

TEC (TOTAL ELECTRON CONTENT)

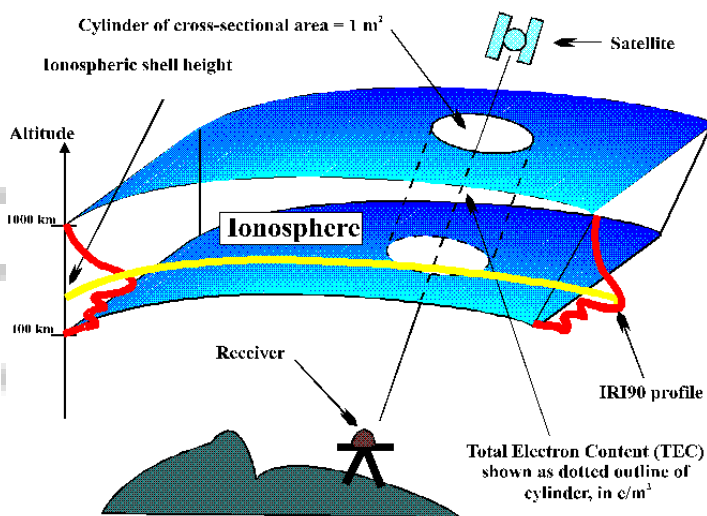
A. DESKRIPSI UMUM

Atmosfer adalah lapisan gas yang menyelimuti sebuah planet. Atmosfer berfungsi untuk melindungi permukaan dan menjaga ekosistem udara dari suatu planet. Bumi memiliki atmosfer yang berada pada ketinggian 0-800 km. Atmosfer tersebut terdiri atas 6 lapisan yaitu lapisan troposfer, lapisan stratosfer, lapisan mesosfer, lapisan ionosfer, lapisan termosfer, dan lapisan eksosfer.

GNSS merupakan teknologi yang digunakan untuk penentuan posisi secara teliti dari suatu titik di permukaan bumi, sejalan dengan perkembangan pengetahuan membuka babak baru dari teknologi GNSS di bidang meteorologi. Dalam penentuan posisi, teknologi GNSS menggunakan interaksi antara satelit GNSS yang berada di luar angkasa dengan receiver GNSS di bumi. Interaksi tersebut berupa penjalaran sinyal melewati lapisan atmosfer. Lapisan atmosfer yang berisi gas/udara membiaskan hasil dari penentuan posisi GNSS, dimana terdapat 2 lapisan yang sangat berpengaruh yaitu lapisan troposfer dan lapisan ionosfer. Lapisan troposfer memberikan pengaruh dalam bentuk fenomena uap air (*perceptible water vapour*), sedangkan lapisan ionosfer memberikan pengaruh melalui elektron bebas yang berada pada lapisan tersebut. Untuk mendapatkan hasil pengukuran GNSS dengan ketelitian yang lebih baik maka efek pada kedua lapisan atmosfer tersebut harus dietimasi ataupun dimodelkan.

A. PENGERTIAN

Lapisan Ionosfer adalah bagian dari atmosfer bumi yang mengalami peristiwa ionisasi, dimana peristiwa tersebut disebabkan oleh radiasi sinar matahari. Lapisan ionosfer memiliki peran penting dalam sifat keelektrikan atmosfer. Sifat keelektrikan tersebut memiliki implikasi terhadap proses penghantaran sinyal yang melibatkan antara stasiun di bumi dengan satelit di luar angkasa, salah satu komponen fisis yang terkenal dalam mempelajari fenomena tersebut adalah *Total Electron Content (TEC)*.



Gambar 1. Ilustrasi dari Lapisan Ionosfer (sumber: Komjathy dan Langley, 2006)

TEC adalah jumlah elektron bebas yang terkandung di sepanjang jalur sinyal antara satelit GNSS di angkasa dengan stasiun penerima GNSS di bumi. Proporsi jumlah elektron bebas yang terkandung dalam lapisan ionosfer akan berbanding lurus dengan efek gangguan/pembiasan dari perambatan sinyal GNSS. Kerapatan plasma pada lapisan ionosfer selalu berubah terhadap waktu bergantung pada posisi pengukuran (lintang dan bujur), variasi harian dan musiman, fenomena atmosfer (badai matahari dan badai geomagnet).

GNSS merupakan salah satu wahana yang dapat digunakan untuk mempelajari fenomena TEC. Dewasa ini, receiver GNSS dilengkapi oleh sinyal gelombang radio dengan frekuensi-ganda. Melalui perbedaan hasil pengukuran dalam dua frekuensi tersebut, nilai TEC di sepanjang jalur sinyal antara satelit GNSS dan stasiun penerima GNSS dapat dihitung. TEC diukur dalam satuan elektron/m², sebagai pedoman 1 TEC Unit, TECU = 1016 elektron/m².

B. SEJARAH

Pemanfaatan data TEC sudah digunakan di beberapa negara, seperti di *U.S. Space Weather Prediction Center, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Produk *US Total Electron Content (US-TEC)* merupakan kolaborasi antara *Space Weather Prediction Center (SWPC), National Geodetic Survey (NGS), National Geophysical Data Center (NGDC), dan Global Systems Division (GSD)*. Produk ini didesain untuk menentukan *Vertical* dan *Slant* TEC di seluruh *Continental US (CONUS)* mendekati *real-time*. Data dari TEC Amerika Serikat sudah ditampilkan di web site U.S. SWPC (<https://www.swpc.noaa.gov/products/us-total-electron-content>), dan pengguna dapat langsung melihat nilai TEC di dalam CONUS.

Selain Amerika Serikat, Australia juga sudah melakukan hal yang sama dengan menampilkan nilai TEC di website *Space Weather Services (SWS)* (<https://www.sws.bom.gov.au/Satellite/2/2>) milik *Australian Government Bureau of Meteorology*. Nilai TEC pada website tersebut diproduksi oleh SWS menggunakan model ionosfer IRI-2007 dengan data *real-time* global f_oF_2 . Website tersebut menampilkan nilai TEC untuk seluruh dunia dan akan diperbaharui setiap 15 menit.

NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) California Institute of Technology menyediakan nilai TEC untuk seluruh dunia melalui alamat websitenya https://iono.jpl.nasa.gov/latest_rti_global.html secara *real-time*. Data yang diproduksi digunakan untuk menguji akuisisi data *real-time*, fasilitas *monitoring*, dan teknik pemetaan. Data *real-time* TEC dapat digunakan sebagai kalibrasi ionosfer yang akurat untuk sistem navigasi. Data TEC yang ditampilkan oleh NASA JPL juga digunakan untuk memantau cuaca ionosfer, dan untuk menyiarkan badai ionosfer yang sering terjadi, serta merespon aktivitas angin matahari dan magnetosfer bumi serta termosfer.

Di Indonesia sendiri penelitian mengenai TEC sudah banyak dilakukan, seperti deteksi anomali TEC untuk studi prekursor gempa bumi (Rohadi, S., dkk, 2017), deteksi efek flare sinar-X dari data TEC (Muslim, B. 2014), dan lain sebagainya. Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2019 menginisiasi adanya perhitungan data TEC secara otomatis dan ditampilkan dalam website SRGI setiap jam nya. Pengguna dapat mengetahui nilai TEC untuk

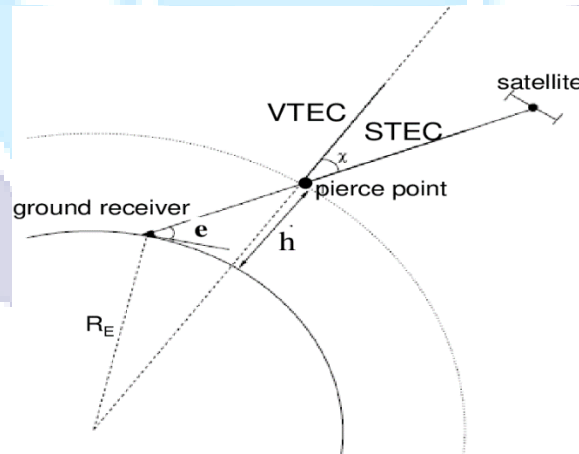
wilayah Indonesia pada hari H-1, H-2, dan H-3 secara interaktif dengan mengklik area yang ingin diketahui nilai TEC nya.

C. FUNGSI/KEGUNAAN

Data TEC digunakan untuk memperkirakan keterlambatan sinyal GPS karena kandungan elektron ionosfer antara penerima dan satelit GPS. Penundaan ini dapat diterjemahkan ke dalam kesalahan penentuan posisi GPS. Keakuratan penentuan posisi GPS tergantung pada penentuan waktu tempuh yang tepat dari sinyal radio untuk merambat dari pemancar satelit ke penerima. Waktu propagasi meningkat dengan adanya plasma. Peningkatan waktu propagasi dalam perkiraan pertama sebanding dengan nilai TEC. TEC bervariasi pada skala waktu dari menit ke bulan dan tahun. Jika nilai TEC diketahui, maka dapat meningkatkan akurasi posisi.

D. METODE YANG DIGUNAKAN

Proses penentuan nilai kandungan TEC terbagi ke dalam dua jenis, yakni *slant* TEC (STEC) dan *vertical* TEC (VTEC). *Slant* TEC (STEC) adalah jumlah kandungan elektron di *ionospheric pierce point* dari stasiun penerima GPS dengan membentuk sudut inklinasi E terhadap satelit GPS. Sementara itu, *vertical* TEC (VTEC) adalah jumlah kandungan total elektron yang diamati secara vertikal dari titik (*sub-ionospheric point*) terhadap *ionospheric pierce point*.



Gambar 2. Geometri dari konversi *slant* TEC ke *vertical* TEC (Sumber: Ja Soon Shim, 2009)

E. SUMBER DATA

Sumber data dalam melakukan pemodelan atau estimasi dari nilai TEC adalah stasiun CORS milik BIG sejumlah 187 stasiun yang tersebar di seluruh Indonesia. Stasiun CORS milik BIG menggunakan teknologi GNSS dalam hal akuisisi datanya, sehingga dapat memberikan karakteristik regional dalam hal meteorologi secara lebih terperinci.

F. LAYANAN TEC

Data model TEC tersedia untuk seluruh wilayah Indonesia. Pengguna dapat mengakses menu "Atmosfer" pada website SRGI, kemudian pengguna dapat memilih model yang akan ditampilkan pada basemap berupa "TEC". Model yang ditampilkan adalah kenampakan visual

TEC setiap 1 jam dalam kurun waktu satu hari (24 jam), selain penampakan secara visual pengguna juga dapat mengetahui nilai TEC dari suatu wilayah secara spesifik hanya dengan menekan kursor ke wilayah yang diinginkan, maka nilai dari TEC akan ditampilkan. Apabila pengguna ingin mendapatkan nilai TEC dalam kurun waktu banyak hari (*multi days*) maka pengguna dapat mengirimkan permintaan melalui website SRGI.

G. DAFTAR PUSTAKA

- Komjathy, A dan Langley, R.B. 2006. *The Effect of Shell Height on High Precision Ionospheric Modelling Using GPS*. Geodetic Research Laboratory, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick.
- Rohadi, S., Sakya, A. E., Muslim, B., Sunardi, B., Sulastrri, Sepriando, A. 2017. *Py-Ionoquake: Sistem Deteksi Anomali Total Electron Content (TEC) untuk Studi Prekursor Gempa Bumi*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa, Pusat Sains Antariksa LAPAN. ISBN: 978-602-17420-1-3
- Muslim, B. 2014. Deteksi Efek Flare Sinar-X pada Ionosfer dari Data Total Electron Content yang Diturunkan dari Pengamatan GPS.
- Ja Soon Shim. 2009. Analysis of Total Electron Content (TEC) Variations in the Low- and Middle-Latitude Ionosphere.



**BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL**