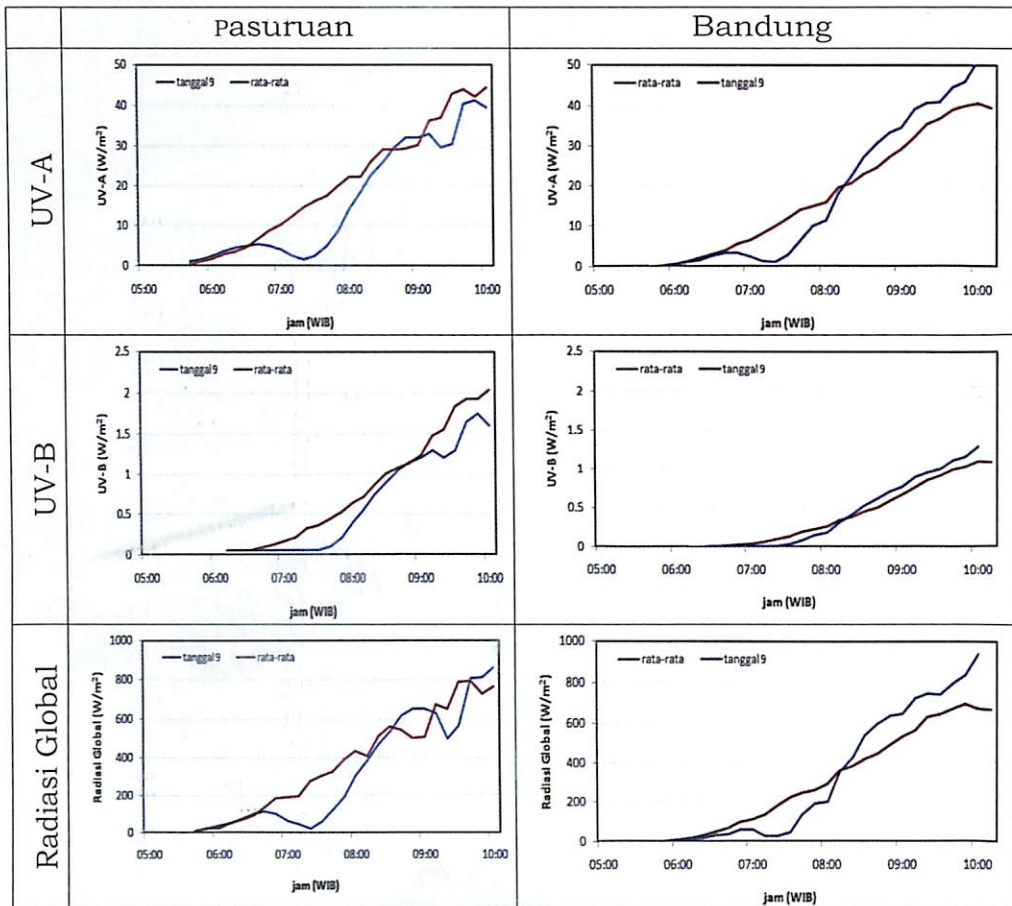
Sudut *zenith* dan hasil perhitungan sudut *zenith* menggunakan persamaan (1) – (4) di Bandung dan Pasuruan selama peristiwa gerhana matahari ditunjukkan pada Gambar 2. Pada jam yang bersamaan, sudut *zenith* matahari di Bandung lebih besar dibandingkan dengan di Pasuruan. Hal ini karena posisi geografis (meredian) Pasuruan lebih Timur dibandingkan dengan posisi Bandung. Semakin tinggi elevasi matahari maka semakin kecil sudut *zenith* yang terbentuk, dan sudut *zenith* mencapai nol derajat saat matahari berada pada kulminasinya. Untuk mencapai sudut *zenith* yang sama maka terjadi penundaan waktu kira-kira satu jam untuk Kota Bandung.



Gambar 2. Besarnya sudut zenith matahari selama terjadi gerhana matahari di Bandung dan Pasuruan.

Perubahan insolasi pada spektrum UV-A, UV-B, dan radiasi global pada saat terjadi gerhana matahari tanggal 9 Maret di Pasuruan dan Bandung ditunjukkan pada Gambar 3. Insolasi rata-rata dihitung pada 8 hari sebelum dan 8 hari setelah gerhana matahari, dan di dalam rentang waktu ini sudut *zenith* matahari dianggap tidak berubah secara signifikan pada jam yang sama. Analisa dilakukan pada rentang waktu pukul 05:00 hingga 10:00 yaitu saat terjadinya gerhana matahari seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Radiasi matahari yang diterima oleh bumi disebut sebagai insolasi (*insolation = incoming solar radiation*) yang tersebar pada pita panjang gelombang yang disebut spektrum matahari. Meskipun spektrum matahari sangat lebar namun puncak energi dan sebagian besar energi radiasi total terletak pada batas cahaya tampak yang sangat sempit (Tjasyono, 2008). Insolasi yang sampai ke permukaan bumi berbanding terbalik dengan sudut zenith matahari. Semakin kecil sudut zenith matahari maka semakin besar insolasi. Ketika terjadi gerhana matahari, sudut zenith matahari di Bandung lebih besar daripada di Pasuruan, maka insolasi rata-rata pada jam yang bertepatan dengan gerhana matahari di Pasuruan lebih besar daripada di Bandung sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Hal ini berdampak juga pada pelemahan energi radiasi akibat gerhana matahari di Pasuruan lebih besar daripada di Bandung, meskipun maksimum gerhana di Pasuruan lebih kecil daripada di Bandung. Perhitungan pada Tabel 2 tidak mempertimbangkan penutupan awan di kedua tempat tersebut.

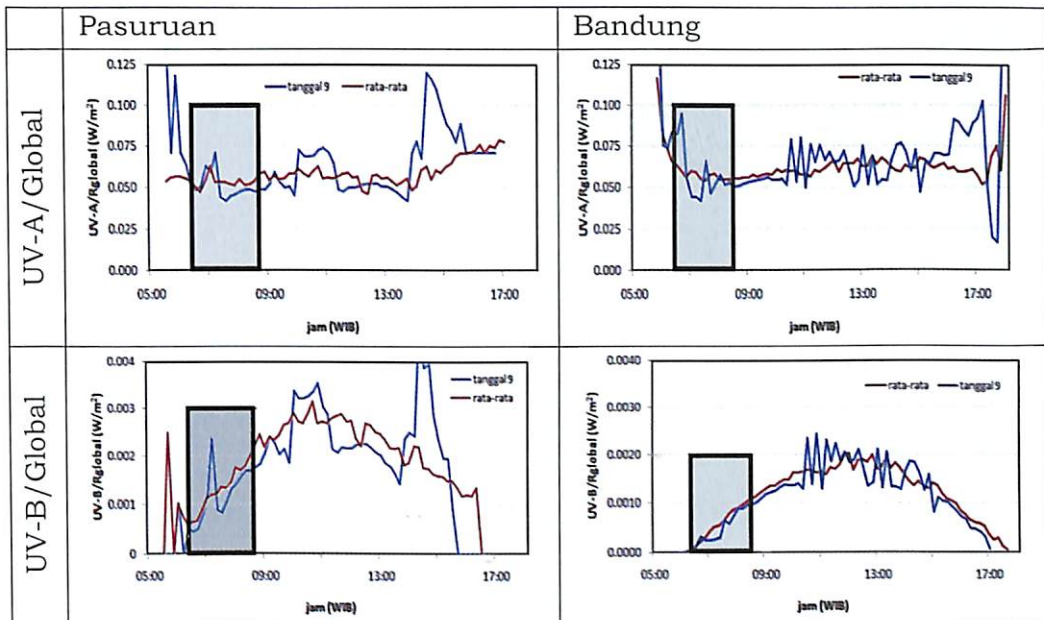


Gambar 3. Perubahan insolasi di Pasuruan dan Bandung pada saat gerhana matahari tanggal 9 Maret 2016.

Tabel 2. Pelemahan energi radiasi matahari akibat gerhana.

	Bandung	Pasuruan
Radiasi UV-A (kJ/m ²)	27,55	53,14
Radiasi UV-B (kJ/m ²)	0,32	1,41
Radiasi global (kJ/m ²)	425,19	863,28

Perbandingan insolasi UV-A terhadap insolasi global (UV-A/Global), dan insolasi UV-B terhadap insolasi global (UV-B/Global) pada saat gerhana dan rata-ratanya dalam 8 hari (sebelum dan sesudah gerhana) ditunjukkan pada Gambar 4. Daerah yang dibatasi oleh persegi empat berwarna gelap adalah saat terjadinya gerhana matahari. Pembahasan pergeseran pola intensitas radiasi matahari dilakukan pada daerah berwarna gelap ini.

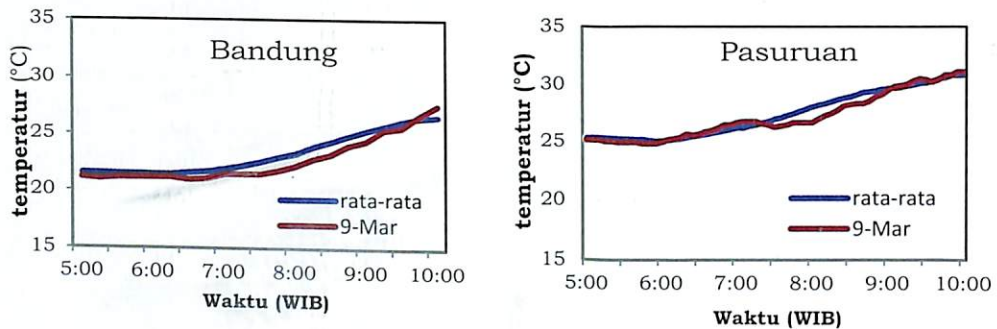


Gambar 4. Perbandingan antara insolasi UV-A dan UV-B terhadap insolasi global di Pasuruan dan Bandung.

Insolasi UV-A yang sampai ke permukaan bumi sebanding dengan insolasi global. Hal ini ditunjukkan oleh nilai perbandingan antara insolasi UV-A dan insolasi global yang bernilai hampir konstan. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa dalam satu hari perbandingan UV-A/global memiliki variabilitas yang tinggi. Hal ini disebabkan adanya penyerapan UV-A untuk reaksi fotokimia di atmosfer. Selain itu, disebabkan juga oleh adanya dinamika aktivitas matahari. Pada saat terjadinya penutupan matahari oleh bulan, di Pasuruan teramati adanya pergeseran pola intensitas radiasi matahari ke arah pita UV-A. Hal ini ditunjukkan oleh rasio UV-A/Global pada saat gerhana matahari meningkat sekitar 4,5 %. Pada waktu puncak gerhana matahari, rasio UV-A/Global juga meningkat tinggi. Kejadian seperti di Pasuruan tidak terjadi di Bandung. Pada saat gerhana matahari justru rasio UV-A/Global menurun sekitar 2,1 %. Pergeseran pola intensitas ke arah pita ultraviolet tidak teramati di Bandung. Kondisi ini diduga karena reaksi fotokimia yang tinggi dari polutan-polutan reaktif di troposfer. Intensitas UV-B yang sampai ke permukaan bumi akan menjadi semakin besar jika radiasi total yang sampai ke permukaan bumi juga besar, yang berarti kemampuan lapisan ozon menyerap UV-B tidak sebanding dengan intensitas radiasi UV-B yang menembus

stratosfer, tetapi memiliki kapasitas tertentu dalam penyerapannya.

Dilihat dari melemahnya insolasi UV-A, UV-B, dan global di Bandung dan Pasuruan (Tabel 2), perbandingan pelemahan insolasi UV-A dan insolasi global di kedua tempat pengamatan memiliki perbandingan yang hampir sama, yaitu di Bandung sekitar 2 kalinya di Pasuruan, sementara untuk insolasi UV-B di Pasuruan sekitar empat kalinya di Bandung. Hal ini menunjukkan adanya reaksi penyerapan UV-B yang kompleks di atmosfer, khususnya dalam reaksi fotolisis ozon stratosfer.



Gambar 5. Penurunan suhu permukaan saat terjadinya gerhana matahari (9 Maret) dibandingkan dengan rata-rata 8 hari sebelum dan sesudah kejadian gerhana.

Selain mengamati terjadinya penurunan intensitas insolasi, diamati juga penundaan kenaikan suhu pada saat terjadinya gerhana matahari dibandingkan dengan suhu rata-rata dalam 8 hari (sebelum dan sesudah gerhana). Gambar 5 menunjukkan penundaan kenaikan suhu. Penundaan kenaikan suhu pada pagi hari disebabkan gagalnya matahari memanasi atmosfer bumi karena terhalang oleh bayangan bulan. Di Bandung, penundaan kenaikan suhu mulai terlihat sejak pukul 6:30 ketika bulan mulai menutupi piringan matahari, dan tidak terjadi kenaikan suhu yang signifikan hingga pukul 7:30. Setelah puncak gerhana yang dibarengi dengan semakin berkurangnya sudut *zenith* matahari, hal yang berbeda terjadi di Pasuruan yang daerahnya hanya dilintasi oleh penumbra. Penurunan suhu mulai terjadi pada pukul 07:20 dan mulai meningkat lagi secara normal pada pukul 08:00. Penundaan yang sangat singkat ini disebabkan karena Pasuruan hanya dilalui oleh bayangan penumbra yang menyisakan sedikit insolasi untuk memanasi atmosfer bumi. Selain itu, dengan posisinya yang lebih ke timur menyebabkan sudut *zenith* matahari sudah jauh lebih kecil dibandingkan dengan di Bandung.

4 KESIMPULAN

Pergeseran pola intensitas radiasi matahari teramati di Pasuruan selama gerhana matahari tanggal 9 Maret 2016. Pergeseran ini ditunjukkan oleh meningkatnya rasio insolasi ultraviolet A terhadap global sebesar 4,5% pada saat puncak gerhana. Sebaliknya, pergeseran spektrum matahari tidak teramati di Bandung, bahkan terjadi penurunan rasio sebesar 2,1%. Selain itu, diperoleh juga penurunan insolasi global di Bandung dan Pasuruan masing-masing sebesar 425,19 kJ/m² dan 863,28 kJ/m² selama gerhana matahari 9 Maret 2016. Diketahui pula penundaan kenaikan suhu permukaan pada saat terjadinya gerhana matahari dibandingkan dengan suhu rata-rata dalam 8 hari (sebelum dan sesudah gerhana).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer Bandung dan Balai Pengamatan Atmosfer dan Antariksa Pasuruan yang telah menyediakan data pengamatan untuk digunakan di dalam tulisan ini, rekan-rekan peneliti di Subpoklit Lingkungan Atmosfer atas diskusinya, serta para *reviewer* yang telah banyak menyumbang pemikiran, membantu dalam pengolahan data, diskusi dan konsultasi, serta saran.

DAFTAR RUJUKAN

- Aculinin, V. Smicov, 2006: Ground-Based Observation of Shortwave Solar Radiation During Solar Eclipse on October 3, 2005 in Chicinau, Moldova. *Moldovian Journal of The Ohysical Science*, **5**.
- Anderson, R. C. , Keefer, D. R. - , Myers, O. E. , 1972: Atmospheric Pressure and Temperature Changes during The 7 March 1970 Solar Eclipse. *Atmospheric Science*, **29**, 583-587.
- Dermawan, A. , E. S. Mumpuni, R. Priyatikanto, J. Murjaya, 2015: Gerhana Matahari Total 2016: Informasi dari Bidang Ilmiah mengenai Persiapan dan Pelaksanaan Pengamatan, *Media Dirgantara*, Vol. 10 no 3, ISSN 1907-6169.
- Gonzales, G. , 1997: Ground Level Humidity, Pressure and Temperature Measurement during The October 24, 1995 Total Solar Eclipse. *Kodaikanal Obs. Bull.* ,**113**, 151-154.
- Handoko, 1993: *Klimatologi Dasar*. Bogor. Jurusan Geofisika dan Meteorologi IPB.
- Hanggoro, W. , 2011: Pengaruh Intensitas Radiasi Saat Gerhana

- Matahari Cincin Terhadap Beberapa Parameter Cuaca, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol 12 Nomor 2, 137-144.
- Naima, F. , Majeed, B. A. , 2011: Spline-Based Formula for the Determination of Equation of Time and Declination Angle, *ISRN Renewable Energy*, Vol. **2011**. Article ID 217484, DOI:10.5402/2011/217484.
- Planck, M. , 1901: Distribution of Energy in The Spectrum. *Annalen der Physik*, vol 4. , 553-563.
- Sartika, F. Mumtahana, 2015: Gerhana Matahari dan Dampaknya pada Atmosfer Bumi, *Media Dirgantara*, Vol. 10 no 3, ISSN 1907-6169.
- Tjasyono, B. , *Meteorologi Indonesia Volume I Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer*, Badan Meteorologi dan Geofisika, pp. 100.
- <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001/SE2016Mar09Tgoogle.html>
- <https://geosciencebigpicture.files.wordpress.com/2014/01/drawing.png> (diunduh tanggal 30 September 2016).