

## INTISARI

### Identifikasi Perkembangan Pre-Sunrise Equatorial Plasma Bubble di Atas Indonesia Selama Badai Geomagnetik

Oleh

Suraina

23/530355/PPA/06731

*Equatorial Plasma Bubble* (EPB) merupakan ketidakaturan plasma di lapisan F ionosfer yang dapat mengganggu sistem komunikasi dan navigasi satelit, terutama *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Meskipun EPB umumnya terbentuk setelah matahari terbenam, observasi terbaru menunjukkan bahwa fenomena ini juga dapat berkembang menjelang matahari terbit, khususnya selama badai geomagnetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perkembangan *pre-sunrise* EPB di atas Indonesia selama tiga peristiwa badai geomagnetik, yaitu 11 Mei 2024, 11 Oktober 2024, dan 1 Januari 2025. Data yang digunakan meliputi peta *Rate of TEC Index* (ROTI) dari jaringan GNSS di Indonesia, serta pengamatan ionosonde dan sintilasi dari stasiun Pontianak, Darwin, Chumphon, dan Bac Lieu. Hasil analisis menunjukkan bahwa badai geomagnetik dapat memodulasi pembentukan dan durasi EPB melalui perubahan medan listrik zonal di ionosfer ekuatorial. Pada badai 11 Mei 2024, *post-sunset* EPB tidak terbentuk karena *Disturbance Dynamo Electric Field* (DDEF) barat menekan pertumbuhan ketidakstabilan Rayleigh–Taylor, sedangkan *pre-sunrise* EPB muncul akibat DDEF timur selama fase pemulihan. Badai 11 Oktober 2024 tidak menghasilkan EPB signifikan, sedangkan badai 1 Januari 2025 memicu terbentuknya *post-sunset* EPB yang bertahan hingga menjelang fajar akibat *overshielding Prompt Penetration Electric Field* (PPEF) timur. Secara keseluruhan, badai geomagnetik memodulasi EPB melalui tiga mekanisme utama: (1) PPEF timur pada fase utama badai yang memperkuat *pre-reversal enhancement* (PRE), (2) *overshielding* PPEF timur yang memperpanjang durasi EPB hingga menjelang fajar, dan (3) DDEF timur pada fase pemulihan yang memicu pembentukan EPB menjelang matahari terbit. Temuan ini meningkatkan pemahaman tentang dinamika ionosfer ekuatorial dan mitigasi gangguan GNSS di wilayah Indonesia.

Kata kunci: EPB, badai geomagnetik, ROTI, PPEF, DDEF, GNSS, sintilasi ionosfer, spread F

## ABSTRACT

### **Identification of Pre-Sunrise Equatorial Plasma Bubble Development Over Indonesia During Geomagnetic Storms**

By

Suraina

23/530355/PPA/06731

The Equatorial Plasma Bubble (EPB) is a plasma irregularity in the ionospheric F layer that can disrupt satellite-based communication and navigation systems, particularly the Global Navigation Satellite System (GNSS). Although EPBs typically develop after sunset, recent observations show that they can also occur before sunrise, especially during geomagnetic storms. This study investigates the development of pre-sunrise EPBs over Indonesia during three geomagnetic storm events on 11 May 2024, 11 October 2024, and 1 January 2025. The analysis is based on the Rate of TEC Index (ROTI) maps derived from the Indonesian GNSS network, as well as ionosonde and scintillation observations from the Pontianak, Darwin, Chumphon, and Bac Lieu stations. Results indicate that geomagnetic storms modulate the formation and duration of EPBs through variations in the zonal electric field in the equatorial ionosphere. During the 11 May 2024 storm, post-sunset EPBs did not form due to a westward Disturbance Dynamo Electric Field (DDEF) that suppressed the Rayleigh–Taylor instability, while pre-sunrise EPBs developed under the influence of eastward DDEF during the recovery phase. The 11 October 2024 storm produced no significant EPB activity, whereas the 1 January 2025 storm triggered post-sunset EPBs that persisted until near dawn due to eastward overshielding Prompt Penetration Electric Fields (PPEFs). Overall, geomagnetic storms modulate EPB activity through three main mechanisms: (1) eastward PPEFs during the main phase enhancing the pre-reversal enhancement (PRE), (2) eastward overshielding PPEFs extending EPB duration until dawn, and (3) eastward DDEFs during the recovery phase initiating pre-sunrise EPBs.

**Keywords:** EPB, geomagnetic storm, ROTI, PPEF, DDEF, GNSS, ionospheric scintillation, spread F