



Terbit *Online* pada laman web : <http://jif.fmipa.unand.ac.id/>

**Jurnal Ilmu Fisika**

| ISSN (Print) 1979-4657 | ISSN (Online) 2614-7386 |



## **KARAKTERISTIK KETINGGIAN *MELTING LAYER* DI INDONEISA BERDASARKAN RADAR HUJAN YANG TERPASANG DI SATELIT TRMM**

**Rany Audia Dwianda, Marzuki Marzuki\***

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

\*Korespondensi ke: [marzuki@fmipa.unand.ac.id](mailto:marzuki@fmipa.unand.ac.id)

( *Diterima: 27 April 2018; Direvisi: 12 Mei 2018; Diterbitkan: 01 September 2018* )

### **ABSTRAK**

Ketinggian *melting layer* atau *freezing level height* (FH) di Indonesia telah diteliti melalui data radar hujan yang terpasang di satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Data yang digunakan adalah data TRMM 2A25 versi 7 selama 2011-2013. Nilai FH dari TRMM dibandingkan dengan nilai yang direkomendasikan oleh model ITU-R P.839. FH di Indonesia memiliki variasi musiman dan diurnal yang signifikan. Rata-rata bulanan FH menunjukkan pola bimodal dengan dua puncak dan dua lembah, mirip dengan pola curah hujan dan temperatur permukaan air laut di Indonesia. Puncak FH teramati pada bulan-bulan basah (musim hujan) ketika temperatur permukaan air laut tinggi. Nilai FH mencapai puncaknya pada sore hari yaitu sekitar jam 18-19 waktu setempat. Adanya perbedaan pola FH antara darat dan laut yang menandakan adanya pengaruh sirkulasi darat-laut (*land-sea breezes*). Pada dini dan pagi hari, hujan dengan FH > 5 km tidak teramati di daratan tetapi pada siang dan sore hari jumlahnya meningkat, terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Nilai FH tertinggi yang teramati dalam penelitian ini adalah 5,55 km yang teramati pada 2013, dan nilai terendah adalah 4,40 km, yang teramati pada 2012. Sebagian besar hujan yaitu sekitar 82% dari total data, memiliki FH lebih rendah dari yang direkomendasikan oleh ITU-R P.839 (5 km). Dengan demikian, model ITU-R menakar FH lebih tinggi dari semestinya. Selain itu, asumsi nilai FH yang konstan (5 km) dalam model ITU-R juga tidak tepat karena nilai FH di Indonesia menunjukkan variasi diurnal dan musiman yang signifikan.

Kata kunci : *melting layer*, Indonesia, TRMM-PR, ITU-R P.839, variasi diurnal, variasi musiman

**ABSTRACT**

*Characteristics of melting layer height or freezing level height (FH) in Indonesia (10°S-10°N, 90°E-140°E) had been investigated using the data collected by precipitation radar (PR) on board the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. The TRMM PR V7 data for a time span of 3 years, from 2011 to 2013, were examined. The measured FH were compared with the value recommended by the model of International Telecommunications Union Radiocommunications Sector (ITU-R) P.839. Rain profile in Indonesia has significant seasonal and diurnal variations in FH. The monthly average FH shows bimodal patterns with two main peaks, similar to the patterns of rainfall and sea surface temperatures (SST). It could be observed that FH are higher during the wet months of the year than the rest of the calendar month which is coincident with the rainfall and SST peaks. On diurnal basis, the main peak of FH appears at 18-19 local time (LT). Furthermore, land-sea contrast in FH is clearly observed which indicates the influence of land-sea breezes circulation. Rain profile with FH > 5 km is not observed on land during the first half of the day (00-12 LT) but it increases significantly during the second half of the day (13-23 LT), especially in Sumatra, Kalimantan and Papua. The highest and lowest FH values observed in this study are 5.55 km (2013) and 4.40 km (2012), respectively. Most of the rain profile in Indonesia (82%) have the FH lower than that recommended by ITU-R P.839 (5 km). Thus, the ITU-R model overestimates the FH in Indonesia. Moreover, the assumption of constant FH (5 km) in the ITU-R model is also not appropriate for Indonesia because FH values show significant diurnal and seasonal variations.*

*Keywords: melting layer height, Indonesia, TRMM Satellite, ITU-R, P.839, diurnal variation, seasonal variation*

**1. PENDAHULUAN**

*Melting layer* adalah sebuah lapisan atmosfer dimana terjadinya pencairan butiran es. Lapisan ini biasanya teramati pada hujan dengan intensitas rendah, yang dikenal dengan hujan tipe *stratiform*. Dari data radar meteorologi, *melting layer* terlihat seperti lapisan tipis horizontal dengan intensitas *radar reflectivity factor* (*Z*) yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang lain. Nilai *Z* menggambarkan besar gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh partikel hujan. *Melting layer* menjadi indikator kemunculan hujan *stratiform* dan ketinggian lapisan isothermal pada temperatur 0 °C (Fabry dan Zawadky, 1995; Glickman, 2000). Selain itu, ketinggian hujan termasuk *melting layer* menjadi salah satu parameter penting untuk menghitung intensitas curah hujan dari data temperatur kecerahan (*brightness temperature*) atmosfer yang didapatkan oleh radiometer gelombang mikro (Bauer dkk.,1999).

Di dalam perancangan satelit komunikasi yang menggunakan gelombang radio dengan panjang gelombang mikro dan milimeter, ketinggian hujan merupakan parameter penting untuk mengevaluasi pelemahan gelombang elektromagnetik oleh hujan (*rain attenuation*). Pelemahan biasanya diperkirakan dengan menggunakan model yang dikeluarkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU). Ketinggian hujan dihitung dengan mengasumsi ketinggian *melting layer* konstan untuk satu kawasan dan semua tipe dan waktu kejadian hujan. Namun, terdapat kelemahan dari model ITU, terutama untuk kawasan tropis termasuk Indonesia (Ramachandran dkk., 2007).

Indonesia merupakan negara yang memiliki pola curah hujan yang lebih kompleks karena dipengaruhi oleh banyak fenomena baik yang bersifat lokal maupun global. Curah hujan di Indonesia bervariasi dalam skala harian (Kozu, dkk., 2006; Marzuki, dkk., 2009), intra musiman (Kozu dkk., 2005; Marzuki dkk., 2016), musiman (Kozu, dkk., 2006) dan tahunan. Oleh karena itu, ketinggian *melting layer* di Indonesia kemungkinan juga akan

bervariasi dan berbeda dengan yang diasumsikan oleh model ITU. Kelemahan model ITU kemuninan dapat diperbaiki dengan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi ketinggian *melting layer* di Indonesia. Penelitian ini mengamati variasi ketinggian *melting layer* menggunakan data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM).

Penelitian mengenai ketinggian *melting layer* menggunakan data TRMM telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Thurai dkk., (2003) menganalisa empat tahun data TRMM dan menemukan bahwa ketinggian *melting layer* bervariasi terhadap lintang dan musim. Ojo (2014) menguji ketinggian *melting layer* di Nigeria. Mereka menemukan bahwa *melting layer* lebih tinggi pada musim basah dari pada musim kering. Yang terbaru, Olurotimi dkk., (2017) mengamati ketinggian *melting layer* di Durban Afrika Selatan dan membandingkan dengan model ITU-R P.839. Mereka menemukan bahwa model ITU mengestimasi ketinggian *melting layer* lebih rendah dari hasil pengamatan (TRMM). Dari literatur yang ada, belum ditemukan penelitian mengenai variasi ketinggian *melting layer* di Indonesia dan perbandingannya dengan model ITU.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data 2A25 dari TRMM PR yang terdiri dari *melting layer* selama 3 tahun pengamatan (2011-2013), data temperature permukaan air laut (*sea surface temperature*) yang didownload dari website NOAA dan Index MJO dari website badan meteorology Australia.

### 2.2 Pengolahan data

Data *melting layer* dari satelit TRMM PR versi 2A25 diunduh dari website *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) yaitu <http://mirador.gsfc.nasa.gov/> dengan format HDF (*Hierarchical Data Format*). Data TRMM PR 2A25 merupakan data harian mengikuti orbit satelit (belum digrid).

Data temperatur permukaan air laut (*sea-surface temperature*) didownload dari website NOAA (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>) dan index MJO didownload dari website badan meteorologi Australia (<http://www.bom.gov.au/climate/mjo/graphics/rmm.74toRealtime.txt>).

Pengembangan kode program MATLAB untuk membaca data. Data TRMM PR yang telah diunduh selanjutnya diekstraksi dengan kode program berbasis MATLAB. Data yang akan diambil adalah untuk koordinat 10°LU - 10°LS dan 90°BT - 140°BT. Kode program MATLAB digunakan untuk membaca data-data parameter yang diperlukan seperti ketinggian *melting layer*, curah hujan, *latitude* dan *longitude*. Pengelompokkan dan perata-rataan data berdasarkan musim dan waktu terjadinya hujan. Perbandingan ketinggian *melting layer* dari satelit TRMM dengan model ITU-R P.839-3 untuk setiap variasi.

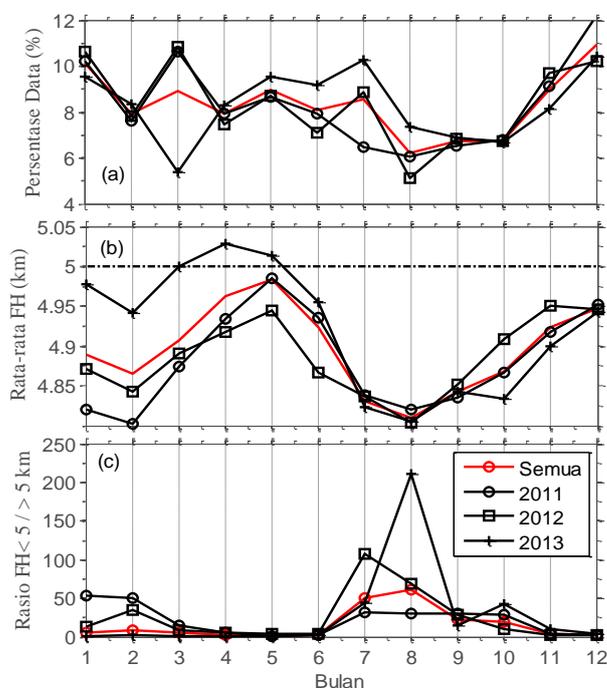
## 3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan 3 tahun pengamatan, didapatkan data sebanyak 6.380.061 dalam lingkup daerah penelitian (10°S-10°N; 90°E-140°E) dengan rincian 2.105.959 untuk 2011, Dwianda dan Marzuki

2.069.782 untuk 2012 dan 2.204.320 untuk 2013. Rata-rata ketinggian *melting layer* atau *freezing level height* (FH) dari 3 tahun pengamatan adalah 4,90 km dengan standar deviasi sekitar 0,11 km. Nilai FH tertinggi adalah 5.55 km yang teramati pada 2013 dan nilai terendah adalah 4,40 km yang teramati pada 2012. Model ITU-R P.839 menetapkan ketinggian FH untuk Indonesia adalah 5 km. Sekitar 18% dari profil arah vertikal *radar reflectivity factor* (dBZ) dari TRMM-PR mempunyai FH melebihi 5 km. Rasio antara jumlah profil dengan FH < 5 km dengan jumlah profil yang FHnya > 5 km adalah sekitar 4,55. Statistik dari FH yang disebutkan sebelumnya, menunjukkan variasi musiman dan diurnal, yang dijelaskan pada sub-bab berikut.

### 3.1 Variasi Musiman Ketinggian *Melting Layer* di Indonesia

Gambar 1 memperlihatkan rata-rata bulanan nilai ketinggian FH untuk tiga tahun pengamatan (2011-2013). Ketinggian FH lebih tinggi pada bulan-bulan basah seperti Maret, April dan Mei daripada bulan kering seperti Juli, Agustus dan September (Gambar 1a).



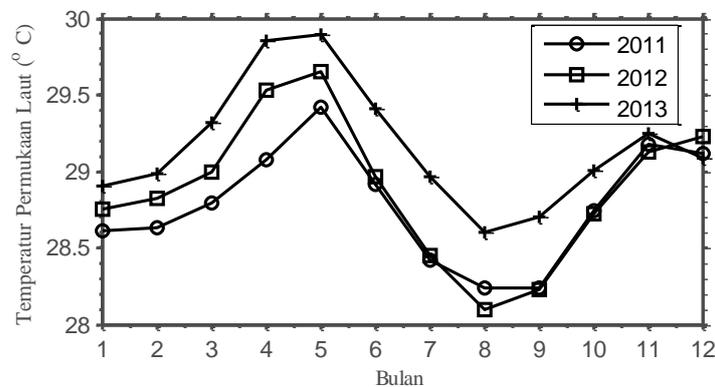
**Gambar 1** Rata-rata bulanan ketinggian *melting layer* di Indonesia dari pengamatan satelit TRMM-PR. Persentase data (%) pada gambar (a) rata-rata FH (km) (b), Rasio FH < 5 km / FH > 5 km (c).

Nilai rata-rata tertinggi dari pada FH teramati pada bulan April tahun 2013, yaitu 5,03 km dan nilai rata-rata terendah teramati pada bulan Agustus untuk setiap tahunnya yaitu 4,80 km. Dari tiga tahun pengamatan, hanya FH pada bulan April dan Mei 2013 yang melampaui ketinggian yang ditetapkan model ITU-R P.839.

Secara umum FH dengan ketinggian < 5 km sangat dominan di Indonesia dengan rasio yang bervariasi tiap bulannya. Gambar 1b menunjukkan Persentase FH dengan ketinggian

< 5 km sangat dominan pada bulan-bulan kering seperti Juli, Agustus dan September dengan rasio antara hujan dengan FH < 5 km dan hujan dengan FH > 5 km mencapai ~50% untuk semua data dan mencapai ~200% pada tahun 2013 terlihat pada Gambar 1c.

Selain itu, variasi musiman ketinggian FH di Indonesia menunjukkan pola dengan bentuk bimodal yaitu mempunyai dua puncak dan dua lembah (Gambar 1b). Pola ini serupa dengan pola curah hujan di Indonesia. Walaupun persentase wwwdata hujan pada Gambar 3.1a tidak menunjukkan pola bimodal yang cukup jelas terutama tidak terlihat adanya puncak data pada bulan Maret, April dan Mei, beberapa penelitian curah hujan di Indonesia sebelumnya menunjukkan pola bimodal. Vitri dan Marzuki (2014) mengamati variasi bulanan curah hujan di Kototabang, Sumatera Barat menggunakan data pengamatan dari 2002 hingga 2012. Mereka menemukan dua puncak curah hujan yaitu Maret-Mei dan Oktober-Desember. Dengan demikian, variasi bulanan curah hujan dan FH di Indonesia sama-sama memperlihatkan pola bimodal.



**Gambar 2** Rata-rata bulanan Temperatur Permukaan Laut dari data NOAA *Optimum Interpolation (OI) Sea Surface Temperature (SST)*.

Pola bimodal dari ketinggian *melting layer* yang serupa dengan pola curah hujan kemungkinan dipengaruhi oleh temperatur permukaan air laut (*sea surface temperature, SST*). Wang dkk. (2014) menemukan hubungan yang sangat kuat antara ketinggian *melting layer* dan SST, pada beberapa stasiun meterologi di dunia. Gambar 2 memperlihatkan variasi bulanan SST yang didapatkan dari data NOAA *Optimum Interpolation (OI)*. Sebagaimana ketinggian *melting layer* dan curah hujan, SST juga menunjukkan pola bimodal dengan puncak pada April-Mei dan November-Desember. SST yang tinggi akan menyebabkan proses konveksi yang kuat sehingga mendorong uap air untuk bergerak jauh ke atmosfer atas. Hal ini akan memicu terbentuknya awan-awan yang tinggi (Wang dkk., 2014).

Secara umum, nilai FH pada tahun 2013 lebih tinggi dari tahun 2011 dan 2012, terutama pada Maret, April, dan Mei. Hal ini disebabkan oleh SST pada tahun 2013 (nilai rata-rata = 29,16°C) lebih tinggi dari pada 2011 (nilai rata-rata = 28,79°C) dan 2012 (nilai rata-rata = 28,88°C). Faktor lain yang dapat menyebabkan tingginya ketinggian *melting layer* pada tahun 2013 adalah El Niño–Southern Oscillation (ENSO) dan Madden-Julian Oscillation (MJO). Krishna dkk. (2014) menemukan ketinggian *melting layer* yang lebih tinggi di Palau selama periode El Nino. Mereka menemukan hubungan yang kuat antara temperatur permukaan laut dengan ketinggian *melting layer*. Semakin tinggi temperatur permukaan laut maka semakin tinggi *melting layer*. Palau berada di Samudra Pasifik Barat lebih dekat dengan pusat El-Nino yang berada di Pasifik Timur. ElNino meningkatkan temperatur

permukaan laut dan curah hujan di Samudra Pasifik termasuk Palau tetapi menurunkan temperatur permukaan laut dan curah hujan di Indonesia (Rejeki dkk., 2017). Dengan demikian, respon ENSO di Indonesia berbeda (bertolak belakang) dengan yang terjadi di Palau, dimana curah hujan yang lebih tinggi teramati pada periode La-Nina bukan pada periode El-Nino. Dari segi ENSO, 2011 adalah tahun La-Nina lemah, 2012 dan 2013 adalah tahun normal (tidak ada pengaruh ENSO) (Vitri dan Marzuki 2014). Jika ENSO mempengaruhi ketinggian *melting layer* di Indonesia, tahun 2011 (La-Nina) seharusnya memiliki FH yang lebih tinggi dari tahun 2012 dan 2013 bukan lebih rendah sebagaimana yang teramati pada Gambar 2. Dengan demikian, La-Nina lemah pada tahun 2011 tidak mempengaruhi ketinggian *melting layer* di Indonesia.

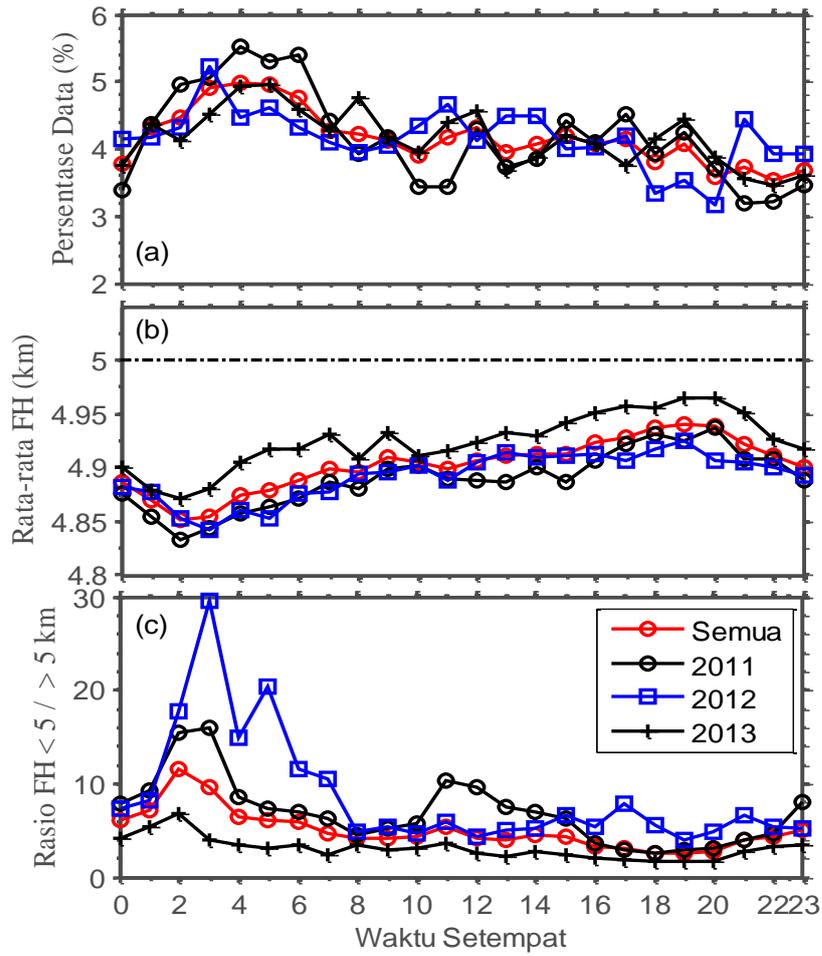
MJO juga tidak begitu mempengaruhi ketinggian *melting layer* pada tahun 2011-2013. Kondisi MJO tidak begitu berbeda selama tahun 2011, 2012, dan 2013. Pada tahun 2011 MJO melintasi Indonesia sebanyak 8 kali, pada tahun 2012 sebanyak 6 kali, dan tahun 2013 sebanyak 7 kali. Tidak ada perbedaan jumlah MJO yang signifikan selama tahun pengamatan sehingga perbedaan FH antara tahun 2011, 2012 dan 2013, kemungkinan tidak dipengaruhi oleh MJO.

### 3.2 Variasi Diurnal Ketinggian *Melting Layer* di Indonesia

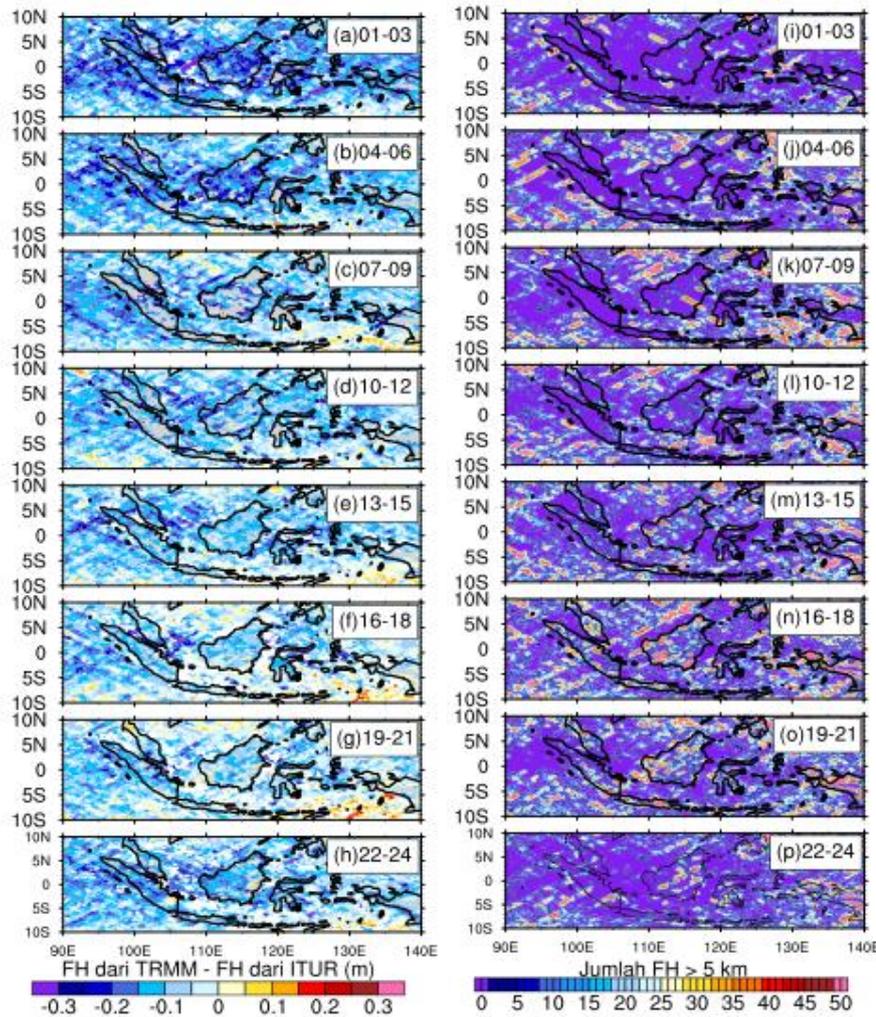
Gambar 3 memperlihatkan variasi diurnal dari persentase data, rata-rata FH, dan rasio FH  $< 5$  dan FH  $> 5$  km. Data hujan terbanyak teramati pada dini hari dan semakin menurun dengan peningkatan waktu (Gambar 3a). Puncak data hujan pada dini hari tersebut pada umumnya terjadi di pantai dan lautan lepas (Marzuki dkk., 2018). Data hujan ini terutama yang di laut jumlahnya semakin menurun seiring dengan peningkatan intensitas sinar matahari. Pada siang hari, awan-awan yang terjadi di lautan mulai bergerak menuju daratan pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Mori dkk., 2004).

Hujan yang terjadi di laut walaupun jumlahnya banyak tetapi memiliki FH yang lebih rendah (Gambar 3a). Jumlah data dengan FH  $< 5$  km sangat besar yang terlihat dari besarnya rasio FH  $< 5$  km/FH  $> 5$  km (Gambar 3c). Nilai rata-rata FH terendah teramati jam 02:00 dinihari yaitu sekitar 4.85 km sedangkan nilai rata-rata FH tertinggi teramati jam 18:00-19:00 yaitu sekitar 4.95 km. Secara umum, nilai rata-rata FH untuk semua waktu lebih rendah dari yang direkomendasikan oleh model ITU-R P.839 (Gambar 3b).

Namun, pada beberapa lokasi yang jauh dari ekuator ( $> 5^{\circ}$ LS dan  $> 5^{\circ}$ LU), hujan memiliki FH lebih tinggi dari 5 km (nilai yang direkomendasikan model ITU-R P.839). Hal ini terlihat dengan jelas setelah jam 07:00 pagi dan semakin meningkat seiring peningkatan intensitas sinar matahari (Gambar 4).



**Gambar 3** Rata-rata diurnal ketinggian *melting layer* di Indonesia dari pengamatan satelit TRMM-PR. Persentase data (%) pada gambar (a) rata-rata FH (km) (b), Rasio FH < 5 km / > 5 km (c).



**Gambar 4** Variasi diurnal dari distribusi spasial selisih FH dari TRMM dengan FH dari ITUR (kiri) dan jumlah data dengan FH > 5 km (kanan)

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa ketinggian *melting layer* atau *freezing level height* (FH) di Indonesia memiliki variasi diurnal dan musiman yang signifikan. Variasi musiman dari FH menunjukkan pola dengan bentuk bimodal yaitu mempunyai dua puncak dan dua lembah, mirip dengan pola curah hujan di Indonesia. Rata-rata FH yang tinggi teramati pada puncak curah hujan (bulan-bulan basah). Intensitas sinar matahari sangat mempengaruhi FH dimana pola musiman FH sangat mirip dengan pola temperatur permukaan air laut. Rata-rata FH yang tinggi teramati pada bulan-bulan dengan temperatur permukaan air laut yang juga tinggi. Selain itu, nilai FH yang paling rendah teramati pada dinihari dan meningkat seiring dengan peningkatan intensitas sinar matahari. Terlihat adanya perbedaan pola FH antara darat dan laut. Ketika intensitas sinar matahari masih kurang (subuh dan pagi hari) hujan dengan FH > 5 km tidak teramati sama sekali di daratan tetapi pada siang dan sore hari jumlahnya meningkat, terutama pada pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan dan Papua. Hal ini

menandakan besarnya pengaruh *land-sea breezes* terhadap pola diurnal FH di Indonesia. Sekitar 82% dari hujan yang terjadi memiliki FH lebih rendah dari yang direkomendasikan oleh model ITU-R P.839. Dengan demikian, model ITUR menakar terlalu tinggi nilai FH sebagian besar hujan di Indonesia. Selain itu, nilai FH yang konstan (FH = 5 km) sebagaimana yang digunakan oleh model ITU-R juga tidak tepat untuk Indonesia karena nilai FH bervariasi baik secara diurnal maupun musim.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada NASA yang telah menyediakan data 2A25 satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), NOAA yang telah menyediakan data temperatur permukaan air laut (Sea Surface Temperature) dan badan meteorologi Australia yang telah menyediakan informasi indek MJO.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Bauer, P., J. P. V. Poiras Baptista and M. de Iulis, 1997, The Effect of the Melting Layer on the Microwave Emission of Clouds over the Ocean. *American Meteorological Society*. Vol. 98, hal 737–759.
2. Fabry, F., dan Zawadzki, I., 1995, Long-Term Radar Observations of the Melting Layer of Precipitation and their Interpretation, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol.52, No. 7, hal. 838-851.
3. Glickman, T. S., 2000: *Glossary of Meteorology*. 2d Ed. Amer. Meteor. Soc., 855pp.
4. Kozu, T., Shimomai, T., Akramin, Z., Marzuki, H., Shibagaki, Y., dan Hashiguchi, H., 2005, Intraseasonal Variation of raindrop Size Distribution at Koto Tabang, West Sumatera, Indonesia, *Geophysical Research Letter*, Vol 32, Hal. 1-4.
5. Kozu, T., Reddy, K. K., Mori, S., Thurai, M., Ong, J. T., Rao, D. N., dan Shimomai, T., 2006, Seasonal and Diurnal Variations of Raindrop Size Distribution in Asian Monsoon Region, *Journal of the Meteorology Society of Japan*, Vol. 84A, hal. 195 – 209.
6. Marzuki, Kozu, T., Shimomai, T., Randeu, W. L., Hashiguchi, H., dan Shibagaki, Y., 2009, Diurnal Variation of Rain Attenuation Obtained From Measurement of Raindrop Size Distribution in Equatorial Indonesia, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 57, No. 4, hal. 1191 – 1196.
7. Marzuki, Hashiguchi, H., Kozu, T., Shimomai, T., Shibagaki, Y., dan Takahashi, Y., 2016b, Precipitation Microstructure in Different Madden-Julian Oscillation Phases over Sumatra, *Atmospheric Research*, Vol. 168, hal. 121 – 138.
8. Marzuki, H. Hashiguchi, M. Vonnisa and Harmadi, 2018, *Seasonal and Diurnal Variations of Vertical Profile of Precipitation over Indonesian Maritime Continent*. Engineering and Mathematical Topics in Rainfall, H. Theodore and P. Rao, Eds. In Tech Open, Croatia, in press.
9. Mori, S., Hamada, J. I., Tauhid, Y. I., dan Yamanaka, M. D., 2004, Diurnal Land-Sea Rainfall Peak Migration over Sumatra Island, Indonesian Maritime Continent, Observed by TRMM Satellite and Intensive Rawinsonde Soundings, *Monthly Weather Review*, Vol. 132, hal. 2021 – 2039.
10. Ojo, J.S., 2014, Rain Height Statistics Based on 0°C Isotherm Height Us TRMM Precipitation Data for Earth-Space Satellite Links in Nigeria. *ISRN Atmospheric Sciences*, Vol. 2014 hal 1-5.
11. Olurotimi, E.O., Sokoya, O., dan Owolawi, P.A., 2017, Observation of Bright Band Height Data From TRMM-PR for Satellite Communication in South Africa. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 160, hal. 24-33.

12. Ramachandran, V., dan Kumar V., 2007. Modified rain attenuation model for tropical regions for Ku-Band signals. *International Journal Of Satellite Communication and Networking*. ISSN:1542-098
13. Rejeki, H. A., Munasik, dan Kunarso, 2017, The effect of ENSO to the variability of sea surface height in western Pacific Ocean and eastern Indian Ocean and its connectivity to the Indonesia Throughflow (ITF) *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 55 012066.
14. Thurai, M., Iguchi, T., Kozi, T., Eastment, J.D., Wilson, C.I., dan Ong, J.T., 2003, Radar Observations In Singapore And Their Implications For The TRMM Precipitation Radar Retrieval Algorithms, *Radio Science*, Vol. 38, No. 5, hal 1086-1099.
15. Vitri, T. and Marzuki, 2014, Analisis Pengaruh El Nino Southern Oscilation (ENSO) Terhadap Curah Hujan Di Koto Tabang Sumatera Barat, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 3, No. 4, hal. 214-221.
16. Wang, S. J. dkk., 2014, Recent changes in freezing level heights in High Asia and their impact on glacier changes. *J. Geophys. Res.* 119(4), 1753–1765.