

PREDIKSI GERHANA MATAHARI CINCIN 26 DESEMBER 2019 DI INDONESIA

(THE 26 DECEMBER 2019 ANNULAR SOLAR ECLIPSE PREDICTION IN INDONESIA)

Rukman Nugraha

Pusat Seismologi Teknik, Geofisika Potensial, dan Tanda Waktu,
Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
e-mail: rukman.nugraha@bmkg.go.id

ABSTRAK

Riwayat Artikel:

Diterima:
28 Nopember 2017
Direvisi:
20 Maret 2018
Disetujui:
28 September 2018
Diterbitkan:
19 Nopember 2018

Kata kunci:

gerhana, Matahari,
cincin, 26 Desember
2019, Indonesia

Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019 adalah salah satu fenomena alam yang dapat diprediksi jauh-jauh hari. Selain berguna untuk kajian sains astronomi dan yang terkait, fenomena ini berguna juga untuk promosi pariwisata mengingat langkanya kejadian ini di suatu kota. Karena itu diperlukan kajian mendetail akan fenomena ini untuk wilayah Indonesia. Dengan menggunakan elemen-elemen *Bessel* telah dihitung data gerhana tersebut untuk seluruh kota di Indonesia serta dilakukan pemetaannya. Dari analisis data diketahui jalur cincin akan melewati 25 pusat kota di 7 provinsi. Di jalur cincin tersebut, magnitudonya merentang antara 0,970 di Tanjungseler, Kalimantan Utara hingga 0,985 di Sipirok, Sumatera Utara. Adapun durasi fase cincin merentang antara 1^m 29,8^d di Mempawah, Kalimantan Barat hingga 3^m 38,9^d di Selat Panjang, Riau. Sementara di 489 kota lainnya, gerhana ini akan teramati sebagai gerhana Matahari sebagian dengan masing-masing magnitudo terkecil di utara dan selatan jalur cincin adalah 0,895 di Sabang, Aceh dan 0,429 di Merauke, Papua. Durasi gerhana ini merentang antara 2^j 12^m 10,0^d di Merauke, Papua hingga 3^j 51^m 24,8^d di Bengkalis, Riau. Proses gerhana ini akan pertama kali teramati di Sabang, Aceh pada pukul 10:03:14,5 WIB untuk kemudian secara gradual menyapu seluruh wilayah Indonesia ke arah Timur hingga akan teramati terakhir kali di Sorenwideri, Papua pada pukul 17:00:10,7 WIT.

ABSTRACT

Keywords:

eclipse, solar,
annular, 26
December 2019,
Indonesia

The Annular Solar Eclipse 26th December 2019 is one of predictable phenomena that are useful for the study of astronomical and related sciences, and also for the promotion of tourism given the rarity of this event on a city. Therefore, we study this phenomenon in detail in the Indonesian territory by using the Besselian elements. We calculated and mapped the eclipse data for all cities in Indonesia. From the data, it is known that the annular

path will pass 25 cities in seven provinces. In the annular lane, the eclipse magnitude spans from 0.970 at Tanjungselor, North Kalimantan to 0.985 at Sipirok, North Sumatera, and the duration of the annular phase spans between 1^m 29.8^dat Mempawah, West Kalimantan and 3^m 38.8^dat Selat Panjang, Riau. Meanwhile at 489 other cities, this eclipse will be observed as a partial solar eclipse with the smallest magnitude in the northern and southern annular lane are 0.895 on Sabang, Aceh and 0.429 on Merauke, Papua, respectively. The duration of the eclipse extends from 2^j 12^m 10.0^sat Merauke, Papua to 3^j 51^m 24.8^sat Bengkalis, Riau. The eclipse will be observed for the first time at Sabang, Aceh at 10:03:14.1 WIB, then gradually sweep to the East until it will be observed for the last time at Sorenwideri, Papua at 17:00:10.7 WIT.

1. PENDAHULUAN

Gerhana Matahari adalah peristiwa teramatinya piringan Matahari yang tertutupi oleh piringan Bulan dari Bumi. Kejadian ini dapat diprediksi jauh-jauh hari dan salah satu contohnya adalah Gerhana Matahari Cincin (GMC) 26 Desember 2019. GMC terjadi ketika diameter tampak Bulan lebih kecil daripada diameter tampak Matahari sehingga bagian luar piringan Matahari tidak tertutupi oleh piringan Bulan. Bagian yang tidak tertutupi itu akan terlihat oleh pengamat di permukaan Bumi seperti sebuah cincin di angkasa.

Selain berguna untuk kajian sains astronomi (misal, Pasachoff, 2009; Adassuriya *et al.*, 2011; Wijaya *et al.*, 2016; Luthfiandari *et al.*, 2016) dan yang terkait (misal, Ruhimat *et al.*, 2016; Vita *et al.*, 2017; Hanggoro, 2011), serta pendidikan publik (misal, Fatima, 2016), fenomena gerhana juga berguna juga untuk promosi pariwisata suatu kota atau negara yang terlewati jalur cincin (Haristiani *et al.*, 2016, Biro Perencanaan dan Keuangan Kementerian Pariwisata, 2017), mengingat langkanya kejadian ini teramati dari suatu lokasi.

Namun demikian, hingga saat ini belum ada kajian mengenai GMC 26 Desember 2019 secara mendetail untuk wilayah Indonesia. Untuk itulah, kajian ini dilakukan agar diperoleh informasi lengkap mengenai GMC 26 Desember 2019 untuk seluruh kota di Indonesia. Diharapkan hasilnya bermanfaat bagi para pemangku kepentingan dalam merencanakan kegiatan yang berkaitan dengan kejadian GMC 26 Desember 2019 nanti.

2. LANDASAN TEORI

Hingga saat ini, perhitungan standar yang digunakan untuk memprediksikan kejadian gerhana adalah perhitungan yang dikemukakan oleh F.W. Bessel pada abad ke-19, untuk kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh para peneliti berikutnya (misal, Seidelmann, 1992), yaitu dengan menggunakan konsep bidang fundamental. Sederhananya, bidang ini adalah suatu bidang khayal yang berpusat di pusat Bumi, dengan sumbu-X mengarah ke Timur dan sumbu-Y mengarah ke Utara. Adapun sumbu-Z sejajar dengan arah segarisnya Bulan dan Matahari, sehingga bidang fundamental ini menghadap ke posisi Bulan dan Matahari.

Dari konfigurasi antara bidang fundamental, Bulan, dan Matahari dapat diturunkan elemen-elemen *Bessel* setiap gerhana, yaitu x dan y adalah posisi pusat bayangan Bulan pada bidang fundamental (dalam satuan radius equator Bumi), l_1 dan l_2 adalah radius kerucut penumbra (l_1) dan umbra/antumbra (l_2) Bulan pada bidang fundamental (dalam satuan radius equator Bumi), d adalah deklinasi sumbu bayangan Bulan dalam bola langit, μ adalah sudut jam sumbu bayangan Bulan dalam bola langit, f_1 dan f_2 adalah sudut kerucut penumbra (f_1) dan umbra/antumbra (f_2) terhadap sumbu bayangan Bulan.

Mengingat elemen-elemen *Bessel* itu bergantung pada waktu, agar diperoleh hasil perhitungan yang akurat, elemen-elemen *Bessel* dinyatakan dalam bentuk polinomial hingga orde ke-3. Untuk itu, ditentukan juga waktu referensi t_0 dalam

perhitungan tersebut yang dinyatakan dalam *Terrestrial Dynamical Time* (TDT). Karena itu, saat t_1 , setiap elemen *Bessel* dapat dinyatakan dalam bentuk,

$$a = a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2 + a_3 * t^3$$

$$= \sum a_n * t^n, n = 0 - 3, \dots \dots \dots (2-1)$$

dengan a dapat diganti oleh x, y, d, l_1, l_2 , atau μ dan $t = t_1 - t_0$ yang dinyatakan dalam satuan jam.

Untuk mengetahui kejadian gerhana di suatu lokasi di permukaan Bumi, elemen-elemen *Bessel* tersebut ditrasformasikan menjadi data gerhana di permukaan Bumi. Dengan demikian, nantinya dapat diprediksikan kejadian setiap gerhana, termasuk data GMC 26 Desember 2019 untuk seluruh kota di Indonesia.

Informasi gerhana yang bisa diperoleh dari transformasi di atas adalah waktu-waktu kejadian gerhana, yaitu kontak pertama/awal gerhana mulai berlangsung, kontak kedua yang terjadi saat fase cincin dimulai, puncak gerhana yang merupakan saat piringan Matahari paling maksimum tertutupi oleh piringan Bulan, kontak ketiga yang berarti fase cincin berakhir, dan kontak keempat yang menandakan keseluruhan proses gerhana berakhir. Pada setiap kontak tersebut, dapat dihitung juga azimuth dan tinggi Mataharinya. Selain itu, dapat dihitung juga magnitudo gerhana yang merupakan persentase perbandingan diameter piringan Matahari yang tertutupi oleh piringan Bulan dengan diameter piringan Matahari saat puncak gerhana terjadi. Dari selisih

kontak keempat dan kontak pertama dapat diperoleh durasi gerhana, dan dari selisih antara kontak ketiga dengan kontak kedua dapat diperoleh durasi cincin.

3. DATA DAN METODE

Elemen-elemen *Bessel* untuk GMC 26 Desember 2019 ditampilkan pada Tabel 3-1 dengan nilai t_0 yang digunakan dalam perhitungan adalah 5,00 TDT (Espenak dan Meeus, 2006). Adapun delta T yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 69,9 (IERS, 2017).

Prosedur perhitungan yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan iteratif pada elemen-elemen *Bessel* (misal, Siedelmann, 1992) untuk memperoleh koordinat lokasi yang terlewati jalur cincin (pusat cincin, batas utara dan batas selatan cincin), waktu-waktu kejadian gerhana di 514 kota kabupaten di seluruh Indonesia, posisi Matahari pada setiap waktu tersebut, durasi gerhana, serta durasi cincin (untuk yang terlewati jalur cincin). Setelah itu, dilakukan pemetaan magnitudo dan pemetaan waktu awal gerhana, waktu puncak gerhana, dan waktu akhir gerhana.

Dalam prosedur perhitungan di atas, masukan lokasi yang dihitung adalah koordinat kantor pemerintahan setiap kota/kabupaten (Kementerian Dalam Negeri, 2016). Karena itu, suatu kota/kabupaten dianggap tidak terkena jalur cincin jika koordinat pusat pemerintahannya tidak terkena jalur cincin

Tabel 3-1 Elemen-elemen *Bessel* untuk GMC 26 Desember 2017 (Espenak dan Meeus, 2006)

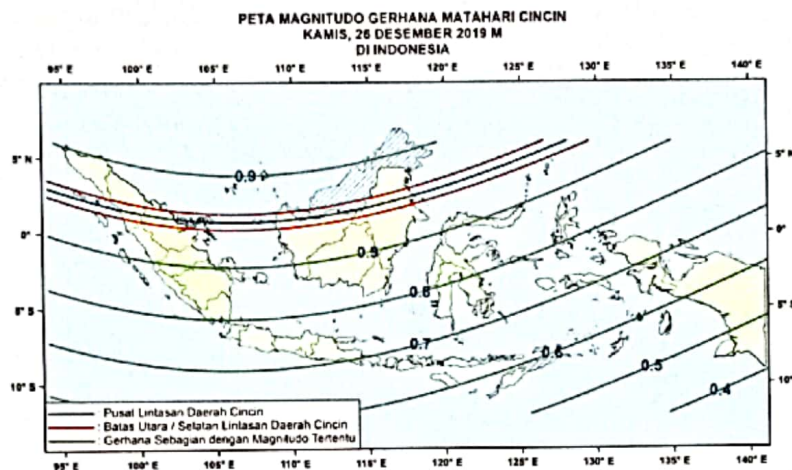
n	X	y	D	μ	l_1	l_2
0	-0,140414	0,424076	-23,373474	254,941065	0,558907	0,012686
1	0,535611	-0,036655	0,001407	14,996270	0,000128	0,000128
2	-0,000001	0,000146	0,000006	0,000000	-0,000011	-0,000011
3	-0,000007	0,000001	-	-	-	-

$\tan f_1$	$\tan f_2$
0,004755	0,004731

4. PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan gerhana di 514 kota di Indonesia diperoleh lintasan cincin GMC 26 Desember 2019 akan melewati 25 kota kabupaten di tujuh provinsi. Adapun di 489 kota lainnya, gerhana ini akan teramati berupa gerhana Matahari sebagian. Secara lengkap, ke-25 kota tersebut adalah dua kota di Aceh, yaitu Sinabang dan Singkil; tujuh kota di Sumatera Utara, yaitu Sibolga, Pandan, Tarutung, Padang Sidempuan, Sipirok,

Gunung Tua, dan Sibuhuan; lima kota di Riau, yaitu Pasir Pengaraian, Dumai, Bengkalis, Siak Sri Indrapura, dan Selat Panjang; empat kota di Kepulauan Riau, yaitu Tanjung Pinang, Tanjung Balai Karimun, Batam, dan Bandar Seri Bentan; lima kota di Kalimantan Barat, yaitu Mempawah, Singkawang, Sambas, Bengkayang, dan Putussibau; serta Tanjungseler di Kalimantan Utara dan Tanjungredep di Kalimantan Timur.



Gambar 4-1. Peta magnitudo Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019 di Indonesia.

Pada Gambar 4-1 ditampilkan peta magnitudo GMC 26 Desember 2019 untuk seluruh kota di Indonesia. Pada Gambar tersebut ditampilkan juga jalur cincin yang melewati 25 kota di atas, yang ditandai dengan garis berwarna biru yang menunjukkan pusat lintasan cincin serta dua buah garis berwarna merah sebagai penanda batas utara dan selatan jalur cincin. Adapun garis-garis berwarna hijau menunjukkan nilai-nilai magnitudo di daerah yang tidak terlewati jalur cincin itu.

Pada pusat jalur cincin, nilai magnitudo di wilayah barat Indonesia adalah 0,985. Adapun pada masing-masing batas utara dan selatannya, nilai magnitudonya adalah 0,971. Semakin ke arah Timur, nilai-nilai tersebut secara gradual semakin mengecil, yaitu nilai magnitudo di pusat cincin menjadi 0,984 dan nilai magnitudo di batas utara dan selatan jalur cincin menjadi 0,964.

Di sebelah utara jalur cincin tersebut, nilai magnitudo terkecilnya adalah 0,895, yaitu di kota Sabang, Aceh. Adapun magnitudo terkecil di sebelah Selatan jalur

cincin terjadi di kota Merauke, Papua dengan nilai 0,429.

Nilai magnitudo di 25 kota kabupaten yang terlewati jalur cincin merentang antara 0,970 di Tanjungseler, Kalimantan Utara hingga 0,985 di Sipirok, Sumatera Utara. Data lengkap untuk seluruh kota ini ditampilkan pada Tabel 4-1. Pada Tabel tersebut terlihat juga durasi cincin paling sebentar akan terjadi di Mempawah, Kalimantan Barat yaitu selama 1^m 29,8^d. Adapun durasi cincin paling lama terjadi di Selat Panjang, Riau yaitu selama 3^m 38,9^d yang bermagnitudo 0,984. Nilai magnitudo dan durasi cincin di 23 kota lain adalah di antara nilai-nilai tersebut.

Pada Tabel 4-2 ditampilkan data lengkap visibilitas GMC 26 Desember 2019 untuk seluruh ibukota provinsi selain di Tanjung Pinang dan Tanjungseler. Berbeda dengan data yang ditampilkan pada Tabel 4-1, pada Tabel 4-2 ini tidak ada kolom yang menunjukkan kontak kedua dan kontak ketiga serta durasi cincin. Hal ini terjadi karena kedua kontak tersebut dan

durasi cincin hanya ada di kota yang terlewati lintasan cincin.

Sebagaimana dapat dilihat pada kedua tabel tersebut, durasi gerhana di setiap ibukota provinsi merentang antara 2^j 26^m 13,9^d di Jayapura, Papua hingga 3^j 51^m 00,6^d di Tanjung Pinang, Kepulauan Riau. Magnitudonya pun bervariasi antara 0,591 di Jayapura, Papua hingga 0,982 di Tanjung Pinang, Kepulauan Riau. Sementara magnitudo terbesar di ibukota provinsi yang tidak terlewati jalur cincin adalah di Pekanbaru, Riau, yaitu 0,968.

Secara umum, rentang durasi gerhana di seluruh kota di Indonesia adalah antara 2^j 12^m 10,0^d di Merauke, Papua hingga 3^j 51^m 24,8^d di Bengkalis, Riau.

Tabel 4-1 Data GMC 26 Desember 2019 di kota-kota yang akan mengalami fase cincin

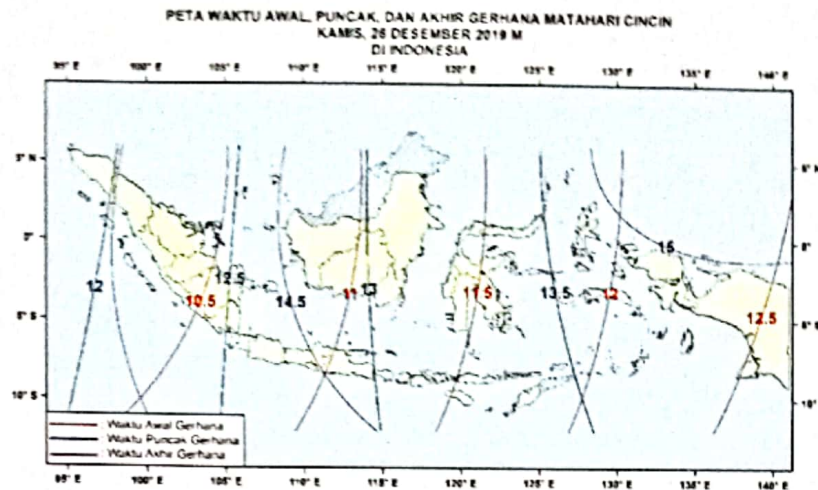
No	Nama Kota	Kontak Pertama			Kontak Kedua			Puncak Gerhana			Kontak Ketiga			Kontak Keempat			Durasi		Mag
		Waktu	Alt.	Dist.	Waktu	Alt.	Dist.	Waktu	Alt.	Dist.	Waktu	Alt.	Dist.	Waktu	Alt.	Dist.	Alt.	Dist.	
		WIB	o	o	WIB	o	o	WIB	o	o	WIB	o	o	WIB	o	o	o	o	
1	Sinabang	10:07:04,6	127,8	45,8	11:53:44,4	159,4	62,3	11:55:22,3	160,2	62,4	11:57:00,1	160,9	62,6	13:54:39,4	215,9	57,7	3:47:34,8	3:15,7	0,979
2	Singkil	10:10:28,1	129,3	47,7	11:59:30,0	164,8	63,4	12:00:37,4	165,3	63,4	12:01:44,8	165,9	63,5	13:59:36,5	219,4	56,2	3:49:08,4	2:14,8	0,973
3	Sibolga	10:13:05,5	130,0	49,2	12:02:39,8	168,0	64,3	12:04:25,3	169,0	64,4	12:06:10,8	169,9	64,5	14:02:56,6	222,0	55,4	3:49:51,2	3:31,1	0,981
4	Pandan	10:13:15,3	130,1	49,3	12:02:51,0	168,2	64,4	12:04:38,6	169,2	64,5	12:06:26,1	170,1	64,5	14:03:07,6	222,2	55,4	3:49:52,3	3:35,1	0,983
5	Tarutung	10:13:22,9	130,5	49,3	12:03:56,0	169,2	64,1	12:04:57,4	169,7	64,2	12:05:58,8	170,3	64,2	14:03:28,4	222,1	55,0	3:50:05,4	2:02,8	0,973
6	Padang Sidempuan	10:14:32,9	130,4	50,1	12:04:40,9	170,0	64,8	12:06:26,8	170,9	64,9	12:08:12,6	171,9	65,0	14:04:38,4	223,4	55,1	3:50:05,5	3:31,7	0,982
7	Sipirok	10:14:31,9	130,5	50,1	12:04:39,8	170,1	64,7	12:06:28,7	171,1	64,8	12:08:17,7	172,0	64,9	14:04:42,2	223,3	54,9	3:50:10,3	3:37,8	0,985
8	Gunung Tua	10:15:20,8	130,9	50,5	12:05:51,7	171,4	64,8	12:07:40,1	172,4	64,9	12:09:28,5	173,3	65,0	14:05:43,7	223,9	54,5	3:50:22,9	3:36,8	0,983
9	Sibuhuan	10:15:55,8	130,7	51,0	12:06:58,7	172,1	65,3	12:08:19,9	172,8	65,4	12:09:41,0	173,6	65,4	14:06:11,2	224,6	54,7	3:50:15,4	2:42,3	0,975
10	Pasir Pengaraian	10:17:29,4	131,4	51,8	12:09:19,0	174,6	65,6	12:10:31,3	175,3	65,6	12:11:43,6	175,9	65,7	14:08:00,2	225,7	54,1	3:50:30,8	2:24,6	0,974
11	Dumai	10:19:55,9	133,6	52,6	12:13:24,7	179,3	65,0	12:14:14,7	179,8	65,0	12:15:04,8	180,2	65,0	14:11:13,2	226,8	52,2	3:51:17,3	1:40,1	0,972
12	Bengkalis	10:21:59,6	134,6	53,5	12:16:00,6	182,3	65,1	12:17:01,9	182,9	65,1	12:18:03,1	183,4	65,1	14:13:24,4	228,1	51,4	3:51:24,8	2:02,5	0,973
13	Siak Sri Indrapura	10:22:08,0	133,9	54,0	12:15:19,2	181,8	65,8	12:16:58,0	182,7	65,8	12:18:36,8	183,6	65,8	14:13:12,9	228,6	51,9	3:51:05,0	3:17,6	0,979
14	Selat Panjang	10:23:59,4	135,3	54,7	12:17:43,0	184,6	65,5	12:19:32,5	185,7	65,5	12:21:21,9	186,7	65,5	14:15:15,6	229,4	50,9	3:51:16,2	3:38,9	0,984
15	Tanjung Pinang	10:29:07,2	138,5	56,8	12:24:18,6	192,0	65,1	12:26:06,8	193,0	65,0	12:27:55,1	193,9	64,9	14:20:07,8	231,8	48,7	3:51:00,6	3:36,5	0,982
16	Tanjung Balai Karimun	10:25:50,4	136,5	55,4	12:20:13,0	187,4	65,4	12:21:58,9	188,4	65,3	12:23:44,9	189,4	65,2	14:17:07,0	230,3	50,0	3:51:16,6	3:31,9	0,981
17	Batam	10:27:47,4	137,8	56,1	12:22:58,8	190,4	65,1	12:24:31,1	191,2	65,0	12:26:03,4	192,0	64,9	14:19:00,7	231,1	49,1	3:51:13,3	3:04,6	0,977
18	Bandar Seri Bentan	10:29:09,6	138,7	56,7	12:24:39,7	192,2	64,9	12:26:13,6	193,1	64,9	12:27:47,6	193,9	64,8	14:20:14,7	231,7	48,5	3:51:05,1	3:07,9	0,977
19	Mempawah	10:43:54,7	149,2	62,1	12:42:07,2	209,6	62,4	12:42:52,1	209,9	62,3	12:43:37,0	210,3	62,3	14:31:18,8	236,7	43,1	3:47:24,1	1:29,8	0,971
20	Singkawang	10:43:42,7	149,7	61,6	12:41:02,0	208,7	62,1	12:42:50,9	209,4	61,9	12:44:39,9	210,2	61,6	14:31:24,6	236,3	42,7	3:47:42,0	3:37,9	0,983
21	Sambas	10:44:44,5	151,1	61,5	12:43:13,4	209,8	61,2	12:44:03,1	210,1	61,1	12:44:52,9	210,4	61,0	14:32:13,9	236,3	42,0	3:47:29,4	1:39,5	0,971
22	Bengkayang	10:45:30,9	151,3	62,1	12:42:53,5	210,3	61,6	12:44:42,9	211,1	61,4	12:46:32,3	211,8	61,2	14:32:34,4	236,8	42,1	3:47:03,4	3:38,7	0,984
23	Putussibau	10:57:46,2	163,4	64,6	12:55:27,4	219,7	57,8	12:56:29,7	220,0	57,7	12:57:32,0	220,3	57,5	14:39:35,9	239,1	37,7	3:41:49,7	2:04,6	0,972
24	Tanjungredep	11:14:40,9	182,4	64,5	13:09:05,2	226,9	51,4	13:10:44,2	227,2	51,1	13:12:23,3	227,6	50,8	14:47:33,7	240,8	31,3	3:32:52,8	3:18,1	0,978
25	Tanjungselor	11:14:11,7	181,9	63,8	13:09:35,8	226,3	50,9	13:10:28,6	226,5	50,8	13:11:21,4	226,7	50,6	14:47:29,4	240,4	31,1	3:33:17,7	1:45,5	0,970

Tabel 4-2 Data GMC 26 Desember 2019 di ibukota provinsi selain di Tanjung Pinang dan Tanjungselor

No	Nama Kota	Kontak Pertama			Puncak Gerhana			Kontak Keempat			Durasi Gerh.	Mag
		Waktu	Az	Alt	Waktu	Az	Alt	Waktu	Az	Alt		
		WIB	o	o	WIB	o	o	WIB	o	o		
1	Banda Aceh	10:03:19,9	128,8	42,3	11:49:47,2	157,9	58,7	13:49:12,9	210,0	56,4	3:45:53,0	0,904
2	Medan	10:11:52,9	131,3	47,7	12:03:03,0	168,8	62,5	14:01:55,7	219,9	54,2	3:50:02,7	0,932
3	Padang	10:19:03,7	130,0	53,3	12:11:41,7	175,8	67,4	14:08:18,5	227,7	55,2	3:49:14,8	0,925
4	Pekanbaru	10:20:45,6	132,8	53,5	12:14:56,9	180,3	66,1	14:11:31,8	228,0	52,9	3:50:46,2	0,968
5	Bengkulu	10:26:53,4	130,2	58,1	12:19:46,3	185,9	70,3	14:13:03,5	233,6	54,7	3:46:10,1	0,849
6	Jambi	10:28:24,7	134,6	57,9	12:23:48,4	191,0	67,8	14:17:33,4	233,1	51,4	3:49:08,7	0,915
7	Palembang	10:32:59,5	135,6	60,5	12:28:23,6	197,3	68,6	14:20:09,8	235,7	50,7	3:47:10,3	0,878
8	Bandar Lampung	10:37:11,3	134,3	63,3	12:30:47,3	202,2	70,5	14:20:01,0	238,5	51,7	3:42:49,7	0,808
9	Pangkal Pinang	10:36:18,4	139,4	61,3	12:33:03,6	202,3	66,9	14:23:56,8	236,3	48,3	3:47:38,4	0,903
10	Serang	10:40:45,0	135,7	65,1	12:34:02,4	207,2	70,4	14:21:40,7	240,0	50,9	3:40:55,7	0,788
11	Jakarta	10:42:45,4	137,3	65,9	12:36:13,7	210,1	69,9	14:23:08,6	240,5	50,0	3:40:23,2	0,786
12	Bandung	10:46:09,1	138,8	67,5	12:38:56,9	214,3	69,7	14:24:14,8	241,8	49,5	3:38:05,7	0,764
13	Semarang	10:55:12,7	148,7	70,6	12:48:01,4	223,6	66,6	14:29:58,8	243,4	45,8	3:34:46,1	0,756
14	Yogyakarta	10:56:13,2	148,0	71,4	12:47:54,2	224,9	67,2	14:29:02,1	244,1	46,3	3:32:48,9	0,732
15	Surabaya	11:03:27,2	159,7	72,7	12:55:11,5	229,7	63,8	14:33:55,1	244,7	42,9	3:30:27,9	0,738
16	Pontianak	10:45:22,9	150,1	62,8	12:44:14,9	211,5	62,3	14:32:05,3	237,3	42,8	3:46:42,3	0,960
17	Palangka Raya	11:02:44,5	166,4	68,1	12:59:22,4	225,3	58,8	14:40:09,7	241,6	38,2	3:37:25,2	0,880
18	Banjarmasin	11:06:07,4	169,6	69,6	13:01:23,2	228,0	58,7	14:40:36,5	242,7	38,0	3:34:29,1	0,843
19	Samarinda	11:14:01,7	181,4	67,1	13:09:22,4	229,2	53,4	14:46:12,2	242,1	33,2	3:32:10,5	0,907
20	Denpasar	11:13:52,5	175,1	75,2	13:02:00,6	236,0	61,4	14:36:03,6	246,5	40,8	3:22:11,1	0,684
21	Mataram	11:16:56,8	181,0	75,2	13:04:28,6	237,2	60,1	14:37:25,1	246,7	39,6	3:20:28,3	0,681
22	Kupang	11:46:00,4	225,5	70,5	13:21:48,8	245,4	50,5	14:42:51,4	248,7	32,1	2:56:51,0	0,573
23	Mamuju	11:21:38,3	190,9	68,9	13:13:40,6	233,7	52,6	14:47:15,2	243,9	32,4	3:25:36,9	0,831
24	Makassar	11:25:19,9	196,2	71,0	13:14:18,1	236,8	53,4	14:45:43,8	245,3	33,4	3:20:23,9	0,756
25	Palu	11:24:31,1	194,0	66,8	13:16:44,8	233,2	50,1	14:49:40,0	243,3	30,2	3:25:08,9	0,873
26	Kendari	11:35:55,3	208,6	67,7	13:22:12,0	238,6	48,5	14:50:09,3	245,4	29,1	3:14:14,0	0,762
27	Gorontalo	11:35:49,2	205,2	63,4	13:24:48,5	235,2	45,0	14:53:56,2	243,6	25,8	3:18:07,0	0,884
28	Manado	11:42:04,6	210,0	61,0	13:28:59,2	236,0	42,2	14:56:04,2	243,7	23,3	3:13:59,6	0,892
29	Sofifi	11:51:43,1	218,2	58,8	13:34:15,4	238,5	39,2	14:57:50,2	244,6	20,8	3:06:07,1	0,842
30	Ambon	11:55:53,2	225,3	61,0	13:33:53,8	242,0	40,9	14:54:39,3	246,2	22,8	2:58:46,0	0,711
31	Manokwari	11:13:00,5	231,8	51,5	13:44:16,8	242,7	32,1	14:59:40,9	246,0	15,1	2:46:40,4	0,720
32	Jayapura	11:32:08,9	240,0	42,9	13:51:21,8	245,3	25,3	14:58:22,8	246,7	10,0	2:26:13,9	0,591

Pada Gambar 4-2 ditampilkan peta waktu awal, puncak, dan akhir gerhana pada GMC 26 Desember 2019 di Indonesia. Waktu awal gerhana atau kontak pertama ditandai dengan garis berwarna merah, sementara waktu puncak gerhana ditandai dengan garis berwarna biru, dan garis berwarna ungu menunjukkan waktu akhir

gerhana atau kontak keempat. Pada Gambar ini tidak ditampilkan waktu kontak kedua dan waktu kontak ketiga, mengingat kedua waktu kontak ini hanya terjadi di daerah yang terlewat lintasan cincin. Semua waktu yang ditampilkan dalam peta tersebut dinyatakan dalam Waktu Indonesia Barat (WIB).



Gambar 4-2. Peta waktu awal, puncak, dan akhir GMC 26 Desember 2019 di Indonesia dalam WIB.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 4-2 di atas, kontak pertama paling awal di Indonesia terjadi di Sabang, Aceh, yaitu pukul 11:03:14,5 WIB. Pada saat tersebut, posisi Matahari masih belum transit sehingga berada di belahan Timur langit pengamat, tepatnya di azimuth $129,1^\circ$ dan tinggi $42,0^\circ$. Setelah itu, bayangan penumbra Bulan akan menyapu ke arah Timur hingga mencapai kota Merauke, Papua, yang merupakan kota terakhir yang mengalami kontak awal di Indonesia. Hal ini terjadi pada pukul 14:37:13,2 Waktu Indonesia Timur (WIT) dengan posisi Matahari di azimuth $245,4^\circ$ dan tinggi $44,8^\circ$.

Hal yang mirip terjadi juga pada waktu puncak gerhana, yaitu diawali di Sabang, Aceh, pada pukul 11:49:36,1 WIB, dengan posisi Matahari di $(158,1^\circ, 58,4^\circ)$ dan diakhiri di Jayapura, Papua, pada pukul 15:51:21,8 WIT dengan posisi Matahari di $(245,3^\circ, 25,3^\circ)$.

Sebagaimana sebelumnya, kontak keempat tetap diawali di Sabang, Aceh, pada pukul 13:48:58,5 WIB dengan posisi Matahari di $(209,7^\circ, 56,1^\circ)$. Adapun lokasi terakhir di Indonesia yang mengalami gerhana adalah Sorenwideri, Papua, pada pukul 17:00:10,7 WIT dengan posisi Matahari di $(246,1^\circ, 13,4^\circ)$.

Sementara itu di daerah yang terlewati jalur cincin, baik kontak pertama, puncak gerhana, maupun kontak keempat akan berada di antara waktu-waktu yang disebutkan di atas. Berbeda dengan kota-kota lainnya, di ke-25 kota tersebut akan ada kontak kedua yang menandakan gerhana cincin dimulai dan kontak ketiga yang menandakan gerhana cincin selesai.

Kontak kedua tersebut akan diawali di Sinabang, Aceh pada pukul 11:53:44,4 WIB saat posisi Matahari di $(159,4^\circ, 62,3^\circ)$ untuk selanjutnya fase gerhana cincin terjadi selama $3^m 15,7^d$ di kota tersebut. Setelah itu, tepatnya pada pukul 11:57:00,1 WIB, fase kontak ketiga pun terjadi dan fase gerhana cincin pun selesai.

Sebagaimana bayangan penumbra Bulan, bayangan umbranya pun menyapu ke arah Timur hingga kotak kedua terjadi kota Tanjungselor di Kalimantan Utara pada pukul 14:09:35,8 Waktu Indonesia Tengah (WITA), saat posisi Matahari di $(226,9^\circ, 50,9^\circ)$. Di kota ini, fase cincin terjadi selama $1^m 45,5^d$. Namun demikian, kota terakhir yang terlewati kontak ketiga bukanlah Tanjungselor, melainkan Tanjungredep, Kalimantan Timur. Tepatnya, hal ini terjadi pada pukul 14:12:23,3 WITA, dengan posisi Matahari di $(227,6^\circ, 50,8^\circ)$.

5. IMPLEMENTASI

Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai rujukan oleh para pemangku kepentingan dalam merencanakan kegiatan yang terkait dengan GMC 26 Desember 2019. Informasi lengkap data visibilitas GMC 26 Desember 2019 untuk seluruh kota di Indonesia dapat diperoleh dengan mengontak surat elektronik penulis di atas.

6. KESIMPULAN

1. Telah dilakukan perhitungan untuk memprediksikan kejadian GMC 26 Desember 2019 di seluruh kota kabupaten di Indonesia, yang

- berjumlah 514 kota, serta pemetaannya. Dari seluruh kota tersebut, 25 kota di antaranya, yang tersebar di tujuh provinsi, terlewati lintasan cincin. Di kota-kota lainnya, gerhana ini akan teramati berupa gerhana matahari sebagian.
2. Nilai magnitudo di 25 kota kabupaten yang terlewati jalur cincin merentang antara 0,970 di Tanjungselor, Kalimantan Utara hingga 0,985 di Sipirok, Sumatera Utara. Magnitudo terkecil di Utara lintasan cincin terjadi di Sabang, Aceh (0,895) dan di Selatannya terjadi di Merauke, Papua (0,429).
 3. Durasi cincin paling sebentar akan terjadi di Mempawah, Kalimantan Barat yaitu selama 1^m 29,8^d dan durasi cincin paling lama terjadi di Selat Panjang, Riau yaitu selama 3^m 38,9^d.
 4. Durasi gerhana di seluruh kota di Indonesia merentang antara 2^j 12^m 10,0^d di Merauke, Papua hingga 3^j 51^m 24,8^d di Bengkalis, Riau.
 5. Proses gerhana akan pertama kali teramati di Sabang, Aceh pada pukul 11:03:14,5 WIB, lalu secara gradual menyapu wilayah Indonesia ke arah Timur hingga teramati terakhir kali di Sorenwideri, Papua pada pukul 17:00:10,7 WIT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Ismail Fahmi dan Khafid dalam membantu menentukan koordinat pemerintahan kota/kabupaten di Indonesia. Terima kasih diucapkan kepada para penelaah atas masukan-masukannya dalam perbaikan makalah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Adassuriya, J., Gunasekera, S., Samarasingha, N. (2011). Determination of the solar radius based on the annular solar eclipse of 15 January 2010. *Sun and Geosphere*, 6(1): 17 – 22.
- Espenak, F., & Meeus, J. (2006). *Five millennium canon of solar eclipses: -1999 to +3000*. Greenbelt, MD:NASA TP-2006-214141.
- Fatima, S., Widyanita, Fahriyah, H., Rhodiyah, A. K., Satrya, C. D., Hilmi, M., Ramadhania, G. E., Naufal, L. Mulki, F. A. M., & Herdiwijaya, D. (2016). Total solar eclipse education for young generation at Palangkaraya, Central Kalimantan. *J. Phys.: Conf. Ser.* (771) 012044. doi:10.1088/1742-6596/771/1/012044.
- Hanggoro, W. (2011). Pengaruh intensitas radiasi saat Gerhana Matahari Cincin terhadap beberapa parameter cuaca. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(2), 137-144.
- Haristian, N., Wiryani, A. S., Rusli, A., Nandiyanto, A. B. D., Widiaty, A. G. A., & Ana, R. H. (2016). Did the solar eclipse of 9 March 2016 attract tourist to come to Indonesia? *Proceeding of Asia Tourism Forum 2016 – The 12th Biennial Conference of Hospitality and Tourism Industry in Asia (ATF-16)*, 432-26. doi:10.2991/atf-16.2016.66
- Luthfiandari, Ekawanti, N., Purwati, F. G., & Herdiwijaya, D. (2016). Identification of moon craters and solar corona during total solar eclipse on 9th March 2016. *J. Phys.: Conf. Ser.* (771) 012015. doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012015
- Pasachoff, J. M. (2009). Solar eclipses as an astrophysical laboratory. *Nature*, 459, 789. doi:10.1038/nature07987
- Ruhimat, M., Winarko, A., Nuraeni, F., Bangkit, H., Aris, M. A., Suwardi, & Sulimin. (2016). Effect of March 9, 2016 total solar eclipse on geomagnetic field variation. *J. Phys.: Conf. Ser.* (771) 012036. doi:10.1088/1742-6596/771/1/012036
- Seidelmann P.K. (1992). *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*(Ed.). Mill Valley: University Science Books.
- Vita, A. N., Sunardi, B., Sulastri, & Sakya, A. E. (2017) Pengaruh gerhana Matahari 09 Maret 2016 terhadap kandungan total elektron ionosfer. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017*, 51-56. doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.EPA.08
- Wijaya, A F C , Asmoro, C P, Rochman, A A, Ramalis, T R, Utama, J A, Ardi, N D, Amsor, Nugraha, M G, Saepuzaman, D, Sutiadi, A, & Nurfiyani, D. (2016). Zenith sky brightness and celestial objects visibility during total solar eclipse on March 9, 2016 at Terentang Beach

Bangka Island. *J. Phys.: Conf. Ser.* (771) 012012. doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012012

Biro Perencanaan dan Keuangan Sekretariat Kementerian Pariwisata. (2017). Laporan Akuntabilitas Kinerja Kementerian Pariwisata Tahun 2016. Retrieved March 15, 2018, from <http://www.kemenpar.go.id/userfiles/LAKIP.pdf>

IERS Rapid Service/Prediction Center for Earth Orientation Parameters. (2017).

Long-term predictions of Delta T. Retrieved October 1, 2017, from <http://maia.usno.navy.mil/ser7/deltat.preds>

Kementerian Dalam Negeri. (2016). Profil Daerah Kabupaten. Retrieved January 15, 2016, from <http://www.kemendagri.go.id/pages/profil-daerah/kabupaten>



Rukman Nugraha lahir di Tasikmalaya pada 30 Oktober 1979. Setelah menamatkan pendidikan dasar dan menengah di kota kelahirannya, ia melanjutkan pendidikannya pada jenjang sarjana di Astronomi ITB dan lulus pada awal 2003. Setelah bekerja dua tahun, ia melanjutkan kembali pendidikannya pada jenjang magister di kampus yang sama dan lulus pada awal 2008. Sejak 2008 hingga saat ini ia menjadi PNS aktif di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai Peneliti bidang Astronomi dan Astrofisika dengan fokus penelitian pada bidang tanda waktu.