

Estimasi Ketinggian Planetary Boundary Layer Berdasarkan Data Radiosonde Menggunakan Metode Gradien Vertikal Suhu Udara

Mantara^{*}, Jemakmun, Firamom Syakti, Merry Agustina

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

Email: ¹*mantara.trpb@gmail.com, ²jemakmun@binadarma.ac.id, ³firamom@binadarma.ac.id, ⁴merry_agst@binadarma.ac.id

Email Penulis Korespondensi: mantara.trpb@gmail.com

Abstrak—Bagian troposfer yang dikenal sebagai Planetary Boundary Layer (PBL), yang dipengaruhi langsung oleh permukaan bumi, memiliki peran penting dalam iklim, cuaca, dan kualitas udara. Banyak penelitian yang berhasil mengidentifikasi ketinggian PBL menggunakan data observasi seperti data radiosonde. Berdasarkan data yang ada, di Sumatera Selatan seluas 736.587 Ha lahan yang terbakar pada tahun 2015. Jika dibandingkan dengan kabupaten lain, OKI merupakan salah satu daerah yang paling banyak mengalami kebakaran, yaitu seluas 377.365 Ha lahan di OKI telah terbakar. Sebanyak 361.857 Ha lahan terbakar pada tahun 2019. Wilayah yang paling banyak terjadi kebakaran dengan luas 204.974 Ha masih Kabupaten OKI. Pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Untuk menentukan ketinggian PBL pada penelitian ini menggunakan metode gradien vertikal suhu udara. Dari data hasil radiosonde ketinggian maksimum balon radiosonde pada tanggal 13 september 2022 (00:12 UTC) adalah 26.257 mdpl dan (12:00 UTC) adalah 26.151 mdpl, pada tanggal 14 september 2022 (00:01 UTC) adalah 25.355 mdpl dan (12:00 UTC) adalah 26.182 mdpl, pada tanggal 15 september 2022 (00:00 UTC) adalah 27.723 mdpl dan (06:00 UTC) adalah 27.250 mdpl. Berdasarkan pada grafik gradien suhu dapat dilihat ketinggian PBL terendah yaitu pada ketinggian 1.807 mdpl dan ketinggian PBL tertinggi yaitu pada ketinggian 2.884 mdpl.

Kata Kunci: Planetary Boundary Layer; Troposfer; Radiosonde; Gradien Vertikal; Suhu Udara

Abstract—The part of the troposphere known as the Planetary Boundary Layer (PBL), which is directly influenced by the Earth's surface, has an important role in climate, weather and air quality. Many studies have succeeded in identifying the height of PBL using observational data such as radiosonde data. Based on existing data, in South Sumatra an area of 736,587 hectares burned in 2015. When compared to other districts, OKI is one of the areas that experienced the most fires, namely 377,365 hectares of land in OKI were burned. A total of 361,857 Ha of land burned in 2019. The area with the most fires with an area of 204,974 Ha is still OKI Regency. In this study using a descriptive method with a quantitative approach. To determine the height of the PBL in this study using the air temperature vertical gradient method. From the results of radiosonde data the maximum height of the radiosonde balloon on September 13, 2022 (00:12 UTC) is 26,257 masl and (12:00 UTC) is 26,151 masl, on September 14, 2022 (00:01 UTC) is 25,355 masl and (12:00 UTC) is 26,182 masl, on September 15 2022 (00:00 UTC) is 27,723 masl and (06:00 UTC) is 27,250 masl. Based on the temperature gradient graph, it can be seen that the lowest PBL height is at 1,807 masl and The highest PBL is at an altitude of 2,884 masl.

Keywords: Planetary Boundary Layer; Troposphere; Radiosonde; Vertical Gradient; Air Temperature

1. PENDAHULUAN

Pengetahuan memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Permintaan akan pengetahuan semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Terutama, informasi tentang pengukuran parameter udara di lapisan atas atmosfer menjadi hal yang krusial, di mana pengukuran parameter ini dilakukan secara vertikal, termasuk tekanan udara, suhu, kelembaban, dan profil angin. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia pengamatan udara atas adalah pengukuran meteorologi langsung yang dilakukan di atmosfer terbuka dengan menggunakan pesawat roket dan sarana lainnya, atau pengamatan tidak langsung yang dilakukan dengan melepaskan alat ke dalamnya kondisi atmosfer ratusan hingga ribuan kilometer di atas permukaan bumi berdampak signifikan terhadap kondisi cuaca di permukaan planet. Pengamatan udara yang lebih tinggi dilakukan untuk menentukan keadaan atmosfer di lapisan ini. Untuk mengukur massa udara dan kelembaban secara bersamaan, pengamatan udara bagian atas sangat penting untuk prakiraan cuaca dalam skala dunia [1]. Bagian troposfer yang dikenal sebagai *Planetary Boundary Layer* (PBL), yang dipengaruhi langsung oleh permukaan bumi, memiliki peran penting dalam iklim, cuaca, dan kualitas udara. *Planetary Boundary Layer* (PBL) merupakan komponen troposfer yang mempunyai pengaruh timbal balik langsung kepada permukaan bumi dengan jangka waktu hingga beberapa jam. Lapisan ini penting karena merupakan lokasi mekanisme yang mengubah energi, massa dan momentum antara bumi dan atmosfer yang dapat mengatur cuaca, iklim dan kualitas udara. Proses perubahan iklim, cuaca, dan kualitas udara bergantung pada ketebalan PBL. Ketinggian PBL bervariasi baik secara spasial (lintang tinggi, lintang sedang, lintang rendah, darat, dan laut) dan temporal (pagi, siang, sore, dan malam). Karena strukturnya yang sangat rumit dan cair, PBL dikenal sangat sulit untuk diobservasi dari luar angkasa. Banyak penelitian yang berhasil mengidentifikasi ketinggian PBL menggunakan data observasi seperti data radiosonde. Alat ukur radiosonde yang diterbangkan dengan balon udara yang dapat mengirimkan datanya melalui radio kepada sistem yang ada di permukaan yaitu ground station [2]. Berdasarkan data yang ada, di Sumatera Selatan seluas 736.587 Ha lahan yang terbakar pada tahun 2015. Jika dibandingkan dengan kabupaten lain, OKI merupakan salah satu daerah yang paling banyak mengalami kebakaran, yaitu seluas 377.365 Ha lahan di OKI telah terbakar. Sebanyak 361.857 Ha lahan terbakar pada tahun 2019. Jumlah kabupaten yang mengalami kebakaran lahan juga mengalami peningkatan yaitu sebanyak 13 kabupaten. Wilayah yang paling banyak terjadi kebakaran dengan luas 204.974 Ha masih Kabupaten OKI [3]. Pada tanggal 13 sampai 15 september 2022 dilakukan penerbangan balon radiosonde di kecamatan Pedamaran Timur kabupaten Ogan Komering Ilir provinsi Sumatera Selatan untuk mengetahui kondisi atmosfer di area rawan kebakaran hutan. Untuk menentukan

ketinggian PBL pada penelitian ini digunakan metode gradien vertikal suhu udara. Gradien adalah pengukuran kemiringan atau kemiringan garis lurus yang menggambarkan proporsi komponen y terhadap komponen x [4]. Suhu udara merupakan setiap indikator energi yang dapat ditemukan di atmosfer atau tanah, dapat dirasakan oleh tubuh manusia, dan dapat diukur dengan thermometer, dengan satuan °C atau K [5]. Praktik observasi, sangat penting untuk meteorologi. Observasi bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang variabel-variabel yang mempengaruhi perubahan cuaca, yang kemudian dianalisis untuk membuat prakiraan cuaca yang dapat diterapkan pada semua aspek kehidupan sehari-hari [6].

Planetary Boundary Layer (PBL) menebal pada siang hari karena pemanasan terus-menerus dan pencampuran termal, mencapai ketebalan terbesarnya pada sore hari mencapai ketebalan 0,2 hingga 5 km. Setelah matahari terbenam, daratan mulai mendingin, yang melemahkan turbulensi dan mengurangi ketebalan *PBL* menjadi antara 20 dan 500 m. Akibatnya, pemanasan permukaan dan pendinginan diurnal berdampak signifikan pada *PBL*. Suhu udara sekitar kemudian turun pada malam hari karena fenomena yang dikenal sebagai radiasi termal di mana benda-benda yang dekat dengan tanah menjadi dingin. Ketika uap air di udara bersentuhan dengan permukaan yang lebih dingin dari titik embun uap air, uap air mengembun menjadi tetesan air atau embun. Stabilitas atmosfer memiliki hubungan yang erat dengan kehidupan *PBL*. Variasi suhu antara parcel udara dan sekitarnya berdampak pada perbedaan kepadatan, yang berdampak pada daya apung, menurut teori yang digunakan untuk memahami stabilitas atmosfer. bahwa udara yang lebih hangat cenderung mengembang secara vertikal, sedangkan udara yang lebih dingin cenderung mengendap (*sink*) [7].

Radiosonde adalah alat yang mengukur karakteristik udara secara vertikal saat dibawa oleh balon cuaca yang diterbangkan hingga ketinggian 25 km. Pemancar, baterai, paket sensor, dan biasanya alat bantu navigasi (NAVAID/GNSS, seperti GPS) adalah bagian utama dari radiosonde. Penerima stasiun menerima data dari pemancar. Biasanya, radiosonde menggunakan baterai lithium atau alkaline yang mampu menahan suhu terendah -90 °C. Pada paket sensor radiosonde terdiri dari sensor yang mengukur tekanan (pascal), kelembaban udara (gram per meter kubik), dan suhu (Celsius) [8]. Sensor akan mengukur parameter suhu, kelembaban relatif, dan tekanan udara sebagai bagian dari pengoperasian alat. Sistem GPS akan mendapatkan informasi posisi dan tinggi pemancar radiosonde. Semua informasi ini akan dikirimkan ke penerima melalui gelombang radio dengan frekuensi 433 MHz. Sinyal tersebut akan diterima oleh bagian penerima, yang kemudian akan mengubahnya menjadi informasi yang dapat ditampilkan pada komputer sehingga pengguna dapat memperoleh informasi seperti suhu, kelembaban relatif (RH), tekanan udara, kecepatan dan arah angin, serta arah angin. posisi dan ketinggian pemancar radiosonde [9].

Untuk melakukan groundcheck radiosonde sebagai perbandingan awal maka di inputkan data yang diperoleh dari *Automatic Weather Station (AWS)*. *Automatic Weather Station (AWS)* menggunakan impuls listrik dari sensor untuk melakukan pengukuran parameter meteorologi. Sinyal tersebut kemudian diubah menjadi informasi cuaca [10]. *Automatic Weather Station (AWS)* adalah kumpulan alat yang diletakkan di area tertentu untuk mengukur dan mendokumentasikan variabel cuaca sepanjang waktu. Secara umum perangkat *AWS* terdiri dari instrumen sensor/pemancar, peralatan penyimpanan data, dan tampilan data. Perangkat ini biasanya digabungkan menjadi satu instrumen yang disebut data logger, yang juga berfungsi sebagai perangkat kontrol dan pemroses sinyal dari sensor dan pemancar hingga tampilan akhir yang dapat menunjukkan nilai tertentu sesuai dengan pengukuran pemancar [11].

Adapun penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kharmila Sari Hariyanti yang menggunakan 5 metode gradien yaitu gradien vertikal suhu udara, gradien vertikal suhu potensial, gradien vertikal suhu potensial virtual, gradien vertikal kelembaban relatif, dan gradien vertikal mixing ratio. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan menggunakan pendekatan gradien suhu udara (dT/dz), gradien suhu potensial (d/dz), dan gradien suhu potensial virtual (dv/dz), ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)* yang dilakukan pada siang hari di semua lokasi dan biasanya sama dengan perbedaan ketinggian dari 2 m - 57 m. Pada malam hari, estimasi ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)* menggunakan metode gradien kelembaban relatif (dRH/dz) serupa dengan gradien mixing ratio (dr/dz), dan estimasi ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)* menggunakan metode gradien suhu udara (dT/dz) adalah mirip dengan metode gradien suhu potensial (d/dz) [2]. Hal yang membedakan dari penelitian yang dilakukan oleh Kharmila Sari Hariyanti dengan penelitian kali ini yaitu metode yang digunakan pada penelitian ini hanya menggunakan metode gradien vertikal suhu udara berdasarkan data radiosonde yang diterbangkan menggunakan balon udara sebanyak 6 kali yaitu 3 kali penerbangan radiosonde pada pagi hari sekitar pukul 07.00 WIB, 2 kali penerbangan radiosonde pada malam hari sekitar pukul 19.00 WIB, dan 1 kali penerbangan radiosonde pada siang hari sekitar pukul 13.00 WIB.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode deskriptif adalah upaya studi melibatkan menggambarkan dan menafsirkan objek sesuai dengan apa adanya. Peneliti tidak memanipulasi variabel penelitian atau mengendalikannya. Data yang dilaporkan adalah informasi yang dikumpulkan oleh peneliti berdasarkan peristiwa terkini. Kejadian alam menginformasikan peneliti segera tentang topik penelitian yang relevan dengan variabel atau link asosiasi, serta jika mungkin untuk membangun hubungan komparatif antara variabel [12]. Sedangkan pendekatan kuantitatif yaitu teknik yang bersifat kuantitatif karena mengandalkan angka secara keseluruhan, termasuk perolehan data, analisisnya, dan penyajian hasil [13].

Data yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah data primer. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung [14]. Data yang akan digunakan pada penelitian ini dihasilkan dari sensor radiosonde yang diterbangkan menggunakan balon udara. Data yang dihasilkan berupa data suhu, kelembaban relatif, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, lokasi pemancar, dan ketinggian.

2.2 Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kecamatan Pedamaran Timur, kabupaten OKI (Ogan Komering Ilir), provinsi Sumatera Selatan. Kegiatan dilaksanakan selama 4 hari tepatnya pada tanggal 12 september 2022 sampai 15 september 2022.

2.3 Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah dalam penelitian ini, yang terdiri dari tahapan pendahuluan, tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data, tahapan analisis dan diskusi, dan tahapan kesimpulan.



Gambar 1. Tahapan metode Gradien vertikal suhu udara

Berikut adalah penjelasan tahapan metode pada penelitian:

2.3.1 Tahapan Pendahuluan

Tahapan pendahuluan dimulai dengan:

a. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah yang terjadi, dalam hal ini yaitu kebakaran hutan di kecamatan Pedamaran Timur kabupaten OKI (Ogan Komering Ilir).

b. Perumusan masalah

Menentukan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana menentukan bagian troposfer yang dikenal sebagai Planetary Boundary Layer (PBL) di area rawan kebakaran hutan khususnya yang terjadi pada Kecamatan Pedamaran Timur Kabupaten OKI (Ogan Komering Ilir).

c. Pengajuan hipotesis

Mencari referensi dari penelitian sebelumnya.

d. Penentuan tujuan

Mentukan tujuan dari penelitian ini yaitu, mencari ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)*.

2.3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data:

a. Pemasangan alat

Untuk melakukan penerbangan balon radiosonde perlu menyiapkan alat-alatnya terlebih dahulu diantaranya yaitu, ground equipment, computer data processing, dan instrumen *Automatic Weather Station (AWS)* yang terdiri dari anemometer, wind meter, pyranometer, rain guage, barometer, soil moisture, data logger.

b. Penerbangan balon radiosonde

Pada penelitian ini terdapat 6 balon yang diterbangkan, dalam 1 hari diterbangkan 2 balon yaitu pada pagi hari dan malam hari. Untuk balon ke 6 diterbangkan pada siang hari yaitu pada jam 13:00 WIB.

c. Mendapatkan data

Dari radiosonde yang diterbangkan parameter yang diperoleh seperti suhu, kelembaban relatif, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, lokasi pemancar, dan ketinggian.

2.3.3 Tahapan Pengolahan Data

Tahapan selanjutnya yaitu tahapan pengolahan data:

a. Penentuan metode gradien

Untuk menentukan ketinggian *Planetary Boundary layer (PBL)* terdapat beberapa metode antara lain yaitu metode gradien suhu udara, gradien suhu potensial, gradien suhu potensial virtual, gradien kelembapan relatif, gradien mixing ratio. Namun pada penelitian ini menggunakan metode gradien suhu udara. Gradien adalah perbandingan jarak vertikal dan horizontal antara dua tempat yang dilalui garis lurus [15]. Gradien suhu adalah rasio laju perubahan temperatur (T) terhadap jarak arah aliran panas ($\frac{dT}{dz}$) [16]. Persamaan untuk mencari nilai gradien yaitu:

$$m = \frac{\text{Ordinat}}{\text{Absis}} = \frac{y}{x} \tag{1}$$

Untuk persamaan gradien dari dua titik koordinat yaitu:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{2}$$

Jika ditulis ke dalam persamaan gradien vertikal suhu udara adalah sebagai berikut:

$$\frac{dT_n}{dz_n} = \frac{T_n - T_1}{z_n - z_1} \tag{3}$$

Dimana $\frac{dT_n}{dz_n}$ adalah gradien suhu udara, T_n adalah titik suhu yang akan dihitung, T_1 adalah titik suhu yang pertama, z_n adalah titik ketinggian yang akan dihitung, z_1 adalah titik ketinggian yang pertama.

b. Memasukkan rumus

Untuk menghitung rumus gradien vertikal suhu udara pada penelitian ini menggunakan *Microsoft excel* dan data yang digunakan yaitu data suhu dan ketinggian.

c. Mendapatkan nilai gradien

Setelah menghitung nilai gradien maka akan mendapatkan banyak nilai gradien yaitu sampai dengan ketinggian 3000 mdpl.

d. Membuat grafik

Grafik adalah representasi visual dari deskripsi data dapat digunakan untuk menunjukkan, mencerahkan, mengilustrasikan, atau menghibur pembaca serta menjelaskan ide-ide rumit dengan jelas. Ciri utama grafik ini adalah, meskipun sederhana tetapi informasinya mudah untuk dipahami [17]. Untuk membuat grafik gradien vertikal suhu udara pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *python*. *Python* menawarkan paket dan modul untuk membantu modularitas program [18]. Untuk teks editor menggunakan *jupyter notebook*. disebut *jupyter notebook* [19]. *Jupyter notebook* adalah situs aplikasi yang bisa dijalankan menggunakan localhost [20].

2.3.4 Tahapan Analisa Dan Pembahasan

Tahapan terakhir yaitu analisa dan pembahasan:

a. Mencari titik ekstrim

Setelah grafik gradien vertikal suhu udara selesai dibuat maka langkah selanjutnya yaitu mencari titik ekstrim atau perubahan gradien suhu.

b. Mendapatkan titik ekstrim

Setelah titik ekstrim atau perubahan gradien suhu ditemukan maka titik tersebut dapat dikatakan ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)*.

c. Kesimpulan

Tahapan terakhir maka dapat disimpulkan apa saja pencapaian dari penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penerbangan Balon Radiosonde

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketinggian *Planetary Boundary Layer (PBL)* di area rawan kebakaran hutan khususnya yang terjadi pada Kecamatan Pedamaran Timur Kabupaten OKI (Ogan Komering Ilir). Data yang digunakan yaitu data primer berdasarkan hasil penerbangan balon radiosonde pada tanggal 12 september 2022 sampai 15 september 2022.

Tabel 1. Jadwal penerbangan balon radiosonde

Kegiatan	RS Series	Tanggal	(UTC) Launch Time
Penerbangan balon 1	U2260640	13/09/22	00:12
Penerbangan balon 2	U2260641	13/09/22	12:00
Penerbangan balon 3	U2260629	14/09/22	00:01

Penerbangan balon 4	U2260642	14/09/22	12:00
Penerbangan balon 5	U2260628	15/09/22	00:00
Penerbangan balon 6	U2260627	15/09/22	06.00

Sebelum balon radiosonde diterbangkan dilakukan groundcheck sensor. Untuk melakukan groundcheck radiosonde sebagai perbandingan awal maka di inputkan data yang diperoleh dari *Automatic Weather Station (AWS)* yang dapat dilihat dari data loger.

Selama 4 hari peluncuran balon radiosonde yaitu dari tanggal 12 september sampai dengan 15 september 2022, maka data yang di inputkan untuk groundcheck adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Data groundcheck

Tanggal	RS Series	P	Temp.	Rh	WinDr	WinSpd	(UTC) Launch Time
13/09/22	U2260640	1012.1	24.6	87.2	0	0	00:12
13/09/22	U2260641	1011.4	25.3	84.2	319	0.1	12:00
14/09/22	U2260629	1012.3	23.8	87.7	229	0.1	00:01
14/09/22	U2260642	1012.0	25.6	83.3	133	0.1	12:00
15/09/22	U2260628	1011.6	23.6	89.1	209	0.1	00:00
15/09/22	U2260627	1009.3	33.2	49.1	109	0.9	06.00

Dengan keterangan sebagai berikut:

- RS Series: Nama seri dari Radiosonde, Radiosonde adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur berbagai parameter atmosfer di berbagai lapisan atmosfer secara vertikal, dengan mengirimkan instrumen yang dilengkapi dengan sensor-sensor untuk mengukur suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kecepatan angin ke atmosfer dengan menggunakan balon cuaca.
- P: Tekanan, Tekanan adalah gaya yang bekerja pada suatu area tertentu. Secara lebih formal, tekanan didefinisikan sebagai gaya yang diberikan pada suatu permukaan dibagi dengan luas permukaan tersebut.
- Temp.: Temperatur, Temperatur adalah ukuran termodinamika yang mengindikasikan sejauh mana panas atau dinginnya suatu objek atau zat. Temperatur adalah parameter penting dalam fisika dan ilmu pengetahuan lainnya karena memiliki pengaruh besar pada perilaku materi dan berbagai fenomena fisik. Suhu atau temperatur diukur dalam satuan derajat, seperti Celsius ($^{\circ}\text{C}$) atau Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), atau dalam satuan internasional, yaitu Kelvin (K). Skala Celsius dan Fahrenheit adalah skala relatif, sementara Kelvin adalah skala mutlak yang dimulai dari nol mutlak, di mana partikel-partikel materi pada dasarnya tidak memiliki gerakan termal. Peningkatan suhu biasanya menghasilkan ekspansi materi (pengembangan panas), peningkatan gerakan molekul, dan serangkaian perubahan fisik dan kimia. Suhu juga berperan dalam mengatur energi panas yang mengalir antara benda-benda dengan perbedaan suhu. Perbedaan suhu antara dua benda menyebabkan perpindahan energi panas dari benda dengan suhu lebih tinggi ke benda dengan suhu lebih rendah sampai keseimbangan tercapai, di Indonesia satuan temperatur yang digunakan adalah derajat Celcius.
- Rh: Kelembaban Relatif (Relative Humidity) adalah ukuran yang mengindikasikan seberapa jenuh udara dengan uap air pada suhu tertentu dibandingkan dengan jumlah maksimum uap air yang dapat diakomodasi oleh udara pada suhu tersebut. Dinyatakan dalam persentase, kelembapan relatif menggambarkan seberapa dekat udara pada kondisi jenuh (100% kelembapan relatif) atau seberapa keringnya udara (0% kelembapan relatif) pada suatu titik tertentu. Kelembapan relatif dihitung dengan membandingkan tekanan parsial uap air aktual dalam udara (kelembapan absolut) dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama. Dalam suhu yang lebih rendah, udara hanya dapat memegang sedikit uap air sebelum menjadi jenuh, sehingga kelembapan relatif akan lebih tinggi. Sebaliknya, dalam suhu yang lebih tinggi, udara mampu menampung lebih banyak uap air sebelum mencapai kondisi jenuh, sehingga kelembapan relatif cenderung lebih rendah.
- WinDr: Arah mata angin (Wind Direction), Mata angin merupakan instruksi yang diterapkan untuk menentukan arah. Arah mata angin biasanya di terapkan pada navigasi, kompas, dan peta. Arah mata angin dimasukkan ke dalam panduan untuk menentukan sisi tertentu. Mata angin juga disebut sebagai titik kompas, atau salah satu dari beberapa tanda pada kompas yang menunjukkan haluan tertentu.
- WinSpd: Kecepatan Angin (Wind Speed) adalah perangkat yang menggunakan sensor pintar dengan kecepatan tinggi untuk mendeteksi kecepatan angin.
- LaunchTime (UTC): Untuk waktu penerbangan harus menyesuaikan dengan waktu bagian Coordinate Universal Time.

3.2 Menghitung Gradien Vertikal Suhu Udara

Untuk mencari gradien suhu data yang digunakan dari hasil radiosonde hanya data suhu dan ketinggian. Karena data yang dimiliki banyak maka untuk menghitung gradien suhu dalam penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel*.

Pada penelitian yang dilakukan dari tanggal 12 september sampai dengan tanggal 15 september 2022, terdapat 6 data hasil dari penerbangan balon radiosonde, yaitu data radiosonde yang diterbangkan pada tanggal 13 september 2022 pada pukul 07:12 WIB (00:12 UTC) dan pukul 19:00 WIB (12:00 UTC), tanggal 14 september 2022 pukul 07:01 WIB (00:01 UTC) dan pukul 19:00 WIB (12:00 UTC), tanggal 15 september 2022 pukul 07:00 WIB (00:00 UTC) dan pukul 13:00 WIB (06:00 UTC). Berikut tampilan data hasil radiosonde di *Microsoft Excel*:

Mentri	Data	Ketinggian	Suhu	GradienSuhu
0	0	29	24.6	0
0	1	24.9	24.5	0.00000000
0	2	24.8	24.4	0.00000000
0	3	24.6	24.2	0.00000000
0	4	24.5	24.1	0.00000000
0	5	24.3	23.9	0.00000000
0	6	24.1	23.7	0.00000000
0	7	23.9	23.5	0.00000000
0	8	23.7	23.3	0.00000000
0	9	23.5	23.1	0.00000000
0	10	23.3	22.9	0.00000000
0	11	23.1	22.7	0.00000000
0	12	22.9	22.5	0.00000000
0	13	22.7	22.3	0.00000000
0	14	22.5	22.1	0.00000000
0	15	22.3	21.9	0.00000000
0	16	22.1	21.7	0.00000000
0	17	21.9	21.5	0.00000000
0	18	21.7	21.3	0.00000000
0	19	21.5	21.1	0.00000000
0	20	21.3	20.9	0.00000000
0	21	21.1	20.7	0.00000000
0	22	20.9	20.5	0.00000000
0	23	20.7	20.3	0.00000000
0	24	20.5	20.1	0.00000000
0	25	20.3	19.9	0.00000000
0	26	20.1	19.7	0.00000000
0	27	19.9	19.5	0.00000000
0	28	19.7	19.3	0.00000000
0	29	19.5	19.1	0.00000000
0	30	19.3	18.9	0.00000000
0	31	19.1	18.7	0.00000000
0	32	18.9	18.5	0.00000000
0	33	18.7	18.3	0.00000000
0	34	18.5	18.1	0.00000000
0	35	18.3	17.9	0.00000000
0	36	18.1	17.7	0.00000000
0	37	17.9	17.5	0.00000000
0	38	17.7	17.3	0.00000000
0	39	17.5	17.1	0.00000000
0	40	17.3	16.9	0.00000000
0	41	17.1	16.7	0.00000000
0	42	16.9	16.5	0.00000000
0	43	16.7	16.3	0.00000000
0	44	16.5	16.1	0.00000000
0	45	16.3	15.9	0.00000000
0	46	16.1	15.7	0.00000000
0	47	15.9	15.5	0.00000000
0	48	15.7	15.3	0.00000000
0	49	15.5	15.1	0.00000000
0	50	15.3	14.9	0.00000000
0	51	15.1	14.7	0.00000000
0	52	14.9	14.5	0.00000000
0	53	14.7	14.3	0.00000000
0	54	14.5	14.1	0.00000000
0	55	14.3	13.9	0.00000000
0	56	14.1	13.7	0.00000000
0	57	13.9	13.5	0.00000000
0	58	13.7	13.3	0.00000000
0	59	13.5	13.1	0.00000000
0	60	13.3	12.9	0.00000000
0	61	13.1	12.7	0.00000000
0	62	12.9	12.5	0.00000000
0	63	12.7	12.3	0.00000000
0	64	12.5	12.1	0.00000000
0	65	12.3	11.9	0.00000000
0	66	12.1	11.7	0.00000000
0	67	11.9	11.5	0.00000000
0	68	11.7	11.3	0.00000000
0	69	11.5	11.1	0.00000000
0	70	11.3	10.9	0.00000000
0	71	11.1	10.7	0.00000000
0	72	10.9	10.5	0.00000000
0	73	10.7	10.3	0.00000000
0	74	10.5	10.1	0.00000000
0	75	10.3	9.9	0.00000000
0	76	10.1	9.7	0.00000000
0	77	9.9	9.5	0.00000000
0	78	9.7	9.3	0.00000000
0	79	9.5	9.1	0.00000000
0	80	9.3	8.9	0.00000000
0	81	9.1	8.7	0.00000000
0	82	8.9	8.5	0.00000000
0	83	8.7	8.3	0.00000000
0	84	8.5	8.1	0.00000000
0	85	8.3	7.9	0.00000000
0	86	8.1	7.7	0.00000000
0	87	7.9	7.5	0.00000000
0	88	7.7	7.3	0.00000000
0	89	7.5	7.1	0.00000000
0	90	7.3	6.9	0.00000000
0	91	7.1	6.7	0.00000000
0	92	6.9	6.5	0.00000000
0	93	6.7	6.3	0.00000000
0	94	6.5	6.1	0.00000000
0	95	6.3	5.9	0.00000000
0	96	6.1	5.7	0.00000000
0	97	5.9	5.5	0.00000000
0	98	5.7	5.3	0.00000000
0	99	5.5	5.1	0.00000000
0	100	5.3	4.9	0.00000000
0	101	5.1	4.7	0.00000000
0	102	4.9	4.5	0.00000000
0	103	4.7	4.3	0.00000000
0	104	4.5	4.1	0.00000000
0	105	4.3	3.9	0.00000000
0	106	4.1	3.7	0.00000000
0	107	3.9	3.5	0.00000000
0	108	3.7	3.3	0.00000000
0	109	3.5	3.1	0.00000000
0	110	3.3	2.9	0.00000000
0	111	3.1	2.7	0.00000000
0	112	2.9	2.5	0.00000000
0	113	2.7	2.3	0.00000000
0	114	2.5	2.1	0.00000000
0	115	2.3	1.9	0.00000000
0	116	2.1	1.7	0.00000000
0	117	1.9	1.5	0.00000000
0	118	1.7	1.3	0.00000000
0	119	1.5	1.1	0.00000000
0	120	1.3	0.9	0.00000000
0	121	1.1	0.7	0.00000000
0	122	0.9	0.5	0.00000000
0	123	0.7	0.3	0.00000000
0	124	0.5	0.1	0.00000000
0	125	0.3	0.0	0.00000000
0	126	0.1	0.0	0.00000000
0	127	0.0	0.0	0.00000000
0	128	0.0	0.0	0.00000000
0	129	0.0	0.0	0.00000000
0	130	0.0	0.0	0.00000000
0	131	0.0	0.0	0.00000000
0	132	0.0	0.0	0.00000000
0	133	0.0	0.0	0.00000000
0	134	0.0	0.0	0.00000000
0	135	0.0	0.0	0.00000000
0	136	0.0	0.0	0.00000000
0	137	0.0	0.0	0.00000000
0	138	0.0	0.0	0.00000000
0	139	0.0	0.0	0.00000000
0	140	0.0	0.0	0.00000000
0	141	0.0	0.0	0.00000000
0	142	0.0	0.0	0.00000000
0	143	0.0	0.0	0.00000000
0	144	0.0	0.0	0.00000000
0	145	0.0	0.0	0.00000000
0	146	0.0	0.0	0.00000000
0	147	0.0	0.0	0.00000000
0	148	0.0	0.0	0.00000000
0	149	0.0	0.0	0.00000000
0	150	0.0	0.0	0.00000000

Gambar 2. Data gradien suhu 13 september 2022 (00.12 UTC)

Pada gambar 2 data hasil radiosonde pada tanggal 13 september 2022 pada pukul 07:12 WIB (00:12 UTC) untuk ketinggian awalnya 29 mdpl dan suhu awalnya 24.6°C. Untuk ketinggian maksimal balon radiosonde adalah 26.257 mdpl.

Mentri	Data	Ketinggian	Suhu	GradienSuhu
0	0	29	25.3	0
0	1	24.9	25.2	0.00000000
0	2	24.8	25.1	0.00000000
0	3	24.6	24.9	0.00000000
0	4	24.5	24.8	0.00000000
0	5	24.3	24.6	0.00000000
0	6	24.1	24.4	0.00000000
0	7	23.9	24.2	0.00000000
0	8	23.7	24.0	0.00000000
0	9	23.5	23.8	0.00000000
0	10	23.3	23.6	0.00000000
0	11	23.1	23.4	0.00000000
0	12	22.9	23.2	0.00000000
0	13	22.7	23.0	0.00000000
0	14	22.5	22.8	0.00000000
0	15	22.3	22.6	0.00000000
0	16	22.1	22.4	0.00000000
0	17	21.9	22.2	0.00000000
0	18	21.7	22.0	0.00000000
0	19	21.5	21.8	0.00000000
0	20	21.3	21.6	0.00000000
0	21	21.1	21.4	0.00000000
0	22	20.9	21.2	0.00000000
0	23	20.7	21.0	0.00000000
0	24	20.5	20.8	0.00000000
0	25	20.3	20.6	0.00000000
0	26	20.1	20.4	0.00000000
0	27	19.9	20.2	0.00000000
0	28	19.7	20.0	0.00000000
0	29	19.5	19.8	0.00000000
0	30	19.3	19.6	0.00000000
0	31	19.1	19.4	0.00000000
0	32	18.9	19.2	0.00000000
0	33	18.7	19.0	0.00000000
0	34	18.5	18.8	0.00000000
0	35	18.3	18.6	0.00000000
0	36	18.1	18.4	0.00000000
0	37	17.9	18.2	0.00000000
0	38	17.7	18.0	0.00000000
0	39	17.5	17.8	0.00000000
0	40	17.3	17.6	0.00000000
0	41	17.1	17.4	0.00000000
0	42	16.9	17.2	0.00000000
0	43	16.7	17.0	0.00000000
0	44	16.5	16.8	0.00000000
0	45	16.3	16.6	0.00000000
0	46	16.1	16.4	0.00000000
0	47	15.9	16.2	0.00000000
0	48	15.7	16.0	0.00000000
0	49	15.5	15.8	0.00000000
0	50	15.3	15.6	0.00000000
0	51	15.1	15.4	0.00000000
0	52	14.9	15.2	0.00000000
0	53	14.7	15.0	0.00000000
0	54	14.5	14.8	0.00000000
0	55	14.3	14.6	0.00000000
0	56	14.1	14.4	0.00000000
0	57	13.9	14.2	0.00000000
0	58	13.7	14.0	0.00000000
0	59	13.5	13.8	0.00000000
0	60	13.3	13.6	0.00000000
0	61	13.1	13.4	0.00000000
0	62	12.9	13.2	0.00000000
0	63	12.7	13.0	0.00000000
0	64	12.5	12.8	0.00000000
0	65	12.3	12.6	0.00000000
0	66	12.1	12.4	0.00000000
0	67	11.9	12.2	0.00000000
0	68	11.7	12.0	0.00000000
0	69	11.5	11.8	0.00000000
0	70	11.3	11.6	0.00000000
0	71	11.1	11.4	0.00000000
0	72	10.9	11.2	0.00000000
0	73	10.7	11.0	0.00000000
0	74	10.5	10.8	0.00000000
0	75	10.3	10.6	0.00000000
0	76	10.1	10.4	0.00000000
0	77	9.9	10.2	0.00000000
0	78	9.7	10.0	0.00000000
0	79	9.5	9.8	0.00000000
0	80	9.3	9.6	0.00000000
0	81	9.1	9.4	0.00000000

Pada gambar 4 data hasil radiosonde pada tanggal 14 september 2022 pada pukul 07:01 WIB (00:01 UTC) untuk ketinggian awalnya 29 mdpl dan suhu awalnya 23.8°C. Untuk suhu awalnya lebih rendah dibandingkan pada tanggal 13 september 2022 pukul 07:12 WIB (00:12 UTC). Sedangkan ketinggian maksimal balon radiosonde adalah 25.355 mdpl.

Gambar 5. Data gradien suhu 14 september 2022 (12.00 UTC)

Pada gambar 5 data hasil radiosonde pada tanggal 14 september 2022 pada pukul 19:00 WIB (12:00 UTC) untuk ketinggian awalnya 29 mdpl dan suhu awalnya 25.6°C. Untuk suhu awalnya hampir sama dengan suhu awal pada saat penerbangan balon radiosonde pada 13 september 2022 pada pukul 19:00 WIB (12:00 UTC). Sedangkan ketinggian maksimal balon radiosonde adalah 26.182 mdpl.

Gambar 6. Data gradien suhu 15 september 2022 (00.00 UTC)

Pada gambar 6 data hasil radiosonde pada tanggal 14 september 2022 pada pukul 07:00 WIB (00:00 UTC) untuk ketinggian awalnya 29 mdpl dan suhu awalnya 23.6°C. Untuk suhu awalnya hampir sama dengan suhu awal pada saat penerbangan balon radiosonde pada 14 september 2022 pada pukul 07:01 WIB (00:01 UTC). Sedangkan untuk ketinggian maksimal balon radiosonde adalah 27.723 mdpl.

Gambar 7. Data gradien suhu 15 september 2022 (06.00 UTC)

Pada gambar 7 data hasil radiosonde pada tanggal 15 september 2022 pada pukul 13:00 WIB (06:00 UTC) untuk ketinggian awalnya 29 mdpl dan suhu awalnya 33.2°C. karena dilakukan pada siang hari, maka suhu awalnya lebih tinggi dibandingkan pada saat penerbangan balon radiosonde yang lain. Sedangkan untuk ketinggian maksimal balon radiosondenya adalah 27.250 mdpl.

3.3 Membuat Grafik

Setelah gradien suhu diketahui, maka selanjutnya adalah membuat grafik gradien suhu. Pada penelitian ini untuk membuat grafiknya menggunakan aplikasi *jupyter notebook* dan menggunakan bahasa pemrograman *python*. Adapun kode programnya sebagai berikut:

Untuk Langkah awal yaitu mengaktifkan magic coment di *jupyter notebook* agar bisa berinteraksi dengan hasil visualisasinya. Kemudian dilakukan penginstalan library yang akan digunakan. Berikut adalah gambar yang merupakan kode program untuk mengaktifkan magic coment.

```
In [1]: 1 %matplotlib notebook

In [2]: 1 import matplotlib
        2 import matplotlib.pyplot as plt
        3 import pandas as pd
```

Gambar 8. Mengaktifkan Magic Coment dan Library yang digunakan

Setelah selesai mengaktifkan magic coment dan menginstall library. Langkah selanjutnya adalah mengambil dataset yang akan digunakan. Berikut merupakan kode program untuk mengambil dataset yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

```
In [3]: 1 #Menarik data excelnya
        2 df1 = pd.read_excel('aed_20220913_0012.xls')
        3 df2 = pd.read_excel('aed_20220913_1200.xls')
        4 df3 = pd.read_excel('aed_20220914_0001.xls')
        5 df4 = pd.read_excel('aed_20220914_1200.xls')
        6 df5 = pd.read_excel('aed_20220915_0000.txt.xls')
        7 df6 = pd.read_excel('aed_20220915_0600.txt.xls')
```

Gambar 9. Memanggil Dataset

Setelah selesai memanggil dataset maka untuk langkah selanjutnya menampilkan dataset. Proses tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini

```
In [5]: 1 #Menampilkan data
        2 df1

Out[5]:
```

	Unnamed: 0	Menit	Detik	Suhu	Ketinggian	GradienSuhu	Unnamed: 6	Unnamed: 7	Unnamed: 8
0	NaN	0	0	24.6	29	0.000000	NaN	NaN	NaN
1	NaN	0	1	24.9	29	0.000000	NaN	NaN	NaN
2	NaN	0	2	24.6	36	0.000000	NaN	NaN	NaN
3	NaN	0	3	24.6	42	0.000000	NaN	NaN	NaN
4	NaN	0	4	24.5	48	-0.005263	NaN	NaN	NaN
...
8212	NaN	137	16	-48.9	27102	-0.002715	NaN	NaN	NaN
8213	NaN	137	17	-48.8	27107	-0.002711	NaN	NaN	NaN
8214	NaN	137	18	-48.8	27111	-0.002710	NaN	NaN	NaN
8215	NaN	137	19	-48.8	27116	-0.002710	NaN	NaN	NaN
8216	NaN	137	20	-48.7	27120	-0.002706	NaN	NaN	NaN

8217 rows × 9 columns

Gambar 10. Menampilkan Dataset

Untuk data di atas merupakan tampilan data radiosonde yang diterbangkan pada tanggal 13 september 2022 (00.12 UTC) dan untuk data selanjutnya fungsi yang dijalankan sama yang membedakan hanya nama dataframanya. Langkah selanjutnya yaitu memfilter dataset dan menampilkan data yang sudah difilter, berikut adalah proses memfilter dan menampilkan data yang sudah di filter.

```
In [11]: 1 #Memfilter data
2 data1 = df1.loc[0:1010,'Suhu':'GradienSuhu']
3 data2 = df2.loc[0:590,'Ketinggian':'GradienSuhu']
4 data3 = df3.loc[0:555,'Ketinggian':'GradienSuhu']
5 data4 = df4.loc[0:656,'Ketinggian':'GradienSuhu']
6 data5 = df5.loc[0:606,'Ketinggian':'GradienSuhu']
7 data6 = df6.loc[0:582,'Ketinggian':'GradienSuhu']

In [12]: 1 #Menampilkan data yang difilter
2 data1

Out[12]:
```

	Suhu	Ketinggian	GradienSuhu
0	24.6	29	0.000000
1	24.9	29	0.000000
2	24.6	36	0.000000
3	24.6	42	0.000000
4	24.5	48	-0.005263
...
1006	9.9	2996	-0.004954
1007	9.9	2999	-0.004949
1008	9.9	3002	-0.004945
1009	9.9	3006	-0.004938
1010	9.9	3009	-0.004933

1011 rows x 3 columns

Gambar 11. Memfilter dan Menampilkan Dataset

Data di atas merupakan tampilan dari data radiosonde yang diterbangkan pada tanggal 13 september 2022 (00.12 UTC). Untuk menampilkan dataset selanjutnya fungsi yang digunakan hanya mengubah nama datanya saja. Selanjutnya kita akan membuat grafik dari dataset yang sudah difilter, untuk prosesnya dapat dilihat pada gambar berikut.

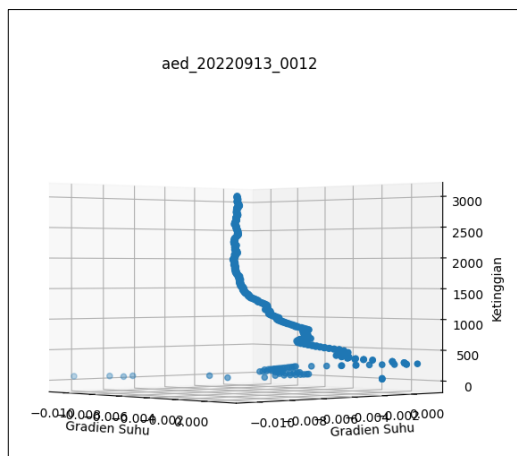
```
In [18]: 1 #membentuk objek figure
2 fig = plt.figure(figsize=(8,8))
3 #Objek aksisnya
4 ax = plt.axes(projection = '3d')
5
6 #Melakukan plotting data
7 ax.scatter(data1.GradienSuhu, data1.GradienSuhu, data1.Ketinggian, cmap='viridis')
8
9 x = (data1.GradienSuhu)
10 y = (data1.GradienSuhu)
11 z = (data1.Ketinggian)
12
13 ax.set_xlabel('Gradien Suhu')
14 ax.set_ylabel('Gradien Suhu')
15 ax.set_zlabel('Ketinggian')
16 ax.set_title('aed_20220913_0012')
17
18 plt.show()
```

Gambar 12. Proses Menampilkan Grafik

Fungsi diatas merupakan proses untuk menampilkan grafik dari data radiosonde yang diterbangkan pada tanggal 13 september 2022 (00.12 UTC). Untuk menampilkan grafik dari data radiosonde selanjutnya fungsi yang digunakan sama, yang membedakan hanya nama datanya saja.

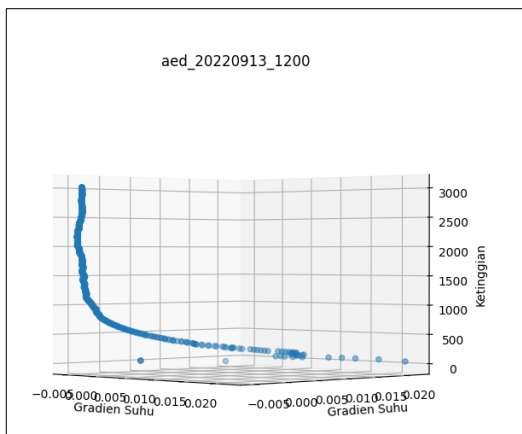
3.4 Hasil Tampilan Grafik

Berikut ini merupakan grafik gradien suhu dari hasil data radiosonde yang dilakukan dari tanggal 13 september sampai 15 september 2022:



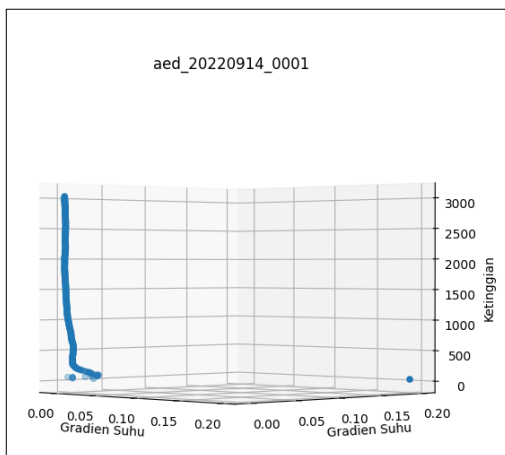
Gambar 13. Grafik gradien suhu 13 september 2022 (00:12 UTC)

Pada pemaparan gambar 13 di atas dapat dijelaskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 13 september 2022 pada pukul 07:12 WIB (00.12 UTC) titik gradien suhu pada ketinggian dibawah ± 700 mdpl masih belum stabil, titik gradien suhunya baru stabil ketika pada ketinggian ± 700 mdpl keatas. Titik ekstrimnya adalah $-0,00504$ yang berada pada ketinggian sekitar 2.312 mdpl.



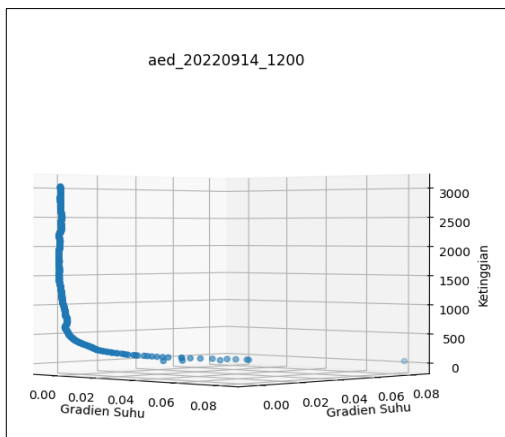
Gambar 14. Grafik gradien suhu 13 september 2022 (12.00 UTC)

Pada pemaparan gambar 15 di atas dapat dijealskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 13 september 2022 pada pukul 19:00 WIB (12.00 UTC) titik gradien suhu pada ketinggian dibawah ± 500 mdpl masih belum stabil, titik gradien suhunya baru stabil pada ketinggian ± 500 mdpl keatas. Titik ekstrimnya adalah $-0,0053$ yang berada pada ketinggian sekitar 2.161 mdpl.



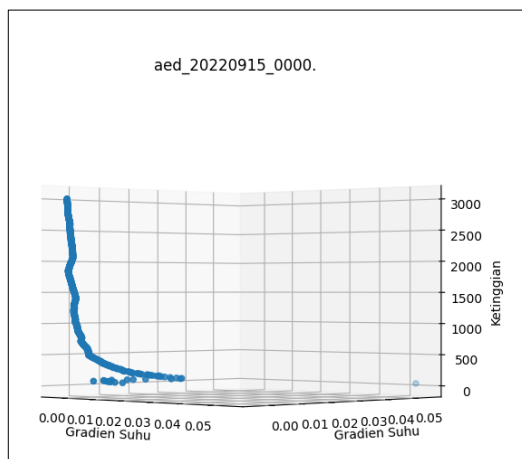
Gambar 16. Grafik gradien suhu 14 september 2022 (00:01 UTC)

Pada pemaparan gambar 16 di atas dapat dijelaskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 14 september 2022 pada pukul 07:01 WIB (00.01 UTC) titik gradien suhu sudah mulai stabil mulai dari ketinggian ± 250 mdpl. Titik ekstrimnya adalah -0.004720088 yang berada pada ketinggian sekitar 1.851 mdpl.



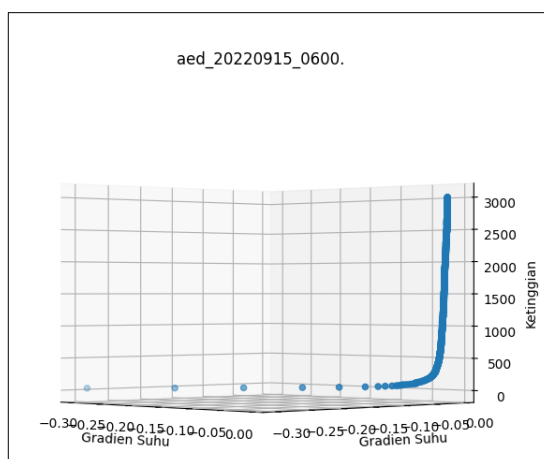
Gambar 17. Grafik gradien suhu 14 september 2022 (12.00 UTC)

Pada pemaparan gambar 17 di atas dapat dijelaskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 14 september 2022 pada pukul 19:00 WIB (12.00 UTC) titik gradien suhu mulai stabil mulai dari ketinggian ± 250 mdpl. Titik ekstrimnya adalah -0.005286839 yang berada pada ketinggian sekitar 1.807 mdpl.



Gambar 18. Grafik gradien suhu 15 september 2022 (00.00 UTC)

Pada pemaparan gambar 18 di atas dapat dijelaskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 15 september 2022 pada pukul 07:00 WIB (00.00 UTC) titik gradien suhu pada ketinggian dibawah ± 500 mdpl masih belum stabil, titik gradien suhunya baru stabil pada ketinggian ± 500 mdpl keatas. Titik ekstrimnya adalah -0.0044 yang berada pada ketinggian sekitar 1.838 mdpl.



Gambar 19. Grafik gradien suhu 15 september 2022 (06.00 UTC)

Pada pemaparan gambar 19 di atas dapat jelaskan bahwa pada penerbangan balon radiosonde yang dilakukan pada tanggal 15 september 2022 pada pukul 13:00 WIB (06.00 UTC) titik gradien suhu sudah mulai stabil dari ketinggian ± 100 mdpl. titik ekstrimnya adalah -0.007495622 yang berada pada ketinggian sekitar 2.884 mdpl.

4. KESIMPULAN

Menurut temuan penelitian yang telah dilakukan pada penghitungan data radiosonde maupun data *Automatic Weather Station (AWS)* sebagai data insitu dan hasil dari grafik gradien vertikal suhu udara maka kesimpulannya adalah dalam observasi udara atas sangat diperlukan ilmu meteorologi untuk memahami berbagai keadaan unsur-unsur cuaca. Data hasil observasi udara atas yang akan tertera pada Upper AirSounding Software di layar komputer yaitu berisi tekanan, suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin. Dari data radiosonde diperoleh suhu awal penerbangan pada waktu pagi hari lebih rendah dibandingkan pada waktu sore hari. Suhu awal penerbangan balon radiosonde paling rendah pada 15 september 2022 (00:00 UTC) yaitu 23.6°C , dan suhu awal tertinggi pada 15 september 2022 (06:00 UTC) yaitu 33.2°C . Dari data hasil radiosonde ketinggian maksimum balon radiosonde pada tanggal 13 september 2022 (00:12 UTC) adalah 26.257 mdpl dan (12:00 UTC) adalah 26.151 mdpl, pada tanggal 14 september 2022 (00:01 UTC) adalah 25.355 mdpl dan (12:00 UTC) adalah 26.182 mdpl, pada tanggal 15 september 2022 (00:00 UTC) adalah 27.723 mdpl dan (06:00 UTC) adalah 27.250 mdpl. Berdasarkan pada grafik gradien suhu dapat dilihat ketinggian PBL terendah yaitu pada ketinggian 1.807 mdpl dan ketinggian PBL tertinggi yaitu pada ketinggian 2.884 mdpl. Dalam sebuah penelitian pasti ada

kekurangan disana sini. Sebagai saran, sebaiknya melakukan pembaruan software apabila terdapat software yang baru dalam hal ini lebih baik dari software lama.

REFERENCES

- [1] D. Prihartini Djenal and M. Putra, "Penerapan Internet of Things Sebagai Strategi Optimalisasi Pengamatan Udara Atas Menggunakan Ground Rasoned Equipment Application of Internet of Things as an Optimization Strategy of Aerial Observation Using Ground Rasoned Equipment," vol. 22, no. November 2019, pp. 9–15, 2019.
- [2] K. S. Hariyanti, "ESTIMASI TINGGI PLANETARY BOUNDARY LAYER DARI DATA RADIOSONDE DENGAN METODE GRADIEN DI INDONESIA," *Bul. Has. Penelit. ARGOKLIMAT Hidrol.*, vol. 16, pp. 3–11, 2019.
- [3] J. K. Putri, Suhadi, and H. Widya, "Potensi Pendidikan Mitigasi Bencana Alam Kebakaran Hutan," pp. 44–48, 2019.
- [4] M. Haris and N. Feriyanti, "MENGOPTIMALKAN BELANJA OPERASIONAL DI BADAN PERENCANAAN ESELON I TERHADAP TOTAL PAGU BELANJA GUNA MEWUJUDKAN ORGANISASI YANG KUAT DAN PROFESIONAL," *J. Ind. Eng. Manag. Res.*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [5] H. F. Baihaqi, Y. Prasetyo, and N. Bashit, "Analisis Perkembangan Kawasan Industri Kendal Terhadap Perubahan Suhu Permukaan (Studi Kasus: Kawasan Industri Kendal, Kabupaten Kendal)," *J. Geod. Undip*, vol. 9, no. 1, pp. 176–186, 2019.
- [6] D. P. WISNU, "PENGAMATAN DATA METEOROLOGI UWISNU, D. P. (2019). PENGAMATAN DATA METEOROLOGI UNTUK KESELAMATAN NAVIGASI DI PELAYARAN SAAT KONDISI CUACA BURUK. 1–5. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results> NTUK KESELAMATAN NAVIGASI DI PELAYARAN SAAT," pp. 1–5, 2019. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- [7] A. Sulistiyono and R. S. Davi, "Uji Spesifikasi Pengukuran PM10 Dengan EPAM5000 dan BAM 1020 Terhadap Kelembaban Udara," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 20, no. 2, pp. 242–251, 2022, doi: 10.14710/jil.20.2.242-251.
- [8] 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," 2021.
- [9] D. J. Hidayat, A. T. Sutanto, A. M. Rafi, and G. K. L. A. Aditama, "Rancang_Bangun_Sistem_Radiosonde_Untuk_P," pp. 568–575, 2018.
- [10] D. R. Wibawanty, W. Wandayantolis, and I. Ishak, "Verifikasi Kinerja Alat Automatic Weather System (AWS) dan Termometer Digital terhadap Observasi Manual di Stasiun Klimatologi Palembang," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, p. 151, 2022, doi: 10.30595/jrst.v6i2.13541.
- [11] S. Wisnugroho, N. Rp, K. Ari, and S. W. Widiyanto, "Studi Alat Dan Analisa Pola Angin Hasil Pengukuran Automatic Weather Station (AWS) Thies Clima Di Wakatobi," pp. 427–435, 2019.
- [12] C. M. Zellatifanny and B. Mudjiyanto, "Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu Komunikasi," *Diakom J. Media dan Komun.*, vol. 1, no. 2, pp. 83–90, 2018, doi: 10.17933/diakom.v1i2.20.
- [13] I. Jayusman and O. A. K. Shavab, "Aktivitas Belajar Mahasiswa Dengan Menggunakan Media Pembelajaran Learning Management System (Lms) Berbasis Edmodo Dalam Pembelajaran Sejarah," *J. Artefak*, vol. 7, no. 1, p. 13, 2020, doi: 10.25157/ja.v7i1.3180.
- [14] M. Rusdi, "Strategi Pemasaran untuk Meningkatkan Volume Penjualan pada Perusahaan Genting UD. Berkah Jaya," *J. Stud. Manaj. dan Bisnis*, vol. 6, no. 2, pp. 83–88, 2019, doi: 10.21107/jsmb.v6i2.6686.
- [15] I. Rokhim, P. Anggraeni, H. Khoirunnisa, and H. M. Purnama, "Pengendalian End Effector Robot Lengan untuk Aplikasi Pick and Place dengan Metode Persamaan Garis," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 6, no. 1, p. 7, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i1.2021.7-14.
- [16] R. Donovan, K. Karyanto, and O. Dewanto, "Studi Sifat Termal Batuan Daerah Lapangan Panas Bumi Way Ratai Berdasarkan Pengukuran Metode Konduktivitas Termal," *JGE (Jurnal Geofis. Eksplorasi)*, vol. 4, no. 3, pp. 325–340, 2020, doi: 10.23960/jge.v4i3.44.
- [17] D. Setyowati, "Pelatihan Membuat Grafik Dalam Microsoft Excel. Untuk Pengolahan Dan Penyajian Data," *Ed. Oktober*, vol. 2, no. 2, pp. 2614–2929, 2019.
- [18] Destyara Zanneta Hidayatullifa, "Rancang Bangun Pembuatan Sistem Pengiriman Sensor Secara Real Time Menggunakan Python dan Raspberry Pi," *Risal. Fis.*, vol. 3, no. 2, pp. 43–46, 2019, doi: 10.35895/rf.v3i2.154.
- [19] D. F. Sengkey, F. D. Kambey, S. P. Lengkong, S. R. Joshua, and H. V. F. Kainde, "Pemanfaatan Platform Pemrograman Daring dalam Pembelajaran Probabilitas dan Statistika di Masa Pandemi CoVID-19," *J. Inform.*, vol. 15, no. 4, pp. 217–224, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/31685>
- [20] S. R. Pratama and A. H. Mirza, "Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Tingkat Inflasi Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda Pada BPS," *Bina Darma Conf. Comput. Sci.*, pp. 245–255, 2021.