

KARAKTERISTIK FREKUENSI PERTUMBUHAN AWAN KONVEKTIF DI ATAS WILAYAH PANTAI PAMEUNGPEUK DARI OBSERVASI X-BAND RADAR

Noersomadi, Ginaldi Ari Nugroho, Tlin Sinatra, dan Arles Kurnilawan

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

e-mail: noersomadi@lapan.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan pengamatan rutin selama bulan Februari 2014 menggunakan *Transportable X-band Radar* di wilayah Pameungpeuk Garut Jawa Barat. Tujuan pengamatan ini adalah untuk investigasi variasi cuaca harian di wilayah pantai selatan Pulau Jawa. Analisis karakteristik frekuensi pertumbuhan awan dilakukan menggunakan metode struktur spasial. Rata-rata spasial data reflektivitas radar menunjukkan pola variasi harian yang berbeda dengan pengamatan satelit MTSAT. Pengamatan radar mampu menunjukkan konveksi dalam skala kecil yang tidak terekam oleh satelit. Hasil perata-rataan data selama 21 hari pengamatan efektif menunjukkan bahwa pertumbuhan awan konvektif memiliki frekuensi paling tinggi sebesar 24% terjadi pada sore hari. Frekuensi maksimum tampak dominan di atas wilayah daratan akibat faktor topografi. Distribusi awan pada malam hari menunjukkan pengaruh angin darat yang menggerakkan awan ke arah laut. Nilai frekuensi pertumbuhan awan di pagi hari hanya berkisar 8-10%. Aktivitas konvektif tersebut terjadi akibat penguapan di atas laut. Nilai frekuensi di atas daratan yang lebih tinggi daripada di atas lautan menjadi indikasi bahwa kandungan aerosolnya lebih banyak dibanding di atas lautan. Hasil penelitian ini menjadi bukti bahwa perbedaan kapasitas panas antara daratan dan lautan serta faktor sirkulasi angin darat-laut memengaruhi siklus harian wilayah pantai.

Kata-kata kunci: X-band Radar, frekuensi pertumbuhan awan

ABSTRACT

Routine observation had been done during February 2014 using *Transportable X-band Radar* over Pameungpeuk, Garut, West Java. The attempt of this campaign was to investigate the diurnal variation over the coastal area in the south of Java island. The characteristic of clouds growing frequency were analyzed using spacial structure method. The spacial meaning of radar reflectivity

showed different pattern of diurnal variation comparing with MTSAT satellite observation. Radar observation is able to describe small scale convection that were not recorded by satellite. The results of data meaning during 21 days observation campaign effectively showed that convectively clouds growing reach 24% as the highest frequency at the afternoon. The clouds distribution at the night time depict the effect of land breeze that moved to ocean. The value of clouds growing frequency at the morning were about 8-10% only. Those convective activity occurred due to evaporation over the ocean. The frequency over the land is higher indicate that the aerosol contents also more dense than the sea. The results of this research are the evidence that the different of thermal capacity between land and ocean, and also sea breeze circulations impact the diurnal cycle over the coastal area.

Key words: X-band Radar, clouds growing frequency

1 PENDAHULUAN

Investigasi sirkulasi angin laut-darat telah dilakukan oleh Hadi, dkk., (2002) dengan menggunakan data *Boundary Layer Radar*. Telah terdeteksi bahwa angin yang berasal dari laut lebih dominan di siang hari. Sedangkan pada waktu malam hari lebih didominasi angin yang berasal dari darat. Simulasi model numerik siklus harian mendeskripsikan pertumbuhan awan dan intensitas curah hujan lebih tinggi di antara pukul 13 hingga 18 waktu lokal. Mori, dkk (2011) menegaskan mekanisme perkembangan aktivitas konvektif di pantai Sumatera melalui data *X-band Radar*. Dalam risetnya telah diperlihatkan perbedaan pertumbuhan awan konvektif pada masa aktif dan pasif MJO.

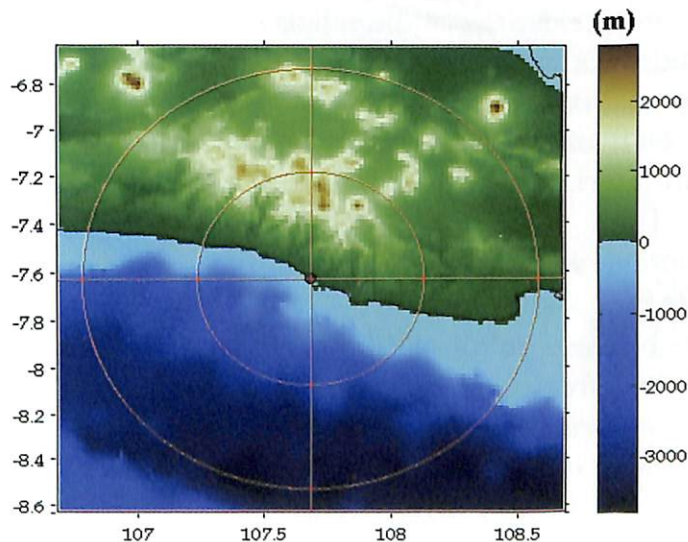
Bermula dari motivasi ingin meneliti mekanisme pertumbuhan awan konvektif terkait sirkulasi harian di wilayah pantai, maka telah dilakukan pengamatan rutin menggunakan X-band Radar. Observasi rutin selama kurang lebih satu bulan, yakni di bulan Februari 2014. Alasan dilakukan pada bulan Februari adalah di wilayah Jawa masih dipengaruhi oleh angin monsun baratan yang membawa uap air sehingga menyebabkan pertumbuhan awan di Pulau Jawa (Marpaung, dkk., 2012). Mengacu pada penelitian Germann, dkk (2006) dan Kawashima, dkk (2006), observasi rutin ini dilakukan untuk membuktikan pola pertumbuhan awan konvektif yang dipengaruhi oleh sirkulasi

angin darat-laut dan faktor topografi di sebelah utara Pameungpeuk (Gambar 1).

Riset ini merupakan bagian dari program rutin Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer terkait pemanfaatan instrumen *Transportable X-band Radar* tahun 2014. Diharapkan dari investigasi menggunakan *X-band Radar* ini dapat membuktikan fenomena siklus harian pertumbuhan awan di wilayah pantai. Dengan meningkatkan pemahaman mengenai mekanisme aktivitas konvektif di wilayah pantai, diharapkan pula dapat dikembangkan pemodelan fisis terkait sirkulasi angin darat-laut.

2 DATA DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data hasil pengamatan *Transportable X-band Radar* secara rutin di wilayah Pameungpeuk Garut Jawa Barat ($107,681^{\circ}\text{BT}$, $7,634^{\circ}\text{LS}$). Pengamatan dilakukan selama satu bulan sejak tanggal 5 Februari sampai dengan 4 Maret 2014. Akan tetapi, selama minggu pertama terhitung sejak awal pengamatan terdapat gangguan sumber listrik sehingga menyebabkan kekosongan data. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya menggunakan data sepanjang 21 hari efektif yakni sejak 12 Februari sampai dengan 3 Maret 2014.



Gambar 1. Peta lokasi pengamatan *Transportable X-band Radar* di Balai Produksi dan Pengujian Roket LAPAN Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat. Radar mampu mencakup objek pengamatan dalam radius 82 km.

Untuk mengetahui pola variasi harian pertumbuhan awan konvektif, data reflektivitas radar di rata-ratakan secara spasial tiap jamnya. Pola variasi harian juga dilihat melalui data temperatur puncak awan dari perekaman satelit *Multifunctional Transport Satellite* (MTSAT) Himawari (data diperoleh dari sistem penerima satelit milik LAPAN). Perata-rataan spasial data reflektivitas dan temperatur puncak awan dilakukan untuk analisis awal pola variasi harian.

Lokasi pengamatan *X-band Radar* adalah seperti yang terlihat pada Gambar 1. Instrumen diinstal di Balai Produksi dan Pengujian Roket LAPAN Pameungpeuk, dimana waktu lokal standar (WLS) sama dengan UTC+8 dengan mengacu pada koordinat bujur timur. Radar diatur untuk melakukan satu siklus *Plan Position Indicator scanning* selama 35 menit dari elevasi 0° sampai 10° untuk kenaikan level elevasi setiap 0,2°.

Dalam penelitian digunakan data reflektivitas dalam satuan dBz di ketinggian 3 km. Alasan mengambil data pada ketinggian 3 km adalah untuk menganalisis presipitasi di lapisan batas atmosfer serta dengan mempertimbangkan faktor topografi pegunungan Cisompet di bagian utara pantai yang mencapai ketinggian 2,5 km.

Data reflektivitas dianalisis menggunakan metode Mandapaka, dkk. (2012) yang disebut struktur spasial. Nilai reflektivitas dengan batas 10 dBz dianggap sebagai presipitasi yang terdeteksi oleh radar seperti yang dilakukan oleh Steiner, dkk., (1995) dan Mori, dkk. (2011) untuk mengklasifikasikan awan konvektif. Data frekuensi pertumbuhan awan dirata-ratakan untuk beberapa waktu tertentu, yakni pagi hari sekitar pukul 7 – 9 WLS, sore hari sekitar pukul 16 – 18 WLS, dan malam hari sekitar pukul 24 hingga pukul 1 dinihari WLS. Selain penampang horizontal data frekuensi pertumbuhan awan di ketinggian 3 km, analisis karakteristik dilanjutkan melalui investigasi penampang melintang yang disandingkan dengan rata-rata topografi dalam radius 50 km dari titik pengamatan.

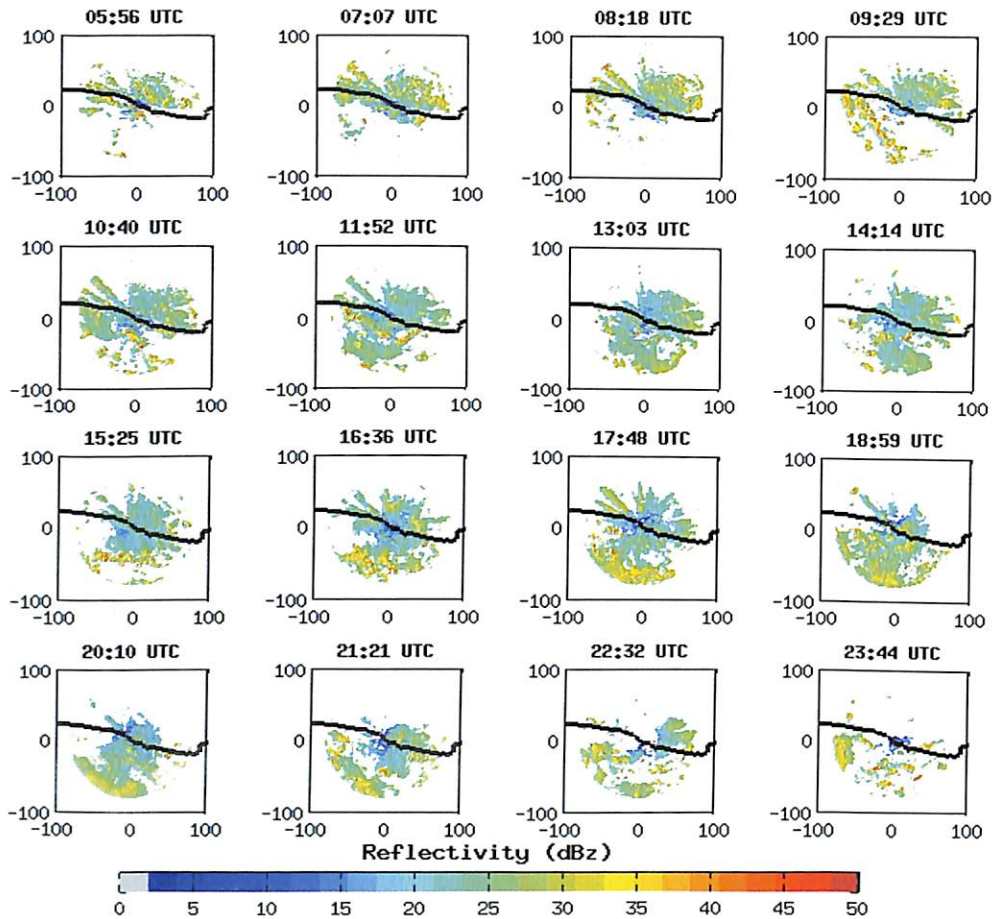
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola variasi harian pertumbuhan awan konvektif di atas wilayah Pameungpeuk terlihat pada rata-rata spasial data reflektivitas radar untuk 21 hari pengamatan efektif (Gambar 2).

Terlihat mulai pukul 23 UTC atau 07 WLS terdapat konveksi di atas wilayah lautan. Konveksi ini tidak terekam oleh pengamatan satelit. Kemudian hingga memasuki siang hari atau sekitar pukul 05 UTC (13 WLS) pertumbuhan awan mulai tampak di atas daratan dan menguat di atas wilayah pegunungan. Pertumbuhan awan ini terus menerus menguat hingga malam hari dan mulai menunjukkan pergeseran ke arah wilayah di atas lautan, sehingga seolah membentuk suatu siklus pertumbuhan awan.

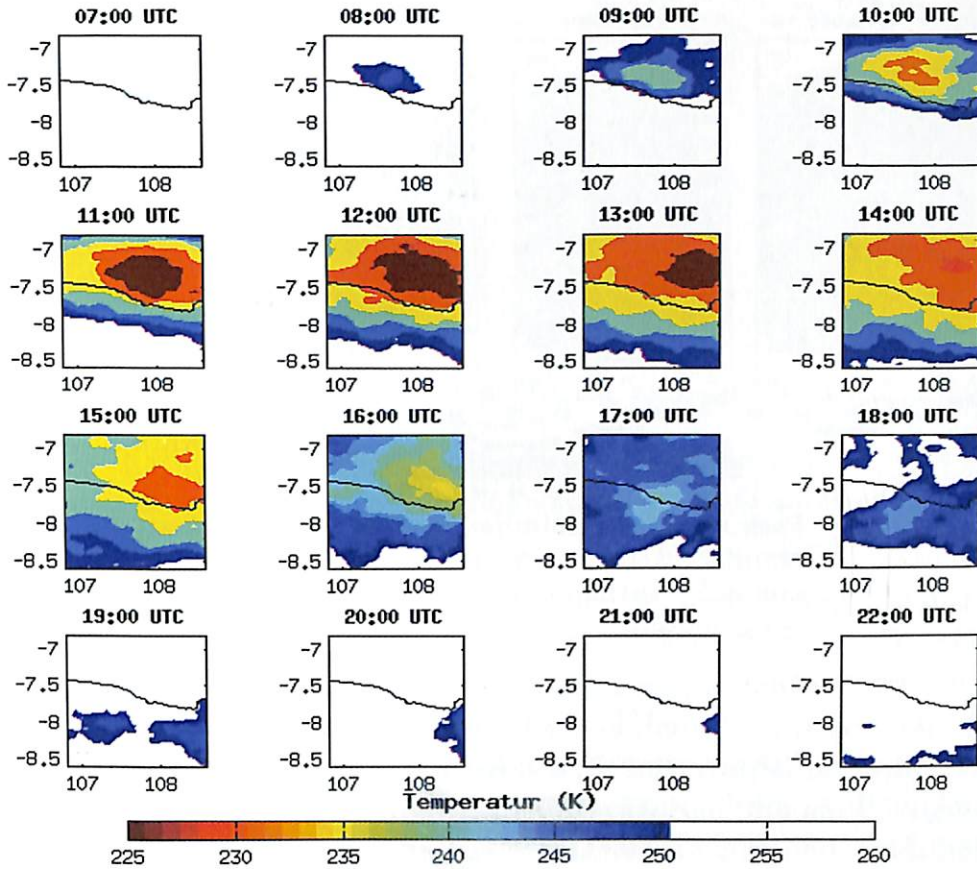
Gambar 3 mendeskripsikan rata-rata spasial temperatur puncak awan selama bulan Februari 2014 hasil pantauan satelit MTSAT. Akan tetapi, pola yang ditunjukkan oleh data satelit tidak tampak seperti hasil pengamatan radar. Data satelit memperlihatkan aktivitas konveksi dimulai pukul 08 UTC atau pukul 16 WLS, sedangkan data radar menyatakan bahwa konveksi di atas pegunungan Cisompet mulai tumbuh pada pukul 14 – 15 WLS. Untuk rata-rata temperatur puncak awan di pagi hari sekitar pukul 06 – 09 WLS, tidak menunjukkan adanya pertumbuhan awan baik di atas daratan maupun di lautan (gambar kontur tidak diperlihatkan).

Perbedaan antara pengamatan radar dengan satelit juga tampak di malam hari. Konveksi skala kecil yang terekam oleh radar tampak tidak muncul pada pengamatan satelit. Hal ini menunjukkan bahwa di atas wilayah Pameungpeuk terdapat variasi harian konveksi skala kecil yang tumbuh di atas pegunungan pada siang hingga petang hari dan di atas lautan pada malam hingga pagi hari.



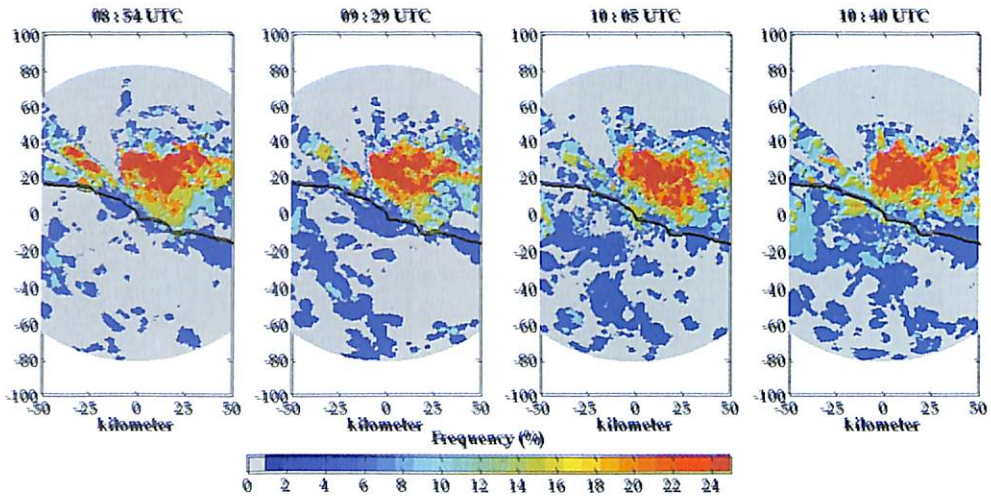
Gambar 2. Rata-rata reflektivitas (dBz) hasil pengamatan radar selama bulan Februari 2014.

Pertumbuhan awan konvektif berdasarkan metode struktur spasial terdeteksi dimulai sekitar pukul 15 WLS dan mencapai puncak diantara pukul 16 – 18 WLS. Pada Gambar 4 terlihat bahwa objek radar hanya terdeteksi mencapai radius 40 km. Adapun pertumbuhan awan di sebelah utara pegunungan Cisompet hingga wilayah Bandung tidak teramati akibat pulsa radar terhalang oleh wilayah pegunungan. Demikian pula area di sebelah barat laut dari titik pengamatan radar, terdapat zona kosong yang tegas menunjukkan bahwa wilayah tersebut tidak teramati akibat pulsa radar terhalang oleh topografi pegunungan.



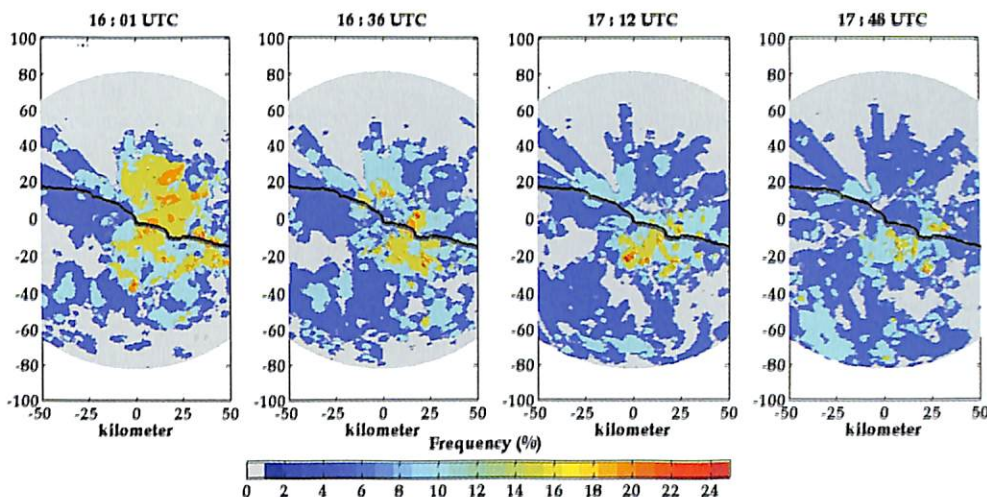
Gambar 3. Rata-rata temperatur puncak awan hasil pengamatan satelit MTSAT bulan Februari 2014.

Frekuensi pertumbuhan awan tampak mencapai maksimum sebesar 24% di atas wilayah pegunungan Cisompet. Pada interval waktu sore hari ini terdapat pula awan konvektif di atas wilayah lautan yang menjadi bukti bahwa perawanan konvektif ini bukan hanya lokal tetapi juga terdapat pengaruh monsun barat. Awan konvektif di sore hari lebih dominan terjadi di atas wilayah daratan akibat pergerakan angin laut di siang hari yang membawa uap air dan terdesak ke atas karena pengaruh topografi.



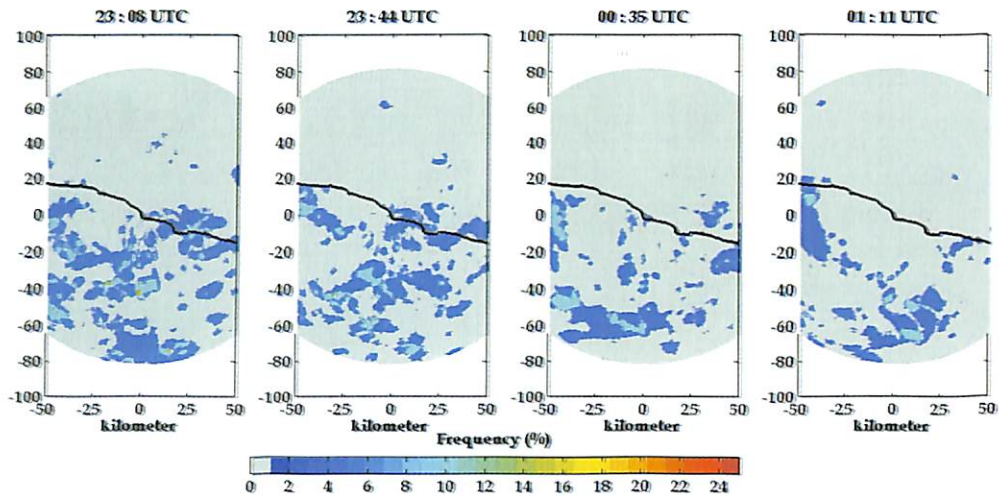
Gambar 4. Frekuensi pertumbuhan awan di sore hari waktu lokal standar (UTC+8). Sumbu x dan y telah dikonversi menjadi satuan jarak dalam kilometer dari titik pengamatan.

Pertumbuhan awan di siang hari mulai bergerak ke tengah akibat adanya perubahan tekanan udara di malam hari antara daratan dan lautan. Hal ini terlihat pada frekuensi pertumbuhan awan di malam hari yang cenderung berada di tengah-tengah cakupan pengamatan radar (Gambar 4). Intensitas frekuensi berkisar antara 6 – 20% dan bentuk perawanan yang luas menunjukkan bahwa awan yang tumbuh di malam hari lebih di dominasi awan stratus. Dengan membandingkan pola horizontal pertumbuhan awan di siang dan malam memperlihatkan perubahan tipe awan dari cumulus menjadi stratus seperti yang diperlihatkan oleh Renggono, dkk (2006).



Gambar 5. Frekuensi pertumbuhan awan di malam hari waktu lokal standar.

Pola pertumbuhan awan stratus di malam hari tampak semakin berkurang hingga pada dinihari selanjutnya. Frekuensi pada jam 24 WLS berada pada interval 6 – 20%, sedangkan pada jam 1 WLS dinihari berada pada interval 4 – 18%. Penurunan ini menjadi indikasi bahwa temperatur udara yang semakin menurun di malam hari melemahkan proses konvektif. Namun demikian, pola pertumbuhan awan pada pukul 1 WLS dinihari tampak mulai ada pertumbuhan awan yang menguat di atas wilayah lautan atau bagian selatan titik pengamatan. Hal tersebut memperkuat analisis bahwa pusat tekanan rendah bergeser ke arah wilayah lautan memasuki dinihari hingga pagi hari yang menyebabkan perubahan arah angin atau sebagai representasi angin darat (Hadi, dkk. 2001).



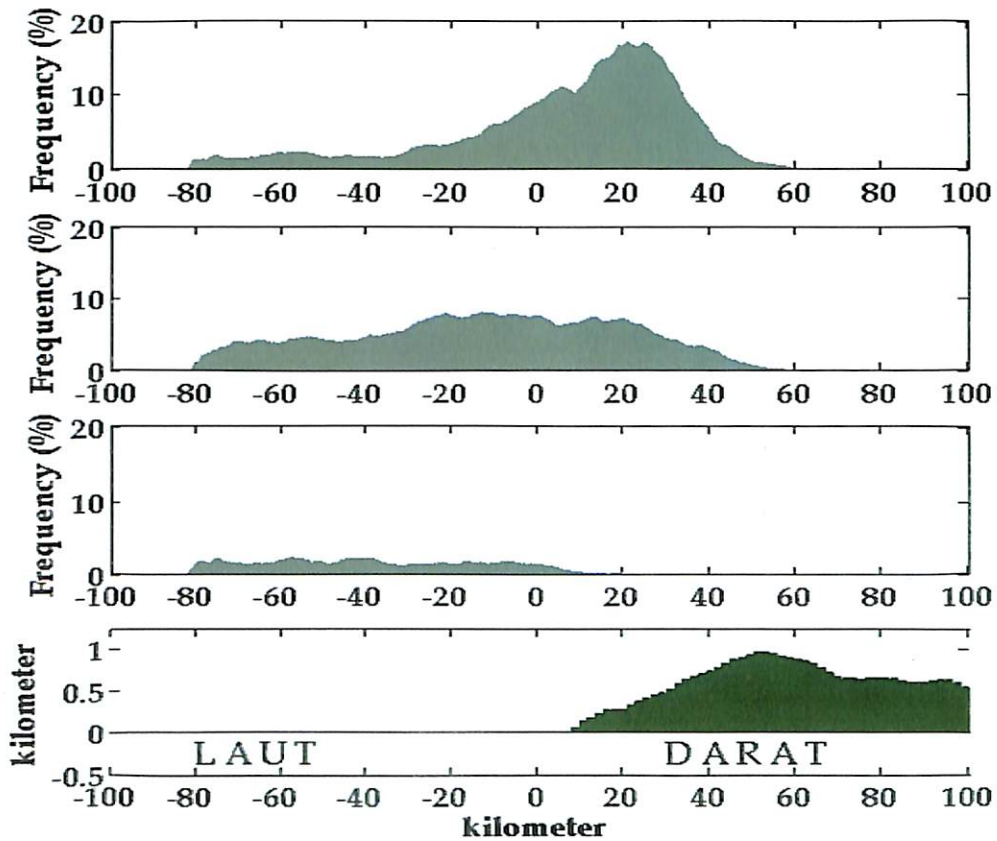
Gambar 6. Frekuensi pertumbuhan awan di pagi hari.

Gambar 5 menampilkan frekuensi pertumbuhan awan di pagi hari. Tampak jelas bahwa perawanan dengan frekuensi hanya mencapai 8 – 10% di antara pukul 7 – 9 WLS. Intensitas pertumbuhan awan tampak lebih tinggi pada pukul 7 WLS dan melemah seiring dengan peningkatan temperatur pada pukul 9 WLS. Jika diperhatikan dan dibandingkan dengan pertumbuhan awan di siang hari, maka di pagi hari tampak lebih dominan di atas wilayah lautan dan lebih lemah. Hal tersebut merupakan bukti bahwa kandungan aerosol yang menjadi inti kondensasi dari proses konveksi lebih banyak di daratan dibanding di lautan.

Hasil-hasil yang tampak pada distribusi spasial frekuensi pertumbuhan awan sesuai dengan hasil Qian, dkk. (2007) dan Mori, dkk. (2011). Irisan melintang frekuensi pertumbuhan awan dari ketiga periode yang telah dipaparkan di atas tampak pada Gambar 6. Pada Gambar 7 tersebut dilengkapi dengan rata-rata melintang topografi wilayah Pameungpeuk dalam radius 50 km untuk arah barat-timur dari titik pengamatan.

Rata-rata frekuensi pertumbuhan awan di sore hari tampak pada panel atas. Semakin jelas terlihat bahwa radar hanya mampu mengamati objek hingga sekitar 40 km area bagian utara dari titik pengamatan akibat halangan pegunungan Cisompet. Rata-rata frekuensi pertumbuhan awan di sore hari paling tinggi di sekitar 20 km dari titik pengamatan. Hal ini semakin memperkuat analisis bahwa pada siang hari uap air dari lautan terbawa oleh angin laut

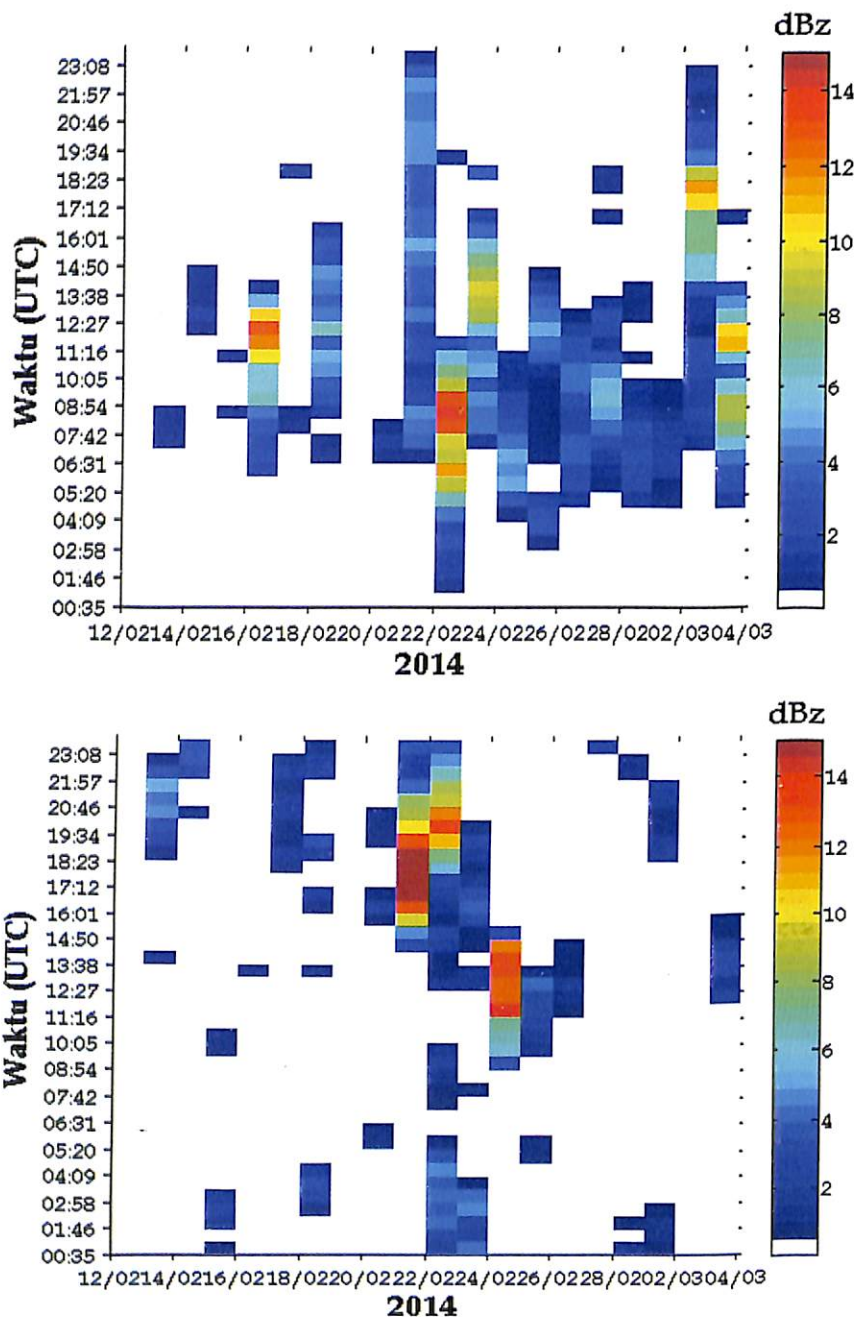
dan terdesak ketika memasuki wilayah daratan karena terdapat pegunungan di sebelah utara.



Gambar 7. Rata-rata frekuensi pertumbuhan awan arah barat-timur dalam radius 50 km dari titik pengamatan pada waktu sore hari (panel atas), malam hari (panel tengah), dan pagi hari (panel bawah).

Rata-rata melintang frekuensi pertumbuhan awan di malam dan siang hari hanya sebesar 10% dan 4%. Pola yang diperlihatkan pada Gambar 7 di atas semakin menunjukkan kecenderungan pergerakan awan ke arah laut yang terbawa oleh angin darat apabila ditinjau dari waktu sore hari. Nilai frekuensi yang semakin melemah memberi arti bahwa proses aktivitas konvektif di atas darat lebih kuat dibanding di atas lautan.

Hasil analisis perata-rataan data reflektivitas radar dan temperatur puncak awan telah mengidentifikasi pola variasi harian. Analisis karakteristik frekuensi pertumbuhan awan mempertegas adanya pertumbuhan yang terpengaruh oleh sirkulasi angin lokal.



Gambar 8. Deret waktu rata-rata reflektivitas harian untuk wilayah darat (panel atas) dan laut (panel bawah). Cakupan data radar untuk wilayah darat dan laut dibagi berdasarkan acuan garis pantai di Gambar 1.

Gambar 8 menunjukkan deret waktu besaran rata-rata reflektivitas dari tanggal 12 Februari s.d. 4 Maret 2014 untuk

cakupan radar di atas wilayah darat dan laut. Batas pembagian data cakupan radar yang masuk wilayah darat dan laut berdasarkan garis pantai yang melintang seperti terlihat pada Gambar 1.

Pertumbuhan awan konvektif di atas wilayah daratan terlihat mencapai puncak dalam rentang waktu pukul 05 UTC (13 WLS) hingga pukul 11 UTC (19 WLS). Adapun untuk wilayah laut, awan konvektif muncul pada rentang waktu dinihari (pukul 18 UTC/ 02 WLS) hingga pagi hari (pukul 01 UTC/ 09 WLS). Hal ini terlihat sangat jelas terutama pada kasus tanggal 23 Februari 2014. Pertumbuhan awan pada waktu tersebut merupakan yang paling kuat, dimana hal tersebut dimungkinkan akibat adanya tambahan uap air yang dibawa oleh angin monsun.

Apabila diamati pada rentang waktu tanggal 25 s.d. 28 Februari 2014, maka pola pertumbuhan awan konvektif dalam kurun waktu tersebut hanya terjadi di atas wilayah daratan. Hal ini memberi arti bahwa pertumbuhan awan konvektif di atas daratan lebih kuat yang disebabkan oleh desakan uap air ke lapisan atmosfer atas akibat halangan topografi pegunungan. Awan konvektif yang lebih kuat tersebut juga disebabkan oleh kandungan aerosol di atas wilayah daratan lebih tinggi dibanding di atas lautan.

4 KESIMPULAN

Investigasi siklus harian di wilayah Pameungpeuk melalui analisis hasil pengamatan radar telah dilakukan. Hasil perataan spasial data reflektivitas mempertegas adanya variasi harian antara wilayah darat (sebelah utara titik pengamatan radar) dan wilayah laut (sebelah selatan titik pengamatan radar). Pola yang sama diperlihatkan oleh data temperatur puncak awan meski satelit tidak mampu menangkap konveksi skala kecil sebagaimana radar mengamatinya terutama di atas wilayah lautan. Karakteristik pertumbuhan awan dianalisis melalui metode struktur spasial. Frekuensi maksimum terjadi pada sore hari mencapai 24% dan minimum terjadi pada malam hari pada interval 8-10%. Awan konvektif dengan tipe cumulus lebih tampak jelas di sore hari, dan awan dengan tipe stratus lebih sering tumbuh di malam hari. Pertumbuhan awan mengalami pergeseran dari daratan ke lautan seiring dengan perubahan sirkulasi angin darat-laut di antara

siang dan malam. Pertumbuhan awan konvektif yang lebih kuat di atas daratan daripada lautan menunjukkan bahwa kandungan aerosol di atas wilayah daratan lebih banyak dibanding di atas wilayah lautan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada karyawan LAPAN yang bertugas di Balai Produksi dan Pengujian Roket LAPAN Pameungpeuk dan tim observasi Bidang Teknologi Atmosfer Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA), yang telah membantu dalam pelaksanaan pengamatan rutin selama bulan Februari 2014. Riset ini telah didanai oleh anggaran DIPA PSTA tahun anggaran 2014.

DAFTAR RUJUKAN

- Germann, U., Galli, G., Boscacci, M., dan Bolliger, M. 2006: Radar Precipitation Measurement in a Mountainous Region, *Journal of Royal Meteorology Society*, **132**, 1669-1692
- Hadi, T.W., Horinouchi, T., Tsuda, T., Hashiguchi, H., dan Fukao, S. 2002: Sea-Breeze Circulation over Jakarta, Indonesia: A Climatology Based on Boundary Layer Radar Observations. , *American Meteorological Society*, **130**
- Kawashima, M., Fujiyoshi, Y., Ohi, M., Honda, T., Kozu, T., Shimomai, T., dan Hashiguchi, H. 2006: Overview of Doppler Radar Observations of Precipitation Cloud Systems in Sumatera Island during the First CPEA Campaign, *Journal of the Meteorological Society Japan*, **84A**, 33-56
- Mandapaka, P. V., Germann, U., dan Panziera, L. 2012: Characterizing the Diurnal Cycle of Precipitation over Complex Alpine Orography using Four-Dimensional Radar Observations, *The Seventh European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology*
- Marpaung, S. dan Satiadi, D. 2012: Karakteristik Curah Hujan Bulanan dan Tahunan di Pulau Jawa Bagian Barat, Buku Ilmiah: Fisika, Dinamika dan Kimia Atmosfer Berbasis Data Satelit dan Insitu, Penerbit CV Andira, ISBN: 978-979-1458-58-0
- Mori, S., Jun-Ichi, H., Sakurai, N., Fudeyasu, H., Kawashima, M., Hashiguchi, H., Matsumoto, J., dan Yamanaka, M. D. 2011: Convective Systems Developed along the Coastline of Sumatera Island, Indonesia, Observed with an X-band Doppler Radar during the HARIMAU 2006 Campaign, *Journal of the Meteorological Society Japan*, **89A**, 61-81
- Qian, J. H. 2007: Why Precipitation Is Mostly Concentrated over Island in the Maritime Continent, *Journal of Atmospheric*

Sciences, DOI: 10.1175/2007JAS2422.1

- Renggono, F., M.K. Yamamoto, H. Hashiguchi, S. Fukao, T. Shimomai, M. Kawashima, and M. Kudsy. 2006: Raindrop size distribution observed with Equatorial Atmosphere Radar (EAR) during the Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere (CPEA-I) observation campaign. *Radio Science*, **41**, doi: 10.1029/2005R003333
- Steiner, M., Houze, R. A., Jr., dan Yuter, S. E. 1995: Climatological Characterization of Three-Dimensional Storm Structure from Operational Radar and Rain Gauge Data, *Journal of Applied Meteorology*, **34**, 1978-2007