

# Analisis Anomali Sinyal *Ultra Low Frequency (ULF)* sebagai Indikator Penentu Prekursor Gempabumi di Kota dan Kabupaten Kupang Tahun 2023

Mika Mayelsa<sup>1</sup>, Hery Leo Sianturi<sup>2</sup>, Abdul Wahid<sup>3</sup>, Philips B. Mudamakin<sup>4</sup>, Arief Tyastama<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang, Indonesia

<sup>4,5</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kupang, Indonesia

Email: [mikamsimamora@gmail.com](mailto:mikamsimamora@gmail.com)

## Abstrak

Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu Provinsi yang memiliki seismitas paling aktif di Indonesia. Tatatan tektonik Nusa Tenggara Timur dipengaruhi oleh aktivitas Lempeng Indo-Australia yang bertumbukan dan menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Aktivitas ini mengakibatkan adanya lipatan atau patahan aktif di Nusa Tenggara Timur, khususnya Pulau Timor yang berada tepat di atas daerah penunjaman. Penelitian ini menganalisis Anomali Emisi Sinyal Ultra Low Frequency (ULF) satu bulan sebelum terjadinya gempabumi di Kota dan Kabupaten Kupang pada tahun 2023. Dengan  $M > 5$  dan  $M < 5$  masing-masing 3 kejadian gempabumi dengan kedalaman yang sama yaitu  $< 100$  km. Gempa-gempa tersebut adalah gempa yang terjadi pada 20 Februari 2023, 10 April 2023, 08 Juni 2023, 02 November 2023, 12 November 2023, dan 28 Desember 2023. Anomali pada sinyal polarisasi Z/H terdeteksi beberapa hari sebelum kejadian gempabumi, menunjukkan fluktuasi signifikan tanpa adanya badai magnetik, yang mendukung hipotesis bahwa sinyal tersebut berhubungan dengan gempa. Onset time untuk beberapa gempabumi adalah: 20 Februari 2023 (05 Februari, 13:00 UTC), 10 April 2023 (07 April, 09:00 UTC), 08 Juni 2023 (14 Mei, 14:00 UTC), 02 November 2023 (13 Oktober, 09:00 UTC), 12 November 2023 (01 November, 13:00 UTC), dan 28 Desember 2023 (22 Desember, 01:00 UTC). Arah episenter untuk enam kejadian gempa berada dalam batas toleransi azimuth  $25^\circ$  dari azimuth sebenarnya.

**Masuk:**

31 Juli 2025

**Diterima:**

7 Agustus 2025

**Diterbitkan:**

8 September 2025

**Kata kunci:**

Geomagnet, Prekursor, Gempabumi, Ultra Low Frequency, Kupang

## 1. Pendahuluan

Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu Provinsi yang memiliki seismitas paling aktif di Indonesia. Tatatan tektonik Nusa Tenggara Timur dipengaruhi oleh aktivitas Lempeng Indo-Australia yang bertumbukan dan menunjam dibawah Lempeng Eurasia. Aktivitas ini mengakibatkan adanya lipatan atau patahan aktif di Nusa Tenggara Timur, khususnya Pulau Timor yang berada tepat diatas penunjaman [1]. Kemunculan gempabumi yang secara tiba-tiba menyebabkan kerugian material bahkan hingga dapat menghilangkan nyawa [2]. Sampai saat ini belum ada yang dapat memprediksi kapan gempabumi terjadi sehingga ketika gempabumi berlangsung tidak memberikan kesempatan kita untuk mempersiapkan diri. Meskipun gempa bumi belum bisa diprediksi secara pasti, namun tanda-tanda kejadian gempabumi dapat dikenali melalui pengamatan terhadap perubahan medan magnet bumi sebelum terjadinya gempabumi.

Penelitian mengenai prekursor telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti diteliti oleh [3] tentang prekursor gempabumi berdasarkan data geomagnetik di Lampung. [1], prekursor gempabumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan *Magnetic Data Acquisition System*. [4], Polarisasi Power Rasio untuk prekursor gempabumi di Lombok. [5], melakukan penelitian tentang analisis gas radon sebagai prekursor gempabumi di sekitar sesar Palukoro. [6], melakukan penelitian tentang prekursor gempabumi menggunakan *Total Electron Content (TEC)* dan emisi *Ultra Low Frequency (ULF)*. [7], melakukan penelitian tentang prekursor gempabumi dengan menggunakan Anomali Sinyal Ultra Low Frequency di Kepulauan Nias. [8], Anomali emisi *Ultra Low Frequency (ULF)* sebagai pekursor gempabumi di Sumatera Barat. [9], melakukan penelitian tentang prekursor gempabumi dengan menganalisa amplitudo anomali magnetik di daerah Kupang.

Studi tentang anomali emisi *ULF* sebagai prekursor gempa bumi dilakukan dengan mengamati emisi gelombang elektromagnetik pada frekuensi  $< 0,1$  Hz berdasarkan data geomagnetik dari observatorium darat [10]. Aktivitas seismogenik sebelum gempa bumi dapat menghasilkan beberapa perubahan dalam sifat listrik litosfer. Proses ini memancarkan gelombang elektromagnetik dari frekuensi ultra-rendah (*ULF*) hingga frekuensi sangat tinggi (*VHF*),

tetapi hanya ULF yang terdeteksi oleh magnetometer di permukaan bumi karena sedikit tereduksi [10].

Dari uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Anomali Sinyal *Ultra Low Frequency (ULF)* Sebagai Indikator Penentu Prekursor Gempabumi Di Kota Dan Kabupaten Kupang Tahun 2023”. Penelitian ini akan menganalisis Anomali Emisi Sinyal *Ultra Low Frequency (ULF)* satu bulan sebelum terjadinya gempabumi pada magnitudo  $M > 5$  dan  $M < 5$  masing-masing 3 kejadian gempa bumi dengan kedalaman yang sama yaitu  $< 100$  km, menggunakan data magnet terbaru tahun 2023 di wilayah Kota dan Kabupaten Kupang, yang belum pernah diteliti sebelumnya.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kota Kupang Nusa Tenggara Timur dengan objek penelitian yaitu wilayah kota dan kabupaten Kupang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer geomagnetik yang terekam pada LEMI magnetometer di stasiun pengamatan BMKG. Data yang diambil adalah data 1 bulan sebelum terjadinya gempa bumi di Kota dan Kabupaten Kupang pada tahun 2023. Gempa-gempa tersebut adalah gempa yang terjadi di Kupang ( $M = 3.7$  kedalaman 7 km) yang terjadi pada 20 Februari 2023, ( $M = 4.2$  kedalaman 65 km) yang terjadi pada 10 April 2023, ( $M = 3.6$  kedalaman 47 km) yang terjadi pada 08 Juni 2023, ( $M = 6.6$  kedalaman 10 km) yang terjadi pada 2 November 2023, ( $M = 5.4$  kedalaman 34 km) yang terjadi pada 12 November 2023, ( $M = 5.1$  kedalaman 32 km) yang terjadi pada 28 Desember 2023.

Data diolah menggunakan Script Matlab untuk mendapatkan azimuth dengan metode SSTF, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta Z(\omega) = A \cdot \Delta X(\omega) + B \cdot \Delta Y(\omega) \quad (1)$$

$$\tan \theta = \left( \frac{B}{A} \right) \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{B}{A} \right) \left( \frac{B}{A} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

$\Delta Z$  : Kumpulan data magnet bumi pada komponen vertikal (nT)

$\Delta X$  : Kumpulan data magnet bumi pada komponen utara-selatan (nT)

$\Delta Y$  : Kumpulan data magnet bumi pada komponen timur-barat (nT)

A : Konstanta koefisien data magnet bumi pada komponen utara-selatan

B : Konstanta koefisien data magnet bumi pada komponen timur-barat

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, data gempabumi disortir untuk magnitudo ( $M > 5.0$ ) dan ( $M < 5$ ) masing masing 3 kejadian gempabumi dengan kedalaman yang sama yaitu kurang dari 100 km (Tabel 1 dan 2). Data magnet didapatkan dari stasiun magnet Baumata untuk kebutuhan data lokal dan web [https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_provisional/index.html](https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/index.html) untuk data indeks Dst.

Tabel 1. Kejadian Gempabumi yang menjadi Acuan dalam Penelitian

Tanggal	Waktu (WIB)	M	Depth (km)	Lokasi
20/02/2023	01:42:06	3,7	7 km	10,16 LS ; 123,74 BT
10/04/2023	16:42:03	4,2	65 km	9,58 LS ; 123,52 BT
08/06/2023	21:01:43	3,6	47 km	9,27 LS ; 123,78 BT
02/11/2023	04:04:05	6,6	10 km	10,26 LS ; 123,72 BT
12/11/2023	09:06:17	5,4	34 km	10,18 LS ; 123,74 BT
28/12/2023	01:52:46	5,1	34 km	10,32 LS ; 123,78 BT

Tabel 2. Kejadian Gempabumi yang telah diubah ke Waktu UTC

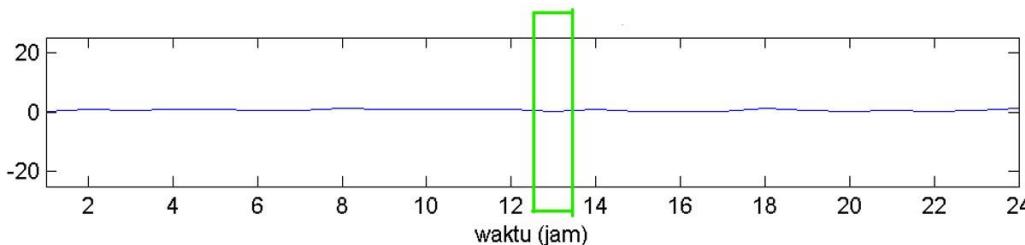
Tanggal	Waktu (UTC)	M	Depth (km)	Lokasi
19/02/2023	18:42:06	3,7	7 km	10,16 LS ; 123,74 BT
10/04/2023	09:42:03	4,2	65 km	9,58 LS ; 123,52 BT
08/06/2023	14:01:43	3,6	47 km	9,27 LS ; 123,78 BT
01/11/2023	21:04:05	6,6	10 km	10,26 LS ; 123,72 BT
12/11/2023	02:06:17	5,4	34 km	10,18 LS ; 123,74 BT
27/12/2023	18:52:46	5,1	34 km	10,32 LS ; 123,78 BT

Data magnet yang digunakan ialah pada rentang frekuensi 0,012 – 0,05 dan diamati sejak 30 hari sebelum terjadinya

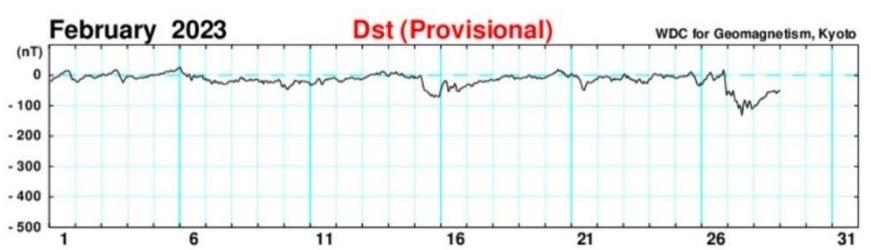
gempabumi. Nilai polarisasi Z/H yang melewati standar deviasi menunjukkan adanya anomali yang berasosiasi dengan kejadian gempabumi diperkuat dengan data pendukung dari rekaman data indeks Dst.

### 3.1. Analisis Gempabumi 20 Februari 2025

Pada tanggal 20 Februari 2023 terjadi gempabumi dengan magnitudo 3,7 dan kedalaman 7 km dengan koordinat 10,16° LS dan 123,74° BT. Berdasarkan hasil pengolahan data magnet yang diamati sejak sebelum terjadinya gempabumi.

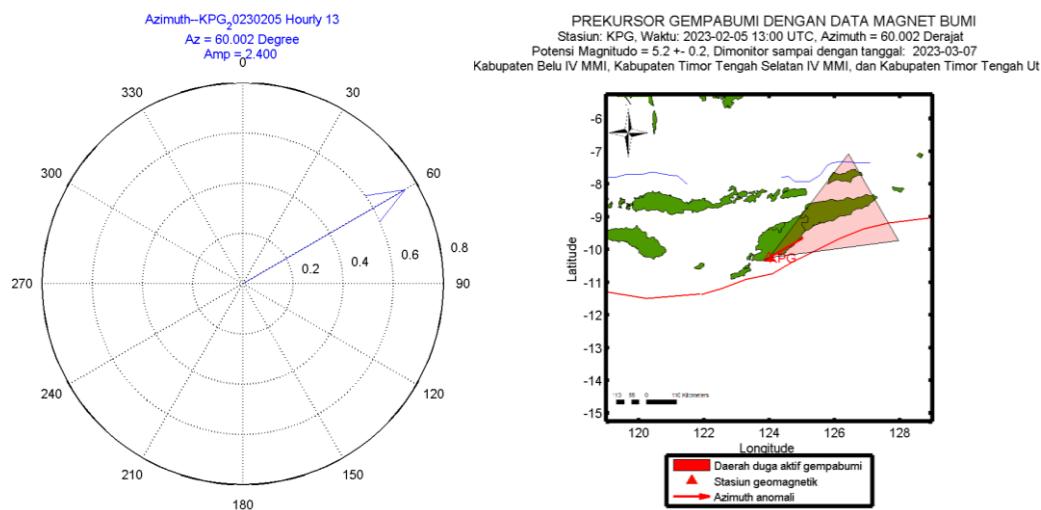


Gambar 1. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 05 Februari 2023 pukul 13.00 UTC

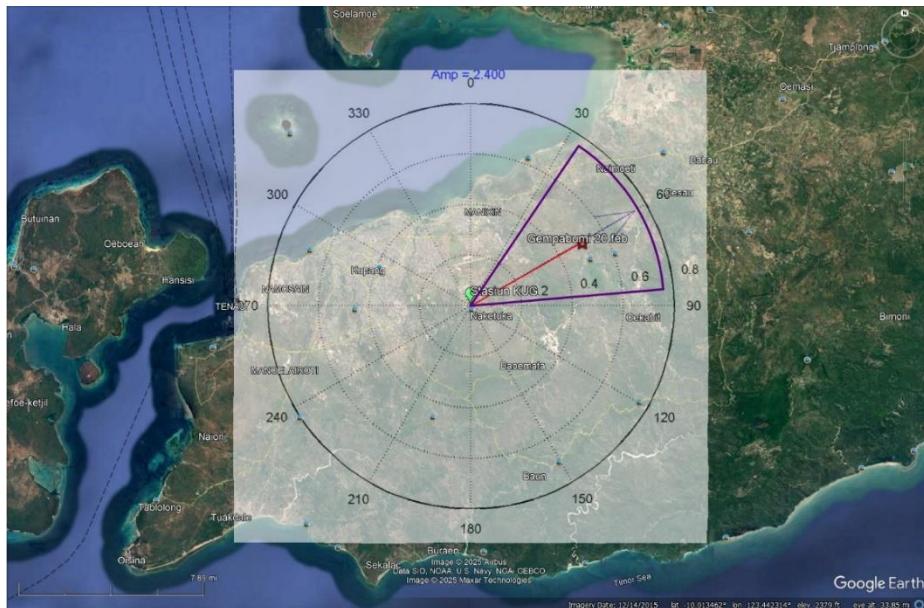


Gambar 2. Grafik Indeks Dst Februari 2023

Anomali pada tanggal 05 Februari 2023 pada pukul 13.00 UTC yang ditandai dengan garis hijau (Gambar 1) dapat diduga sebagai onset time atau waktu mula prekursor gempabumi dimana setelah dianalisis tidak terdapat badai magnetik pada Indeks Dst seperti pada Gambar 2, dimana grafik menunjukkan nilai standar yaitu  $> -50$  nT, pada tanggal tersebut juga terdapat fluktuasi nilai polarisasi Z/H yang melewati batas standar deviasi dengan tinggi amplitudo 2,400 (Gambar 3) dan anomali tersebut juga berasosiasi dengan kejadian gempabumi 20 Februari 2023 dilihat dari arah datangnya dengan azimuth 60,002° yang mendekati lokasi kejadian gempa dengan azimuth 61,4° (Gambar 4) dengan jarak episenter gempa 8.77 km



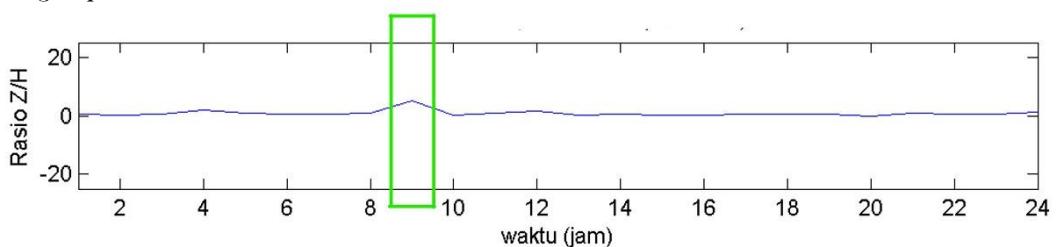
Gambar 3. Arah Azimuth Anomali ULF



Gambar 4. Arah Azimuth Gempabumi 20 Februari 2023

### 3.2. Analisis Gempabumi 10 April 2023

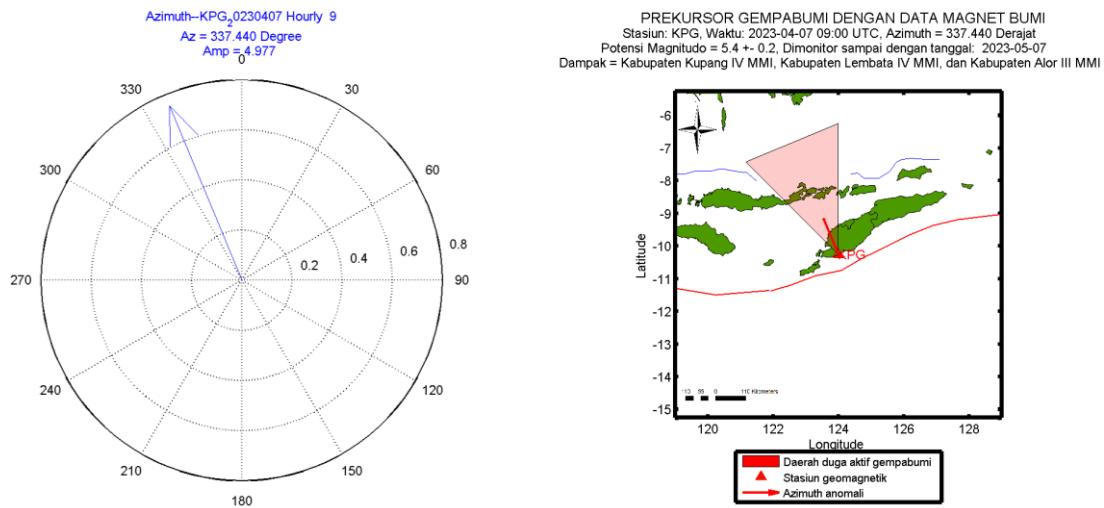
Kejadian gempabumi 10 April 2023 dengan magnitudo 4,2 dan kedalaman 65 km dengan koordinat  $9,58^\circ$  LS dan  $123,52^\circ$  BT serta episenter gempabumi 70,9 km dari stasiun pengamat. Berdasarkan hasil pengolahan data terdapat anomali yang terjadi pada tanggal 07 April 2023 pukul 09.00 UTC, yang ditandai dengan garis hijau (Gambar 5), hal ini dapat diindikasikan sebagai waktu mula atau onset time prekursor gempabumi. Setelah dianalisis lebih lanjut, tidak ditemukan badai magnetik pada Indeks Dst, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6. Pada tanggal tersebut juga terdeteksi kenaikan nilai polarisasi Z/H yang melewati batas standar deviasi dengan amplitudo tinggi mencapai 4,977 (Gambar 7). Anomali ini juga berhubungan dengan kejadian gempabumi pada 10 April 2023, berdasarkan arah datangnya dengan azimuth  $387,440^\circ$ , yang mendekati lokasi kejadian gempa dengan azimuth  $345,2^\circ$  (Gambar 8) dimana lokasi kejadian gempa tersebut berada dalam daerah toleransi ULF.



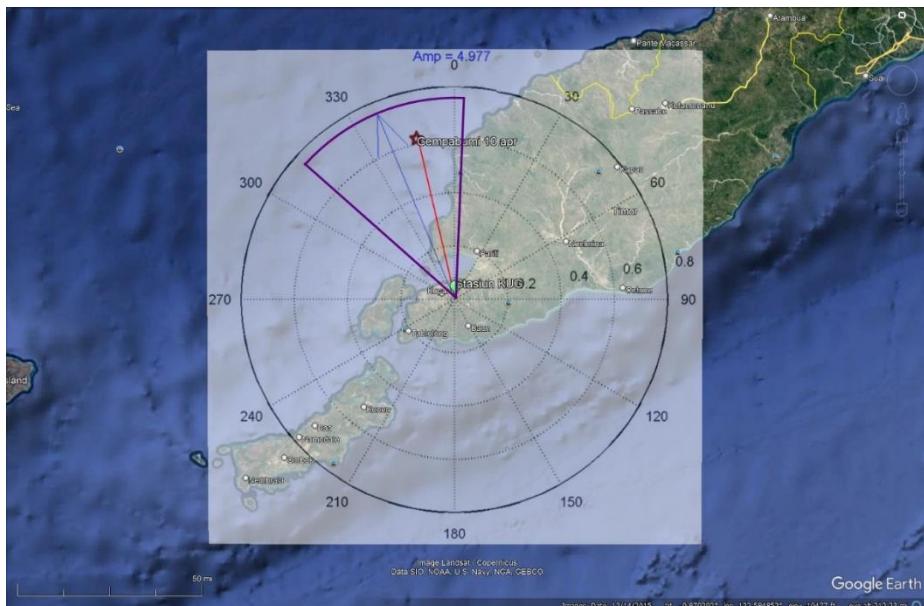
Gambar 5. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 07 April 2023 pukul 09.00 UTC



Gambar 6. Grafik Indeks Dst April 2023



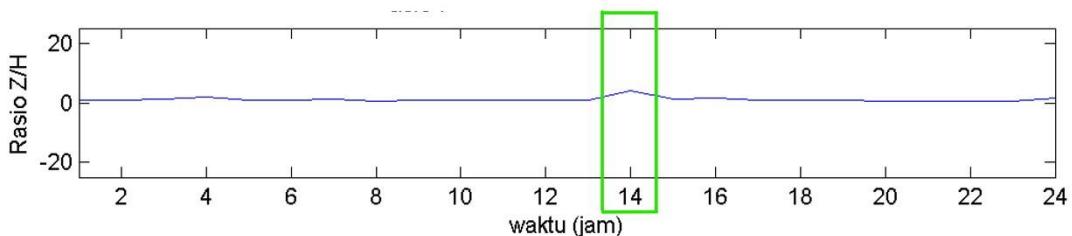
Gambar 7. Arah Azimuth Anomali ULF



Gambar 8. Arah Azimuth Gempabumi 10 April 2023

### 3.3. Analisis Gempabumi 08 Juni 2023

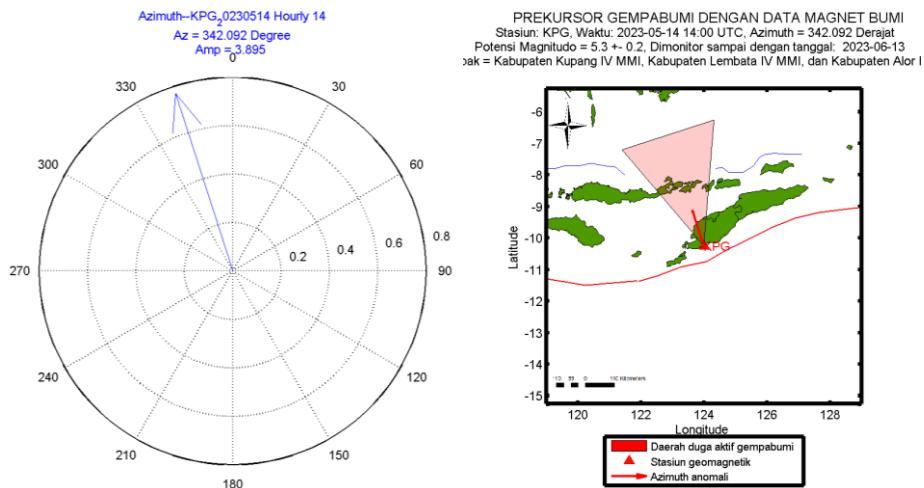
Pada tanggal 08 Juni 2023 terjadi gempabumi dengan magnitudo 3,6 dan kedalaman 47 km dengan koordinat  $09,27^\circ$  LS dan  $123,78^\circ$  BT dan memiliki jarak Episenter ke stasiun adalah 104 km. Berdasarkan hasil pengolahan data magnet, didapatkan anomali pada tanggal 14 Mei 2023 pukul 14.00 UTC yang ditandai dengan warna hijau (Gambar 9) dapat diduga sebagai prekursor gempabumi.



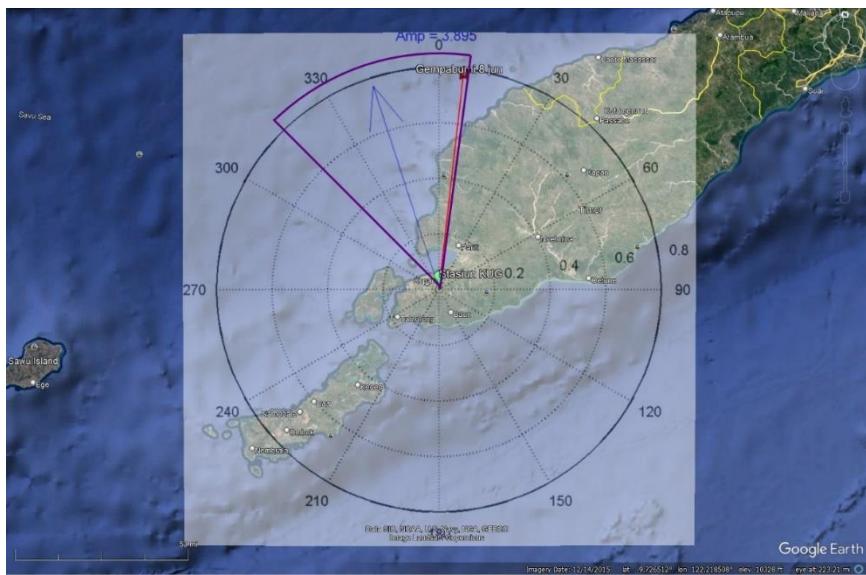
Gambar 9. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 14 Mei 2023 PUKUL 14.00 UTC



Gambar 10. Grafik Indeks Dst Juni 2023



Gambar 11. Arah Azimuth Anomali ULF

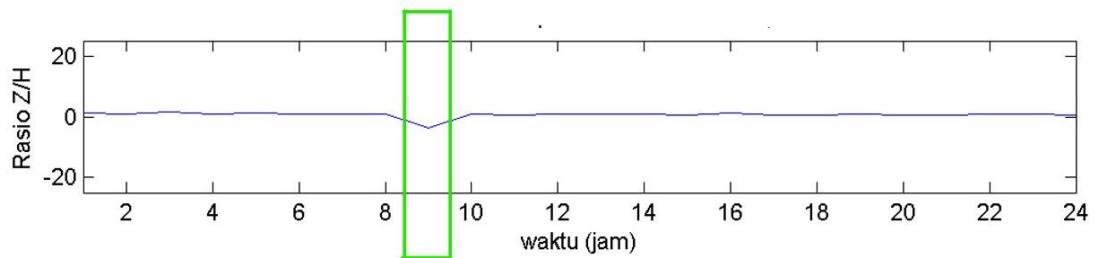


Gambar 12. Arah Azimuth Gempabumi 08 Juni 2023

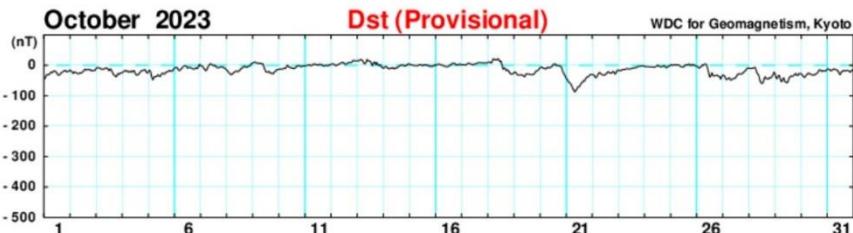
Setelah dianalisis lebih lanjut dengan melihat indeks dst (Gambar 10) dan arah azimuth anomalinya (Gambar 11), kejadian gempabumi tersebut berada dalam daerah toleransi ULF yang ditandai dengan garis ungu (Gambar 12)

### 3.4. Analisis Gempabumi 02 November 2023

Kejadian gempabumi 02 November 2023 dengan magnitudo 6,6 dan kedalaman 10 km dengan koordinat  $10,26^{\circ}$  LS dan  $123,72^{\circ}$  BT berada 18 km dari stasiun pengamat. Berdasarkan hasil pengolahan data terdapat anomali pada tanggal 13 Oktober pukul 09.00 UTC yang ditandai dengan garis hijau (Gambar 13) dan dapat diduga sebagai onset time prekursor gempabumi dimana setelah dianalisis lebih lanjut tidak terdapat badai magnet yang terjadi pada tanggal tersebut (Gambar 14).

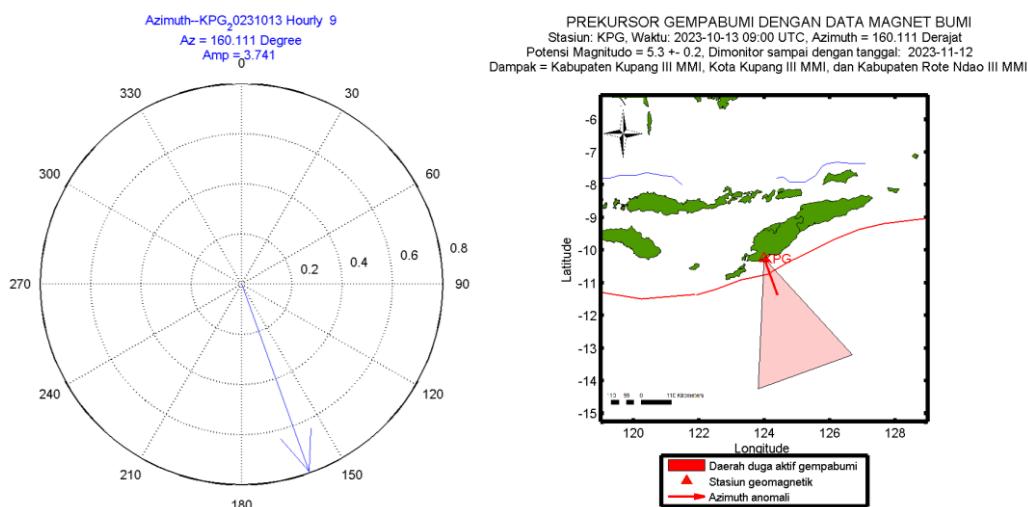


Gambar 13. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 13 Oktober 2023 pukul 09.00 UTC

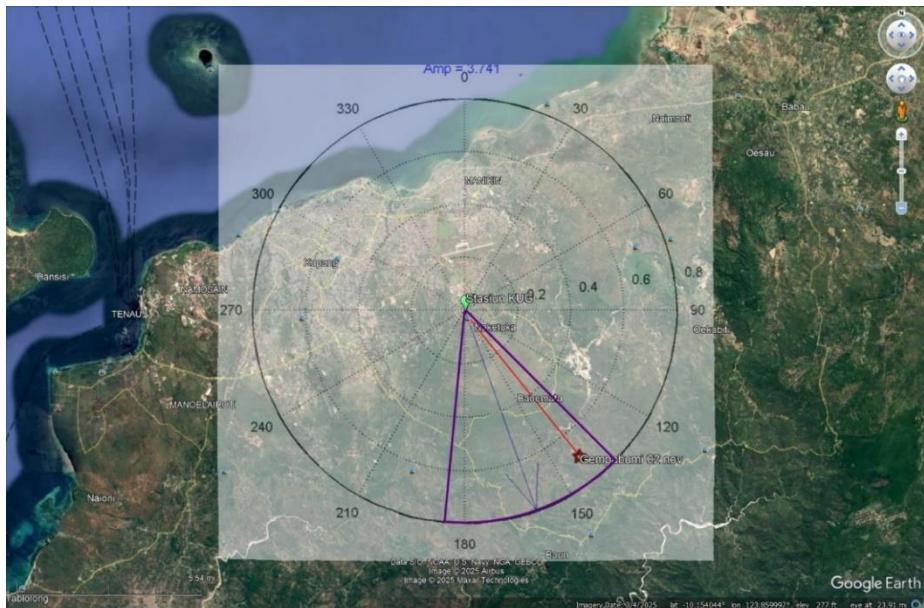


Gambar 14. Grafik Indeks Dst Oktober 2023

Anomali tersebut juga berasosiasi dengan kejadian gempabumi 02 November 2023 dilihat dari arah datangnya dengan azimuth 160,111° (Gambar 15) yang mendekati lokasi kejadian gempa dengan azimuth 142,1° dimana gempa tersebut berada dalam daerah azimuth toleransi ULF ditandai dengan garis ungu (Gambar 16)



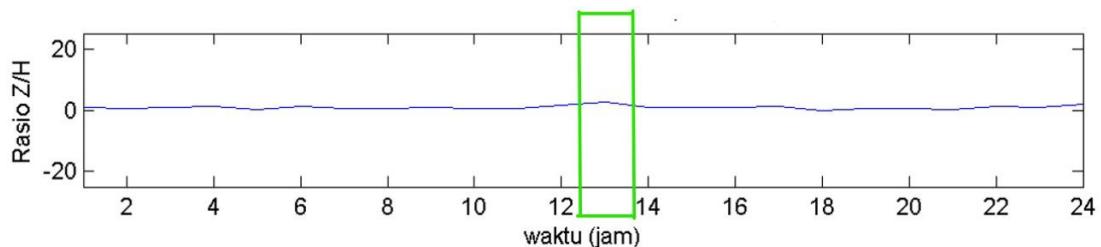
Gambar 15. Arah Azimuth Anomali ULF



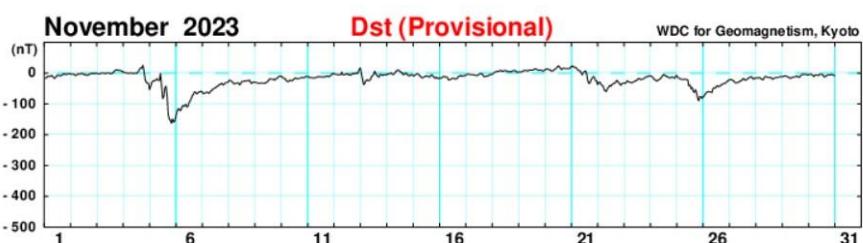
Gambar 16. Arah Azimuth Gempabumi 02 November 2023

### 3.5. Analisis Gempabumi 12 November 2023

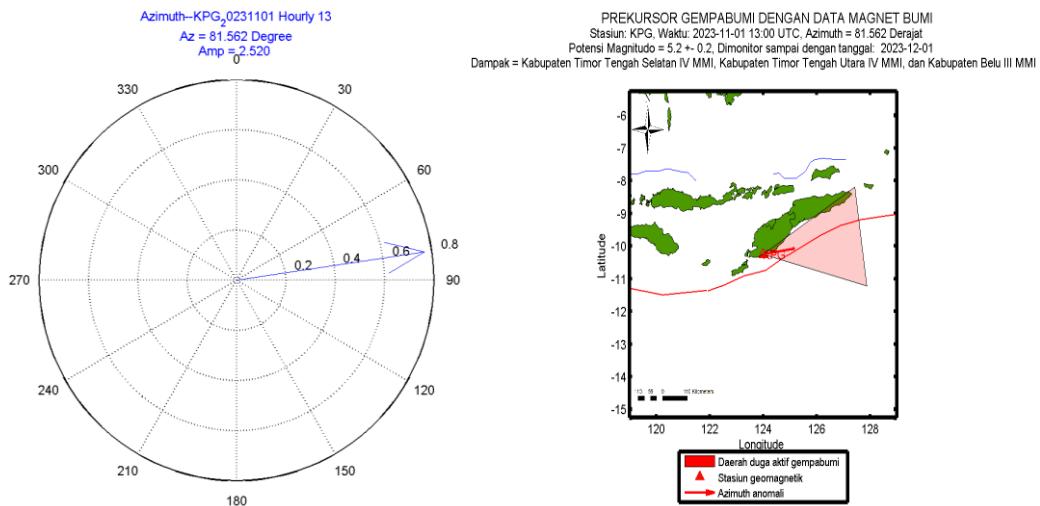
Kejadian gempabumi 12 November 2023 dengan magnitudo 5,4 dan kedalaman 34 km dengan koordinat  $10,18^\circ$  LS dan  $123,74^\circ$  BT dan jarak 7,92 km dari stasiun pengamat. Berdasarkan hasil pengolahan data pada garis hijau menunjukkan terdapat anomali pada tanggal 01 November 2023 pukul 13.00 UTC (Gambar 17). Dilihat pada indeks Dst (Gambar 4.18) tidak terjadi badai magnetik pada tanggal tersebut. Anomali yang diindikasi sebagai prekursor ini memiliki azimuth sebesar  $81,562^\circ$  (Gambar 19) dan azimuth gempa sebesar  $74,41^\circ$  dimana lokasi kejadian gempa berada di daerah azimuth toleransi ULF (Gambar 20)



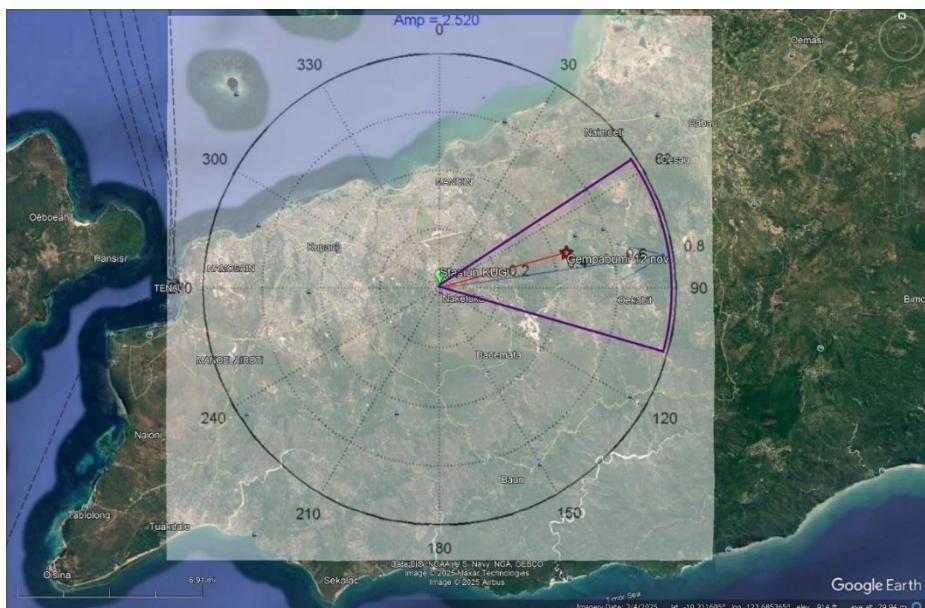
Gambar 17. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 01 November 2023 pukul 13.00 UTC



Gambar 18. Grafik Indeks Dst November 2023



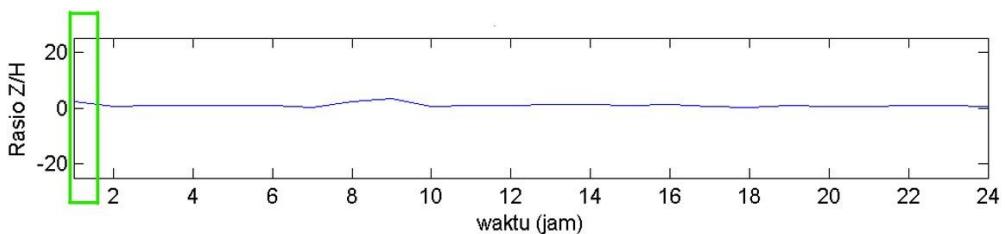
Gambar 19. Arah Azimuth Anomali ULF



Gambar 20. Arah Azimuth Gempabumi 12 November 2023

### 3.6. Analisis Gempabumi 28 Desember 2023

Pada tanggal 28 Desember 2023 terjadi gempabumi dengan magnitudo 5,1 dan kedalaman 34 km dengan koordinat 10,32° LS dan 123,78° BT dan jarak 18 km dari stasiun pengamat. Berdasarkan hasil pengolahan data magnet yang diamati sejak sebelum terjadinya gempabumi, terlihat adanya anomali.

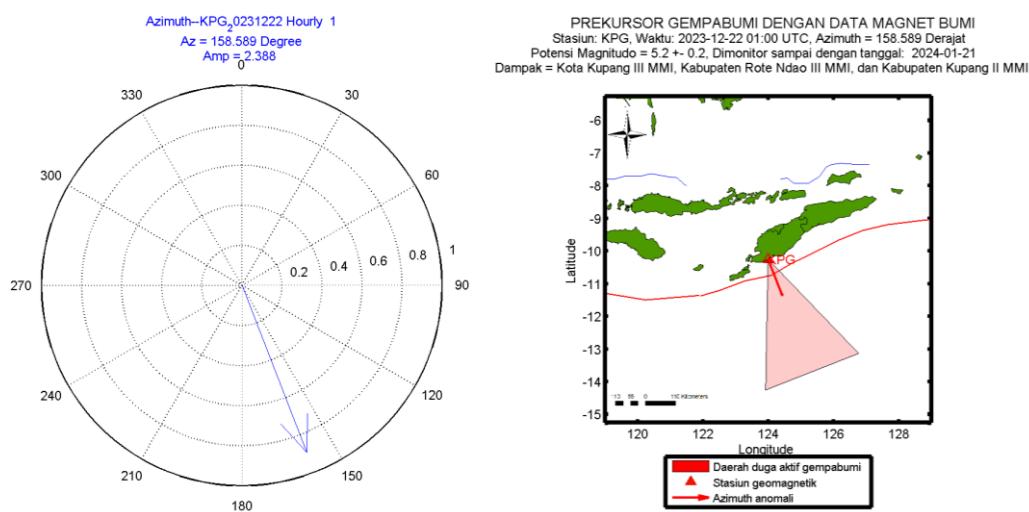


Gambar 21. Grafik Sinyal Anomali Polarisasi Z/H tanggal 22 Desember 2023 pukul 01.00 UTC

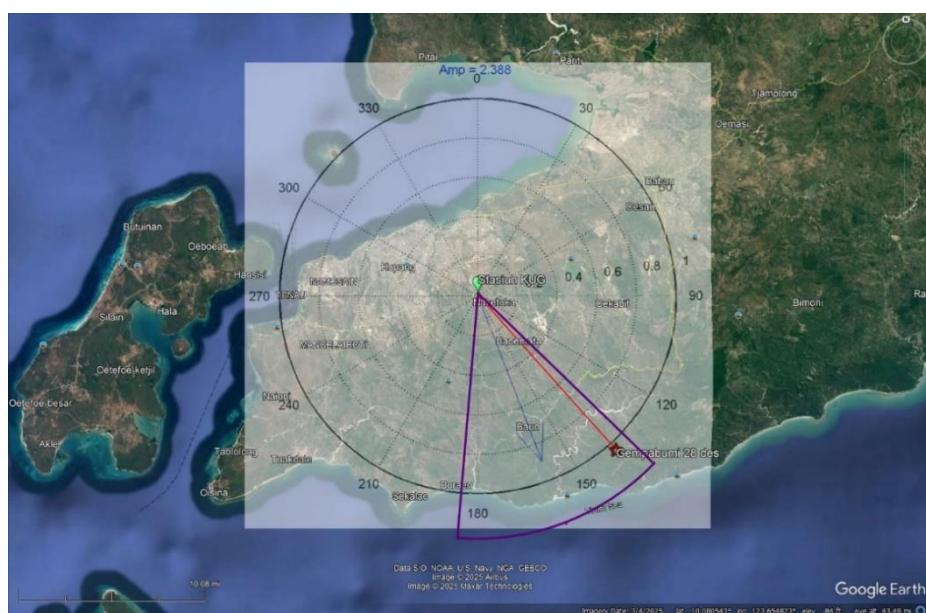


Gambar 22. Grafik Indeks Dst Desember 2023

Anomali pada tanggal 22 Desember 2023 pada pukul 01.00 UTC yang ditandai dengan garis hijau (Gambar 21) dapat diduga sebagai onset time atau waktu mula prekursor gempabumi dimana setelah dianalisis tidak terdapat badai magnetik pada Indeks Dst seperti pada Gambar 22, dimana grafik menunjukkan nilai standar yaitu  $> -50$  nT, pada tanggal tersebut juga terdapat fluktuasi nilai polarisasi Z/H yang melewati batas standar deviasi dengan tinggi amplitudo 2,388 (Gambar 23) dan anomali tersebut juga berasosiasi dengan kejadian gempabumi 28 Desember 2023 dilihat dari arah datangnya dengan azimuth 158,589° yang mendekati lokasi kejadian gempa dengan azimuth 166,704° (Gambar 24).



Gambar 23. Arah Azimuth Anomali ULF



Gambar 24. Arah Azimuth Gempabumi 28 Desember 2023

Dari hasil dan analisis yang didapat, anomali sebagai prekursor gempabumi memiliki *lead time* yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 4.3 dipengaruhi magnitudo dan jarak episenternya.

Tabel 3. Panjang Leadtime pada Setiap Kejadian Gempabumi (waktu UTC)

Tanggal Kejadian Gempabumi	Onset Time	Leadtime (hari)	Depth (km)
19/02/2023	05/02/2023	14	7 km
10/04/2023	07/04/2023	3	65 km
08/06/2023	14/05/2023	17	47 km
01/11/2023	13/10/2023	19	10 km
12/11/2023	01/11/2023	13	34 km
27/12/2023	22/12/2023	5	34 km

Anomali ULF gempa 10 April memiliki *lead time* lebih pendek dibandingkan gempa 02 November. Hal ini disebabkan magnitudo gempa 10 April lebih kecil ( $M = 3,7$ ) sedangkan gempa 02 November memiliki magnitudo yang lebih besar ( $M = 6,6$ ). Gempabumi 20 Februari 2023 dengan episenter 8,77 km memiliki *leadtime* yang lebih lama dibandingkan gempa 10 April 2023. Hal ini dikarenakan jarak episenter gempa 20 Februari 2023 lebih dekat ke stasiun pengamat dibandingkan gempa 10 April 2023. Gempa 20 Februari memiliki jarak 8,77 km, sedangkan gempa 10 April memiliki jarak 70,9 km. Jadi, semakin kecil magnitudo maka semakin pendek *leadtime* anomali ULF dan semakin dekat jarak episenter gempa maka semakin lama *lead time* anomali ULF [11][12].

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data gempabumi dan sinyal magnet yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat indikasi bahwa anomali pada sinyal polarisasi Z/H dapat berfungsi sebagai prekursor gempabumi. Anomali ini terdeteksi beberapa hari sebelum kejadian gempa, di mana analisis menunjukkan adanya fluktuasi yang signifikan. Analisis terhadap indeks Dst menunjukkan bahwa tidak terjadi badai magnetik pada saat terjadinya anomali, yang mendukung hipotesis bahwa sinyal anomali berhubungan dengan kejadian gempabumi. Gempabumi 20 Februari 2023 memiliki *onset time* pada 05 Februari pukul 13.00 UTC, Gempabumi 10 April memiliki *onset time* 07 April 2023 pukul 09.00 UTC, Gempabumi 08 Juni 2023 memiliki *onset time* 14 Mei 2023 pukul 14.00 UTC, Gempabumi 02 November memiliki *onset time* 13 Oktober 2023 pukul 09.00 UTC, Gempabumi 12 November 2023 memiliki *onset time* 01 November 2023 pukul 13.00 UTC, dan Gempabumi 28 Desember 2023 memiliki *onset time* 22 Desember 2023 pukul 01.00 UTC.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. Yulyta, "Analisis Prekursor Gempabumi Wilayah Sumatera Barat Berdasarkan Magnetic Data Acquisition System Periode Juli 2016-Maret 2017," 2017.
- [2] T. Chetia, S. Baruah, S. Baruah, C. Dey, and S. Sharma, "Weibull distribution analysis of precursory time due apparent resistivity anomaly prior to earthquakes in the vicinity of multi-parametric geophysical observatory, Tezpur, India," *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, vol. 11, no. 1, pp. 1093-1114, 2020, doi: 10.1080/19475705.2020.1775714.
- [3] U. Wahyuningsih, S. Rasimeng, and K. Karyanto, "Analisis Anomali Sinyal Ultra Low Frequency Berdasarkan Data Pengukuran Geomagnetik sebagai Indikator Prekursor Gempabumi Wilayah Lampung Tahun 2016," *JGE (Jurnal Geofis. Eksplorasi)*, vol. 4, no. 2, pp. 187-200, Jan. 2020, doi: 10.23960/jge.v4i2.16.
- [4] C. Ramadhani, B. Kanata, A. Zainuddin, and N. M. Seniari, "Analisis Polarisasi Power Rasio Untuk Prekursor Gempa Bumi Lombok 2018," *Jurnal Saintek*, vol. 3, pp. 9-10, 2021.
- [5] S. Nursarifa *et al.*, "Anomali Gas Radon Sebagai Prekursor Gempabumi," *J. Widya ClimaGo*, vol. 2, no. 2, pp. 112-124, 2020.
- [6] M. Hamidi, S. Ahadi, V. Friska, and M. Marzuki, "Investigating ultra-low frequency emissions and total electron content anomalies as earthquake precursors in Sumatra (2019-2020)," *Kuwait J. Sci.*, vol. 51, no. 2, p. 100196, 2024, doi: 10.1016/j.kjs.2024.100196.
- [7] M. Hamidi, E. L. Namigo, and Ma'muri, "Identifikasi Anomali Sinyal Geomagnetik Ultra Low Frequency Sebagai Prekursor Gempabumi dengan Magnitudo Kecil di Wilayah Kepulauan Nias M.," *J. Ilmu Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 53-62, 2018.
- [8] A. Cynthia, *Penentuan Anomali Emisi Ultra Low Frequency (ULF) Sebagai Prekursor Gempabumi (Studi Kasus: Sumber Gempabumi di Wilayah Provinsi Sumatera Barat dan Sekitarnya tahun 2021)* Skripsi. 2021.
- [9] A. Rachman, *Penentuan Magnitudo Gempabumi dengan Menganalisa Amplitudo Anomali Magnetik Prekursor Gempabumi dan Jarak Hypocenter pada Daerah Kupang*. 2017.
- [10] M. Marzuki *et al.*, "ULF geomagnetic anomaly associated with the Sumatra-Pagai Islands earthquake swarm during

2020,” *Contrib. to Geophys. Geod.*, vol. 52, no. 2, pp. 185–207, 2022, doi: 10.31577/congeo.2022.52.2.2.

[11] S. Ahadi *et al.*, “Anomalous ULF Emissions and Their Possible Association with the Strong Earthquakes In Sumatra, Indonesia, during 2007-2012,” *J. Math. Fundam. Sci.*, vol. 47, no. 1, pp. 84–103, 2015, doi: 10.5614/j.math.fund.sci.2015.47.1.7.

[12] M. Hamidi, E. L. Namigo, and Ma’muri, “Analisis Anomali Sinyal Geomagnetik menggunakan Metode Detrended Fluctuation Analysis pada Gempabumi Magnitudo 6,1 di Lebak, Banten,” *J. Ilmu Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 53–62, 2018.