

Analisa Data Radiosonde Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Phyton

Apriadi, Heri Suroyo*

Fakultas Sains Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Bina Darma, Palembang, Indonesia

Email: ¹apriadi984@gmail.com, ²herisuroyo@binadarma.ac.id

Email Penulis Korespondensi: apriadi984@gmail.com

Abstrak—Hasil dari Penelitian menerbangkan sensor radiosonde menggunakan balon totex 200g ini untuk menentukan titik ekstream dari Lapisan Batas Planet (Planetary Boundary Layer) menggunakan metode gradient suhu potensial dari data sensor radiosonde dan mengetahui prosedur penggunaan alat radiosonde untuk mendapatkan data estimasi ketinggian sensor radiosonde dan data lapisan atmosfer ini menghasilkan titik ekstream dari lapisan batas atmosfer yang berbeda – beda, titik ekstream terletak di ketinggian 19.000 sampai 27.000 dengan nilai suhu potensial yang terendah di nilai 0,047593746 sampai yang tertinggi ada di nilai 0,349642987. kemudian hasil titik ekstream dari Planetary Boundary Layer ini akandibuat grafik dengan coding phyton agar mendapatkan titik ekstream yang akurat. Dan Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan informasi tentang Lapisan Batas Planet (Planetary Boundary Layer) di daerah rawan kebakaran dan juga bisadimaanfaatkan oleh klimatologi serta peneliti Planetary Boundary Layer (PBL) dengan menggunakan radiosonde di Indonesia.

Kata Kunci: Planetary Boundary Layer; Radiosonde; Suhu Potensial; EstimasiKetinggian; Daerah Rawan Kebakaran

Abstract—The results of this research are flying a radiosonde sensor using a 200g Totex balloon to determine the extreme point of the Planetary Boundary Layer using the potential temperature gradient method from radiosonde sensor data and knowing the procedure for using a radiosonde tool to obtain radiosonde sensor height estimation data and atmospheric layer data This produces extreme points from different atmospheric boundary layers, the extreme point is located at an altitude of 19,000 to 27,000 with the lowest potential temperature value at 0.047593746 to the highest at 0.349642987. then the results of the extreme points from the Planetary Boundary Layer will be graphed using Phyton coding to get accurate extreme points. And the benefit of this research is to obtain information about the Planetary Boundary Layer in fire-prone areas and can also be used by climatologists and Planetary Boundary Layer (PBL) researchers using radiosondes in Indonesia.

Keywords: Planetary Boundary Layer; Radiosonde; Potential Temperature; Height Estimation; Fire Prone Areas

1. PENDAHULUAN

Lapisan batas planet (PBL) merupakan bagian troposfer yang berinteraksi langsung dengan permukaan bumi dalam beberapa skala waktu [1]. Lapisan ini sangat penting karena merupakan tempat terjadinya proses transformasi energi, massa, dan momentum yang mengatur kondisi cuaca, iklim, dan kualitas udara. Ketinggian PBL bervariasi secara temporal (pagi dan sore) dan spasial (lintang tinggi, lintang tengah, lintang rendah, daratan dan lautan) [2].

Lapisan atmosfer ini sangat penting karena merupakan tempat berlangsungnya proses perpindahan energi, massa, dan momentum antara bumi dan atmosfer, yang mengatur kondisi cuaca, iklim, dan kualitas udara [3]. Ketebalan PBL merupakan parameter penting untuk memahami proses perubahan iklim, cuaca dan kualitas udara[4].

Pengamatan ketinggian merupakan pengamatan yang dilakukan untuk mengamati beberapa parameter meteorologi di luar ruangan, baik secara langsung maupun tidak langsung[5]. Data yang diperoleh dari observasi di ketinggian berguna dalam analisis meteorologi. Pengamatan di ketinggian biasanya dilakukan dengan menggunakan instrumen yang disebut radiosonde. Radiosonde adalah suatu alat yang dibawa oleh balon melewati atmosfer, dilengkapi dengan alat pengukur Suhu Potensial, dan dilengkapi dengan pemancar radio untuk mengirimkan informasi ke stasiun pengamat.[6]

Pengamatan udara dengan radiosonde merupakan salah satu isu terpenting dalam menghasilkan informasi cuaca yang akurat, khususnya di BMKG. Sementara itu, tidak semua stasiun cuaca BMKG melakukan pengamatan udara atas dengan pemuatan balon atmosfer, sehingga mempengaruhi tingkat kepadatan data dan mempengaruhi analisis cuaca yang dihasilkan [7]

Kebutuhan akan informasi lapisan batas planet yang canggih semakin meningkat, terutama di bidang prakiraan cuaca, iklim, polusi udara, dan penerbangan. Namun di Indonesia, data elevasi lapisan batas planet belum tersedia secara spasial dan temporal [8]. Salah satu upaya untuk memperoleh informasi ketinggian lapisan batas planet adalah dengan menggunakan data pengamatan atmosfer vertikal. Ketersediaan data pengamatan atmosfer vertikal radiosonde Indonesia cukup luas, namun belum banyak digunakan untuk menentukan ketinggian lapisan batas planet [9].

Dasar penentuan atau pendugaan ketinggian lapisan batas planet dari data radiosonde umumnya masih bersifat subjektif, yaitu pengamatan visual terhadap profil vertikal suhu, Tekanan, dan Ketinggian. [10]. Untuk menentukan tinggi Planetary Boundary Layer secara obyektif dapat didekati dengan metode gradien, salah satunya adalah Gradien Theta atau Suhu Potensial (θ) [11].

Penelitian ini untuk menentukan titik ekstream dari Lapisan Batas Planet dengan menerbangkan sensor radiosonde menggunakan balon totex 200g yang diisi dengan gas hydrogen menggunakan gradient suhu potensial dari data sensor radiosonde yang telah diterbangkan [12]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisa data radiosonde untuk mengetahui lapisan Planetary Boundary Layer dan mengetahui prosedur penggunaan alat radiosonde untuk mendapatkan data lapisan atmosfer yang terdiri dari suhu, kelembapan udara, dan theta (suhu potensial) [13]

Keuntungan dari penelitian ini adalah memperoleh informasi mengenai keadaan struktur vertikal awan di Indonesia. Selain itu, ahli iklim dan ilmuwan lapisan batas planet (PBL) yang menggunakan radiosonde di Indonesia juga dapat menggunakan penelitian ini [14]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang berarti informasi yang dikumpulkan oleh peneliti berdasarkan sensor radiosonde saat diterbangkan bersama balon totex 200g dan metode riset yang digunakan ini menggunakan metode gradient theta yang artinya untuk menentukan Planetary Boundary Layer (PBL) ini setelah mendapatkan hasil ketinggian dan hasil suhu potensial ini akan diolah kembali menggunakan coding phyton untuk mendapatkan hasil yang tepat antara hasil ketinggian dan hasil suhu potensial [15]. Para peneliti tidak memanipulasi atau mengontrol variabel penelitian. Pelaporan data adalah informasi yang dikumpulkan oleh peneliti berdasarkan peristiwa alam saat ini peneliti segera memahami topik penelitian atau kaitan asosiasi yang terkait dengan berupa angka dari kecepatan angin, ketinggian balon, suhu, kelembapan udara, dan theta [16].

2.1 Tahapan penelitian

Penelitian untuk menganalisis data radiosonde guna menentukan titik ekstrem pada Planetary Boundary Layer (PBL) melibatkan serangkaian tahapan. Planetary Boundary Layer adalah lapisan atmosfer yang paling dekat dengan permukaan Bumi, dan memahaminya sangat penting dalam pemahaman perubahan iklim dan kondisi cuaca [17]. Berikut adalah tahapan-tahapan umum dalam proses penelitian ini:

2.1.1 Analisis kebutuhan

Untuk menentukan Planetary Boundary Layer (PBL) menggunakan alat radiosonde, Anda akan memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak tertentu. Berikut adalah daftar kebutuhan software dan hardware yang Anda perlukan:

a. Perangkat Keras (Hardware)

1. Laptop
2. Vaisala Receiver (Antena, Control Box, Processing Unit)
3. Radiosonde RS92
4. Balon Totex 200g
5. Gas Hidrogen
6. AWS (Automatic Weather Station)
7. Handy Talky
8. Filler
9. Cable Ties

b. Perangkat Lunak (Software)

1. Sistem Operasi DigiCora Sounding System MW-41
2. Microsoft Office Excel sebagai aplikasi pengolahan data phyton untuk pembuatan grafik PBL

2.1.2 Pengumpulan data

Metode Pengumpulan Data ini dengan cara menerbangkan Radiosonde RS92 menggunakan Balon Totex 200g yang diisi dengan gas hidrogen sebanyak lebih kurang 1 m^3 . Saat balon naik, radiosonde mengirimkan data secara terus-menerus ke stasiun penerima di darat atau melalui transmisi radio. Radiosonde akan mengukur parameter atmosfer saat naik melalui lapisan-lapisan atmosfer yang berbeda. data yang dikumpulkan berupa data ketinggian, tekanan, dan suhu [18]

2.1.3 Pemrosesan data

Data yang terkumpul akan diolah menggunakan excel dan pembuatan grafik dari data yang telah diolah dari excel tadi akan dibuat menggunakan phyton/google colab melalui matplotlib dan pandas [19].

2.1.4 Pengujian data

Pada tahap ini pengujian data PBL dilakukan hingga diperoleh hasil yang diinginkan dan seluruh data PBL bekerja dengan baik. Ketika data PBL telah selesai dengan hasil yang diinginkan laporan dan kesimpulan dibuat sehingga hasil dari data PBL dapat dipertimbangkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang telah dikumpulkan dari sensor radiosonde lalu diolah menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Setelah melakukan penerbangan sensor radiosonde dengan menggunakan balon totex 200g, data awal yang didapat itu hanya data ketinggian (Z), tekanan (P) dan suhu (T)

Kemudian untuk mencari theta/suhu potensial, kita harus mencari menggunakan rumus dan rumus untuk mencari

Kelembapan Suhu Potensial adalah sebagai berikut :

$$\theta = (T + 273,15) * \left(\frac{1011,4}{P}\right)^{0,286} \quad (1)$$

Keterangan :

T : Suhu Udara (°K)

P : Tekanan Udara

θ : Suhu Potensial /Theta

Contoh :

T : 24,6

P : 1012,1

Rumus :

$$\theta = (T + 273,15) * \left(\frac{1011,4}{P}\right)^{0,286}$$

Jawaban :

$$\theta = (24,6 + 273,15) * \left(\frac{1011,4}{1012,1}\right)^{0,286}$$

$$\theta = 297,5 * \left(\frac{1011,4}{1012,1}\right)^{0,286}$$

$$\theta = 297,5 * 0,99802$$

$$\theta = 297,75$$

Selanjutnya itu adalah tahap mencari delta dalam ketinggian dan theta,. Di sini, d θ (delta theta) adalah perubahan theta antara dua ketinggian tertentu (biasanya diukur dalam derajat Celsius), dan dz (delta ketinggian) adalah perubahan ketinggian (biasanya dalam meter).

Rumus untuk mencari d θ dan dz adalah sebagai berikut

$$d\theta = \text{Theta 2} - \text{Theta 1} \quad (2)$$

$$dz = \text{Ketinggian 2} - \text{Ketinggian 1} \quad (3)$$

Contoh d θ :

Theta 1 = 297,75

Theta 2 = 298,0584

Rumus :

$$d\theta = \text{Theta 2} - \text{Theta 1}$$

Jawaban :

$$d\theta = 298,0584 - 297,75$$

$$d\theta = 0,308$$

Contoh dz :

Ketinggian 1 = 29m

Ketinggian 2 = 36m

Rumus :

$$dz = \text{Ketinggian 2} - \text{Ketinggian 1}$$

Jawaban :

$$dz = 36\text{m} - 29\text{m}$$

$$dz = 7\text{m}$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung ketinggian planetary boundary layer dengan menentukan titik ekstrem seperti ketika PBL sangat rendah (misalnya, selama kondisi cuaca inversion di mana lapisan udara hangat berada di atas lapisan udara dingin yang lebih rendah), atau ketika PBL sangat tinggi (misalnya, selama cuaca yang sangat panas dan kering).

Rumus untuk menghitung Ketinggian Planetary Boundary Layer h_{θ} :

$$h_{\theta} = \frac{d\theta}{dz} \quad (4)$$

Keterangan :

d θ : Data Hasil θ ke 2 - Data Hasil θ ke 1

dz : Data Hasil Ketinggian ke 2 - Data Hasil Ketinggian ke 1

Contoh h_{θ} :

$$d\theta = -0,233$$

$$dz = 7\text{m}$$

Rumus :

$$h\theta = \frac{d\theta}{dz}$$

Jawaban :

$$h\theta = \frac{-0,233}{7}$$

$$h\theta = -0,0332$$

Tabel 1. Hasil dari Rumus – rumus untuk mencari titik ekstream suatu PBL

Ketinggian(Z)	Suhu(T)	Tekanan (P)	Theta
29	24,6	1012,1	297,75
36			298,0584
Delta Theta	Delta z	dθ/dz	
0,308	7	-0,0332	

Setelah hasil data dari rumus diatas telah selesai, data itu akan disimpan kedalam file Microsoft excel kemudian dimasukkan ke dalam coding phyton untuk membuat grafik Planetary Boundary Layer.

3.1 Membuat Grafik Planetary Boundary Layer Dengan Menggunakan Coding Phyton

Pembuatan grafik planetary boundary layer (PBL) dalam Python melibatkan penggunaan perangkat lunak seperti Matplotlib, Pandas, dan pengolahan data yang sesuai. berikut adalah langkah langkah membuat grafik planetary boundary layer menggunakan coding phyton/google colab :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('contohdata.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-15_0600 UTC')
plt.xlabel('Suhu Potensial')
plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

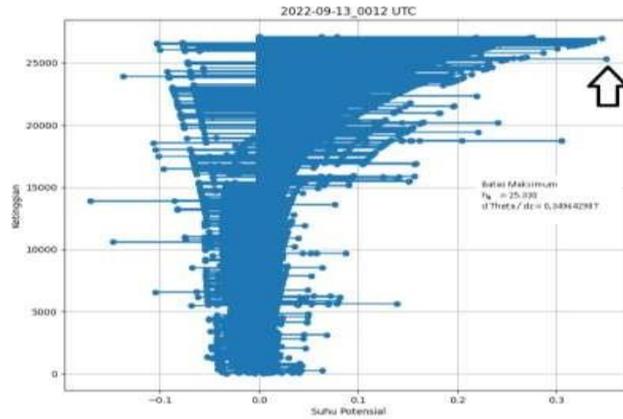
Setelah di analisis, Codingan grafik dan Hasil data grafik gradient Kelembapan Suhu Potensial adalah sebagai berikut:

a. Tanggal 13 September 2022 Jam 07.00 Pagi

Untuk membuat grafik Planetary Boundary Layer ini dapat dibuat dengan menggunakan coding sebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('theta1.xlsx')
plt.figure(figsize=(10,8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-13_0012 UTC')
plt.xlabel('SuhuPotensial')
plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstream dari Planetary Boundary Layer tersebut untuk Tanggal 13 September 2022 Jam 07.00 Pagi adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik θ /Suhu Potensial Tanggal 13 September 2022 Jam 07.00 Pagi

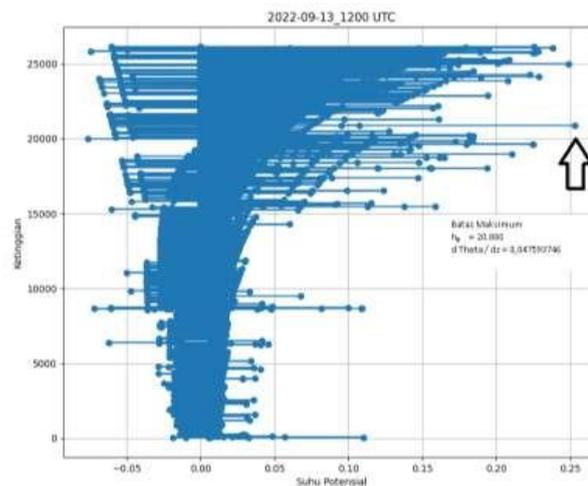
Hasil test dari titik ekstrem Kelembapan θ / Suhu Potensial pagi ini mendapatkan hasil Ketinggian Maksimum h_0 25.330m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,349642987

b. Tanggal 13 September 2022 Jam 19.00 Malam

Untuk Grafik pada Tanggal 13 September 2022 Jam 19.00 Malam ini adalah sebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('theta2.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-13_12.00 UTC')
plt.xlabel('SuhuPotensial')
plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstrem dari Planetary Boundary Layer tersebut untuk Tanggal 13 September 2022 Jam 19.00 Pagi adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik θ /Suhu Potensial Tanggal 13 September 2022 Jam 19.00 Malam

Hasil test dari Kelembapan θ / Suhu Potensial malam ini mendapatkan hasil Ketinggian Maksimum h_0 20.880 m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,047593746

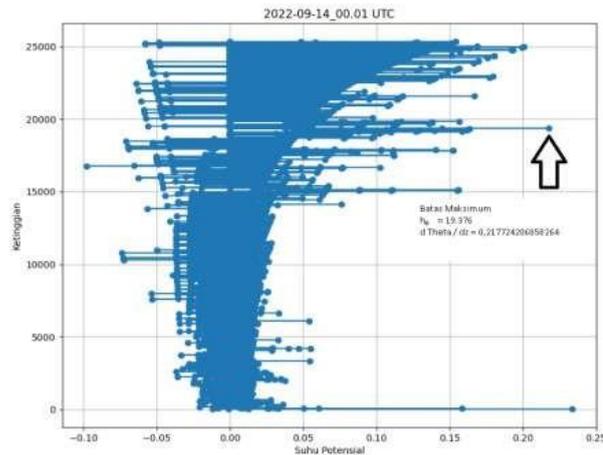
c. Tanggal 14 September 2022 Jam 07.00 Pagi

Untuk Grafik pada Tanggal 14 September 2022 Jam 07.00 Malam ini adalah sebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
```

```
df = pd.read_excel('theta3.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-14_00.01 UTC')
plt.xlabel('Suhu Potensial')
plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstream dari Planetary Boundary Layer tersebut untuk Tanggal 14 September 2022 Jam 07.01 Pagi adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik θ / Suhu Potensial Tanggal 14 September 2022 Jam 07.00 Pagi

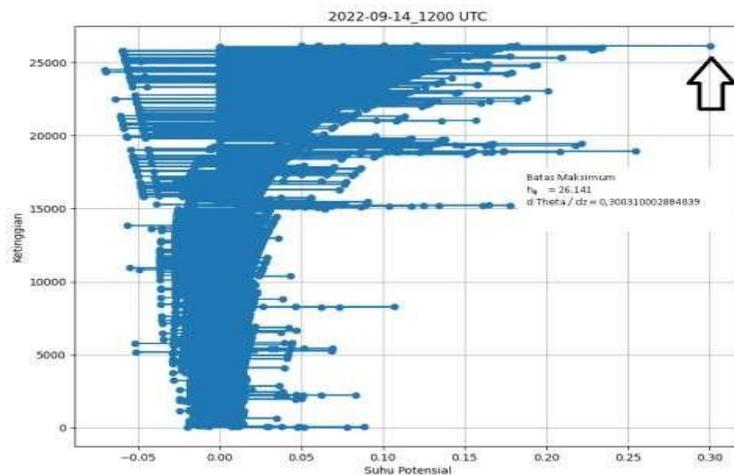
Hasil test dari Kelembapan θ / Suhu Potensial pagi ini mendapatkan hasil Ketinggian Maksimum h_0 19.376m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,2177242068582.

d. Tanggal 14 September 2022 Jam 19.00 Malam

Untuk Grafik pada Tanggal 14 September 2022 Jam 19.00 Malam ini adalah sebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('theta4.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-14_12.00 UTC')
plt.xlabel('SuhuPotensial')plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstream dari Planetary Boundary Layer tersebut untuk Tanggal 14 September 2022 Jam 19.00 Pagi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik θ / Suhu Potensial Tanggal 14 September 2022 Jam 19.00 Malam

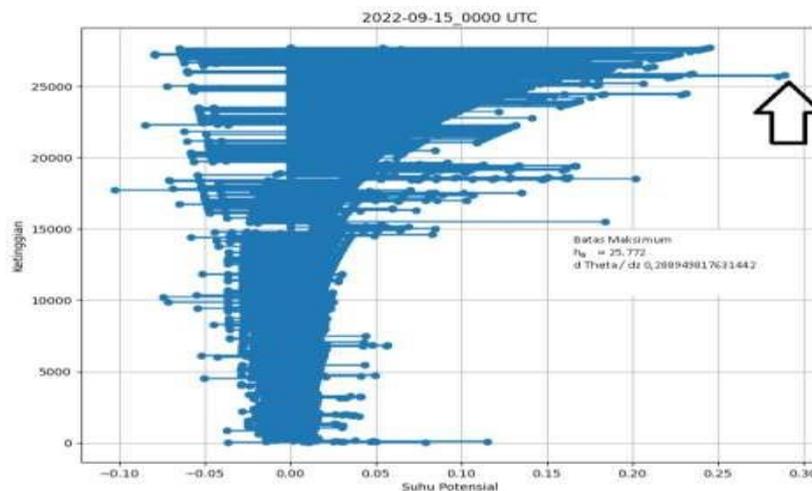
Hasil test dari Kelembapan θ / Suhu Potensial pagi ini mendapatkan hasil Ketinggian Maksimum h_0 26.141m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,300310002884839

e. Tanggal 15 September 2022 Jam 07.00 Pagi

Untuk Grafik pada Tanggal 15 September 2022 Jam 07.00 Malam ini adalah sebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('theta5.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-15_00.00 UTC')
plt.xlabel('SuhuPotensial')plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstream dari Planetary Boundary Layertersebut untuk Tanggal 15 September 2022 Jam 07.00 Pagi adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik θ / Suhu Potensial Tanggal 15 September 2022 Jam 07.00 Pagi

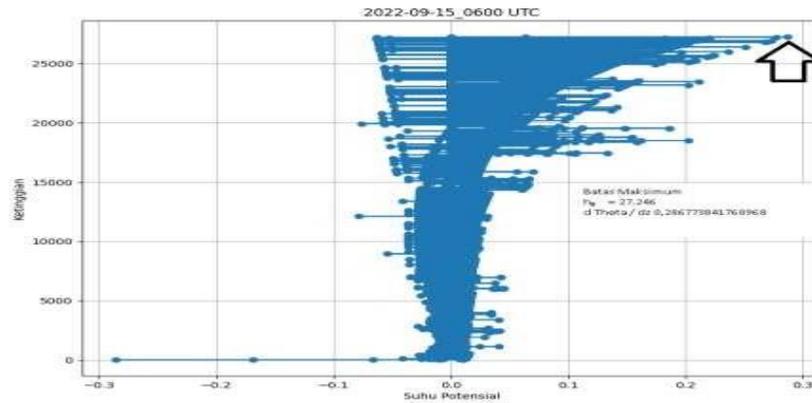
Hasil test dari Kelembapan θ / Suhu Potensial pagi ini mendapatkan hasil Ketinggian Planetary Boundary Layer h_0 25.772m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,288949817631442

f. Tanggal 15 September 2022 Jam 13.00 Siang

Untuk Grafik pada Tanggal 15 September 2022 Jam 07.00 Malam ini adalahsebagai berikut :

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
df = pd.read_excel('theta6.xlsx')
plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.plot(df['dTheta'], df['Ketinggian'], marker='o', linestyle='-',)
plt.title('2022-09-15_13.00 UTC')
plt.xlabel('Suhu Potensial')
plt.ylabel('Ketinggian')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Dan hasil grafik untuk menentukan titik ekstream dari Planetary Boundary Layertersebut untuk Tanggal 15 September 2022 Jam 13.00 Pagi adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik θ / Suhu Potensial Tanggal 15 September 2022 Jam 13.00 Siang

Hasil test dari Kelembapan θ / Suhu Potensial pagi ini mendapatkan hasil Ketinggian Maksimum h_0 27.246m dan $d\theta / dz$ dengan hasil 0,2867738417.

4. KESIMPULAN

Dari analisa dan hasil pembahasan yang telah dilakukan setelah 4 hari penerbangan radiosonde dapat disimpulkan bahwa dalam observasi udara atas sangat diperlukan ilmu meteorologi untuk memahami berbagai keadaan unsur- unsur cuaca, Pengoperasian alat yang digunakan dalam observasi meteorologi udara atas yaitu Radiosonde diawali dengan mengisi balon dengan gas dan pengecekan layak tidaknya Radiosonde untuk dioperasikan. Setelah radiosonde dipasangkan pada balon lalu diterbangkan, observer akan menunggu data yang akan tertera pada komputer. Dan data hasil observasi udara atas yang akan tertera pada Upper AirSounding Software di layar komputer yang berisi tekanan, suhu, dan ketinggian. Dari data hasil radiosonde diatas ketinggian maksimum terbang nya balon radiosonde yang tertinggi adalah di tanggal 15 September 2022 Jam 13.00 siang (06.00 UTC) yang mencapai 27.246 m., Ketinggian Planetary Boundary Layer yang dihitung menggunakan metode suhu potensial adalah di ketinggian 19.000 m sampai 27.500 m dengan nilai suhu potensial yang terendah di nilai 0,047593746 sampai yang tertinggi ada di nilai 0,349642987, Dan Ketinggian Planetary Boundary Layer pada malam hari umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan pagihari

REFERENCES

- [1] H. E. Susilo, "ANALISIS KEBUTUHAN TEKNIS UNTUK RANCANGAN KERANGKA STANDAR NASIONAL INDONESIA PADA PRODUK RADIOSONDE Analysis of Technical Requirements Framework of National Standard Indonesia on Radiosonde Products," Prosiding PPIS , vol. 4, no. 1, pp. 151–162, 2021, doi: 10.30812/adma.v4i1.2963.
- [2] T. Sinatra, G. Ari Nugroho, S. Aulia Rahayu, and Noerosmadi, "KARAKTERISTIK KETEBALAN LAPISAN BRIGHT BAND HASIL MODEL PROFIL REFLEKTIVITAS DAN GRADIEN REFLEKTIVITAS (CHARACTERISTIC OF BRIGHT BAND THICKNESS BASED ON VERTICAL PROFILE OF REFLECTIVITY AND GRADIENT REFLECTIVITY MODELS)," Jurnal Sains Dirgantara , vol. 17, no. 2, pp. 109–120, Nov. 2020, doi: 10.30536/j.jsd.2020.v17.a3253.
- [3] W. Qordowi, "ANALISIS KONDISI ATMOSFER TERKAIT KEJADIAN BANJIRMENGGUNAKAN DATA RADIOSONDE DAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 (STUDI KASUS : SUNGAILIAT, KABUPATEN BANGKA TANGGAL 12 FEBRUARI 2018)," Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2018, pp. 277–286, 2018. [Online]. Available: www.bangkapos.com
- [4] R. Wijatmiko Saragih, A. Sri Asmita, and A. Rahmawaty Widayana, "Analisis Kondisi Atmosfer, Indeks Labilitas, dan Citra Satelit Saat Kejadian Puting Beliung di Pontianak Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020)," Jurnal Fisika, vol. 10, no. 2, pp. 62–71, 2020.
- [5] A. Andi Rusdin, P. Palloan, and A. Prasetyo, "Uji Akurasi Ambang Batas Indeks Stabilitas Atmosfer terhadap Pembentukan Thunderstorm dan Awan Cumulonimbus di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin," Jurnal Fisika Unand (JFU), vol. 12, no. 2, pp. 269–275, Mar. 2023, doi: 10.25077/jfu.12.2.269-275.2023.
- [6] E. Fibriantika and R. Indra Alhaqq, "PROFIL VERTIKAL ATMOSFER SELAMA AKTIFITAS SIKLON TROPIS CEMPAKA DAN DAHLIA," Jurnal Meteorologi dan Geofisika, vol. 19, no. 2, p. 49, Jul. 2019, doi: 10.31172/jmg.v19i2.589.
- [7] D. JAELANI HIDAYAT, A. TRI SUTANTO, A. MAULANA RAFI, and G. KRISNA LINGGA ADITAMA, "RANCANG BANGUN SISTEM RADIOSONDE UNTUK PENGAMATAN PROFIL UDARA ATAS," Prosiding Seminar Bumi dan Atmosfer STMKG, pp. 568–575, 2018.
- [8] S. Prasetyo, I. Rumahorbo, U. Hidayat, and N. Sagita, "ANALISIS KONDISI ATMOSFER PADA KEJADIAN HUJAN ES (STUDI KASUS: BOGOR, 23 SEPTEMBER 2020)," Prosiding Seminar Nasional Kahuripan I, pp. 295–300, Oct. 30, 2020.
- [9] R. Lucky Hartanto, P. Umar Firdianto, A. FADLAN Prodi Meteorologi Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jl Perhubungan, P. Betung, and P. Aren Bintaro -Tangerang Selatan, "KARAKTERISTIK LAPISAN BATAS ATMOSFER SAAT KEJADIAN HUJAN LEBAT DI BANDARA SOEKARNO-HATTA (Studi Kasus : 5 Februari 2018)," vol. 3, no. 2, pp. 75–83, 2019. [Online]. Available: <https://ready.arl.noaa.gov/ready2-bin/listarcfile.pl?product=>
- [10] A. Kristianto and A. Puspa Rani, "KAITAN KETINGGIAN LAPISAN BATAS ATMOSFER DENGAN KONDISI CUACA BERDASARKAN PROFIL ANGIN VERTIKAL BERBASIS PENGAMATAN RADISONDE, RADAR CUACA DAN KELUARAN MODEL WRF-ARW," Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2018, [Online].

- Available: <http://rda.ucar.edu/>
- [11] V. Fitriani, A. Bey, and T. June, “ESTIMASI KETINGGIAN PLANETARY BOUNDARY LAYER INDONESIA MENGGUNAKAN DATA ECMWF REANALYSIS ERA-INTERM,” *Meteorologi dan Geofisika*, vol. 18, no. 2, pp. 21–31, 2017, [Online]. Available: <http://apps.ecmwf.int>.
 - [12] S. M. Rival and A. Fauzi Ikhsan, “Rancang Bangun Muatan Balon Atmosfer untuk Pengukuran Temperatur, Tekanan, Kelembaban, Posisi dan Ketinggian, serta Pengiriman Data Ke Ground Control Station (GCS),” *Jurnal FUSE-TE*, vol. 1, no. 1, pp. 46–53, Jun. 2021.
 - [13] H. Wicaksono, F. Rafsanjani Sadarang, and A. Fadlan i, “ANALISIS HUJAN ES DI KOTA LUBUKLINGGAU DENGAN MEMANFAATKAN DATA CITRA SATELIT HIMAWARI-8 DAN RADIOSONDE,” *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*, pp. 130–140, 2018. [Online]. Available: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
 - [14] Y. Sholachuddin et al., “PENGUKURAN TEKAPAN UDARA, SUHU, DAN KELEMBAPAN ATMOSFER VERTIKAL MENGGUNAKAN RAWINSONDA PADA FREKUENSI 433 MHZ,” *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politines*, vol. 3, pp. 413–428, 2020.
 - [15] A. V. Noang, Y. S. Putra, and R. Adriat, “Analisis Karakteristik Udara Atas Wilayah Bandar Udara Internasional Supadio Berdasarkan Data Radiosonde,” *PRISMA FISIKA*, vol. 9, no. 1, pp. 48–54, 2021.
 - [16] S. Alfiandy et al., “Analisis Iklim Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan Data Pemantau Cuaca Otomatis BMKG,” *Buletin GAW Bariri*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, Jun. 2020.
 - [17] D. Aji Pangestu, N. Hayati, and Fauziah, “AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA EDUKASI MENGENAI LAPISAN ATMOSFER MENGGUNAKAN ALGORITMA FAST CORNER,” *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 67–78, 2020.
 - [18] N. D. Ulhaq and Y. D. Haryanto, “Pemanfaatan Data Satelit Cuaca Himawari-8 dan Radiosonde Dalam Analisis Hujan Lebat (Studi Kasus: Cilacap, 13 Januari 2021),” *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 24, no. 2, pp. 69–77, Aug. 2022, doi: 10.56064/jps.v24i2.671.
 - [19] S. Junaidi, M. Devegi, and H. Kurniawan, “Pelatihan Pengolahan dan Visualisasi Data Penduduk Menggunakan Python,” *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 151–162, 2023, doi: 10.30812/adma.v4i1.2963.
 - [20] I. Fadhlurrohman, I. Wijayanto, and R. Patmasari, “ANALISIS SINYAL GELOMBANG OTAK ALPHA, BETA DAN THETA TERHADAP KEJUJURAN MAHASISWA MENGGUNAKAN SINYAL EEG 5 KANAL,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 4576–4582, 2018.