

HUBUNGAN VARIASI HARIAN NILAI *TURBULENCE KINETIC ENERGY* DAN FLUKS PANAS DI  
WILAYAH KOTA BANDUNG

Fani Setyawan

Staff Operasional Stasiun Meteorologi Tarempa – Kep. Riau

Email : [aanmeteo41@gmail.com](mailto:aanmeteo41@gmail.com)

**Abstrak** : Lapisan Batas Meteorologi merupakan suatu lapisan yang berada di bagian terbawah dari Troposfer. Salah satu fenomena yang terjadi di lapisan batas ini adalah Turbulensi yang memiliki durasi singkat namun memiliki pengaruh yang besar terhadap pembentukan cuaca di Troposfer. Dalam aktifitas Turbulensi terdapat nilai *Turbulence Kinetic Energy* (TKE) dan mempengaruhi transfer panas atau Fluks Panas di atmosfer. Observasi meteorologi menggunakan *Sonic Anemometer* dapat digunakan untuk menghitung nilai-nilai tersebut. Komponen pengamatan yang dihasilkan merupakan variabel-variabel yang digunakan untuk menghitung nilai TKE dan Fluks Panas, yaitu komponen  $u$ ,  $v$ ,  $w$ , dan  $T$ . Dari hasil pengamatan yang dilakukan di wilayah kota Bandung (studi kasus tanggal 26 september 2014), didapatkan variasi angin harian yang berhembus dari arah Barat hingga Utara dengan kecepatan rata-rata 4 knots. Namun pada siang hari, angin berhembus secara bergantian dari arah Barat dan dari arah Timur. Siklus harian dari nilai TKE menunjukkan adanya variasi dengan nilai yang besar saat matahari mulai muncul dan berakhir sebelum tengah hari. Sedangkan untuk siklus harian dari Fluks Panas menunjukkan fluktuasi yang signifikan saat tengah hari hingga matahari terbenam. Hal ini menunjukkan bahwa proses konveksi saat pagi hari dipengaruhi oleh *Turbulence Kinetic Energy* dan nilai Fluks Panas mempengaruhi proses konveksi setelah nilai TKE turun hingga matahari terbenam.

**Kata Kunci** : Lapisan batas, *Turbulence Kinetic Energy* (TKE), Fluks Panas

**Abstract** : Meteorological Boundary Layer is a layer at lowest part of troposphere. One of phenomena at this layer is Turbulence which has a short duration but has a major influence in the weather at the Troposphere. Turbulence activities consists of a *Turbulence Kinetic Energy* (TKE) value and affect heat flux at the atmosphere. Meteorological observation using *Sonic Anemometer* can be used to calculate these values. The variables used to calculate TKE value and Heat Flux, the variable  $u$ ,  $v$ ,  $w$ , and  $T$ , obtained from these observation. From the observations at Bandung region (case study was september, 26, 2014), found variations in the daily wind blows from the West and North with an average speed of 4 knots. But during the day, wind blows alternately from the West and from the East. The daily cycle from TKE value indicate a variation with a great value when the sun began and ended before noon. As for the daily cycle of heat flux show significant fluctuations at noon to sunset. This suggests that the process of convection during the morning influenced by *Turbulence Kinetic Energy* and value of Heat Flux affects the convection process after TKE value decline until the sunset.

**Keywords** : Boundary layer, *Turbulence Kinetic Energy* (TKE), Heat Flux

## 1. PENDAHULUAN

Lapisan Batas Meteorologi dapat didefinisikan sebagai sebuah bagian dari Troposfer yang memiliki pengaruh secara langsung terhadap bentuk permukaan bumi, dengan durasi waktu yang relatif singkat (Stull, 1983). Fenomena meteorologi yang terjadi di lapisan batas ini antara lain, penguapan, transfer panas, angin permukaan, Turbulensi, dan sebagainya. Adanya bentuk permukaan bumi yang berbeda, memberikan efek meteorologi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain. Dengan durasi kejadian yang singkat, biasanya fenomena-fenomena tersebut memiliki siklus diurnal yang berbeda di berbagai tempat.

Angin permukaan merupakan aliran udara yang sangat dipengaruhi oleh permukaan bumi, dimana permukaan bumi tersebut memberikan gaya gesek bagi aliran angin. Angin dapat dibagi ke dalam 3 kategori utama, yaitu : angin utama, turbulensi, dan

gelombang (Stull, 1983). Angin permukaan ini memainkan peran penting dalam transfer energi di permukaan. Turbulensi, merupakan hembusan yang menyertai angin utama, dengan bentuk berputar tak beraturan, hal ini biasa disebut sebagai *Eddies*. Dalam Lapisan Batas Meteorologi ini, Turbulensi merupakan komponen utama dalam proses konveksi atau transfer vertikal. Dalam menghitung intensitas Turbulensi, maka perlu diperhatikan juga nilai dari *Turbulence Kinetic Energy* (TKE).

*Turbulence Kinetic Energy* (TKE) memiliki hubungan langsung terhadap proses transfer di Lapisan Batas. Salah satunya adalah proses transfer Panas atau Fluks Panas di permukaan. Panas di permukaan bumi dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu *Latent Heat* dan *Sensible Heat* (Arya, 2001). Hal tersebut dapat ditunjukkan melalui persamaan Jumlah Energi Permukaan seperti berikut :

$$R_N = H + H_L + H_G$$

Dimana  $R_N$  adalah Radiasi Total,  $H$  dan  $H_L$  merupakan panas sensibel dan panas laten, sedangkan nilai  $H_G$  adalah nilai fluks panas yang berasal dari lapisan tanah. Pada siang hari, nilai Fluks Panas bernilai positif, sedangkan pada malam hari, permukaan kehilangan energi karena tidak ada radiasi matahari. Kehilangan energi ini akan dikompensasi dengan menerima panas dari udara dan media tanah. Fluks panas ini memiliki pengaruh terhadap pemanasan atmosfer dari permukaan hingga ketinggian 100 m pada siang hari, kecuali jika terdapat konveksi yang kuat.

Sonic Anemometer merupakan sebuah alat meteorologi yang mampu mengukur vektor angin secara 3 dimensi (komponen  $u$ ,  $v$ , dan  $w$ ), serta mampu menghasilkan data suhu udara. Untuk itu, hasil pengukuran dari Sonic Anemometer ini dapat digunakan untuk mengukur Fluks Panas dan menghitung nilai TKE yang terjadi di permukaan (Burns, Horst, Jacobson, Blanken, & Monson, 2012). Cara kerja dari Sonic Anemometer ini adalah dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk sebuah pulsa suara yang menjalar diantara sepasang transduser. Transduser akan menghitung kecepatan udara sepanjang sumbu transduser. Kecepatan udara akan bergantung pada suhu udara itu sendiri. Untuk mendapatkan kecepatan udara antar transduser, setiap transduser bergantian sebagai pemancar dan penerima sehingga terdapat nilai pulsa dalam dua arah di antara masing-masing transduser (Young, 2004).

## 2. METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi harian dari nilai *Turbulence Kinetic Energy* dan nilai Fluks Panas serta pengaruh keduanya terhadap pembentukan cuaca di atas wilayah Bandung. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan variasi rata-rata kondisi angin permukaan di wilayah tersebut.

Data yang digunakan dalam penulisan ini merupakan data observasi menggunakan Sonic Anemometer yang diletakkan di tengah kota Bandung, tepatnya di Komplek Salman Institut Teknologi Bandung. Pengamatan dilaksanakan selama 24 jam dari jam 12.00 WIB tanggal 26 September 2014 hingga jam 12.00 WIB hari berikutnya. Interval waktu pengamatan adalah 1 menit.

Langkah pengerjaan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

### a. *Turbulence Kinetic Energy*

Energi Kinetik (KE) bisa didefinisikan 0.5  $M^2$  per unit satuan massa. Hubungan aliran dari angin

utama (MKE) dengan Energi Kinetik dapat diungkapkan ke dalam persamaan berikut :

$$\frac{MKE}{m} = 0,5 (\bar{U}^2 + \bar{V}^2 + \bar{W}^2)$$

$$e = 0,5 (u'^2 + v'^2 + w'^2)$$

Dimana  $e$  merupakan *Turbulence Kinetic Energy* sesaat per satuan massa. Terdapat bagian tambahan dari total Energi Kinetik yang terdiri dari hasil turbulensi, namun hal tersebut akan hilang saat kondisi rata-rata. Maka nilai TKE yang dapat mewakili aliran keseluruhan dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\frac{TKE}{m} = 0,5 (\bar{u}'^2 + \bar{v}'^2 + \bar{w}'^2) = \bar{e}$$

Hal ini menggambarkan bahwa *Turbulence Kinetic Energy* merupakan salah satu hal penting dalam mempelajari fluktuasi dalam Lapisan Batas (Stull, 1983).

### b. Fluks Panas

Fluks Panas merupakan laju perpindahan energi panas melalui permukaan bumi per unit luasan permukaan. Nilai Fluks Panas dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$\frac{H}{\rho C_p} = \overline{w'\theta'}$$

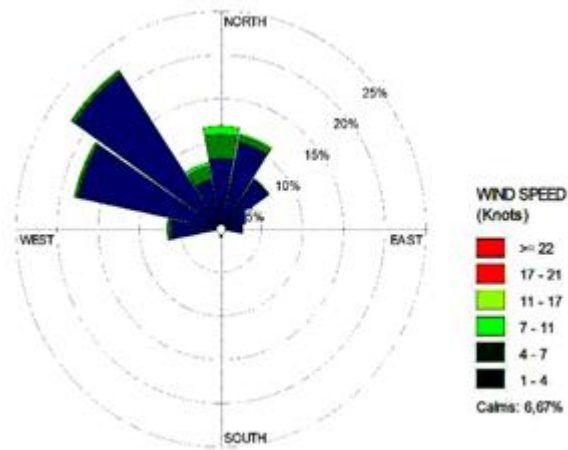
Dimana,  $\rho$  adalah Densitas udara ( $kg\ m^{-3}$ ),  $C_p$  adalah panas spesifik dari udara basah dalam tekanan yang tetap,  $w$  adalah komponen angin vertikal, dan  $\theta$  adalah Suhu Potensial (Kristensen & Fitzjarrald, 1984).

### c. *Wind Rose*

*Wind Rose* merupakan tampilan visual yang digunakan untuk memberikan gambaran tentang kondisi arah dan kecepatan angin yang berada di suatu tempat. Dari grafik *Wind Rose* tersebut dapat diketahui distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin dalam periode tertentu. Komponen  $u$  dan  $v$  dalam pengamatan menggunakan Sonic Anemometer akan diubah kedalam arah dan kecepatan angin untuk digambarkan melalui *Wind Rose* (Means, 1955).

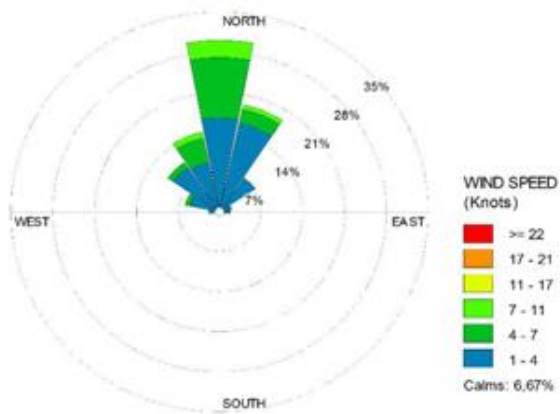
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi arah dan kecepatan angin permukaan selama pengamatan, dapat ditunjukkan melalui grafik *Wind Rose* pada Gambar 1. Dari Gambar 1 menunjukkan, bahwa saat pengamatan dilakukan, variasi angin harian cenderung berasal dari arah Barat hingga Utara. Dengan kecepatan rata-rata harian sebesar 4 knots.



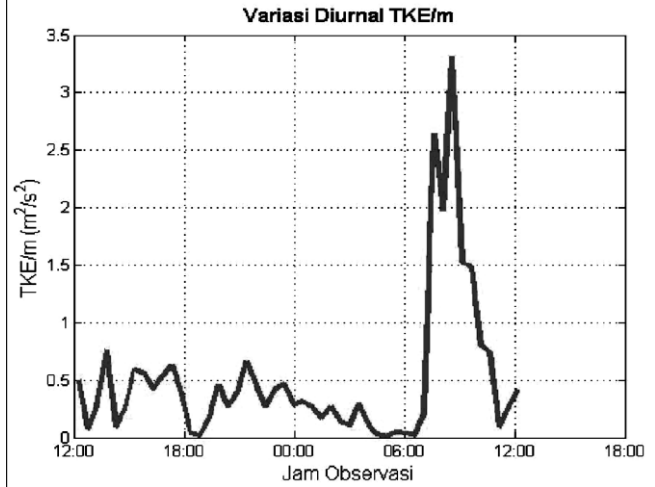
Gambar 1. Kondisi Harian arah dan kecepatan angin permukaan

Variasi harian dari nilai  $\frac{TKE}{m}$  dapat ditunjukkan melalui Gambar 2. Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai TKE yang cukup besar terjadi pada pagi hari. Fluktuasi yang sangat besar terjadi mulai jam 07.00 LT saat sinar matahari mulai memanasi



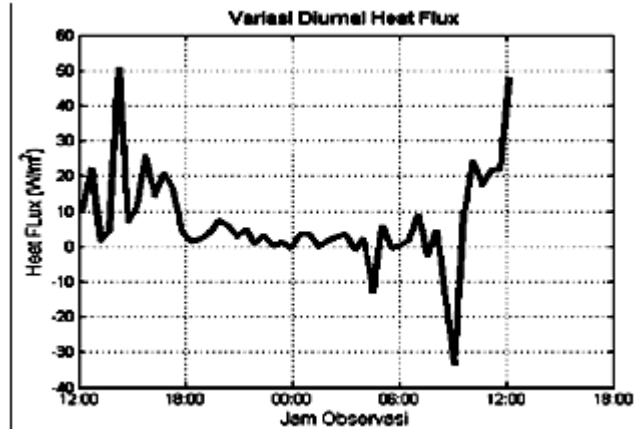
Gambar 3. Kondisi arah dan kecepatan angin saat pagi hari

Gambar 3 menunjukkan kondisi angin permukaan pada pagi hari. Dari kondisi angin tersebut, pada pagi hari angin berhembus menuju ke Selatan. Pada waktu ini, angin gunung yang berasal dari wilayah Utara Bandung memiliki pengaruh yang sangat besar dalam memanaskan atmosfer di Lapisan Batas. Sedangkan Gambar 4 menunjukkan variasi



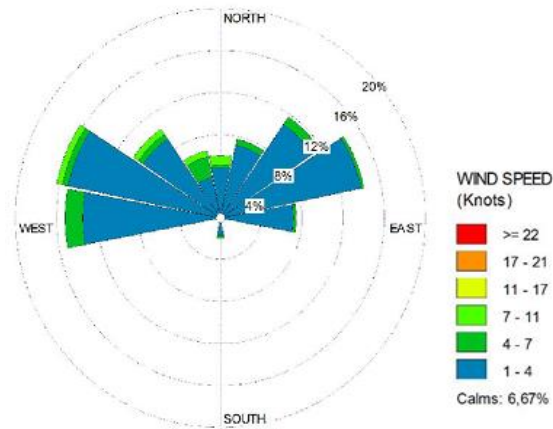
Gambar 2. Variasi Harian nilai Turbulence Kinetic Energy

permukaan bumi. Nilai TKE ini mencapai puncaknya sebelum tengah hari. Maka proses pemanasan atmosfer di permukaan pada jam tersebut, sangat dipengaruhi oleh *Turbulence Kinetic Energy*.



Gambar 4. Variasi Harian nilai Fluks Panas

harian Fluks Panas dalam rentang 24 jam. Dari variasi harian Fluks Panas tersebut, menunjukkan adanya fluktuasi nilai Fluks Panas yang besar terjadi pada pagi hingga sore hari. Sedangkan pada malam hari, kondisi Fluks Panas relatif lebih stabil dan tidak terdapat fluktuasi yang signifikan.



Gambar 5. Kondisi arah dan kecepatan angin saat Siang hari

Gambar 5 menunjukkan grafik *Wind Rose* pada siang hari, dimana angin didominasi dari arah Barat dan Timur dengan kecepatan rata-rata 4 knots. Pada waktu ini, pengaruh angin gunung di sebelah Utara Bandung sudah sedikit berkurang. Hal tersebut disebabkan adanya angin lembah yang menuju ke gunung di Utara maupun di Selatan Bandung. Hal ini mengakibatkan, di lokasi pengamatan, merupakan wilayah Divergensi yang mengarah ke Utara dan Selatan Bandung. Sehingga, pada siang hari angin cenderung berhembus ke arah Barat atau Timur.

Kondisi Lapisan Batas harian di wilayah Bandung sangat dipengaruhi oleh kondisi topografinya, dengan adanya pegunungan di sebelah Utara dan Selatan Bandung. Pada pagi hari, proses pencampuran di lapisan batas, sangat dipengaruhi oleh aktifitas turbulensi. Hal ini berakibat, pengaruh dari transfer panas untuk aktifitas konveksi baru terjadi setelah nilai TKE mencapai puncaknya. Hal tersebut dapat dilihat dari variasi nilai Fluks Panas, dimana saat nilai TKE mulai turun, nilai Fluks Panas mengalami kenaikan yang signifikan hingga sore hari. Ketika nilai TKE mencapai puncak, nilai Fluks Panas berada pada titik terendahnya. Hal ini mengindikasikan di lapisan batas saat pagi hari, permukaan yang dekat tanah mempunyai suhu yang lebih rendah dibanding lapisan di atasnya. Namun setelah proses pencampuran di lapisan batas berlangsung sempurna, Fluks Panas mengambil peran dalam proses konveksi yang ada.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan menggunakan Sonic Anemometer di kota Bandung dapat menunjukkan beberapa kondisi yang terjadi di Lapisan Batas. Pada waktu pengamatan, kondisi angin permukaan rata-rata berhembus dari Barat hingga Utara. Namun, pada saat terdapat sinar matahari angin berhembus

secara bergantian dari arah Barat dan Timur. Hal ini menyebabkan adanya divergensi yang mengarah ke Utara dan Selatan Bandung. Pada pagi hari, proses konveksi dipengaruhi oleh Turbulensi yang menyebarkan panas dan menghasilkan lapisan pencampuran di dalam Lapisan Batas. Ketika lapisan pencampuran telah terbentuk dengan sempurna, proses konveksi dipengaruhi oleh transfer panas. Transfer panas ini terjadi sebelum tengah hari hingga matahari terbenam. Sehingga aktifitas pencampuran di Lapisan Batas wilayah Bandung sangat dipengaruhi oleh aktifitas lokal dari angin Lembah yang mengarah ke Utara dan Selatan kota Bandung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arya, S. P. (2001). *Introduction to Micrometeorology*. Raleigh: Academic Press.
- [2] Burns, S. P., Horst, W. T., Jacobson, L., Blanken, P. D., & Monson, R. K. (2012). Using Sonic Anemometer temperature to measure sensible heat flux in strong winds. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2095 - 2111.
- [3] Foken, T. (2008). *Micrometeorology*. Bayreuth: Springer.
- [4] Kristensen, L., & Fitzjarrald, D. R. (1984). The Effect of Line Averaging on Scalar Flux Measurements with a Sonic Anemometer near the Surface. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 138 - 146.
- [5] Means, T. M. (1955). R. M. Schotland. *Journal of Meteorology*, 386 - 390.
- [6] Stull, R. B. (1983). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [7] Young, R. M. (2004). *Instruction Ultrasonic Anemometer Model 8100*. R. M. Young Company.