

Pengaruh Australian Summer Moonson pada Precipitable Water Vapour di Jawa Timur Tahun 2015-2020

Impact of The Australian Summer Moonson on Precipitable Water Vapour Across East Java Province, 2015-2020

Eko Yuli Handoko*, Putra Maulida, Akbar Kurniawan, Anak Agung Adhi Dermawan

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: ekoyh@geodesy.its.ac.id

Diterima: 24012023; Diperbaiki: 24012023; Disetujui: 07022023; Dipublikasi: 28022023

Abstrak: *Precipitable Water Vapor* merupakan parameter iklim penting yang menunjukkan kelembaban yang tersedia di atmosfer dan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi karena terbentuk oleh penguapan/evapotranspirasi dari permukaan ke atmosfer, dapat mengembun menjadi awan dan dapat kembali ke permukaan dalam bentuk presipitasi. *Precipitable Water Vapor* dapat dipengaruhi fenomena alam seperti siklus monsun. Saat ini, teknologi Sistem Satelit Navigasi Global saat ini dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *Precipitable Water Vapour*. Penelitian ini bertujuan menganalisa korelasi pengaruh monsun musim panas Australia dengan variasi PWV di Jawa Timur selama 5 tahun (2015 – 2020). Perbandingan *Precipitable Water Vapor* hasil pengukuran GPS dengan PWV alat Radiosonde dengan periode dan lokasi yang sama menunjukkan korelasi yang kuat (Corr = 0,9) dengan RSME sebesar 0,02 m. Sedangkan korelasi baik secara spasial dan temporal PWV pada stasiun CORS Jawa Timur bagian timur menunjukkan korelasi yang cukup kuat (Corr = 0.2 hingga 0,6) dengan monsun musim panas Australia dan korelasi semakin lemah pada stasiun CORS Jawa Timur bagian tengah dan barat.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

Abstract: *Precipitable Water Vapor (PWV)* is an important climate parameter that shows the available water content in the atmosphere and plays an important role in the hydrological cycle because it is formed through evaporation and evapotranspiration from the surface to the atmosphere, can condense into clouds, and can return to the surface in the form of precipitation. *PWV* can affect natural phenomena such as the monsoon cycle. Currently, *Global Navigation Satellite System (GNSS)* technology can be used to obtain *precipitable water vapor (PWV)* values. This study analyzes the influence of the Australian summer monsoon on *PWV* variations in East Java for 5 years. In the first part, we compared the dual-frequency *GNSS PWV* measurements with the Radiosonde *PWV* tool for the same period and location. A comparison of *GPS PWV* with Radiosonde shows a strong correlation of 0.9 with an RMS of 0.02 m. Spatial and temporal *PWV* at the eastern East Java CORS station shows a fairly strong correlation with the Australian summer monsoon and a weaker correlation at the central and western East Java CORS stations.

Kata kunci: GPS, PWV, Monsun, Water Vapour, East Java

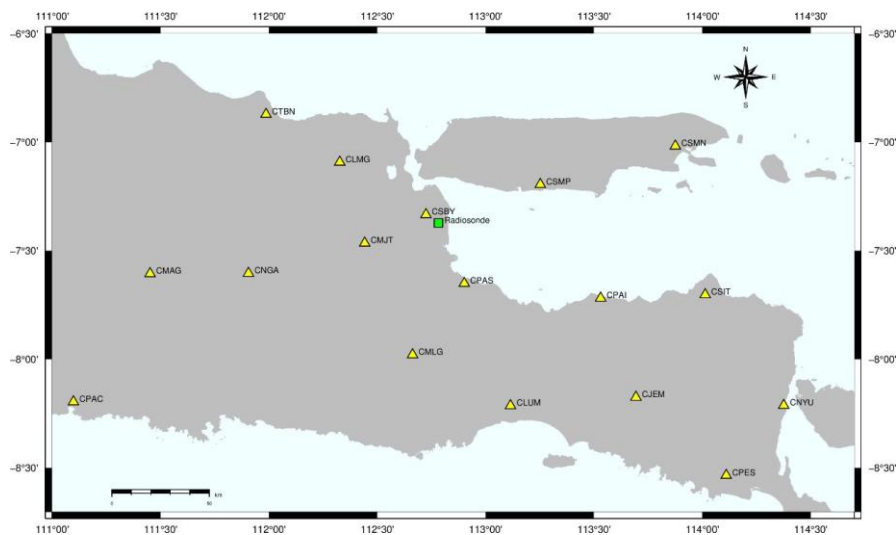
Cara untuk sitasi: Handoko, E.Y., Maulida, P., Kurniawan, A., Dermawan, A.A.A. (2023). Pengaruh Australian Summer Moonson pada Precipitable Water Vapour di Jawa Timur Tahun 2015-2020. *Geoid*, 18(2), 215-220.

Pendahuluan

Precipitable Water Vapour (PWV) memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi karena terbentuk dari proses evapotranspirasi dari permukaan ke atmosfer. Uap air dapat mengembun menjadi awan dan dapat kembali ke permukaan dalam bentuk hujan (Chen dkk, 2017). Panas laten yang dilepaskan setiap kali uap air di atmosfer mengembun, merupakan aspek penting dari jumlah energi di atmosfer yang menghasilkan pemanasan diabatik dan penggerak sistem cuaca lokal maupun global (Falaiye dkk, 2018). *PWV* dipengaruhi oleh fenomena alam seperti siklus monsun dan siklus *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* (Trenberth dkk, 2007). *Global Navigation Satellite System (GNSS)* saat ini dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *PWV*.

Secara konvensional pengukuran uap air dilakukan menggunakan teknik radiosonde. Teknik ini telah banyak digunakan sebagai rujukan untuk untuk mendapatkan parameter fisik cuaca terintegrasi secara vertikal. Sebaliknya, penggunaan teknik ini sangat mahal dan menghasilkan cakupan resolusi spasial dan temporal yang buruk. Saat ini, distribusi jaringan CORS semakin banyak dan tersebar merata, terutama di Indonesia. Hal ini tentunya memberikan kesempatan untuk pemantauan cuaca dari pengamatan GNSS yang dapat mengisi kekurangan dari pengamatan meteorologi konvensional. Teknik observasi dari GNSS sensitif terhadap distribusi spasial dan temporal dari kandungan uap air di atmosfer, sehingga memungkinkan untuk mengestimasi parameter uap air dengan tepat dan kontinu dengan densitas spasial yang bergantung pada distribusi jaringan pengamatan (Liang dkk, 2015).

Monsun merupakan perubahan sirkulasi atmosfer skala besar secara musiman. Angin muson merupakan angin yang berhembus pada skala regional dalam cakupan benua yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara yang mencolok antara daratan dan samudra. Berdasarkan letak geografis Indonesia dan Australia, angin ini melakukan perjalanannya secara berkala. Sistem ini akhirnya mempengaruhi cuaca di berbagai tempat di Australia dan Indonesia (Kajikawa dkk, 2010). Penelitian ini menggunakan 17 stasiun GNSS CORS dari Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk melihat pengaruh monsun musim panas Australia pada variasi uap air di Jawa Timur pada periode tahun 2015 hingga 2020. Persebaran stasiun CORS dapat dilihat pada Gambar 1. *Precipitable Water Vapour* (PWV) dapat diperoleh dengan mengkonversi nilai dari *Zenith Wet Delay* yang dihitung dengan mengurangi nilai dari *Zenith Hydrostatic Delay* (ZHD) dari *Zenith Total Delay* (ZTD) yang diestimasi menggunakan data observasi GNSS.



Gambar 1. Lokasi 17 stasiun CORS Jawa Timur

Data dan Metode

1. Pengolahan Data GNSS

Data GNSS dikumpulkan dalam format rinex. 17 stasiun GNSS di Jawa Timur dari tahun 2015 hingga tahun 2020 digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial. Pengambilan data dilakukan pada interval 30 detik dan sudut elevasi 7° . Informasi final orbit satelit dan parameter jam *International GNSS Station* (IGS) digunakan dalam analisis. Data GNSS diproses menggunakan perangkat lunak GipsyX 2.0 menggunakan metode *Precise Point Positioning* (PPP) yang mengacu pada penentuan posisi mm-cm dari stasiun GNSS yang menggunakan satu penerima. PPP adalah metode penentuan posisi absolut standar yang menggunakan pengukuran jarak semu dan fase pembawa frekuensi ganda yang tidak berbeda, serta orbit satelit dan informasi jam yang tepat, untuk menghitung posisi stasiun GPS tunggal.

Untuk menghasilkan estimasi yang teliti, kami menggunakan beberapa data tambahan yaitu fungsi pemetaan, dan koreksi model atmosfer serta pergeseran akibat beban fisis pada bumi padat. Fungsi pemetaan *Vienna*

Mapping Functions 1 (VMF1) digunakan untuk memetakan ZTD ke arah jalur miring dari satelit GPS di setiap epok (Boehm and Schuh, 2013) dengan resolusi temporal 5 menit. Pergeseran akibat beban pasang Surut air laut juga dikoreksi pada level observasi menggunakan model FES2014b (Lyard.F dkk., 2006). Penundaan sinyal pada ionosfer dihilangkan dari data L1 dan L2 menggunakan pengukuran *pseudo-range* dan *carrier-phase*. ZTD dihitung dan dibagi menjadi ZWD dan ZHD. Penelitian ini juga menggunakan data indeks variabilitas monsun Australia atau *Australian Monsoon Index* (AUSMI) siklus bulanan Desember – Januari – Februari yang didapatkan dari <http://apdrc.soest.hawaii.edu/projects/monsoon/> stasiun untuk analisa korelasi monsun Australia dengan kadar uap air.

2. Perhitungan PWV

Jika uap air yang terintegrasi secara vertikal di atas penerima dinyatakan dalam bentuk air yang dapat diendapkan (PWV), yaitu, panjang kolom analog air cair, anomali ini dapat dihubungkan ke ZWD pada stasiun penerima. Oleh karena itu, uap air yang dapat diendapkan (PWV) dapat diperkirakan menggunakan data ZTD dengan persamaan berikut (Bevis, 1994):

$$PWV = \frac{10^6}{\rho \cdot R_v \left[\left(\frac{k_3}{T_m} \right) + k_2' \right]} ZWD \quad (1)$$

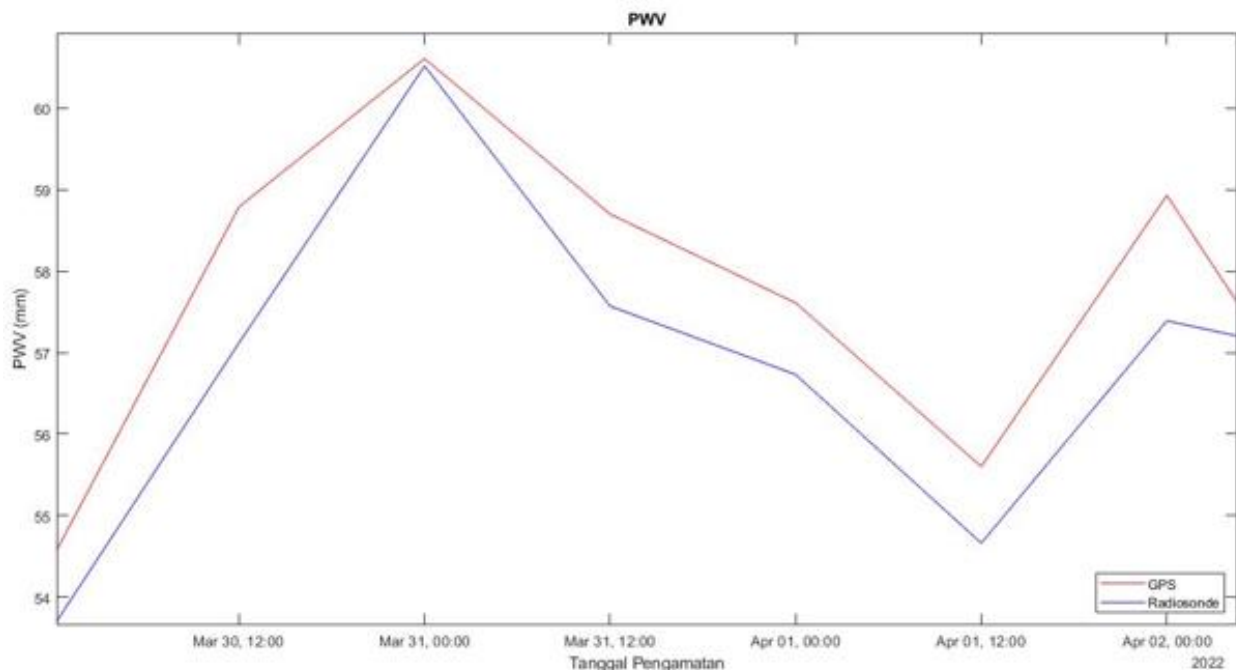
Dimana ρ adalah densitas air cair, R_v adalah konstanta gas spesifik untuk uap air, dan k_2' dan k_3 berturut-turut adalah 22,1 dan 3,776 (Thayer, 1974). T_m adalah rerata bobot temperatur yang didapat dari (Bevis, 1994

$$T_m = 70.2 + 0.72 T_o \quad (2)$$

Dimana T_o adalah temperatur permukaan yang didapatkan dari data GNSS meteorologi.

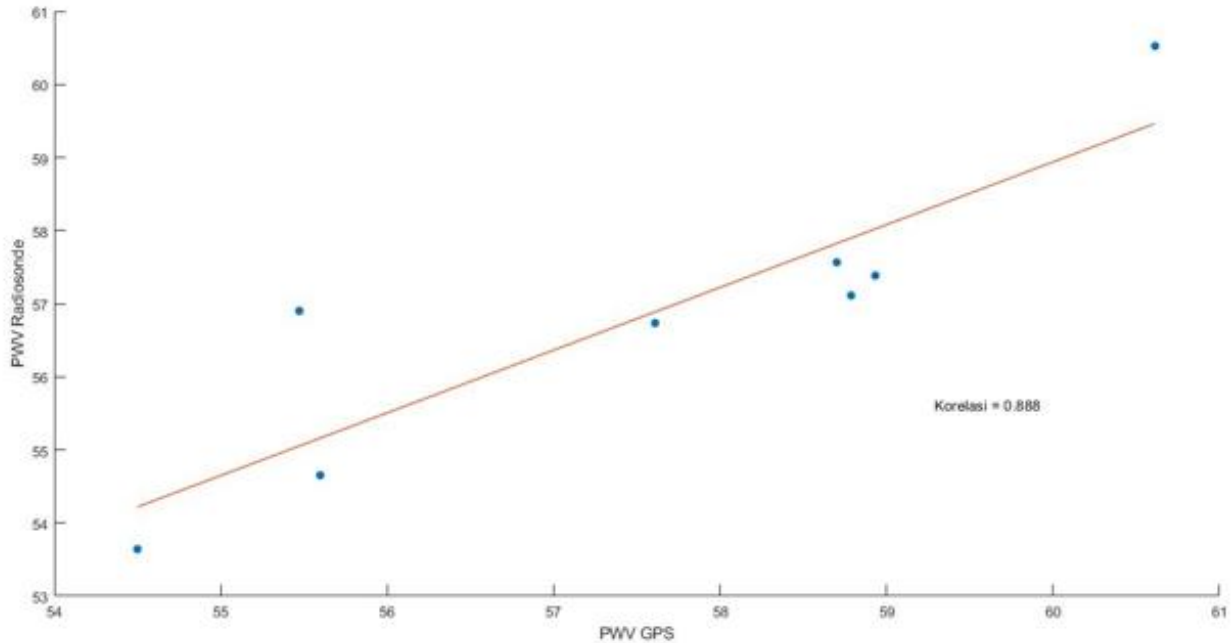
Hasil dan Pembahasan

1. Perbandingan PWV GNSS dan PWV Radiosonde



Gambar 2. Grafik perbandingan PWV GPS dan Radiosonde selama 4 hari

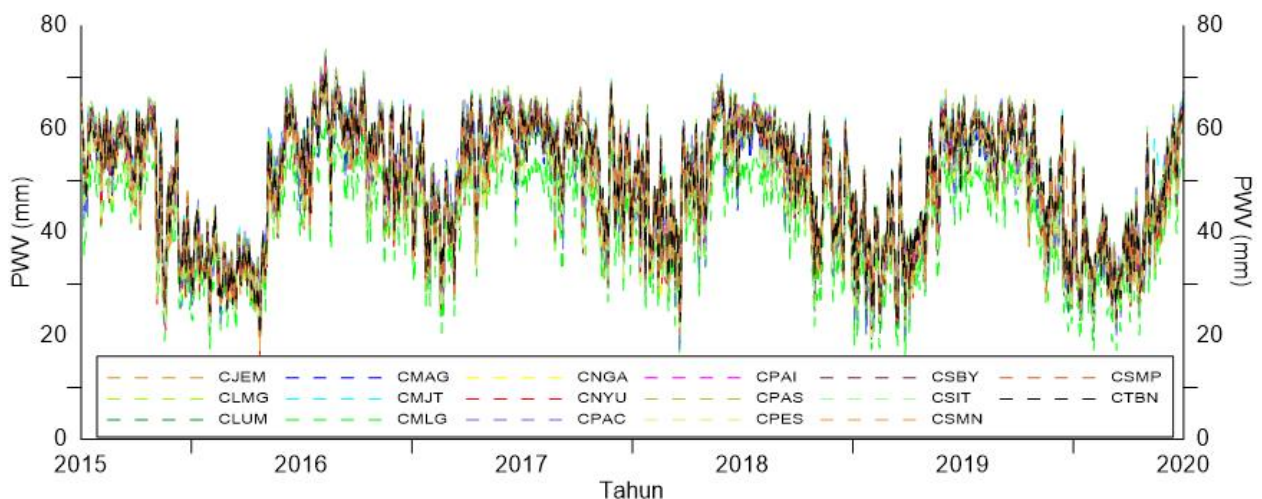
Pada bagian ini, kami membandingkan nilai PWV yang diukur menggunakan GPS dual frekuensi selama 4 hari dengan PWV Radiosonde dengan resolusi temporal 12 jam. GPS dual frekuensi diukur bersamaan dengan balon Radiosonde diterbangkan. Koefisien korelasi antara PWV GPS dengan PWV Radiosonde sebesar 0,888 seperti yang ditunjukkan pada Gambar2 dan Gambar 3. Ini menunjukkan hasil perhitungan PWV menggunakan GPS dual frekuensi tervalidasi.



Gambar 3. Grafik perbandingan PWV GPS dan Radiosonde selama 4 hari

2. Grafik Temporal PWV 17 Stasiun

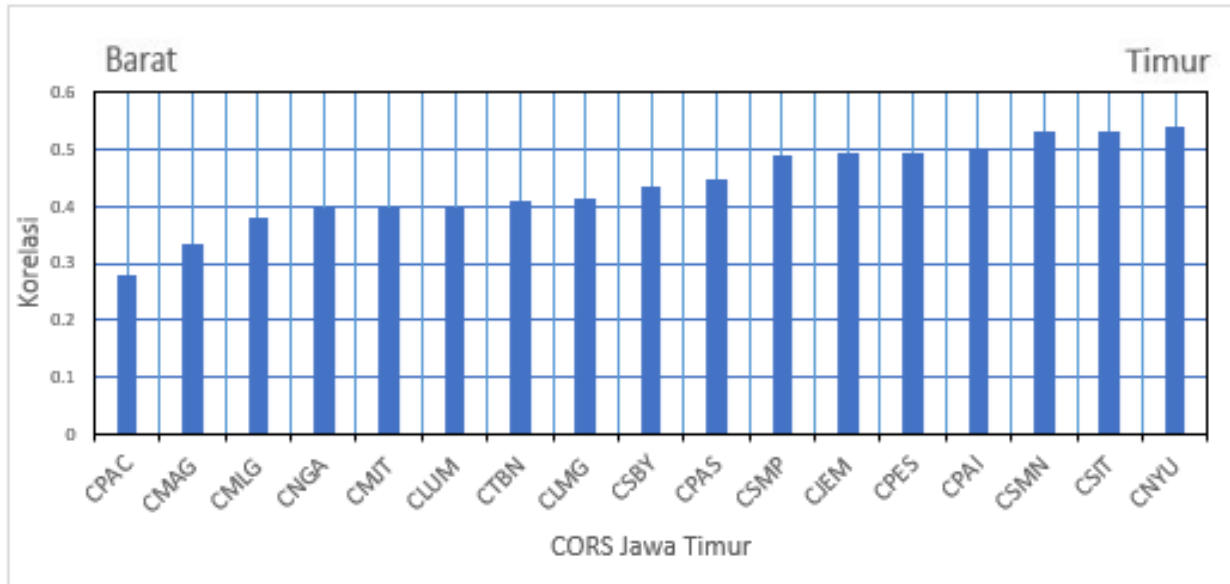
Pada bagian ini, kami mengukur kadar uap air menggunakan 17 stasiun CORS di Jawa Timur. Nilai seri waktu kadar uap air dengan resolusi temporal 24 jam dari tahun 2015 hingga 2020 dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai rata-rata harian PWV seluruh stasiun terjadi pada rentang 16,1 mm hingga 75,5 mm.



Gambar 4. Grafik pola PWV harian 2015 - 2020

3. Perbandingan PWV GNSS dengan indeks AUSMI

Pada bagian ini, kami membandingkan nilai PWV yang diukur menggunakan 17 stasiun CORS selama 5 tahun dengan indeks *Australian Summer Moonson* (AUSMI) dengan interval data bulanan per Desember – Januari – Februari. Dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1 di bawah pengaruh moonson mempunyai nilai korelasi yang kuat terhadap PWV Stasiun CORS Jawa Timur bagian timur dikarenakan letak geografisnya yang berdekatan dengan Australia dan nilai korelasi yang lemah pada PWV Stasiun CORS di Jawa Timur bagian tengah dan barat.



Gambar 4. Grafik perbandingan PWV GPS dan Radiosonde selama 4 hari

Tabel 1. Nilai Korelasi PWV-Moonson Australia

Stasiun CORS	R ²	Kriteria
CNYU	0.541	Cukup Kuat
CSIT	0.532	Cukup Kuat
CSMN	0.530	Cukup Kuat
CPAI	0.504	Cukup Kuat
CPES	0.495	Lemah
CJEM	0.493	Lemah
CSMP	0.491	Lemah
CPAS	0.446	Lemah
CSBY	0.436	Lemah
CLMG	0.414	Lemah
CTBN	0.410	Lemah
CLUM	0.398	Lemah
CMJT	0.397	Lemah
CNGA	0.396	Lemah
CMLG	0.379	Lemah
CMAG	0.334	Lemah
CPAC	0.278	Lemah

Kesimpulan

Penelitian ini menyelidiki bagaimana variasi PWV menggunakan stasiun CORS GNSS Jawa Timur. Perhitungan menggunakan perangkat lunak GIPSYX Ver.2.0 divalidasi dengan hasil perbandingan nilai PWV dari pengukuran GPS dual frekuensi dengan radiosonde dilihat dari nilai korelasi yang sangat kuat sebesar

0,888. Hail lain menunjukkan bahwa pengaruh moonson mempunyai nilai korelasi yang kuat terhadap PWV Stasiun CORS Jawa Timur bagian timur dikarenakan letak geografisnya yang berdekatan dengan Australia dan nilai korelasi yang lemah pada PWV Stasiun CORS di Jawa Timur bagian tengah dan barat dengan nilai korelasi tertinggi sebesar 0,541 dan terendah sebesar 0,278.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial yang berkenan memberikan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Juanda yang berkenan memberikan izin melakukan pengukuran GPS dan memberikan data Radiosonde untuk mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bevis, M., dkk. (1994). "GPS Meteorology: Mapping Zenith Wet Delays onto Precipitable Water." *Journal of Applied Meteorology* 33 (-): 379-386.
- Boehm, J., & Schuh, H. (2013). Vienna Mapping Functions. *Proceedings of the 16th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry, October*, 131–143. http://www.evga.org/files/2003EVGA-proc_Leipzig.pdf
- Chen, B., dkk. (2017). *Detecting water vapor variability during heavy precipitation events in Hong Kong using the GPS tomographic technique. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(5), 1001–1019. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0115.1>
- Falaiye, O. A., dkk. (2018). *Multi-technique analysis of precipitable water vapor estimates in the sub-Sahel West Africa. Heliyon*, 4(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00765>
- Kajikawa, Y., Wang, B., & Yang, J. (2010). *A multi-time scale Australian monsoon index. International Journal of Climatology*, 30(8), 1114–1120. <https://doi.org/10.1002/joc.1955>
- Liang, H., dkk. (2015). *Meteorological applications of precipitable water vapor measurements retrieved by the national GNSS network of China. Geodesy and Geodynamics*, 6(2), 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2015.03.001>
- Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., dkk. (2006). *Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. Ocean Dynamics* 56, 394–415. <https://doi.org/10.1007/s10236-006-0086-x>
- Thayer, G. D. (1974). 'An improved equation for the radio refractive index of air', *Radio Science*, 9(10), pp. 803-807
- Trenberth, K. E. (2011). *Changes in precipitation with climate change. Climate Research*, 47(1–2), 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).