

TINJAUAN TEMPERATUR PERMUKAAN DAN ANGIN DI WILAYAH TROPIS DUNIA

Suhadi^{1*}, Jamiatul Khairunnisa Putri²

^{1,2} Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kec. Kemuning, Kota Palembang, 30126, Indonesia
E-mail:suhadi@radenfatah.ac.id

ABSTRAK

Wilayah tropis dunia merupakan daerah dengan temperatur yang relatif tinggi sepanjang tahun. Temperatur wilayah ini tentunya mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, khususnya di wilayah tersebut. Penelitian ini menganalisis rata-rata bulanan temperatur permukaan udara (SAT) dan anomali SAT dari tahun 1940 hingga 2023, serta pola anomali angin di wilayah tropis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata SAT berkisar antara 23.5°C hingga 26.5°C, dengan puncak temperatur terjadi pada Mei dan Oktober setiap tahunnya. Tren jangka panjang menunjukkan peningkatan SAT dari tahun ke tahun, yang konsisten dengan pemanasan global. SAT terendah terjadi pada tahun 1943, sementara SAT tertinggi tercatat pada tahun 2024. Rata-rata anomali SAT menunjukkan variasi bulanan, dengan nilai positif pada Februari, April, Juni, dan Desember, yang kemungkinan dipengaruhi oleh fenomena atmosfer seperti El Niño dan La Niña. Analisis anomali angin mengungkap dominasi angin timuran di wilayah tropis, yang lebih cepat di atas lautan dibandingkan daratan akibat perbedaan gesekan permukaan. Variasi musiman menunjukkan perubahan pola angin, dengan puncak angin timuran pada Juni-Agustus (JJA) dan transisi ke angin baratan pada September-November (SON). Fenomena ini terkait dengan sistem sirkulasi atmosfer global, seperti Sel Hadley, angin pasat, Monsun Asia, dan Dipole Mode Indian Ocean (IOD). Penelitian ini menegaskan bahwa pola SAT dan angin tropis mengalami perubahan yang sejalan dengan variabilitas iklim global, sehingga diperlukan studi lebih lanjut untuk memahami dampak fenomena iklim terhadap dinamika atmosfer.

Kata Kunci: Temperatur Permukaan Udara; Anomali SAT; Angin timuran; Variabilitas iklim; Pemanasan global.

ABSTRACT

[Title: Review of Surface Temperature and Wind in The World's Tropical Regions] The world's tropical regions are areas with relatively high temperatures throughout the year. The temperature of this region certainly affects various aspects of life, especially in this region. This study analyzes the monthly average surface air temperature (SAT) and SAT anomalies from 1940 to 2023, as well as wind anomaly patterns in the tropics. The results show that the average SAT ranges from 23.5°C to 26.5°C, with peak temperatures occurring in May and October each year. The long-term trend shows an increase in SAT from year to year, which is consistent with global warming. The lowest SAT occurred in 1943, while the highest SAT was recorded in 2024. The average SAT anomaly shows monthly variations, with positive values in February, April, June, and December, which are likely influenced by atmospheric phenomena such as El Niño and La Niña. Wind anomaly analysis reveals the dominance of easterly winds in the tropics, which are faster over the ocean than over land due to differences in surface friction. Seasonal variations show changes in wind patterns, with peak easterly winds in June-August (JJA) and transition to westerly winds in September-November (SON). This phenomenon is related to the global atmospheric circulation system, such as the Hadley Cell, trade winds, the Asian Monsoon, and the Indian Ocean Dipole Mode (IOD). This study confirms that the SAT and tropical wind patterns change in line with global climate variability, so further studies are needed to understand the impact of climate phenomena on atmospheric dynamics.

Keywords: Surface Air Temperature; SAT anomaly; Easterly wind; Climate variability; Global warming.

PENDAHULUAN

Wilayah tropis dunia memiliki peran penting dalam sistem iklim global karena karakteristiknya yang unik, termasuk suhu permukaan udara (SAT) yang relatif tinggi sepanjang tahun dan pola sirkulasi angin yang kompleks (Trenberth & Shea, 2005). Variabilitas SAT dan angin di daerah tropis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti radiasi matahari, sirkulasi atmosfer global, serta fenomena iklim seperti El Niño-Southern Oscillation (ENSO)

dan Dipole Mode Indian Ocean (IOD) (Saji et al., 1999; Saji & Yamagata, 2003; Webster et al., 1999). Pemahaman mengenai pola dan tren SAT serta angin di wilayah tropis sangat penting untuk mengkaji dinamika atmosfer dan dampaknya terhadap perubahan iklim serta kondisi cuaca ekstrem (IPCC, 2021, 2023).

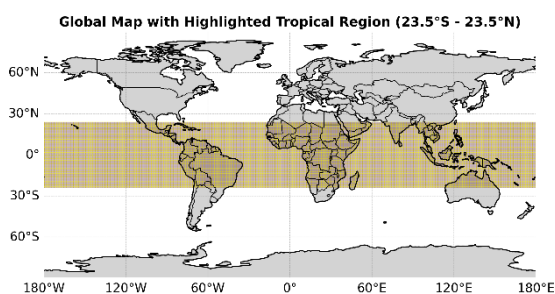
Pada beberapa dekade terakhir, tren pemanasan global telah menyebabkan peningkatan suhu permukaan yang signifikan di berbagai wilayah tropis

(J. Huang et al., 2020; Jones et al., 1999). Fluktuasi suhu ini dapat berdampak pada pola cuaca musiman, intensitas hujan, serta sistem sirkulasi atmosfer yang lebih luas (WMO, 2021). Selain itu, pola angin di wilayah tropis menunjukkan variasi musiman yang dipengaruhi oleh interaksi antara daratan dan lautan, yang menyebabkan fenomena monsun serta perubahan pola angin timuran dan baratan (Holton & Hakim, 2012). Beberapa penelitian sebelumnya (Mufti & As'ari, 2014; Nur Ilahi et al., 2023), mengkaji temperatur dan angin secara terpisah, khususnya di Indonesia. Meskipun demikian, terdapat penelitian yang menganalisis temperatur dan angin secara bersama, namun dalam skala lokal dengan data dalam periode 20 tahun (Ahn et al., 2024; Roy & Traiteur, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola rata-rata bulanan SAT dan anomali SAT dari tahun 1940 hingga 2023, serta karakteristik angin di wilayah tropis dunia. Penggunaan data selama 84 tahun ini dimaksudkan untuk memperbaharui informasi SAT, khususnya di wilayah tropis dunia. Analisis dilakukan dengan memperhatikan variasi musiman dan tren jangka panjang yang dapat memberikan wawasan mengenai mekanisme perubahan iklim di daerah tropis. Dengan memahami pola SAT dan angin, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam prediksi cuaca dan iklim, serta mendukung upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di wilayah tropis.

DATA dan METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data reanalisis ERA5 (Temperatur Permukaan-Surface Air Temperature(SAT) dan Angin permukaan) selama 85 tahun (1940-2024). ERA5 merupakan salah satu produk ECMWF yang sudah banyak digunakan pada berbagai penelitian terkait cuaca (Hersbach et al., 2020; X. Huang et al., 2022; Trenberth & Shea, 2005). Cakupan spasial data ini meliputi wilayah tropis seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah Tropis (bagian yang diarsir).

Data SAT selama 85 tahun kami kelompokkan menjadi tiga bagian: 1940-1970, 1970-2000, dan 2000-2024. Pengelompokan ini berdasarkan perubahan aktifitas ENSO pada periode tersebut. Informasi lebih detil mengenai aktivitas ENSO pada periode tersebut dapat dilihat pada (Suhadi et al., 2024).

Selain menghitung rata-rata SAT dan angin permukaan, kami juga menghitung anomali temperatur dan angin dengan persamaan

$$\hat{X}_{ij} = R_{ij} - \bar{X}_i \tag{1}$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} R_{(12k+i)} \tag{2}$$

nilai *i* adalah 1 hingga 12. \hat{X}_{ij} adalah anomali pada bulan ke *i* tahun ke *j*, R_{ij} adalah data aktual bulan ke *i* tahun ke *j*, \bar{X}_i adalah klimatologi pada bulan kalender ke *i*, dan *n* adalah jumlah tahun perhitungan. Anomali ini menunjukkan keadaan yang menyimpang dari keadaan normal. Pada penelitian ini kami belum memasukkan berbagai parameter iklim global (seperti paparan sinar matahari, pengaruh tutupan lahan dan lain sebagainya) untuk mengkaji lebih luas perilaku SAT dan angin yang dipengaruhi beberapa parameter iklim tersebut.

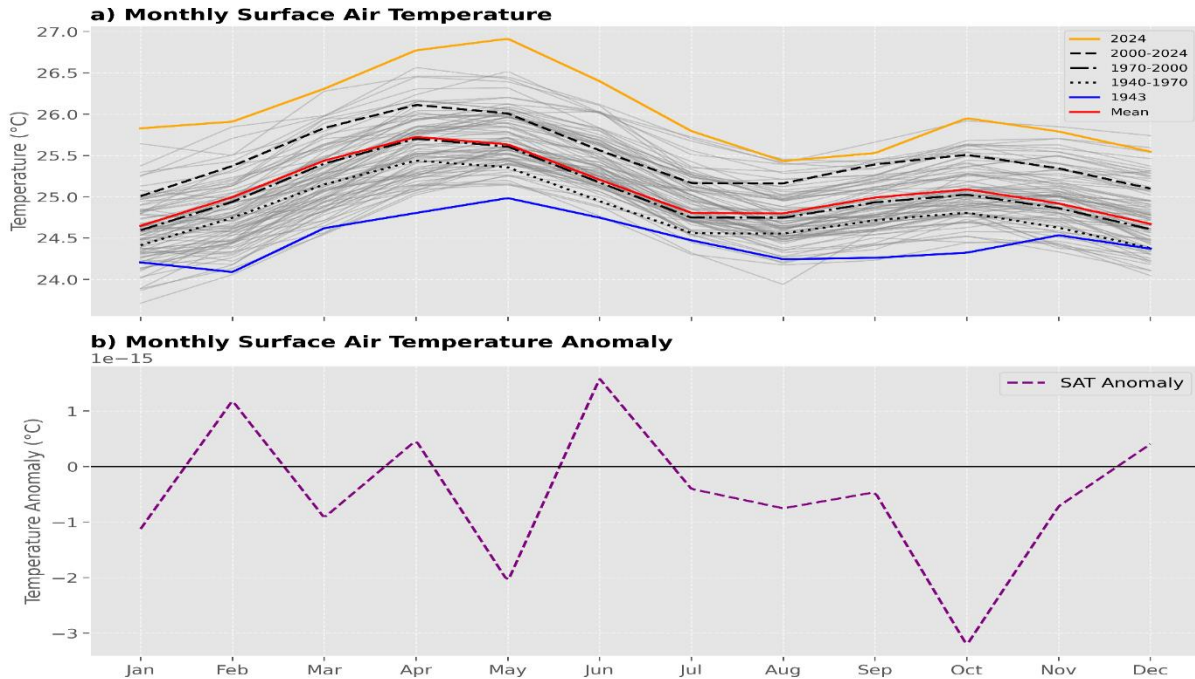
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata bulanan dan anomali setiap bulan SAT ditunjukkan pada Gambar 2.a. Berdasarkan Gambar 2.a, rata-rata bulanan SAT sejak 1940 hingga 2023 (garis abu-abu) berkisar antara 23.5°C hingga 26.5°C. Rentang ini mencerminkan fluktuasi temperatur permukaan udara yang umum terjadi dalam data klimatologi selama periode yang panjang (Jones et al., 1999). Sepanjang pengamatan, puncak SAT terjadi pada Mei dan Oktober setiap tahunnya. Bulan-bulan ini sering dikaitkan dengan perubahan musim dan pola radiasi matahari yang memengaruhi temperatur permukaan (Trenberth et al., 2009). Selain itu rata-rata SAT menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun, walaupun SAT terendah terjadi pada tahun 1943 (garis biru). Kenaikan SAT dari waktu ke waktu sesuai dengan tren pemanasan global yang diamati dalam berbagai penelitian (IPCC, 2021). SAT tertinggi terjadi pada tahun 2024 (garis merah). Peningkatan rata-rata SAT pada periode 1940-1970, 1970-2000, dan 2000-2024 juga sejalan dengan peningkatan SAT dari tahun ke tahun. Namun demikian, menariknya, rata-rata bulanan SAT selama 85 tahun mendekati rata-rata pada periode 1970-2000. Hal ini bisa dijelaskan

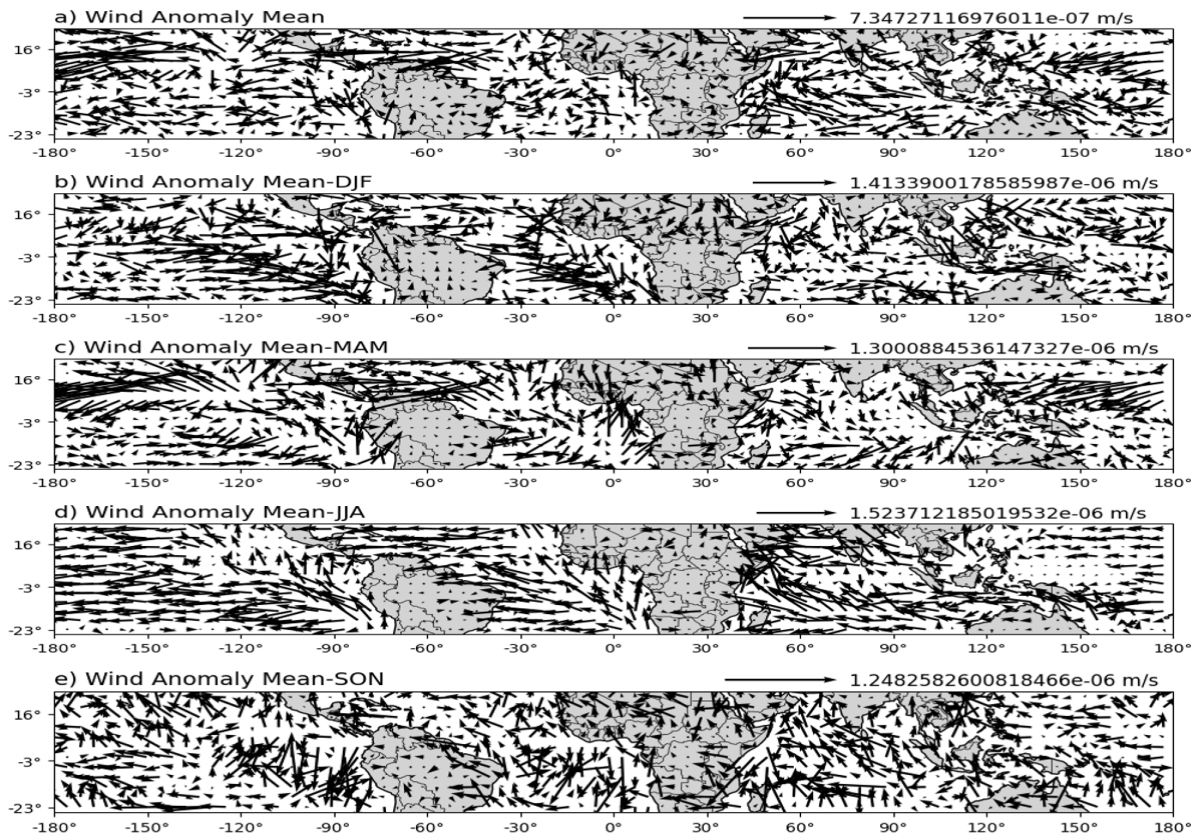
dengan fluktuasi alami jangka panjang yang tetap ada meskipun ada tren pemanasan secara umum.

Gambar 2.b menunjukkan rata-rata anomali SAT. Anomali SAT menunjukkan nilai positif pada Februari, April, Juni dan Desember, sedangkan bulan lainnya menunjukkan anomali negatif. Variasi anomali SAT bulanan dapat terjadi karena pola

atmosfer yang dipengaruhi oleh faktor seperti El Niño, La Niña, dan variabilitas musiman lainnya (WMO, 2021). Namun demikian perlu investigasi lebih lanjut mengenai hal ini, karena puncak El Niño dan La Niña yang biasanya terjadi pada bulan September-Oktober-Nopember (SON).



Gambar 2.a) Rata-Rata Temperatur Permukaan Bulanan, dan **b)** Rata-Rata Anomali Temperatur Permukaan. Garis abu-abu pada a) merupakan rata-rata bulanan dari temperatur permukaan pada tahun 1940-2023 (kecuali 1943).



Gambar 3. a)Rata-Rata Anomali Angin, b-e) Rata-Rata Anomali Angin dalam skala Musiman.

Rata-rata anomali angin di wilayah tropis dunia didominasi oleh angin timuran yang bergerak dari longitude tinggi ke rendah (180° ke -180°) (Gambar 3.a). Fenomena ini terjadi karena perbedaan tekanan antara daerah ekuator dan subtropis, yang dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer global seperti Sel Hadley dan angin pasat (Holton & Hakim, 2012). Rata-rata anomali angin ini juga menunjukkan bahwa, angin yang berada di perairan (samudra) lebih cepat dibandingkan angin yang berada di daratan, begitu juga dengan rata-rata anomali dalam skala musiman (Gambar 3.b-e). Hal ini disebabkan oleh perbedaan gesekan permukaan antara daratan dan lautan, di mana laut memiliki koefisien gesekan yang lebih kecil dibandingkan daratan, sehingga angin dapat bergerak lebih cepat di atas perairan (Wallace & Hobbs, 2006). Secara detil, pada Desember-Januari-Februari (DJF) (Gambar 3.b), angin baratan di samudra Pasifik dan samudra Atlantik bergerak lebih cepat daripada samudra Hindia. Hal ini terjadi karena pengaruh Monsun Asia dan El Niño-Southern Oscillation (ENSO), yang menyebabkan perbedaan tekanan antara samudra dan benua di sekitarnya. Pada DJF ini, angin di samudra Hindia cenderung masih berupa angin timuran (Schott et al., 2009). Pada MAM (Gambar

3.c), angin baratan di samudra Hindia mulai berbalik arah dengan puncak angin timuran terjadi pada JJA (Gambar 3.d). Pada periode Maret–Mei (MAM), sirkulasi angin di Samudra Hindia mengalami transisi dari angin baratan menuju angin timuran sebagai respons terhadap perubahan tekanan udara akibat pemanasan permukaan laut yang berbeda antara daratan dan lautan (Webster et al., 1998). Angin timuran di samudra Hindia ini kemudian melemah pada SON (Gambar 3.e). Pada periode SON, perbedaan tekanan antara daratan Asia dan Samudra Hindia mulai berubah kembali, menyebabkan pelemahan angin timuran. Hal ini juga berkaitan dengan fenomena Dipole Mode Indian Ocean (IOD) yang sering mencapai puncaknya pada SON (Saji et al., 1999). Secara umum JJA merupakan periode puncak angin timuran di wilayah tropis, dan SON merupakan fase perubahan angin timuran menjadi angin baratan. JJA adalah musim kemarau di sebagian besar wilayah tropis, termasuk Asia Selatan dan Asia Tenggara. Pada saat ini, tekanan udara tinggi di belahan bumi selatan dan rendah di utara memperkuat angin timuran. Pada SON, transisi musim terjadi, yang mengarah pada perubahan pola angin dari timuran ke baratan, menandai awal musim hujan di beberapa wilayah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data SAT dan anomali yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa temperatur udara permukaan menunjukkan tren peningkatan yang konsisten sejak 1940 hingga 2023, meskipun terdapat fluktuasi alami sepanjang waktu yang dipengaruhi oleh faktor-faktor atmosferik dan fenomena global. Puncak temperatur bulanan yang teridentifikasi pada bulan Mei dan Oktober menegaskan pentingnya pola radiasi matahari dan perubahan musiman dalam mempengaruhi SAT. Selanjutnya, anomali angin di wilayah tropis menunjukkan karakteristik yang dipengaruhi oleh dinamika sirkulasi atmosfer dan interaksi lautan, dengan transisi yang signifikan dari angin timuran ke angin baratan pada musim tertentu. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami sepenuhnya dampak dari fenomena lingkungan ini terhadap pola cuaca global dan adaptasi terhadap perubahan iklim yang sedang berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, S., Seo, W. S., Kwon, H., Lee, M. H., Kim, S. J., Lee, B. Y., Park, S. J., & Choi, T. (2024). Influence of Foehn-Like Winds on Near-Surface Temperature at Jang Bogo Station, Terra Nova Bay, East Antarctica. *Geophysical Research Letters*, *51*(22). <https://doi.org/10.1029/2024GL110348>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., ... Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *146*(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Holton, J. R., & Hakim, G. J. (2012). An introduction to dynamic meteorology: Fifth edition. In *An Introduction to Dynamic Meteorology: Fifth Edition* (Vol. 9780123848). <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63394-8>
- Huang, J., Jones, B., Thatcher, M., & Landsberg, J. (2020). Temperature impacts on utility-scale solar photovoltaic and wind power generation output over {Australia} under {RCP} 8.5. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *12*(4), 46501. <https://doi.org/10.1063/5.0012711>
- Huang, X., Huang, X., Han, S., Han, S., Shi, C., & Shi, C. (2022). Evaluation of Three Air Temperature Reanalysis Datasets in the Alpine Region of the Qinghai–Tibet Plateau. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs14184447>
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Cambridge University Press*.
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers: Synthesis Report. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1–34.
- Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., & Rigor, I. G. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, *37*(2), 173–199. <https://doi.org/10.1029/1999RG900002>
- Mufti, F., & As'ari. (2014). Pengaruh Angin Dan Kelembapan Atmosfer Lapisan Atas. *Jurnal Mipa Unsrat Online*, *3*(1), 58–63.
- Nur Ilahi, I. F., Dewi, B. P., Muhammad, Y. I. N., Wibowo, B. P., & Giarno, G. (2023). Kajian Perbandingan Arah Angin Permukaan Terhadap Unsur Cuaca Dan Iklim Pada Wilayah Pesisir Dan Dataran Tinggi (Studi Kasus : Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta Dan Stasiun Meteorologi Citeko). *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, *19*(1), 109. <https://doi.org/10.35580/jspf.v19i1.42933>
- Roy, S. B., & Traiteur, J. J. (2010). Impacts of wind farms on surface air temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*(42), 17899–17904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000493107>
- Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran, P. N., & Yamagata, T. (1999). A dipole mode in the tropical Indian ocean. *Nature*, *401*(6751), 360–363. <https://doi.org/10.1038/43854>
- Saji, N. H., & Yamagata, T. (2003). Structure of SST and surface wind variability during Indian Ocean Dipole mode events: COADS observations. *Journal of Climate*, *16*(16), 2735–2751. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<2735:SOSASW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<2735:SOSASW>2.0.CO;2)
- Schott, F. A., Xie, S. P., & McCreary, J. P. (2009). Indian ocean circulation and climate variability. *Reviews of Geophysics*, *47*(1), 1–46.

- <https://doi.org/10.1029/2007RG000245>
- Suhadi, Jamiatul, K. P., Iskhaq, I., Supari, Muhammad, I., Melly, A., & Hamdi, A. (2024). Morlet's Wavelet analysis on El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the Indian Ocean Dipole (IOD) for 84 years: 1940-2023. *Indonesian Physical Review*, 7(2), 250–258.
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Kiehl, J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3), 311–323.
- <https://doi.org/10.1175/2008BAMS2634.1>
- Trenberth, K. E., & Shea, D. J. (2005). Relationships between precipitation and surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 32(14), 1–4.
- <https://doi.org/10.1029/2005GL022760>
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric Science: An Introductory Survey: Second Edition*. In *Atmospheric Science: An Introductory Survey: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00034-8>
- Webster, P. J., Magaña, V. O., Palmer, T. N., Shukla, J., Tomas, R. A., Yanai, M., & Yasunari, T. (1998). Monsoons: processes, predictability, and the prospects for prediction. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 103(C7), 14451–14510.
- <https://doi.org/10.1029/97jc02719>
- Webster, P. J., Moore, A. ., Loschnigg, J. P., & Leben, R. R. (1999). Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature*, 401(6751), 356–360. <https://doi.org/10.1038/43848>
- WMO. (2021). *State of the Global Climate 2020* (Issue 1264). https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21880#.YHg0ABMzZR0