

## KAJIAN KELAS STABILITAS UDARA PADA TAPAK PLTN DI PULAU BANGKA

**Denissa Beauty Syahna, Sunarko, Dedy Priambodo, Imam Hamzah**  
Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir, Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710  
email: denissabs@batan.go.id

### ABSTRAK

**KAJIAN KELAS STABILITAS UDARA PADA TAPAK PLTN DI PULAU BANGKA.** Pemantauan meteorologi pada tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) telah dilakukan di Bangka Barat dan Bangka Selatan. Parameter yang dipantau meliputi suhu udara, arah angin, kecepatan angin, kelembapan udara, tekanan udara, radiasi matahari dan curah hujan. Parameter penting lain yang tidak terpantau langsung menggunakan sensor adalah stabilitas udara. Kajian kelas stabilitas udara ini ditentukan melalui metode *lapse rate* data suhu udara di Bangka Barat dan Bangka Selatan pada tahun 2015 - 2016. Perhitungan *lapse rate* menggunakan laju perubahan suhu udara pada ketinggian 10 dan 60 meter. Hasil perhitungan dari *lapse rate* digunakan untuk menentukan nilai kelas stabilitas udara. Penentuan kelas stabilitas udara pada kajian ini menggunakan skema kelas stabilitas *Pasquill*. Hasil kelas stabilitas udara pada tapak PLTN di Pulau Bangka ini dominan berada pada kelas E yaitu sedikit stabil.

Kata kunci: meteorologi, kelas stabilitas udara, *lapse rate*.

### ABSTRACT

**ATMOSPHERIC STABILITY CLASSIFICATION ASSESSMENT ON NPP SITES IN BANGKA.** Meteorological monitoring on the site of Nuclear Power Plant (NPP) has been conducted in West Bangka and South Bangka. The parameters monitored include air temperature, wind direction, wind speed, humidity, air pressure, solar radiation and rainfall. Another important parameter which is not directly monitored using sensors is atmospheric stability. Atmospheric stability classification assessment was determined through lapse rate method from data of air temperature in West Bangka and South Bangka in 2015 – 2016. Lapse rate method uses the rate of change temperature at levels of 10 and 60 meters. The result of lapse rate are used to determine the value of atmospheric stability classification. In this study, the determination of atmospheric stability classification uses the Pasquill stability classes. The result of atmospheric stability classification on NPP site in Bangka are dominant in class E, which is slightly stable.

Keyword: meteorological, atmospheric stability classification, lapse rate.

### PENDAHULUAN

Penentuan lokasi tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) memerlukan kajian dari berbagai macam aspek. Pertimbangan penyebaran material radioaktif ke atmosfer menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan PLTN. Berdasarkan aspek dispersi, dampak radiologi dan potensi lepasan material radioaktif dipengaruhi oleh jenis zat radioaktif, desain reaktor, kondisi meteorologi, aspek demografi dan perilaku masyarakat sekitar [1]. Dampak sebaran radioaktif dan dosis radiasi yang timbul dari dispersi dapat dilakukan menggunakan metode probabilitistik dan deterministik [2,3]. Sedangkan dalam aspek kejadian akibat ulah manusia (KAUM) untuk menentukan dampak keparahan kecelakaan dari suatu reaktor dengan mempertimbangkan skenario kecelakaan, sumber kecelakaan, kondisi penyimpanan, serta kondisi atmosfer [4]. Kondisi meteorologi mempengaruhi dampak material radioaktif karena atmosfer merupakan jalur paparan utama yang membawa material radioaktif dan tersebar di lingkungan baik dalam kondisi PLTN beroperasi normal maupun dalam kondisi kecelakaan [5].

Faktor meteorologi penting untuk melakukan perhitungan atau pemodelan kajian dispersi adalah arah dan kecepatan angin serta kondisi stabilitas udara pada lokasi tapak [6]. Data arah dan kecepatan angin didapatkan langsung dari sensor parameter menara meteorologi. Sedangkan untuk mendapatkan data stabilitas udara terdapat beberapa stasiun meteorologi yang memiliki sensor parameter stabilitas udara, namun ada juga yang tidak

memiliki sensor parameter stabilitas udara [1]. Pada stasiun meteorologi di Pulau Bangka tidak terdapat sensor parameter stabilitas udara, maka untuk mengetahui kondisi kestabilan atmosfer di Bangka Barat dan Bangka Selatan dilakukan perhitungan melalui ketersediaan data yang ada. Dalam tulisan ini data yang digunakan adalah hasil perbandingan suhu udara dari dua ketinggian menara meteorologi. Kondisi stabilitas udara akan dikategorikan kedalam kelas dari kondisi tidak stabil, netral hingga kondisi stabil. Data hasil kajian kelas stabilitas udara pada tapak PLTN di Pulau Bangka ini dapat menjadi data input dari berbagai pemodelan dispersi yang ada.

## TEORI

Menurut BMKG, meteorologi adalah ilmu yang mempelajari proses fisis dan gejala cuaca terutama pada lapisan atmosfer bawah (troposfer). Indonesia merupakan negara yang memiliki fenomena cuaca dan iklim yang unik, sehingga pengamatan atau riset atmosfer telah banyak dilakukan oleh para ahli di Indonesia [7]. Saat ini, para ahli meteorologi fokus terhadap kondisi stabilitas udara untuk memprediksi kemungkinan potensi keparahan dari suatu kejadian seperti badai. Kestabilan dan ketidakstabilan udara juga dapat memprediksi kualitas udara dengan mengetahui pola sebaran emisi polutan dan seperti apa pola konsentrasi terhadap permukaan tanah. Udara dapat dikatakan stabil apabila gerakan vertikal terhambat dan jika awan terbentuk maka akan menjadi dangkal seperti awan berlapis (stratus) [8].

Stabilitas udara dapat diukur dengan beberapa cara, diantaranya menggunakan metode laju perubahan suhu (*lapse-rate*), metode fluktuasi horisontal arah angin, metode angka *Richardson* ( $R_i$ ), metode angka *Bulk Richardson* ( $R_{iB}$ ) dan metode *Monin-Obukhov Length* [9]. Namun, dalam kajian ini stabilitas udara diukur menggunakan metode *lapse-rate*. Ada 3 (tiga) jenis *lapse rate* diantaranya sebagai berikut [8]:

- *Environmental lapse rate*: Metode *lapse-rate* merupakan laju perubahan suhu udara pada perubahan antara dua ketinggian baik dalam arah vertikal maupun horisontal. Perhitungan *lapse rate* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan  $\gamma = \partial T / \partial H$ , dimana nilai *lapse rate* ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) dilambangkan dengan  $\gamma$ , sedangkan  $\partial T$  merupakan perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan  $\partial H$  merupakan perubahan ketinggian (m)
- *Dry-Adiabatic Lapse Rate*: parcel udara tak jenuh yang mendingin pada kecepatan berkisar  $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- *Moist Adiabatic Lapse Rate*: parcel udara jenuh yang mendingin pada kecepatan rata-rata berkisar  $4,5 - 6^{\circ}\text{C}/\text{km}$

## Stabilitas Udara Pasquill

Pemodelan dispersi atmosfer dapat dilakukan menggunakan model Gaussian Plume [10]. Bahkan model Gaussian Plume merupakan model yang paling banyak digunakan untuk dispersi atmosfer kronis [11]. Dalam pemodelan jenis ini area studi sebaran diasumsikan ke dalam 16 arah mata angin. pada suatu tapak. Metode yang paling sering digunakan untuk menentukan kelas stabilitas udara adalah menggunakan kelas stabilitas udara Pasquill [12]. Kelas stabilitas udara Pasquill memiliki 7 kelas, dimulai dari kelas A (sangat tidak stabil) hingga kelas G (sangat stabil) seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai *Lapse-Rate* dengan Kelas Stabilitas Pasquill [12]

Kelas Stabilitas Pasquill	Kondisi Stabilitas Udara
A	Sangat tidak stabil
B	Tidak stabil
C	Sedikit tidak stabil
D	Netral
E	Sedikit stabil
F	Stabil
G	Sangat stabil

## METODOLOGI

Pemantauan data meteorologi pada tapak PLTN di Pulau Bangka dilakukan secara terus menerus selama 24 jam. Peralatan yang digunakan terpasang pada menara setinggi 80 meter dengan beberapa sensor untuk mengukur parameter tertentu dan dilengkapi

dengan data logger. Parameter yang dipantau secara langsung diantaranya suhu udara, kecepatan angin, arah angin, kelembapan udara, tekanan udara, radiasi matahari dan curah hujan [13].

Dalam kajian ini, parameter meteorologi yang digunakan untuk perhitungan stabilitas udara adalah data suhu udara pada ketinggian 10 dan 60 meter di stasiun meteorologi Muntok, Bangka Barat dan Sebagian, Bangka Selatan. Data yang digunakan merupakan data suhu udara pada tahun 2015 – 2016 dengan kelengkapan data berkisar 95%.

Tahap pertama, sesuai dengan ketersediaan data yang ada maka metode perhitungan kelas stabilitas udara yang digunakan dalam kajian ini adalah metode *lapse rate* [14]. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{\partial T}{\partial H} = \frac{(T_{60} - T_{10})^{\circ C}}{(H_{60} - H_{10})m} \quad (1)$$

Kemudian hasil nilai *lapse rate* digunakan untuk menentukan kelas stabilitas udara dengan mencocokkannya ke dalam skema Kelas Stabilitas Pasquill.

Tabel 2. Korespondensi Nilai *Lapse-Rate* dan Kelas Stabilitas Pasquill [12]

Kelas Stabilitas Pasquill	<i>Lapse rate</i> (°C/m)
A	$(\partial T/\partial H) < -1,9$
B	$-1,9 \leq (\partial T/\partial H) < -1,7$
C	$-1,7 \leq (\partial T/\partial H) < -1,5$
D	$-1,5 \leq (\partial T/\partial H) < -0,5$
E	$-0,5 \leq (\partial T/\partial H) < 1,5$
F	$1,5 \leq (\partial T/\partial H) < 4$
G	$(\partial T/\partial H) \geq 4$

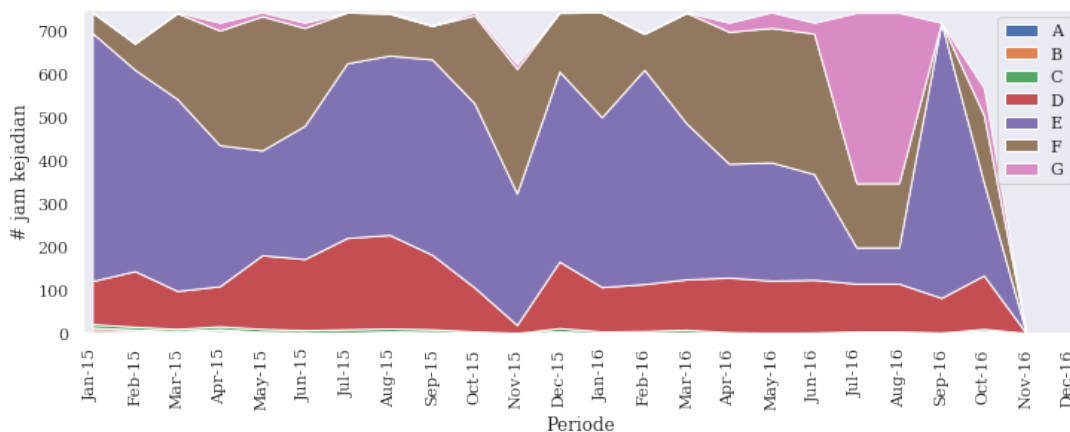
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data suhu udara pada ketinggian 10 dan 60 meter yang dicatat tiap jam dalam rentang waktu dua tahun diolah menggunakan metode *lapse rate* yang kemudian dicocokkan ke dalam kelas stabilitas udara Pasquill. Pada stasiun meteorologi di Bangka Barat ketersediaan data tahun 2016 hanya dari bulan Januari hingga bulan Juli, sedangkan pada stasiun meteorologi di Bangka Selatan ketersediaan data tahun 2015 dari bulan Januari hingga bulan November. Namun ketersediaan data ini masih dapat diolah untuk dilakukan kajian terkait kondisi stabilitas udara di tapak PLTN Bangka Barat dan Bangka Selatan.

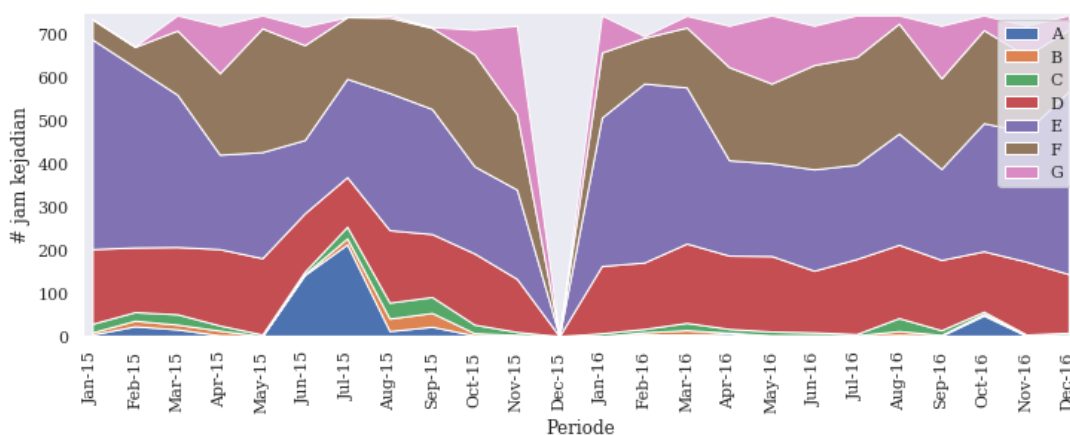
Setelah dilakukan perhitungan *lapse rate* terhadap data yang ada, maka diperolehlah kondisi kelas stabilitas udara. Hasilnya adalah pada rentang dua tahun untuk kondisi stabilitas udara di Bangka Barat dominan berada pada kelas E (sedikit stabil) dengan rata-rata nilai 50-55% dari kelas stabilitas udara yang ada. Sedangkan untuk kondisi stabilitas udara di Bangka Selatan juga menunjukkan dominan pada kelas E (sedikit stabil) dengan rata-rata nilai berkisar 40%.

Tabel 3. Kelas Stabilitas Udara di Bangka Barat dan Bangka Selatan

Kelas Stabilitas	Bangka Barat (%)		Bangka Selatan (%)	
	2015	2016	2015	2016
A	0,2	0	5,6	0,8
B	0,4	0,1	1,6	0,5
C	0,8	0,5	2,7	1,3
D	18,7	17,4	21,2	22,0
E	55,6	50,8	39,4	39,9
F	23,5	31,3	23,6	26,0
G	0,7	0	6,1	9,5

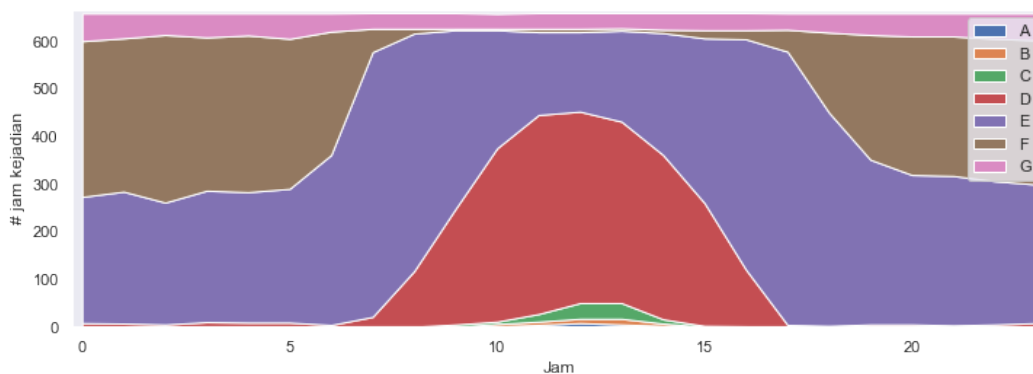


Gambar 1. Kelas stabilitas udara di Bangka Barat tahun 2015 – 2016

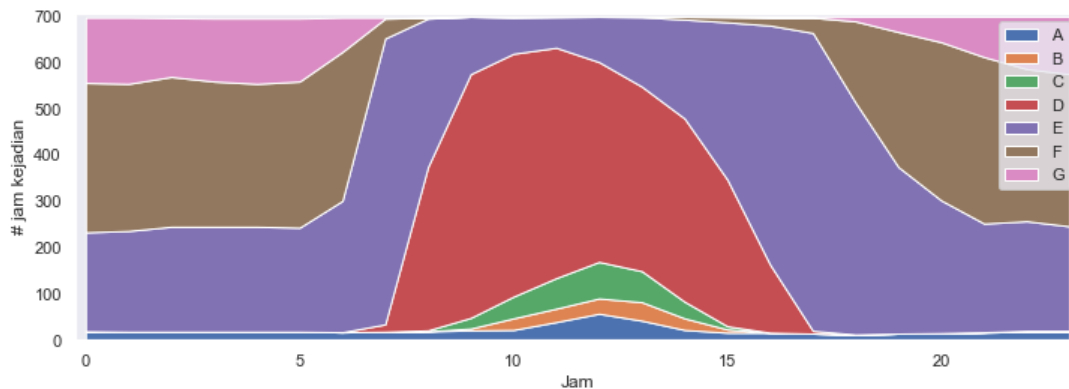


Gambar 2. Kelas stabilitas udara di Bangka Selatan tahun 2015 – 2016

Ditinjau dari distribusi stabilitas udara rerata bulanan selama sekitar 2 tahun, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2, umumnya kondisi stabilitas udara didominasi oleh kelas D-F dan tidak terlalu sering terjadi kondisi anomali selama periode 2015-2016. Ketidaksiuaian terjadi selama periode bulan Desember 2015 dan bulan November-Desember 2016 karena terjadi kehilangan data akibat kerusakan alat. Anomali berupa kondisi atmosfer sangat stabil terjadi pada bulan Juli-Agustus 2016 sebagaimana terlihat dalam Gambar 1 sedangkan kondisi tidak stabil dapat terlihat dalam periode Juni-Juli 2015 sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.



Gambar 3. Distribusi stabilitas udara per-jam di Bangka Barat tahun 2015 – 2016



Gambar 4. Distribusi stabilitas udara per-jam di Bangka Selatan tahun 2015 – 2016

Ditinjau dari distribusi stabilitas udara setiap jam-nya, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3 dan 4, baik di Bangka Barat maupun di Bangka Selatan menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bahwa pada malam hingga pagi hari yaitu dari sekitar jam 17:00 hingga 07:00, saat temperatur udara relatif rendah, stabilitas udara mayoritas berada pada kelas E-F, yaitu antara sedikit stabil-stabil. Pada siang hari antara jam 07:00 hingga 17:00, stabilitas dominan pada tingkat D-E, yaitu netral-sedikit stabil, dengan sebagian kecil kejadian tak-stabil, terutama saat tengah hari. Pada waktu seperti ini, biasanya matahari bersinar sangat terik dan temperatur udara relatif tinggi sehingga terjadi pergerakan udara vertikal yang lebih intens dan memicu ketidakstabilan atmosfer.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan data pengamatan di stasiun meteorologi Muntok dan Sebagian sepanjang hampir dua tahun (2015-2016) diketahui bahwa kelas stabilitas yang dominan adalah kelas D-F dengan median pada kelas E (sedikit stabil) menurut klasifikasi Pasquill. Kondisi atmosfer tidak stabil tidak banyak terjadi dan kondisi ini biasanya ditemukan pada tengah hari ketika temperatur udara dan radiasi matahari relatif tinggi. Sedangkan pola siklus stabilitas udara harian cenderung stabil pada sore hingga pagi hari dan normal pada siang hari.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pimpinan Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir, PKSEN-BATAN dan panitia Seminar Infrastruktur Energi Nuklir (SIEN) 2019 yang telah memberikan kesempatan kepada para penulis untuk menyajikan karya tulis ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Yuniarto, G. S. B. Andari and Syahrir, "Pengaruh Tinggi Lepasn Efektif Terhadap Dispersi Atmosferik Zat Radioaktif (Studi Kasus: Calon Tapak PLTN Bangka Belitung)," *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, vol. 17, no. 1, pp. 62-70, 2014..
- [2] Sunarko, D. B. Syahna, H. Susiati, S. Suryanto and A. Yuniarto, "Kajian Probabilistik Dampak Kesehatan Akibat Lepasn Radionuklida RSS-GAS," in *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018*, Yogyakarta, 2018.
- [3] S. Kuntjoro and P. M. Udiyani, "Analisis Probabilistik Sebaran Radionuklida RSG-GAS Pada Kondisi Satu Bahan Bakar Meleleh," in *Prosiding PPI - PDIPTN 2006*, Yogyakarta, 2006.
- [4] D. Priambodo, "Penentuan Nilai Jarak Aman Sumber Tidak Bergerak: Skenario Kebakaran dan Ledakan pada SPBU dan SPPBE di Sekitar Tapak RDE," *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 20, no. 1, pp. 9-16, 2018.
- [5] Safety Standards Series No. NS-G-3.2, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plant, Vienna: IAEA, 2002.
- [6] Y. S. B. Susilo, Simulasi Penyebaran Efluen Radioaktif Melalui Udara: Studi Kasus PLTN Jepara, Jakarta: Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, 1999.

- 
- [7] B. T. HK, *Meteorologi Indonesia Volume I: Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer*, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2009.
- [8] O. M. Almethen and S. Z. Aldaithan, "The State of Atmosphere Stability and Instability Effects on Air Quality," *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, vol. 6, no. 4, pp. 74-79, 2017.
- [9] K. S. M. Essa, M. M. Embaby, A. M. Kozae and F. Mubarak, "Estimation of Seasonal Atmospheric Stability and Mixing Height by Using Different Schemes," in *VIII Radiation Physics & Protection Conference*, Egypt, 2006.
- [10] S. D.L. , J. K. W.E. and C. J.P., *Environmental Dose Assessment Methods for Normal Operations at DOE Nuclear Sites*, Washington: Pacific Northwest Laboratory by Battelle Memorial Institute, 1982.
- [11] H. Chapman, *Performance Test of The Pasquill Stability Classification Scheme*, US: The University of Wisconsin-Milwaukee, 2017.
- [12] M. Mohan and S. T.A., "Analysis of Various Schemes for The Estimation of Atmospheric Stability Classification," in *Atmospheric Environment* 32 (21) : 3775-3781, 1998.
- [13] D. B. Syahna, K. Anzhar and S. Suryanto, "Pemantauan Meteorologi Pada Calon Tapak PLTN di Desa Sebagian Pulau Bangka," in *Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2017*, Makassar, 2017.
- [14] Lisnawati, E. E. S. Makmur and D. S. Permana, "Profil Lapse Rate Vertikal di Wilayah Indonesia," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 18, no. 2, pp. 95-106, 2017.
- [15] S. Magidi, "Determining The Atmospheric Stability Classes For Mazoe in Northern Zimbabwe," in *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 2013.

**DISKUSI/TANYA JAWAB:**

**1. PERTANYAAN (Ade Awalludin-BAPETEN):**

Stabilitas udara yang dipilih berdasarkan rata-rata dalam sebulan atau berdasarkan rata-rata per jam yang lebih mewakili stabilitas udara?

**JAWABAN:**

Tergantung dari analisis atau kajian yang diinginkan apakah distribusi berdasarkan rata-rata dalam sebulan atau per jam.