

KAJIAN PENGGUNAAN NILAI *TOTAL ELECTRON CONTENT* (TEC) REGIONAL DENGAN TEKNIK KORELASI UNTUK PENENTUAN PREKURSOR GEMPA LOMBOK

Malik, Muchamad Ilham.^{a*} Sai, Silvester Sari.^a M, Adkha Yuliananda.^a

^aTeknik Geodesi, Fakultas Teknologi Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Bendungan Sigura – Gura No. 2, Sumber Sari, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65145

Telepon : (0341) 551431 ext. 233, Fax : (0341) 553015

E-mail : much.ilham.malik@gmail.com

ABSTRAKSI

Indonesia sangat rentan terhadap bencana gempa bumi karena terletak pada tiga lempeng tektonik utama dunia, gempa bumi yang terjadi di Lombok adalah contohnya. Dalam beberapa dekade terakhir peneliti telah menemukan adanya anomali pada lapisan ionosfer sebelum terjadinya bencana gempa bumi. Adanya anomali pada ionosfer dapat dideteksi dengan menggunakan *Total Electron Content* (TEC) yang dapat dihitung dari data pengamatan GPS yang kontinyu, seperti yang dimiliki oleh Badan Informasi.

Untuk dapat menghasilkan data anomali TEC, data *rinex* yang didapat dari stasiun pengamat milik BIG dan data kode bias satelit diolah dengan menggunakan aplikasi *GPS TEC* untuk mendapatkan nilai VTEC yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya selama 31 hari untuk kemudian dikorelasikan dengan data harian. Selanjutnya koefisien korelasi yang didapat dihitung simpangannya kemudian data simpangan dihitung *standar* deviasinya, lalu menghitung nilai simpangan koefisien korelasi dibanding dengan standar deviasinya (SKK/DSKK), kemudian data yang diperoleh akan dianalisa dengan data badai geomagnetik (Indeks Dst) yang terjadi pada bulan juli dan agustus untuk diklasifikasikan berdasarkan kriteria anomali ionosfer yang ada.

Hasil penelitian ini antara lain data anomali dari nilai TEC selama 31 hari pada setiap stasiun pengamat CORS sebelum, sesaat, dan sesudah gempa terjadi. Setelah dilakukan perhitungan data yang dimulai tanggal 13 juli sampai 12 agustus didapatkan hasil bahwa terdapat anomali pada TEC yang terjadi pada doy 195 (14 juli 2018) dan pada doy 197 (16 juli 2018) yang dapat dikategorikan sebagai prekursor gempa terdeteksi karena nilai SKK/DSKK dibawah -1 dan tidak adanya badai geomagnetik pada hari tersebut.

Kata Kunci : Lombok, *Total Electron Content*, TEC, Teknik Korelasi, Prekursor Gempa, CORS, GPS.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai negara yang terletak pada tiga lempeng tektonik utama dunia, Indonesia sangat rentan sekali mengalami gempa bumi, seperti yang belum lama terjadi di Lombok, Nusa Tenggara Barat dan beberapa gempa bumi susulan yang jumlahnya mencapai 1.005 kali gempa bumi (Sumber : Data BNPB Tahun 2018). Gempa bumi merupakan bencana alam yang sangat sulit untuk diprediksi, berbeda dengan bencana alam seperti badai, gunung meletus dan bencana lainnya, padahal dampak yang dihasilkan dapat sangat merusak baik secara infrastruktur dan juga non infrastruktur. Sehingga sudah sepatutnya dilakukan upaya untuk mengurangi dampak dari gempa bumi.

Setelah dilakukan penelitian beberapa dekade ini didapatkan bahwa beberapa saat sebelum terjadi gempa bumi terdapat pelepasan gelombang atmosfer dan infrasonik yang merambat ke atas sampai pada lapisan ionosfer dan mengakibatkan adanya anomali nilai Total Electron Content (TEC) beberapa saat sebelum terjadi gempa bumi seperti di Aceh pada tahun 2004 (Liu et al dalam Sunardi, 2016) dan di Honsu, Jepang pada tahun 2011 (Galvan et al dalam Sunardi, 2016). Gelombang atmosfer dan infrasonik yang dihasilkan dari gempa besar tersebut merambat keatas sampai lapisan ionosfer dan berbenturan dengan ion-ion dan elektron yang ada di ionosfer sehingga mengakibatkan terjadinya anomali yang dapat dikategorikan sebagai prekursor gempa apabila terjadi sebelum gempa, apabila terjadi setelah gempa maka dikategorikan sebagai efek setelah gempa.

TEC pada lapisan ionosfer dapat dideteksi menggunakan data dari Global Positioning System (GPS) dengan dua frekuensi (Liu et al dalam Muslim, 2015) karena sinyal GPS harus melewati lapisan ionosfer dari satelit agar sampai ke receiver yang ada di bumi. Untuk mendapatkan data yang akurat maka

digunakan GPS kontinyu dari CORS milik BIG yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

Gempa bumi yang terjadi di Lombok belum lama ini juga memberikan dampak yang sangat besar bagi masyarakat dan daerah tersebut, kerugian yang dialami mulai dari kerugian material hingga korban jiwa yang tidak sedikit. Beberapa gempa yang terjadi di Lombok berkekuatan lebih dari 6 SR sehingga dikategorikan sebagai gempa besar, sehingga sangat mungkin terdapat gejala pada ionosfer sebelum terjadinya gempa di Pulau Lombok.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui anomali nilai TEC regional sebelum terjadinya gempa di Lombok. Sehingga nilai anomali pada TEC dapat digunakan sebagai prekursor gempa bumi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka penelitian ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Bagaimana anomali TEC pada setiap CORS sebelum, saat dan sesudah gempa terjadi?
2. Bagaimana analisis nilai anomali TEC yang terjadi terhadap faktor penentu prekursor gempa yang lain ?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana analisis anomali nilai TEC pada setiap CORS yang terjadi terhadap faktor-faktor penentu prekursor gempa

1.3.2. Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui korelasi anomali TEC yang terjadi pada masing-masing stasiun CORS.

2. Mengetahui bagaimana hubungan antara anomali TEC yang terjadi dengan jarak dari titik pusat gempa terhadap lokasi stasiun CORS.
3. Mengetahui apakah anomali TEC dapat dikategorikan sebagai prekursor gempa di Lombok.
4. Menambah data untuk keperluan penelitian pengaruh gempa terhadap ionosfer, sehingga metode penentuan gempa melalui TEC dapat lebih dikembangkan di masa depan

1.4. Batasan Masalah

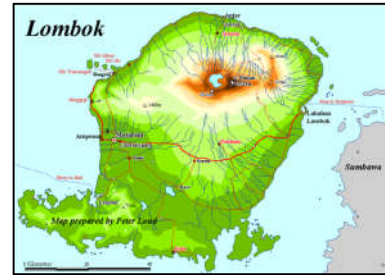
Batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan antara lain :

1. Perhitungan nilai TEC menggunakan software *GPS TEC 2.9.5* yang secara otomatis juga melakukan perhitungan bias receiver dan bias satelit.
2. Pada kegiatan penelitian ini faktor penghambat yang diperhatikan hanya badai geomagnetik, karena bersifat global.
3. Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh anomali TEC sebagai prekursor gempa.
4. Metode yang digunakan adalah teknik autokorelasi nilai TEC pada setiap CORS.
5. Lokasi penelitian di daerah persiapan gempa Lombok/ daerah yang merasakan dampak dari gempa yang terjadi.
6. CORS yang digunakan adalah milik Badan Informasi Geospasial (BIG) yaitu stasiun Mataram (CMAT), Denpasar (CNDP), Pesanggrahan (CPES), Banyuwangi (CNYU), Baluran (CBRN), Situbondo (CSIT).
7. Prekursor gempa yang digunakan adalah anomali ionosfer, yang diperoleh dengan menghitung TEC pada setiap CORS yang digunakan dalam penelitian.
8. Bahan penelitian yang digunakan adalah Data Rinex CORS stasiun milik BIG pada poin nomor 6 pada tahun 2018, dari doy 194 sampai doy 224. Data gempa dari bulan juli sampai bulan agustus 2018, dan data badai magnetik pada bulan juli dan bulan agustus tahun 2018.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Deskripsi Daerah Penelitian

Lokasi kegiatan skripsi dilakukan di Pulau Lombok yang terletak di Provinsi Nusa Tenggara Barat, sebelah barat dibatasi oleh Selat Lombok dan di sebelah timur dibatasi oleh Selat Alas sedangkan di sebelah utara dibatasi oleh Laut Bali dan bagian selatan dibatasi oleh Samudra Hindia. Pulau Lombok dibagi menjadi 4 wilayah kabupaten yang terdiri dari Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Lombok Tengah, dan Kabupaten Lombok Utara serta 1 Kota yaitu Kota Mataram. Pulau Lombok terletak diantara dua lempengan tektonik besar yaitu lempeng australia di selatan dan lempeng sunda di utara, selain itu Pulau Lombok juga terletak pada daerah Sesar Naik Flores (*Flores Back Arc Thrust*) yang memanjang dari Nusa Tenggara Timur sampai Bali sehingga mengakibatkan Pulau Lombok sangat rawan terhadap bencana gempa bumi besar seperti yang pernah terjadi pada tahun 1978, 1979, 2000, dan 2016. Kondisi topografi yang terdiri dari perbukitan dan tersusun oleh batuan yang telah tersesarkan dan terlapukkan pada daerah aluvium sangat rentan terhadap guncangan gempa bumi karena bersifat urai, lepas, dan belum terkonsolidasi sehingga akan memperkuat efek getaran gempa.



Gambar 3.1 Peta Pulau Lombok (Sumber :Google)

2.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

2.2.1. Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian sebagai berikut :

- a. Perangkat Keras
 - 1 buah notebook ASUS X555Q dengan spesifikasi : AMD 12 7th gen, R7, RAM 8 GB, dan HDD 1 TB.
- b. Perangkat Lunak
 - 1) Software GPS TEC 2.9.5
 - 2) Software Microsoft Excel Software Microsoft Word.

2.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

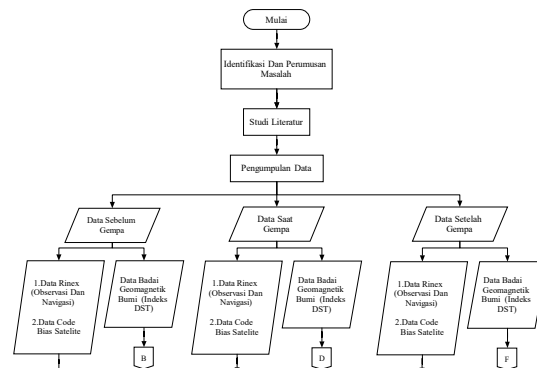
- a. Data Rinex CORS BIG dari DOY 194-224 pada tahun 2018

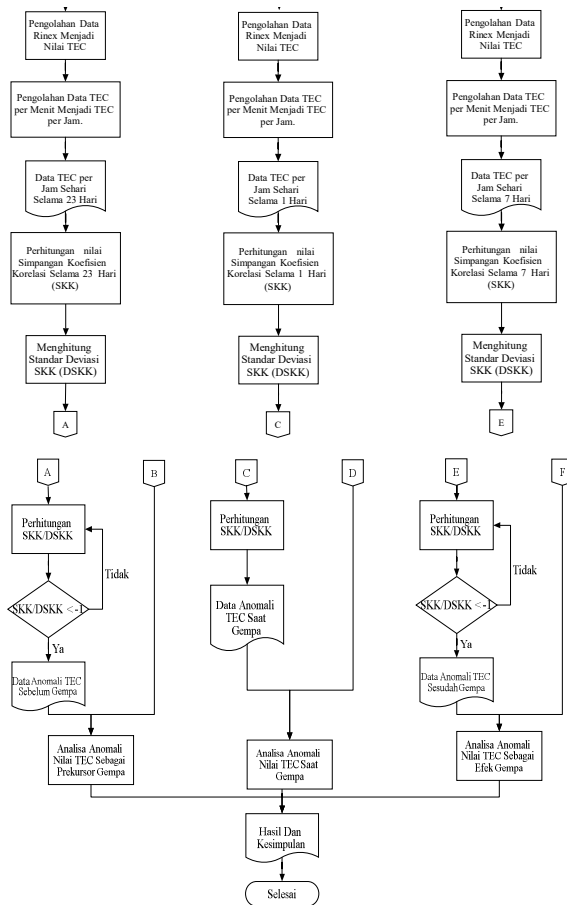


Gambar 3.2 Lokasi stasiun CORS yang digunakan

- b. Data gempa dari bulan juli sampai agustus tahun 2018
- c. Data badai magnetik pada bulan juli dan bulan agustus tahun 2018
- d. Data kode bias (DCB) pada bulan juli dan bulan agustus tahun 2018

2.3. Diagram Alir





Gambar 3.3 Diagram Alir Pekerjaan

Tahapan pelaksanaan penelitian dijelaskan secara lebih rinci pada langkah-langkah sebagai berikut :

1. Persiapan Perizinan
Sebelum melakukan penelitian dibutuhkan data-data pengamatan CORS milik BIG yang didapat melalui surat perizinan permohonan data pada kepala BIG .
2. Persiapan Data
 - a. Persiapan yang harus dilakukan sebelum melakukan kegiatan penelitian antara lain, pertama mengunduh data observasi dan navigasi GPS dari stasiun yang ada disekitar lokasi studi kasus (Pulau Lombok) dengan rentang waktu pengamatan dari doy 194-224 pada tahun 2018 yang didapat dari CORS milik BIG.
 - b. Mengunduh data badai magnetik bumi yang terjadi saat waktu penelitian yaitu saat bulan juli dan agustus tahun 2018 pada situs http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realttime/index.html, ketiga yaitu mendownload program aplikasi *GPS TEC 2.9.5* sebagai alat penghitung TEC dari data observasi dan navigasi dalam bentuk rinex dan juga menghitung koreksi bias pada data, lalu melihat data gempa bumi yang terjadi selama rentang waktu bulan juli sampai agustus dari situs <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>.
3. Perhitungan TEC Dari Data Rinex (Data Observasi dan Navigasi) Serta Data *Differential Code Bias*
Setelah data rinex dan DCB di download langkah selanjutnya menempatkan ketiga data dalam satu folder bersama dengan software pengolah data GPS TEC 2.9.5 yang akan menghasilkan beberapa file berupa *.cmn yang berisi hasil

hitungan TEC dan VTEC, *.std yang berisi nilai rata-rata TEC harian, file bias yang berisi nilai bias dari *receiver* dan satelit.

4. Menghitung Nilai TEC rata-rata perjam
Setelah didapat data TEC dalam bentuk *.std, langkah berikutnya adalah menghitung nilai TEC perjam dengan cara menghitung rata-rata dari nilai TEC per 30 detik. Sehingga diperoleh nilai TEC perjam selama 24 jam.
5. Mencari Nilai Koefisien Korelasi TEC per jam
Nilai koefisien korelasi didapat dengan cara mengkorelasikan nilai TEC perjam pada jam tertentu dengan nilai rata-rata TEC jam yang sama dalam 31 hari.
6. Menghitung Nilai Simpangan Koefisien Korelasi (SKK)
Dicari dengan cara mengurangkan nilai koefisien korelasi dengan nilai rata-rata koefisien korelasi.
7. Menghitung Nilai Standar Deviasi (DSKK)
Dicari dengan cara menghitung nilai standar deviasi dari nilai simpangan koefisien korelasi selama 31 hari.
8. Melakukan analisis nilai SKK/DSKK
Analisa dilakukan dengan cara membagi simpangan koefisien korelasi dengan standar deviasi simpangan koefisien korelasi selama 31 hari sehingga diperoleh nilai yang menunjukkan ada tidaknya anomali pada nilai TEC di ionosfer. Nilai SKK/DSKK dapat dikatakan sebagai prekursor gempa bumi apabila nilai skk/dskk kurang dari -1.
9. Melakukan Analisa Nilai SKK/DSKK Terhadap Data Badai Geomagnetik (Indeks DST)
Apabila nilai SKK/DSKK dibawah -1 dan data indeks DST tidak menunjukan adanya badai geomagnetik pada hari tersebut yang dapat diketahui dari nilai indeks Dst >- 50nT maka anomali pada TEC dapat dikatan sebagai prekursor gempa, sedangkan apabila pada hari tersebut nilai indeks DST < -50nT maka adanya anomali pada nilai TEC diragukan sebagai prekursor gempa, karena besar kemungkinan anomali tersebut disebabkan oleh badai geomagnetik.
10. Analisa anomali nilai TEC dikelompokan pada 23 hari sebelum gempa, saat gempa, dan 7 hari sesudah gempa.
Karena studi kasus di fokuskan pada pencarian anomali sebagai prekursor gempa maka analisa pada hari sebelum gempa lebih banyak dari setelah gempa.
11. Hasil Penelitian
Dari penelitian yang sudah dilakukan akan didapatkan hasil berupa :
 - a. Nilai SKK/DSKK TEC harian selama 31 hari.
 - b. Analisa nilai koefisien korelasi data TEC dari data gempa yang terjadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Nilai SKK/DSKK Setiap Stasiun CORS

1. Stasiun CMAT

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada stasiun CMAT, didapatkan nilai SKK/DSKK yang lebih rendah dari -1 sebanyak 4 hari yang semuanya terdapat pada rentang 23 hari sebelum terjadi gempa, yang terdapat pada doy ke 195, 197, 205, dan 209. Pada saat terdeteksinya anomali ionosfer yang diwakili oleh nilai SKK/DSKK tidak ditemukan adanya badai geomagnetik yang tinggi, sehingga anomali tersebut dapat dikategorikan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi), seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CMAT

No.	Tanggal/doy	SKK/DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-1.355	1.0416	PGT

2	16 Juli 2018/19 7	-3.1408	-0.875	PGT
3	24 Juli 2018/20 5	-1.2774	0.9166	PGT
4	28 Juli 2018/20 9	-1.1418	1.3333	PGT

2. Stasiun CDNP

Dari hasil pengamatan dan setelah dilakukan analisis terhadap nilai SKK/DSKK, didapatkan nilai lebih rendah dari -1 sebanyak 2 hari yang terjadi pada rentang waktu 23 hari sebelum terjadinya gempa, masing-masing terjadi pada doy 195 dan 209, dan 3 hari terjadi dalam kurun waktu 7 hari setelah gempa, yang masing-masing terjadi pada doy 219, 222, dan 224. Dari data indeks Dst yang ada tidak ditemukan adanya badai geomagnetik pada saat doy dimana terdapat anomali ionosfer, maka dapat dikatakan bahwa anomali ionosfer pada doy 195 dan 209 dapat dikatakan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi) sedangkan anomali pada doy 219, 222, dan 224 dikategorikan sebagai EGT (Efek Gempa Terdeteksi). Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CDNP

No.	Tanggal/ doy	SKK/ DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-2.7737	1.0416	PGT
2	28 Juli 2018/209	-1.4221	1.3333	PGT
3	7 Agustus 2018/219	-1.3988	8.9166	EGT
4	10 Agustus 2018/222	-1.0036	4.4583	EGT

3. Stasiun CNYU

Hasil pengamatan pada stasiun ini kemudian dilakukan analisis nilai SKK/DSKK dan didapatkan nilai yang lebih rendah dari -1 sebanyak 2 hari dalam rentang waktu 23 hari sebelum gempa dan terjadi pada doy 195 dan 197, dan 1 hari pada rentang waktu 7 hari setelah gempa yang terjadi pada doy 224. Berdasarkan data indeks Dst tidak ditemukan adanya badai geomagnetik pada saat terjadi anomali pada ionosfer saat doy 195 dan 197, sehingga anomali yang terjadi dapat dikategorikan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi), sedangkan anomali yang terjadi pada doy 224 dikategorikan sebagai EGT (Efek Gempa Terdeteksi). Klasifikasi anomali yang terjadi pada stasiun CNYU ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CNYU

No.	Tanggal/ doy	SKK/ DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-2.5918	1.0416	PGT
2	16 Juli 2018/197	-2.9223	-0.875	PGT
3	12 Agustus 2018/224	-2.014	-0.7916	EGT

4. Stasiun CBRN

Hasil analisa SKK/DSKK terhadap data pengamatan stasiun ini didapatkan nilai -1 sebanyak 3 hari dalam rentang 23 hari sebelum terjadi gempa yang terjadi pada doy 195, 197, dan 205, dan sebanyak 1 hari pada rentang waktu pengamatan 7 hari setelah gempa yang terdapat pada doy 224. Berdasarkan data indeks Dst tidak ditemukan adanya badai geomagnetik pada saat terjadi anomali pada ionosfer saat doy 195, 197 dan 205, sehingga anomali yang terjadi dapat dikategorikan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi), sedangkan anomali yang terjadi pada doy 224 dikategorikan sebagai EGT (Efek Gempa Terdeteksi). Klasifikasi anomali yang terjadi pada stasiun CBRN ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CBRN

No.	Tanggal/ doy	SKK/ DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-1.6744	1.0416	PGT
2	16 Juli 2018/197	-2.3783	-0.875	PGT
3	24 Juli 2018/205	-1.788	0.9166	PGT
4	12 Agustus 2018/224	-2.5346	-0.7916	EGT

5. Stasiun CPES

Dari hasil analisa nilai SKK/DSKK terhadap data pengamatan sepanjang 31 hari, didapatkan nilai kurang dari -1 sebanyak 2 hari yang terjadi dalam rentang waktu 23 hari pengamatan dan terjadi pada doy 195 dan 197. Berdasarkan data indeks Dst tidak ditemukan adanya badai geomagnetik pada saat terjadi anomali pada ionosfer saat doy 195 dan 197, sehingga anomali yang terjadi dapat dikategorikan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi). Klasifikasi anomali yang terjadi pada stasiun CPES ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CPES

No.	Tanggal/ doy	SKK/ DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-1.9154	1.0416	PGT
2	16 Juli 2018/197	-4.0542	-0.875	PGT

6. Stasiun CSIT

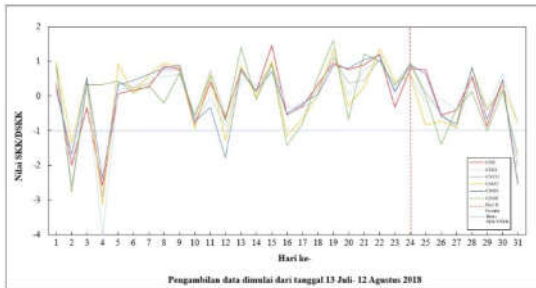
Dari hasil analisa nilai SKK/DSKK terhadap data pengamatan sepanjang 31 hari didapatkan nilai lebih kurang dari -1 sebanyak 2 hari dalam rentang waktu 23 hari sebelum gempa yang terjadi pada doy 195 dan 197, dan sebanyak 1 hari dalam rentang waktu 7 hari setelah gempa yang terjadi pada doy 224. Berdasarkan data indeks Dst tidak ditemukan adanya badai geomagnetik pada saat terjadi anomali pada ionosfer saat doy 195 dan 197, sehingga anomali yang terjadi dapat dikategorikan sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi), sedangkan anomali yang terjadi pada doy 224 dikategorikan sebagai EGT (Efek Gempa Terdeteksi). Klasifikasi anomali yang terjadi pada stasiun CNYU ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.2 Tabel Klasifikasi Anomali Nilai SKK/DSKK CSIT

No.	Tanggal/ doy	SKK/ DSKK	Indeks Dst	Klasifikasi Anomali
1	14 Juli 2018/195	-1.9898	1.0416	PGT
2	16 Juli 2018/197	-2.5752	-0.875	PGT

6.1. Analisa Nilai SKK/DSKK Setiap Stasiun CORS

Dari proses perhitungan SKK/DSKK yang sudah dilakukan pada masing-masing stasiun CORS, didapatkan adanya anomali pada lapisan ionosfer yang terdeteksi oleh sebagian besar stasiun yaitu pada doy 195 dan 197 yang terjadi sebelum gempa dan disebabkan karena adanya sejumlah elektron dan ion bebas pada lapisan ionosfer yang bertabrakan dengan gelombang seismik yang menjalar kelapisan ionosfer sebelum terjadinya gempa, seperti yang ditunjukkan oleh grafik berikut.



1. Analisa Anomali Ionosfer Pada Tanggal 14 Juli 2018 (DOY 195)

Dari hasil perhitungan pada nilai SKK/DSKK setiap CORS didapatkan adanya anomali yang terdeteksi pada semua stasiun pengamatan yaitu pada doy 195 (pada tanggal 14 Juli 2018) tepat 22 hari sebelum terjadi gempa di Lombok. Berikut ini merupakan perbandingan antara nilai SKK/DSKK setiap CORS terhadap jaraknya dari pusat gempa yang dapat dilihat pada Tabel 4.13

Hasil perhitungan nilai SKK/DSKK pada doy 195 menunjukkan kecenderungan dimana semakin jauh jarak stasiun dari titik pusat gempa maka akan semakin besar nilai SKK/DSKK yang didapatkan, meskipun ada ketidaksesuaian, seperti pada CORS Mataram (CMAT) didapat nilai SKK/DSKK sebesar -1.37744 yang merupakan nilai terbesar sedangkan jaraknya paling dekat dengan pusat gempa yaitu 51.92092 km dan pada CORS Situbondo (CSIT) didapatkan nilai sebesar -2.02278 yang masih lebih kecil dari CORS lain yang lebih dekat dengan pusat gempa seperti CBRN dengan nilai sebesar -1.70211 dan jarak 225.0436 km begitu juga CPES dengan nilai sebesar -1.94712 dan jarak 258.2212 km. Akan tetapi karena sebagian besar nilai yang lain menunjukkan adanya kesesuaian maka dapat dikatakan bahwa pada doy 195 telah terjadi anomali pada ionosfer yang dapat dikategorikan sebagai (PGT) Prekursor Gempa Terdeteksi.

2. Analisa Anomali Ionosfer Pada Tanggal 16 Juli 2018 (DOY 197)

Dari hasil perhitungan pada nilai SKK/DSKK setiap CORS didapatkan adanya anomali yang terdeteksi hampir pada semua stasiun pengamatan kecuali stasiun CDNP, yaitu pada doy 197 (pada tanggal 16 Juli 2018) tepat 20 hari sebelum terjadi gempa di Lombok. Berikut ini merupakan perbandingan antara nilai SKK/DSKK setiap CORS terhadap jaraknya dari pusat gempa yang dapat dilihat pada Tabel 4.14

Hasil analisa nilai SKK/DSKK pada doy 197 menunjukkan adanya kecenderungan semakin jauh jarak stasiun dari pusat gempa maka nilai SKK/DSKK akan semakin besar, seperti yang ditunjukkan oleh sebagian besar stasiun kecuali dua stasiun yaitu CORS Denpasar (CDNP) yang memiliki nilai sebesar 0.328463 dengan jarak 155.1545 km dari pusat gempa yang seharusnya memiliki nilai yang kecil dari yang didapat dan tidak jauh berbeda dengan nilai CMAT, kemudian CORS Pesanggrahan (CPES) yang memiliki nilai sebesar -4.12131 dengan jarak 258.2212 km dari pusat gempa sedangkan pada CORS Situbondo yang jaraknya lebih jauh yaitu 274.3519 km hanya memiliki nilai

-2.61782, Akan tetapi karena pada CORS yang lain didapatkan kesesuaian dengan hipotesa awal maka dapat dikatakan bahwa pada doy 197 telah terjadi anomali ionosfer yang dapat dikategorikan sebagai prekursor gempa terdeteksi.

7. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data pengamatan beberapa stasiun CORS milik BIG dan kemudian dilakukan analisa, didapatkan kesimpulan dari pekerjaan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan 2 hari yang terdeteksi sebagai PGT (Prekursor Gempa Terdeteksi) yang terdeteksi hampir pada semua stasiun CORS pengamatan, yaitu pada doy ke 195 dan 197 (14 dan 16 Juli 2018), atau pada 22 dan 20 hari sebelum gempa yang terjadi pada tanggal 5 Agustus 2018.
2. Semakin dekat lokasi stasiun CORS dengan pusat gempa, maka anomali ionosfer yang terjadi dapat diteliti dengan lebih baik.
3. Besar nilai SKK/DSKK pada studi kasus gempa Lombok tidak selalu bergantung pada jarak stasiun CORS terhadap titik pusat gempa.

8. REFERENSI

- Abidin, H. 2000. Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Astra, I M. K. A., dan Pudja, I P., 2009. "Analisa Vertical Total Electron Content di Ionosfer Daerah Jawa dan Sekitarnya yang Berasosiasi dengan Gempa bumi Yogyakarta 26 Mei 2006 UTC". Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 10 Nomor 2 Tahun 2009 : 121 – 131.
- Dobrovolsky, I.P., Zubkov, S.I. dan Miachkin, V.I., 1979, *Estimation of the Size of Earthquake Preparation Zones*, Birkhauser Verlag, Basel.
- Gasperz, Vincent . 1995. *Teknik analisis dalam penelitian percobaan*. Tarsito. Bandung.
- Gurtner dan Etsey. 2007. <https://www.sage.unsw.edu.au>. (akses tanggal 5 Desember 2018).
- National Geodetic Survey, 2018, "Guidelines for New and Existing CORS". https://www.ngs.noaa.gov/PUBS/LIB/CORS_guidelines.pdf. (akses tanggal 5 Desember 2018).
- Laudza'i, L., 2015, *Analisa Anomali nilai Total Electron Content (TEC) sebelum bencana gempa bumi (Studi Kasus: Gempa Bumi di Laut Maluku yang terjadi pada 15 November 2014)*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Liu, J.Y., Tsai, H.F. dan Jung, T.K., 1996, *Total Electron Content Obtained by Using the Global Positioning System*, Institute of Space Science Research, National Central University, Taiwan.
- Liperovsky, V. A., Pokhotelov, O. A., Meister, C.V., dan Liperovskaya, E. V., 2008, "On recent physical models of lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling before earthquakes", *Geomagnetism and Aeronomy*, vol. 48, hal. 795-806.
- Markovic, M., 2014, *Determination of Total Electron Content in the Ionosphere using GPS Technology*. *Geonauka*, Volume 2, 2, 1-9.
- Meister C.-V., Liperovskaya E.V., Molchanov O.A., Pokhotelov, O.A., Senchenkov, S.A., Alimov O.A., 2002, "To The Question of Space Scales of Seismoionosphere Effects, Ed.M.Hayakawa and O.A.Molchanov., *Seismoelectromagnetics: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling*, hal.329-331, Terrapublishing Scientific Company, Tokyo.

- Muslim B., Sunantyo, A., Djawahir, S., Ma'ruf, B., Atunggal, D. dan Lestari, D., 2010, *Komputasi TEC Ionosfer dari Data GNSS CORS GMUI Jurusan Teknik Geodesi UGM*, Seminar Nasional GNSS CORS : Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia, Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Muslim, B. 2015. *Pengujian Teknik Autokorelasi Untuk Mendeteksi Pengaruh Aktivitas Gempa Bumi Besar Pada Ionosfer*. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara.
- Muslim, B., Effendi, J., Aldrian, E., Fakhrizal, Sunari, B. dan Angga, 2014, *Pengembangan Sistem Monitoring Gelombang Ionosfer Terkait Gempa Bumi Menggunakan Data GPS (GPSIONOQUAKE)*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa (SNSAA) 2014, Bandung.
- Pulinets S.A., dan Boyarchuk K., 2004, *Ionospheric Precursors of Earthquakes*, Springer, Berlin. Pulinets, S., Davidenko, D., Ionospheric precursors of earthquakes and Global Electric Circuit, *Advances in Space Research* (2014).
- Rachman, A. 2013. "Dampak Aktivitas Matahari pada Ionosfer". Buku Materi Diseminasi Riset Ionosfer Untuk Navigasi dan Penentuan Posisi Berbasis Satelit.
- Rizal, M, 2009. "Analisa Nilai TEC Pada Lapisan Ionosfer dengan Menggunakan Data Pengamatan GPS Dua Frekuensi". LAPAN, Bandung.
- Seemala, G.K., 2011, *GPS-TEC Analysis Application Read Me*, Institute for Scientific Research Boston College, USA.
- Simanjuntak, A.G., Muslim, B., Hartantyo, E., 2017, *Identifikasi Prekursor Beberapa Gempa di Sumatera Melalui Analisis Total Electron Content (TEC) di Ionosfer Menggunakan Teknik Korelasi*, Prosiding Seminar Himpunan Fisika Indonesia 2017.
- Snay, R., & Soler, T. (2008). "Continuously Operating Reference Station CORS : History, Applications, and Future Enhancements". *Journal of Surveying Engineering*, vol. 134, hal. 95-104.
- Sugiura, M., dan Chapman, S., 1960, *The Average Morphology of Geomagnetic Storms with Sudden Commencement*, Sonderheft Nr.4, Göttingen.
- Tsolis, G., dan Xenos, T. 2009. Seismo-Ionospheric Coupling Correlation Analysis of Earthquakes in Greece Using Empirical Mode Decomposition". www.nonlinprocesses-geophys.net/16/123/2009/, (akses tanggal 5 Desember 2018).