

Kajian Literatur: Pengaruh Gerhana Matahari Terhadap Ionosfer

Novianti Dwi Rahmawati¹
Tutut Nurita*²
Mar'atul Latifa³
Sherly Nabila Nuzul Nawafila⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*e-mail: novianti.22142@mhs.unesa.ac.id¹, tututnurita@unesa.ac.id²,
maratul.22132@mhs.unesa.ac.id³, sherlynabila.22044@mhs.unesa.ac.id⁴

Abstrak

Terdapat beberapa faktor, seperti garis lintang dan bujur geografis, aktivitas matahari, waktu setempat, dan gangguan geomagnetik, mempengaruhi total kandungan elektron di ionosfer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kandungan elektron total di ionosfer selama gerhana matahari total yang melanda Indonesia pada 9 Maret 2016. Data GPS-TEC dari dua stasiun di daerah di mana terjadi gerhana matahari dengan intensitas berbeda-beda digunakan. Yogyakarta dan Bitung merupakan stasiun yang dimanfaatkan. Gerhana matahari terjadi di wilayah Bitung berkekuatan 0,97 dan di wilayah Yogyakarta berkekuatan 0,849. Data GPS-TEC dibandingkan dengan data sehari sebelum dan sesudah gerhana untuk menentukan yang mana. Pembacaan GPS-TEC dari hari terjadinya gerhana dibandingkan dengan pembacaan dari hari sebelum dan sesudahnya, yang dianggap sebagai pembacaan GPS-TEC pada umumnya. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pada hari terjadinya gerhana, terjadi penyimpangan nilai kandungan elektron total. Nilai kandungan elektron total abnormal yang jauh lebih besar diperoleh di stasiun Bitung dibandingkan di stasiun Yogyakarta.

Kata kunci: Bitung, ionosfer, gerhana matahari, GPS, kandungan total electron, Yogyakarta.

Abstract

There are several factors such as geographic latitude and longitude, solar activity, local time, and geomagnetic disturbances that affect the amount of electron content in the ionosphere. The aim of this research is to measure the total electron content in the ionosphere during the total solar eclipse that hit Indonesia on March 9 2016. GPS-TEC data from two stations in areas where solar eclipses with varying intensities occurred were used. Yogyakarta and Bitung are the stations used. A solar eclipse occurred in the Bitung area with a magnitude of 0.97 and in the Yogyakarta area with a magnitude of 0.849. GPS-TEC data was compared with data the day before and after the eclipse to determine which was which. GPS-TEC readings from the day of the eclipse are compared with readings from the day before and after, which are considered typical GPS-TEC readings. Research findings show that on the day of the eclipse, there was a deviation in the value of the total electron content. A much greater abnormal total electron content value was obtained at Bitung station than at Yogyakarta station

Keywords: Bitung, ionosphere, GPS, solar eclipse, total electron content, Yogyakarta.

PENDAHULUAN

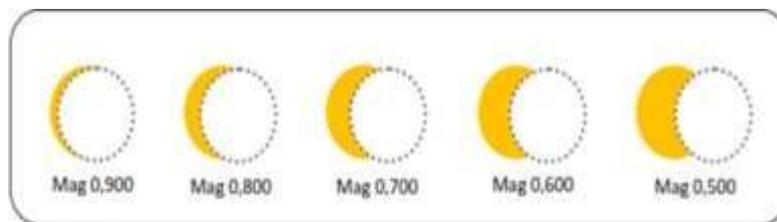
Gerhana matahari adalah peristiwa alami yang terjadi ketika bulan menghalangi seluruh atau sebagian cahaya matahari yang mencapai bumi. Hanya ketika bulan berada pada fase bulan baru dan waktu pastinya dapat diprediksi maka gerhana matahari dapat terjadi. Meski begitu, Bitung, Jogjakarta, gerhana matahari, kandungan elektron total, ionosfer, dan setiap 29 hari terjadi fase bulan baru. Gerhana matahari tidak terjadi setiap bulan; itu terjadi setiap 1,5 hari. Hanya jika posisi matahari, bulan, dan bumi sedemikian rupa sehingga menimbulkan bayangan bulan di bumi barulah terjadi gerhana matahari. Diperkirakan akan terjadi lima kali gerhana pada tahun 2016, salah satunya adalah gerhana matahari total pada tanggal 9 Maret 2016 yang dapat disaksikan dari Indonesia.

BMKG melaporkan, lokasi tertentu di benua Asia, Australia, dan Amerika akan bisa menyaksikan gerhana matahari total pada 9 Maret 2016. Samudera Pasifik dan Indonesia termasuk dalam jalur totalitas pada 09 Maret GMT. Meski demikian, gerhana matahari sebagian

masih terlihat di lokasi lain, dan hanya 45 kota dan kabupaten di 12 provinsi yang mampu menyaksikan gerhana matahari total. Kotaagung, Lampung merupakan kota awal terjadinya gerhana paling awal, yakni pukul 06:19:41.0, meski waktu gerhana terakhir terjadi pada pukul 08:53:44.1 WIT di Waris, Papua. Di Maba, Maluku Utara, totalitas terpanjang pada 9 Maret GMT berlangsung selama 3 menit dan berkekuatan 1,019; di Jayapura, Indonesia, gerhana terlama berlangsung selama 2 jam, 55 menit, dan 3,0 detik.

Lapisan atmosfer bumi yang disebut ionosfer terletak antara 60 dan 1000 kilometer di atas permukaan planet. Ion dan elektron (plasma) dari ionisasi molekul, dengan energi ionisasi primer berasal dari radiasi matahari, bergabung menghasilkan lapisan ionosfer. Dengan demikian, gerhana menyebabkan perubahan intensitas radiasi matahari. Kepadatan plasma lapisan ionosfer akan dipengaruhi oleh matahari. Selain itu, ionisasi, rekombinasi molekul netral dengan bahan kimia yang mempunyai pengaruh, dan proses lainnya. Pada titik tertentu, variasi kepadatan plasma lapisan ionosfer juga dipengaruhi oleh transpor elektron (Faturahman, Agil, dkk, 2021).

Sedikitnya radiasi matahari yang mencapai ionosfer selama gerhana matahari, kandungan elektron ionosfer akan berubah. Banyak faktor, seperti garis lintang dan bujur geografis, waktu setempat, aktivitas matahari, dan gangguan geomagnetik, mempengaruhi kandungan elektron di ionosfer. Efek gerhana matahari pada ionosfer mungkin bertahan selama beberapa jam setelah totalitas maksimumnya. Saat ini, banyak penelitian yang dilakukan mengenai gangguan ionosfer yang disebabkan oleh sumber buatan atau alami, seperti gempa bumi, dengan menggunakan data GPS. Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan data Total Electron Content (TEC) dari data GPS untuk menilai bagaimana gerhana matahari dapat mempengaruhi ionosfer. Data dari hari sebelumnya, hari kejadian, dan hari berikutnya digunakan. Data dikumpulkan dari dua lokasi, Bitung (BTNG) dan Jogjakarta (JOG2), yang terletak di wilayah dimana terjadi gerhana matahari dengan magnitudo yang berbeda-beda. Bitung mengalami gerhana dengan magnitudo 0,97, sedangkan magnitudo gerhana di Jogjakarta 0,85, perbedaan magnitudo gerhana 0,9 dan 0,8 dapat dilihat di Gambar 1.



GAMBAR 1 Ilustrasi perbandingan magnitudo gerhana matahari

Bergantung pada besarnya gerhana, penelitian tentang bagaimana gerhana matahari mempengaruhi ionosfer di Eropa mengungkapkan penurunan tingkat TEC. Gerhana matahari akan menyebabkan tingkat TEC turun sebesar 20–30%, dan penurunan nilai TEC terbesar akan terjadi beberapa menit setelah puncak gerhana.

Untuk melengkapi temuan penelitian sebelumnya, perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang bagaimana gerhana matahari mempengaruhi ionosfer bumi. Penjelasan pertama, belum seluruh permukaan bumi terlihat berada di ionosfer yang terkena dampak gerhana matahari. Setiap peristiwa gerhana memiliki zona gerhana tertentu, namun karena zona ini tidak cukup luas untuk mencakup seluruh planet, maka zona ini tidak dapat digunakan untuk mewakili seluruh ionosfer secara global. Alasan kedua, setiap tahunnya, gerhana matahari terjadi pada waktu yang berbeda-beda, yaitu dari pagi hingga senja. Alasan ketiga, Karena fungsi lapisan ionosfer secara global berbeda-beda di lintang rendah, menengah, dan tinggi, tidak setiap lokasi mengalami efek gerhana matahari yang sama persis. Oleh karena itu, penyelidikan lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui bagaimana gerhana matahari mempengaruhi ionosfer.

Gelombang radiasi yang merambat melalui lapisan ionosfer dipengaruhi oleh perubahan parameter yang disebabkan oleh gerhana matahari. Saat ini, gelombang radio memainkan peran

penting dalam sistem navigasi modern yang bergantung pada infrastruktur telekomunikasi berbasis ruang angkasa, yang berarti bahwa setiap perubahan pada lapisan ionosfer, dalam beberapa hal, akan berdampak pada seberapa baik fungsi sistem teknologi. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh gerhana matahari terhadap perubahan lapisan ionosfer akan sangat bermanfaat bagi langkah adaptasi teknologi, komunikasi, dan navigasi dalam modifikasi lingkungan antariksa.

METODE

Jenis Penelitian

Metode yang digunakan studi literatur atau tinjauan pustaka. Studi literatur, juga disebut tinjauan pustaka, adalah metode penelitian yang mengumpulkan, meninjau, dan menganalisis berbagai literatur yang berkaitan dengan topik penelitian. Tujuan dari metode ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang luas tentang masalah yang telah diteliti sebelumnya, hasil penelitian, dan pendapat dari para peneliti sebelumnya dalam bidang yang bersangkutan.

Mengumpulkan Artikel

Metodologi intervensi data adalah pendekatan yang diterapkan. Data sekunder hasil observasi dokter umum pada tanggal 9 dan 10 Maret 2016 itulah yang digunakan. Stasiun Bitung dan Yogyakarta menyediakan data sehari sebelum, saat, dan setelah gerhana, yang termasuk dalam data GPS yang digunakan. Situs web pusat data SOPAC, yang menawarkan informasi dari stasiun layanan GNSS Internasional (IGS), adalah tempat semua data GPS diunduh. Aplikasi Rinex GPS-TEC V2.9 kemudian digunakan untuk mengubah data unduhan dalam format RINEX menjadi data TEC.

a. Metode Pengumpulan

Strategi penelusuran literatur dilakukan dengan mengakses berbagai database jurnal nasional dan internasional yang tersedia secara online. Akses ke database ini dapat diperoleh melalui berbagai situs web yang menyediakan layanan tersebut.

b. Akses Penulisan

Dalam melakukan pencarian artikel yang direview, akses dilakukan melalui berbagai database pencarian seperti ResearchGate dan Google Scholar dengan menggunakan istilah pencarian "Pengaruh Gerhana Matahari Terhadap Ionosfer."

c. Rentang Waktu Artikel

Artikel-artikel tersebut mencakup tahun-tahun berikut: 2016, 2018, 2019, 2020, 2022, dan 2023. Kriteria inklusi sebanyak 16 daftar pustaka digunakan dalam penelitian ini. Hasil tiga artikel di ResearchGate, tiga artikel di Scopus, dan empat artikel di Google Scholar digunakan pada tahap awal identifikasi artikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian yang disajikan pada tabel yang akan membahas jurnal-jurnal yang menjadi fokus kajian literatur. Tabel akan menampilkan informasi analisis kajian literatur, termasuk nama penulis, metode penelitian, dan hasil penelitian. Tabel 1 disusun untuk mempermudah pemahaman terhadap hasil penelitian tersebut.

Tabel 1. Tabel Hasil Analisis Artikel Penelitian

No	Penulis	Metode	Temuan Hasil Penelitian
1.	BMKG	Kuantitatif	Setiap 291/2 hari merupakan bulan baru, namun tidak setiap bulan merupakan gerhana matahari. Gerhana matahari hanya dapat terjadi jika posisi matahari, bulan, dan bumi sedemikian rupa sehingga bayangan bulan jatuh ke bumi.
2.	Norsuzila, FaizhaqI MIWan Hasbullah	Kualitatif	Gerhana matahari akan mengubah kandungan elektron ionosfer, sehingga menurunkan jumlah radiasi matahari yang mencapai ionosfer. Banyak faktor, seperti garis lintang dan bujur geografis, waktu setempat, aktivitas matahari, dan gangguan geomagnetik, mempengaruhi kandungan elektron di ionosfer. Saat ini, banyak penelitian yang dilakukan mengenai gangguan ionosfer yang disebabkan oleh sumber buatan dan alami dengan menggunakan data GPS.
3.	Nur Vita, A., Sunardi, B., & Eka Saky, A.	Kuantitatif	Mengetahui efek gerhana matahari terhadap ionosfer berdasarkan data Total Elektron Lanjutan masuk (TEC) / kandungan total Al elektron yang diperoleh dari data GPS. Data yang digunakan adalah data satu hari sebelumnya, saat dan sesudah kejadian. Data diambil di stasiun yang terletak dilokasi yang mengalami gerhana matahari Dengan besarnya berbeda, yaitu stasiun Bitung(BTNG) dan Jogjakarta(JOG2).

4.	HokMM,WenzelD, Jakowski N, Gerzen T, Berdermann J, etAl	Kualitatif	Pada tanggal 9 Maret, Maluku Utara mengalami totalitas terlama menurut waktu Greenwich, yaitu tiga menit dengan magnitudo 1.019, Jayapura, Indonesia, menyaksikan gerhana terlama, berlangsung dua jam lima puluh lima menit tiga detik. Setelah gerhana matahari, tingkat TEC menurun sekitar 20–30%, dengan penurunan nilai TEC paling tajam terjadi beberapa menit setelah puncak gerhana.
5.	Calais, Eric, DanJ.Bernard Menteri	Kuantitatif	Beberapa faktor seperti nilai awal, lokasi, sudut datang sinar matahari, perbedaan periode lokal pada puncak gerhana, dan magnitudonya, dapat menyebabkan turunnya nilai TEC pada momen tertentu saat terjadi gerhana matahari. Namun makalah ini hanya akan mengkaji dampak potensial terhadap perubahan nilai TEC.
6.	J.Ratcliffe	Kuantitatif	Terkait terjadinya kilau saat gerhana matahari total, terjadi penurunan hingga 30 persen di wilayah penelitian. Mengingat letak gerhana matahari yang terjadi, kemungkinan terjadinya kilau ionosfer sangat kecil. Namun terlepas dari kenyataan bahwa gerhana matahari total terjadi di daerah yang sangat sepi dalam hal deteksi kilau.
7.	L. Baran , I. Ephishov , I. Shagimuratov , V. Ivanov , A. Lagovsky	Kuantitatif	Karena kejadian kilau secara langsung mempengaruhi sinyal GPS, mempelajari pengamatan GPS adalah cara yang umum dan tepat untuk mendeteksinya. Banyak indeks yang digunakan untuk menyelidiki aktivitas ionosfer dan karakteristiknya. Salah satu indeks yang paling umum adalah indeks S4, yang pada dasarnya digunakan untuk mendeteksi ketidakaturan skala kecil dan variasi cepat struktur ionosfer. Ini disebut kilau dan dihitung dengan menggunakan intensitas sinyal GPS yang dihasilkan dari keluaran penerima GPS. S 4 yang sebenarnya didefinisikan sebagai varian intensitas sinyal yang dinormalisasi

8.	RS Conker , MB El- Arini , CJ Hegarty , T.Hsiao	Kuantitatif	Pengaruh gerhana matahari terhadap model ionosfer dan indeks kilau sebelum, selama, dan setelah kejadian gerhana pada 21 Agustus 2017 untuk setiap Pseudo Random Noise (PRN). Pengamatan harian dari lebih dari 30 stasiun Layanan GNSS Internasional (IGS). bahwa efek kilau berkurang secara signifikan ketika terjadi gerhana matahari. Mengenai model TEC, hasil kami mengkonfirmasi penelitian sebelumnya mengenai respons ionosfer terhadap gerhana serta asumsi teoretis.
9.	H.Rishbeth	Kualitatif	Tingkat minimum TEC bertahan sekitar 30-60 menit, dan kemudian pulih secara perlahan selama 3-4 jam berikutnya. waktu efek maksimum berbeda-beda untuk setiap stasiun, hal ini berkaitan dengan lokasinya. Di stasiun NLIB, depresi TEC adalah sekitar 3 TECU dan untuk Colorado Springs (AMC2) berjumlah sekitar 7 TECU. Depresi ini terlihat di stasiun IGS lainnya dan efek gerhana matahari akan lebih lemah jika jarak stasiun dan lintasan totalitas lebih jauh.
10.	JA Klobuchar , H. Whitney	Kuantitatif	dipertimbangkan: variasi TEC diurnal dan variasi model TEC regional. Pada pendekatan pertama, teknik situs tunggal digunakan untuk mempelajari variasi TEC diurnal. Stasiun IGS di wilayah yang dekat dengan gerhana matahari dipilih dan variasi temporal TEC pada hari sebelum, selama, dan setelah gerhana matahari dipelajari. Pengukuran GPS dari semua satelit yang diamati di stasiun.

11.	Chali Uga Idosa, Kebede Shogile Rikitu	Kuantitatif	nilai TEC menurun; namun, karena periode gerhana matahari total yang sangat singkat (1 menit 38 detik) di stasiun bumi, variasi TEC sangat kecil. Hal ini mungkin disebabkan oleh terhalangnya cahaya matahari yang sampai ke lingkungan bumi dan berkurangnya radiasi matahari akibat gerhana matahari total. Dengan demikian, derajat ionisasinya kecil. Setelah periode gerhana (5 Desember 2021), peningkatan maksimum TEC diamati di semua lokasi.
12.	L.Pan , P.Yin	Kuantitatif	TEC lebih besar dibandingkan pada hari gerhana. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa radiasi Matahari terhalang sepenuhnya selama gerhana matahari; di luar menjadi semakin redup karena semakin banyak Matahari yang tertutup oleh Bulan, yang sepenuhnya menghalangi cahaya Matahari selama periode gerhana. Selama gerhana total, seluruh Matahari tertutup selama beberapa menit, dan di luar menjadi sangat gelap. Selama waktu tenang, Matahari memberikan cahaya ke Bumi tanpa adanya interaksi yang merepotkan dengan Bulan. Δ TEC di semua stasiun menunjukkan lebih banyak pengurangan, terutama pada siang hari. Pasalnya, saat terjadi gerhana matahari total, Bulan menghalangi radiasi matahari mencapai Bumi. Setelah gerhana, diperkirakan terjadi penurunan ionisasi karena pengaburan radiasi matahari dan penurunan jumlah TEC ionosfer.

PEMBAHASAN

Pemeriksaan data dari 12 makalah yang menawarkan data penelitian yang dijadikan sumbernya akan dibahas. Dampak gerhana matahari terhadap ionosfer akan diperjelas dalam perdebatan ini. Amerika Utara menyaksikan gerhana matahari total, sehingga memberikan peluang bagus untuk mengamati aktivitas ionosfer selama gerhana. Untuk menguji respons ionosfer terhadap peristiwa tersebut, pengamatan GPS di Amerika Utara pada hari terjadinya gerhana, satu hari sebelum gerhana, dan satu hari setelah gerhana diproses untuk penelitian ini. Variasi TEC, variasi model VTEC regional dan global, dan variasi nilai S4 yang menunjukkan variasi terjadinya sintilasi ionosfer dipelajari pada saat terjadinya gerhana matahari total (L., Baran et al.,

2020). Meskipun dua parameter pertama telah diselidiki secara menyeluruh oleh beberapa penulis, studi tentang kilau ionosfer akibat gerhana matahari telah diselidiki untuk pertama kalinya.

Mengenai nilai TEC, hasil pada stasiun yang berbeda dan untuk setiap jalur sinyal dari satelit ke penerima menunjukkan penurunan antara 3 dan 7 TECU selama terjadinya gerhana matahari total, yang menegaskan penelitian dan asumsi teoritis sebelumnya. Terkait peta VTEC, terjadinya gerhana matahari total berdampak jelas baik pada peta global maupun regional. Selisih peta VTEC hari terjadinya gerhana matahari total dengan peta satu hari sebelum dan satu hari setelah kejadian menunjukkan selisih maksimum hingga 7 TECU. Tentu saja lebih detail terlihat pada peta regional dibandingkan dengan peta global. (L., Baran et al., 2020).

Terakhir, kejadian kilau dipelajari untuk pertama kalinya selama gerhana matahari total. Untuk itu nilai S4 di berbagai stasiun dipelajari pada hari terjadinya gerhana matahari total, sehari sebelum, dan sehari setelah terjadinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya gerhana matahari total berdampak pada penurunan nilai S4, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya sintilasi ionosfer. Hasilnya menunjukkan penurunan nilai S4 sekitar 18–29% tergantung pada lokasi stasiun yang diteliti. (L., Baran et al., 2020).

Faktor-faktor yang mempengaruhi matahari dan aktivitasnya merupakan faktor paling signifikan dalam ionisasi dan variasi TEC (Eyelade et al, 2017). Dengan demikian, struktur ionosfer dan TEC sangat bervariasi sesuai dengan gangguan ionosfer dan geomagnetik yang berhubungan dengan matahari. Cahaya Matahari terhalang mencapai Bumi ketika Bulan mengelilingi Bumi dan bergerak antara Matahari dan Bumi. Gerhana matahari total terjadi akibat hal ini. Sebelum gerhana dimulai dan setelahnya berakhir, seluruh piringan Matahari terbakar di langit. Sebelum periode gerhana pada 3 Desember 2021, di stasiun bumi nilai TEC mulai menurun dari 7,5 TECUs menjadi 5,8 TECUs pada pagi hari dan berfluktuasi antara hari-hari dan setelah gerhana setelah pukul 05:00 UT. Namun terkadang, TEC meningkat dari pukul 04:00 UT menjadi 08:00 UT dan mencapai nilai 7 TECU, dan kemudian lagi dari pukul 11:00 UT hingga 17:00 UT mencapai nilai maksimum sekitar 11 TECU. (Chali U. I., Kebede S., 2018).

Dampak dari gerhana matahari tidak hanya terbatas pada ionosfer, tetapi juga berdampak pada infrastruktur dan teknologi di Bumi. Salah satu dampaknya adalah gangguan pada komunikasi satelit. Gerhana matahari dapat menyebabkan gangguan pada sinyal komunikasi satelit, terutama pada frekuensi tinggi, yang dapat mengganggu layanan komunikasi global. Gerhana matahari juga dapat menyebabkan gangguan pada navigasi GPS. Peningkatan Total Electron Content (TEC) selama gerhana matahari dapat mempengaruhi akurasi navigasi GPS, terutama di wilayah tinggi lintang (Muslim & Antariksa, 2011). Gangguan ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam penentuan posisi dan navigasi menggunakan GPS, yang dapat berdampak pada berbagai aplikasi yang bergantung pada sistem GPS. Selain dampak pada komunikasi dan navigasi, gerhana matahari juga dapat meningkatkan tingkat radiasi di lingkungan antariksa. Peningkatan tingkat radiasi ini dapat berdampak pada astronaut dan satelit di orbit Bumi. Radiasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan risiko kesehatan bagi astronaut dan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen satelit, yang dapat mengganggu operasi dan umur pakai satelit tersebut (Sumod et al., 2019).

Dampak gerhana matahari dapat terjadi di berbagai lokasi geografis pada waktu yang berbeda sepanjang tahun, musim, kondisi geomagnetik, dan tahapan aktivitas matahari, pengaruhnya selalu berbeda (Nur Vita et al., n.d. 2017). Selain itu, karena variasi geometri keselarasan Matahari, Bulan, dan Bumi serta parameter orbit bulan, beberapa gerhana tidak terulang kembali dalam pola yang dapat dikenali, sehingga memerlukan studi tentang gerhana individual. Selain itu, jaringan telekomunikasi radio terkena dampak signifikan akibat dampak ionosfer (Panda, S. K, dkk, 2015). Transmisi gelombang radio frekuensi tinggi, atau gelombang HF, bergantung pada sifat ionosfer bumi. Transmisi radio jarak jauh dimungkinkan oleh pemantulan dan pembiasan gelombang radio frekuensi tinggi, yang disebabkan oleh kerapatan elektron ionosfer yang bervariasi secara spasial. Peristiwa cuaca luar angkasa, juga disebut sebagai gangguan ionosfer, menyebabkan variasi spasial dan temporal dalam kerapatan elektron ionosfer. Variasi ini mengakibatkan efek gangguan sinyal, termasuk kilau, peningkatan penyerapan, dan

pergeseran Doppler serta penundaan penyebaran. Gangguan ionosfer berpotensi mempengaruhi secara signifikan teknologi yang mengandalkan perambatan gelombang radio HF dengan melemahkan atau bahkan menghentikan siaran radio HF. Penjaga Pantai Kanada (CCG), militer, sektor penerbangan, dan banyak organisasi lainnya menggunakan komunikasi radio HF jarak jauh. Hal ini terutama berlaku di garis lintang kutub dimana pilihan komunikasi alternatif terlalu mahal atau sulit (Cameron. T. G dkk., 2021).

Bukan hanya belahan bumi yang tertutup yang menunjukkan respons yang disebabkan oleh gerhana, namun kedua belahan bumi juga demikian (BMKG, 2016). Di belahan bumi tertutup, kerapatan dan konduktansi elektron ionosfer berkurang dengan cepat karena penurunan fotoionisasi yang terjadi selama pemblokiran gerhana matahari. Penyebab utama variasi FAC, CPCP, dan curah hujan aurora adalah rendahnya konduktansi ionosfer. Konveksi ionosfer didistribusikan secara berbeda dengan adanya gradien curam dalam konduktansi ionosfer yang tertutup matahari. Bagian terionisasi dari konduktivitas listrik atmosfer bagian atas dan kerapatan elektron ionosfer dapat menurun selama gerhana matahari. Hal ini mungkin berdampak pada interaksi antara magnetosfer dan ionosfer serta aktivitas aurora. Selain itu, osilasi arus listrik ionosfer kutub dan presipitasi elektron terkait dapat disebabkan oleh gerhana matahari, yang dapat berdampak pada aurora (Chen, Xuetao et al., 2021).

Ionosfer tidak hanya dapat terpengaruh secara lokal akibat gerhana matahari, namun juga dapat berdampak di luar bayangan gerhana. Perkembangan dinamo gangguan, perpindahan konjugat magnetik belahan bumi, variasi penyimpangan $E \times B$ vertikal ekuator, dan gelombang gravitasi atmosfer yang menghasilkan gangguan ionosfer berjalan (TID) dan/atau gangguan atmosfer berjalan (TAD) semuanya dapat terjadi menjadi faktor yang berkontribusi terhadap dampak ini. Gelombang gravitasi atmosfer dapat disebabkan oleh bayangan gerhana matahari yang bergerak supersonik di atmosfer bumi. Selain itu, komunikasi radio, navigasi radio, dan geolokalisasi merupakan beberapa sistem yang terkena dampak kehadiran gelombang gerhana (Carlos, Juan et al., 2023). Dalam meminimalisir efek kerberlanjutan dari gerhana matahari terhadap ionosfer, Hal ini disebabkan oleh geometri gerhana yang diilustrasikan dan dibahas oleh (Verhulst dan Stankov, 2020). Meskipun kita melihat gerhana dalam panjang gelombang tampak, atmosfer bagian atas transparan terhadap panjang gelombang tersebut. Ionosfer bereaksi terhadap penumbra pada panjang gelombang XUV (sinar-X dan EUV), yang sebagian besar berasal dari korona matahari. Jari-jari korona matahari 10%–25% lebih besar dari fotosfer, bergantung pada aktivitas matahari. Jadi, tidak ada totalitas di ionosfer. Seperti yang telah diamati pada Great American Eclipse, penipisan TEC terbesar memiliki jeda sekitar 10 menit menuju pusat totalitas. Dalam hal ini, TEC juga tidak pulih dari penurunan karena akhir gerhana berkorelasi dengan matahari terbenam dan oleh karena itu kurangnya radiasi matahari untuk memulihkan keadaan ionosfer sebelum gerhana (L.Pan , P.Yin ., 2023).

KESIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap 12 artikel yang menjadi sumber penelitian, gerhana matahari terbukti memiliki dampak yang signifikan terhadap lapisan ionosfer Bumi. Gerhana matahari total terlihat di Amerika Utara, yang memberikan peluang besar untuk mempelajari perilaku ionosfer dalam kondisi gerhana. nilai TEC, hasil pada stasiun yang berbeda dan untuk setiap jalur sinyal dari satelit ke penerima menunjukkan penurunan antara 3 dan 7 TECU selama terjadinya gerhana matahari total, yang menegaskan penelitian dan asumsi teoritis sebelumnya. Terkait peta VTEC, terjadinya gerhana matahari total berdampak jelas baik pada peta global maupun regional. Faktor-faktor yang mempengaruhi matahari dan aktivitasnya merupakan faktor paling signifikan dalam ionisasi dan variasi TEC (Eyelade et al, 2017). Dengan demikian, struktur ionosfer dan TEC sangat bervariasi sesuai dengan gangguan ionosfer dan geomagnetik yang berhubungan dengan matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya gerhana matahari total berdampak pada penurunan nilai S4, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya sintilasi ionosfer. Hasilnya menunjukkan penurunan nilai S4 sekitar 18–29% tergantung pada lokasi stasiun yang diteliti. Dampak dari gerhana matahari tidak hanya terbatas pada ionosfer, tetapi juga berdampak pada infrastruktur dan teknologi di Bumi. Salah satu dampaknya adalah gangguan pada komunikasi satelit. Gerhana matahari dapat menyebabkan gangguan pada sinyal komunikasi

satelit, terutama pada frekuensi tinggi, yang dapat mengganggu layanan komunikasi global. Dalam hal ini, TEC juga tidak pulih dari penurunan karena akhir gerhana berkorelasi dengan matahari terbenam dan oleh karena itu kurangnya radiasi matahari untuk memulihkan keadaan ionosfer sebelum gerhana.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2016). Memodelkan efek kilau ionosfer pada ketersediaan sistem augmentasi berbasis GPS/satelit. *Ilmu Radio*, 38 (1), 1-1.
- Calais, Eric, Dan J. Bernard Menter (2019). Perilaku ionosfer di Eropa selama gerhana matahari 3 Oktober 2005. *Jurnal Fisika Atmosfer dan Matahari-Terrestrial*, 70 (6), 836-853.
- Carlos, Juan., et al. (2023). Ionospheric Total Electron Content Changes during the 15 February 2018 and 30 April 2022 Solar Eclipses over South America and Antarctica. *Remote Sensing*. 15(4810).
- Cameron, T. G., dkk. (2021). Characterization of high latitude radio wave propagation over Canada. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 219(1056).
- Chali Uga Idosa, Kebede Shogile Rikitu. (2018). ANALISIS RESPON IONOSFER TERHADAP GERHANA MATAHARI 9 MARET 2016 DARI DATA GPS PALU. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 17(3).
- Chen, Xuetao., et al. (2021). Global Effects of a Polar Solar Eclipse on the Coupled Magnetosphere-Ionosphere System. *Geophysical Research Letters*. 10(1029).
- Eyelade, V. A., Adekola, O. A., Akala, A. O., Bolaji, O. S., & Rabi, A. B. (2017). Studying the variability in the diurnal and seasonal variations in GPS total electron content over Nigeria. *Annales Geophysicae*, 35(3), 701-710. doi:<https://doi.org/10.5194/angeo-35-701-2017>
- Faturahman, Agil., dkk. (2021). Perubahan Lapisan F Ionosfer di Atas Pontianak pada Saat Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019 (Ionospheric F Layer Changes Over Pontianak During 26 December 2019 Annular Solar Eclipse). *Jurnal Sains Dirgantara*. 19(1).
- HokMM, WenzelD, Jakowski N, Gerzen T, Berdermann J, etAl. (2022). Perubahan Lapisan F Ionosfer di Atas Pontianak pada Saat Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019. *Jurnal Sains Dirgantara*, 19(1), 41-52.
- H.Rishbeth. (2022). Analysis of polar ionospheric scintillation characteristics based on GPS data. In *China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2014 Proceedings: Volume I* (pp. 11-18). Springer Berlin Heidelberg.
- J. Ratcliffe. (2020, May). Comparative studies of high-latitude and equatorial ionospheric scintillation characteristics of GPS signals. In *2014 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium-PLANS 2014* (pp. 37-42). IEEE.
- JA Klobuchar, H. Whitney. Komisi géodésique. (2021). *Memetakan dan memprediksi ionosfer bumi menggunakan Global Positioning System* (Vol. 59). Zürich, Swiss: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidg. Technische Hochschule Zürich.
- L. Baran, I. Ephishov, I. Shagimuratov, V. Ivanov, A. Lagovsky. (2020). *Pemodelan ionosfer dari okultasi radio GPS dan data pelengkap berdasarkan B-splines* (Disertasi doktoral, Technische Universität München).
- L.Pan, P.Yin. (2023, October). PENGARUH GERHANA MATAHARI 09 MARET 2016 TERHADAP KANDUNGAN TOTAL ELEKTRON IONOSFER. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 6, pp. SNF2017-EPA).
- Muslim, B. (2011). Pengaruh ionosfer pada akurasi penentuan posisi absolut dengan GPS single frequency pada saat terjadi badai matahari. *Jurnal Sains Dirgantara*, Desember 2011.
- Norsuzila, FaizhaqI MIWan Hasbullah. (2018). GNSS observations of ionospheric variations during the 21 August 2017 solar eclipse. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12-041.

- Nur Vita, A., Sunardi, B., & Eka Sakya, A. (2017). Seminar Nasional Fisika 2017 Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas MIPA. *Universitas Negeri Jakarta Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017>
- RS Conker, MB El- Arini, CJ Hegarty, T.Hsiao. (2019). Analisis Pengaruh Flare dan CME Terhadap Indeks Dst Pasca Gerhana Bulan Total 8 Oktober 2014. *Kaunia Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(1), 51-59.
- Baran, L. W., Ephishov, I. I., Shagimuratov, I. I., Ivanov, V. P., & Lagovsky, A. F. (2003). The response of the ionospheric total electron content to the solar eclipse on August 11, 1999. *Advances in Space Research*, 31(4), 989–994. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(02\)00885-2](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(02)00885-2)
- Nur Vita, A., Sunardi, B., & Eka Sakya, A. (n.d.). Seminar Nasional Fisika 2017 Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas MIPA. *Universitas Negeri Jakarta Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 2017. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017>
- Sumod, S. N. G. K., Pant, T. K., & Ajesh, A. P. (2019). Signatures of Sudden Storm Commencement on the equatorial thermospheric dayglow. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 9, A31. <https://doi.org/10.1051/swsc/2019026>
- Verhulst, TG, & Stankov, SM (2020). Ketergantungan Ketinggian Efek Gerhana Matahari: Perspektif Ionosfer. *Jurnal Penelitian Geofisika: Fisika Luar Angkasa*, 125.