

**Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 dan Radar Cuaca C-Band  
Untuk Identifikasi Hujan Lebat  
(Studi Kasus Tanggal 21 Februari 2017 di Lanud Halim Perdana Kusuma)**

***Application of Himawari-8 Satellite and C-Band Weather Radar Data  
For Heavy Rainfall Identification  
(Case Study Februari 21<sup>th</sup> 2017 in Halim Perdana Kusuma Air Force Base)***

**Dimas Tunjung Wahyu Jatmiko<sup>\*</sup>, Usman Efendi, Aries Kristianto, Achmad Zakir**

Prodi Meteorologi - Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>\*</sup>E-mail: dimaszidane90@gmail.com

**ABSTRAK** - Hujan merupakan salah satu parameter meteorologis yang perlu mendapat perhatian lebih khususnya di wilayah landasan udara. Hal ini dikarenakan hujan khususnya pada intensitas lebat akan mengganggu aktivitas penerbangan akibat berkurangnya jarak pandang serta kondisi landasan pacu yang licin saat hujan. Berdasarkan hasil observasi Stasiun Meteorologi Landasan Udara (Lanud) Halim Perdana Kusuma ( $6^{\circ}15'54''\text{LS}$  dan  $106^{\circ}53'36''\text{BT}$ ) tercatat bahwa curah hujan kumulatif 24 jam pada tanggal 21 Februari 2017 sebanyak 136 mm dan termasuk ke dalam kategori curah hujan lebat. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan kajian guna mengetahui kondisi atmosfer pada saat terjadinya hujan lebat tersebut. Penelitian ini menggunakan data radar cuaca serta citra satelit Himawari-8. Hasil analisis citra hasil pantauan citra satelit Himawari-8 pada pukul 20.00 hingga 06.50 WIB dengan suhu puncak awan bernilai antara  $-42,4^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $-82,5^{\circ}\text{C}$  yang mengindikasikan adanya pertumbuhan awan cumulonimbus (CB). Hal ini didukung dengan analisis citra radar yang menunjukkan nilai reflektivitas 40 dBZ pada jam 04.00 WIB hingga 05.00 WIB. Sementara itu, curah hujan terukur antara jam 04.00 WIB hingga 06.50 WIB menunjukkan nilai 99 mm yang menimbulkan genangan air dan banjir di sejumlah daerah di Jakarta. Diketahui bahwa hujan lebat disebabkan adanya gangguan skala regional berupa *polamonsoon trough* di Samudera Hindia selatan Indonesia serta adanya konvergensi di wilayah Jawa Barat yang menyebabkan penumpukan massa udara, sehingga memicu peningkatan aktivitas konveksi yang cukup merata.

**Kata kunci:** hujan lebat, citra satelit, citra radar, awan cumulonimbus

**ABSTRACT** - Rain is one of the meteorological parameters that need to get more attention especially in the airstrip area. This is because the rain especially in the thick intensity will disrupt flight activity due to reduced visibility as well as slippery runway conditions during rain. Based on the observations of Halim Perdana Kusuma Air Base Meteorological Station ( $6^{\circ}15'54''\text{LS}$  and  $106^{\circ}53'36''\text{BT}$ ) it was noted that the cumulative rainfall of 24 hours on February 21<sup>st</sup> 2017 was 136 mm and included into the category heavy rainfall. Therefore this study is conducted to determine the atmospheric condition at the time of the heavy rain. This study uses Himawari-8 satellite images and weather radar data. The results of image analysis of the observed images of Himawari-8 satellite at 20.00 to 06.50 WIB with cloud peak temperature is worth between  $-42.4^{\circ}\text{C}$  to  $-82.5^{\circ}\text{C}$  which indicates the growth of cumulonimbus cloud (CB). This is supported by radar image analysis which shows the value of 40 dBZ reflectivity at 04.00 WIB until 05.00 WIB. Meanwhile, the measured rainfall between 04.00 WIB and 06.50 WIB indicates the value of 99 mm which caused puddles and floods in some areas in Jakarta. It is known that heavy rains are caused by regional disturbances in the form of monsoon trough patterns in the Indian Ocean south of Indonesia as well as the convergence in West Java that causes the buildup of air masses, thus triggering a considerable increase in convection activity.

**Keywords:** heavy rainfall, satellite imagery, radar imagery, cumulonimbus cloud

## 1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan butir-butir air atau kristal es yang keluar dari awan dan mencapai permukaan tanah (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007). Proses terjadinya hujan ini diawali oleh naiknya massa udara lembab melalui berbagai mekanisme seperti konveksi, orografi, maupun konvergensi, kemudian mengalami

serangkaian proses hingga tumbuh menjadi awan beserta partikel curah hujan dan pada kondisi tertentu jatuh sebagai hujan. Hujan umumnya terjadi dalam musim panas atau musim gugur belahan bumi, dimana untuk belahan bumi selatan musim panas terjadi pada bulan Desember – Januari – Februari (DJF) dan musim gugur terjadi pada bulan Maret – April – Mei (MAM) (Tjasyono, 2007).

Sumber curah hujan di daerah monsun Indonesia pertumbuhan dengan konveksi dari awan konvektif maupun gabungan antara konveksi dengan faktor lain seperti konvergensi, orografik, maupun arus siklonik. Curah hujan konveksional disebabkan adanya pemanasan oleh radiasi matahari dan umumnya terjadi dalam skala ruang yang terbatas. Curah hujan orografik disebabkan oleh kondensasi dan pembentukan awan udara lembap yang dipaksa naik oleh barisan pegunungan. Sementara itu, curah hujan siklonik disebabkan adanya konvergensi horisontal udara lembap dalam area sirkulasi dengan pusat tekanan rendah yang mempunyai vortisitas maksimum (Tjasyono, 2007).

Pada suatu kondisi, adakalanya hujan turun dalam intensitas yang besar atau biasa disebut hujan lebat. Hujan lebat termasuk ke dalam salah satu jenis cuaca ekstrem dengan intensitas mencapai lebih dari 50 mm selama 24 jam atau lebih dari 20 mm/jam (BMKG, 2010). Hujan lebat merupakan salah satu kondisi yang perlu mendapat perhatian serius mengingat fenomena ini seringkali terkait dengan berbagai bencana hidrometeorologi di Indonesia, seperti banjir dan tanah longsor.

Pada tanggal 21 Februari 2017 telah tercatat adanya kejadian banjir di sejumlah wilayah di Jakarta, yang tersebar di 54 titik di Jakarta Timur, Jakarta Selatan, serta Jakarta Utara. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan sinoptik Stasiun Meteorologi Lanud Halim Perdana Kusuma tanggal 21 Februari 2017 jam 04.00 – 06.50WIB tercatat curah hujan mencapai 99 mm dan termasuk kedalam kriteria hujan lebat. Dalam hal ini, penulis bermaksud melakukan penelitian untuk mengetahui kondisi atmosfer pada saat terjadinya hujan lebat tersebut.

Pada penelitian ini akan berfokus pada analisis data citra satelit Himawari-8 serta data radar cuaca. Satelit Himawari-8 merupakan generasi terbaru dari satelit MTSAT-2 yang berfungsi untuk memudahkan pengamatan pertumbuhan awan secara lebih detail. Satelit yang mulai beroperasi pada tahun 2015 ini dilengkapi dengan sensor *Advance Himawari Imager (AHI)* yang memiliki 16 kanal dengan resolusi temporal dan spasial lebih baik dari generasi sebelumnya. Kanal pada Himawari-8 terdiri dari 3 kanal cahaya tampak (visible) dengan resolusi 0,5 hingga 1 km, 3 kanal *near infrared (NIR)* dengan resolusi 1 hingga 2 km, serta kanal 10 kanal infrared (IR) dengan resolusi 2 km. Adapun resolusi temporal untuk semua kanal Himawari-8 meliputi 10 menit untuk pengamatan global, 2,5 menit untuk pengamatan khusus (Pandjaitan dan Andersen, 2015).

Analisis data radar cuaca dilakukan berdasarkan pancaran energi radar yang dipantulkan kembali oleh butiran-butiran air pada awan yang direpresentasikan ke dalam nilai reflektivitas dengan satuan dBz (decibel). Nilai dBz yang semakin besar menunjukkan energi pantul yang diterima radar semakin besar serta menunjukkan bahwa semakin besar intensitas hujan yang terjadi (Samriyanto, 2010). Pada saat terjadi hujan, radar cuaca digunakan untuk mengukur radiasi gelombang elektromagnetik yang kembali dari objek sehingga diketahui reflektivitasnya atau nilai Z sebagai fungsi dari volume presipitasi.

## **2. METODE**

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data angin gradien yang diperoleh dari *Bureau of Meteorology (BOM)* dalam situs <http://www.bom.gov.au>, data pengamatan sinoptik yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Lanud Halim Perdana Kusuma pada tanggal 21 Februari 2017, data radar *EEC C-Band Doppler* Tangerang, serta data citra satelit Himawari-8 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Adapun metode yang digunakan dalam tulisan ini meliputi analisis angin gradien untuk mengamati faktor regional yang mempengaruhi terjadinya hujan lebat pada tanggal 20 Februari 2017. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap data citra satelit Himawari-8 serta data radar cuaca guna mengetahui lebih lanjut kondisi cuaca pada saat terjadinya hujan lebat.

Data citra satelit Himawari-8 diolah menggunakan perangkat lunak *Satellite Animation and Interactive Diganosis (SATAID)* yang merupakan perangkat lunak berbasis Windows yang berfungsi mengolah data biner menjadi citra. Analisis citra satelit Himawari-8 dilakukan dengan menggunakan kanal IR dan Water vapour (WV). Baik kanal IR maupun WV termasuk dalam panjang gelombang infrared, sehingga citra yang dihasilkan dari kedua kanal tersebut merupakan representasi dari suhu suatu objek, Kanal IR digunakan untuk mengidentifikasi suhu puncak awan yang direpresentasikan dalam citra gelap dan terang. Semakin terang suatu citra, maka suhu puncak awan semakin rendah serta semakin tinggi ketinggian awan tersebut. Adapun kanal WV dicari nilai selisihnya dari kanal IR, atau dikenal juga dengan metode *Split Window*.

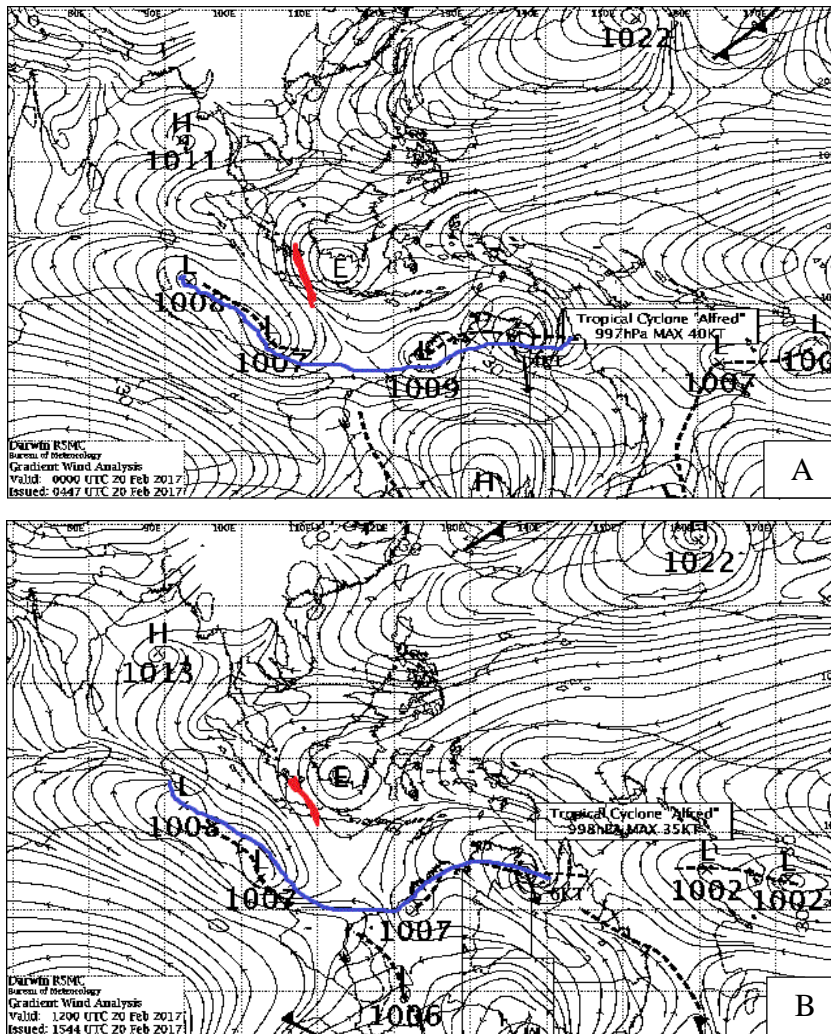
Metode *split window* berguna untuk mengidentifikasi awan cumulonimbus (Cb) dengan menggunakan selisih kanal IR dengan WV (S3). Awan Cb diidentifikasi apabila suhu puncak awan kurang dari  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nilai dan  $S3 \leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Inoue, 1997).

Pengolahan data radar cuaca ECC *C-Band* Tangerang dengan cara mengkonversi data kedalam format *rawdata* Gematronik agar bisa diolah menggunakan perangkat lunak Rainbow yang merupakan perangkat lunak untuk mengolah data radar bawaan dari vendor radar Gematronik. Dalam analisis ini digunakan produk *Column Maximum* (CMAX). Data radar CMAX menampilkan nilai maksimum dari reflektivitas dalam suatu kolom udara tanpa memperhatikan posisi ketinggian (Manurung, 2016). CMAX merupakan produk yang sangat berguna dalam mendeteksi lokasi terjadinya awan konvektif dan potensi cuaca buruk dengan menampilkan nilai maksimum dan minimum dari suatu kolom vertikal (Wati dan Wiguna, 2016).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Angin Gradien

**Gambar 1** menunjukkan analisis angin gradien pada tanggal 20 Februari 2017 jam 07.00 dan 19.00WIB. Berdasarkan pola angin pada gambar tersebut terlihat adanya pola monsoon trough di Samudera Hindia sebelah selatan Indonesia seperti yang ditunjukkan pada garis biru. Selain itu, di wilayah Jawa Barat terlihat adanya pola konvergensi (garis merah pada gambar) yang memicu terjadinya penumpukan massa udara. Penumpukan massa udara mendukung terjadinya pertumbuhan awan-awan konvektif yang menyebabkan terjadinya hujan secara kontinu dengan intensitas lebat.

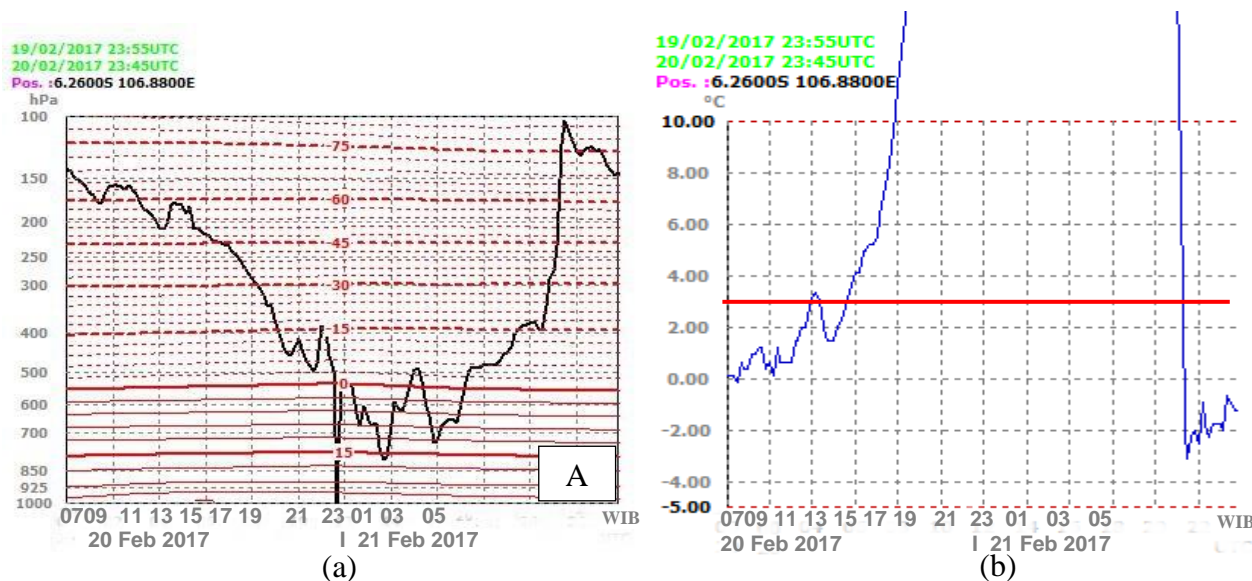


**Gambar 1.** Analisis Angin Gradien Tanggal 20 Februari 2017 pada (a) Jam 07.00 WIB, dan (b) Jam 19.00 WIB. Garis Biru Menunjukkan Adanya Pola *Monsoon Trough* sedangkan Garis Merah Menunjukkan Adanya Konvergensi (Sumber: bom.gov.au)

### 3.2 Analisis Suhu Puncak Awan menggunakan Citra Satelit Himawari-8

Analisis kondisi atmosfer menggunakan satelit Himawari-8 berfokus pada identifikasi keberadaan awan Cb yang disinyalir menjadi penyebab terjadinya hujan lebat. Analisis citra satelit dilakukan dengan melihat suhu puncak awan sebelum dan sesudah terjadinya hujan lebat menggunakan citra satelit kanal IR. Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi eksistensi awan Cb melalui metode *split window* dengan mencari selisih selisih kanal IR dengan WV.

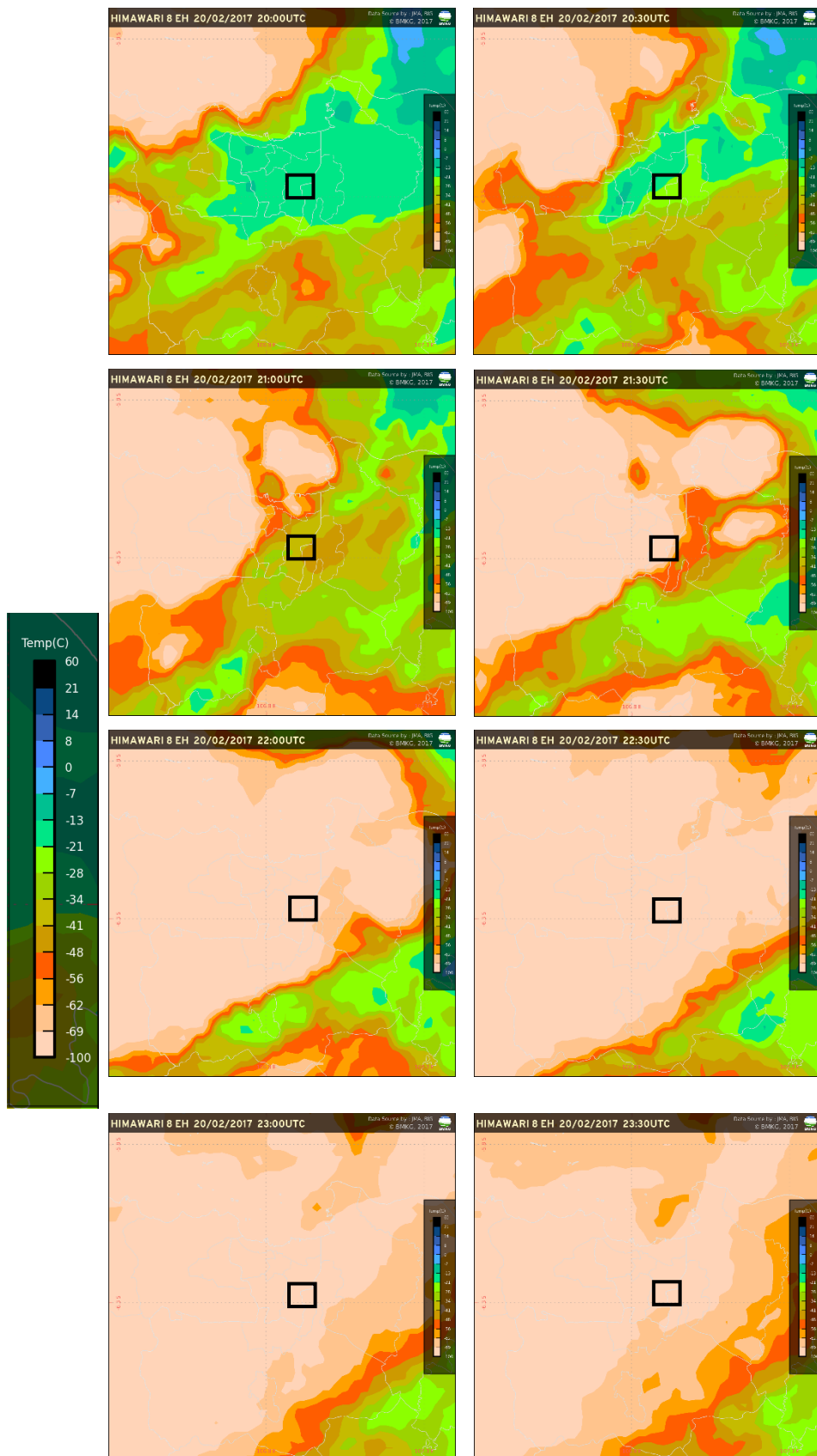
Time series suhu puncak awan pada tanggal 20 Februari 2018 jam 07.00 WIB hingga 21 Februari 2017 jam 06.50 WIB terlihat pada **Gambar 2a**. Suhu puncak awan pada jam 01.00 hingga 03.30 WIB berada pada kisaran 0°C hingga -20°C, kemudian terpantau mengalami penurunan secara signifikan pada jam 03.30 hingga 04.30 WIB dengan suhu puncak awan mencapai -82,8°C. Penurunan suhu puncak awan dalam waktu yang relatif singkat ini menunjukkan adanya pertumbuhan awan konvektif. Suhu puncak awan terpantau masih berada pada rentang -60°C sampai -80°C hingga jam 06.50 WIB. Pada suhu tersebut awan-awan yang menutupi wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma dan sekitarnya umumnya berupa awan Cb atau awan tinggi.



**Gambar 2.** Time Series Suhu Puncak Awan di Wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma pada Kanal (a) IR, dan (b) Kanal *Split Window* S3. Garis Merah pada Gambar 4b Menunjukkan Batas Nilai S3 untuk Identifikasi Awan Cb (3°C)

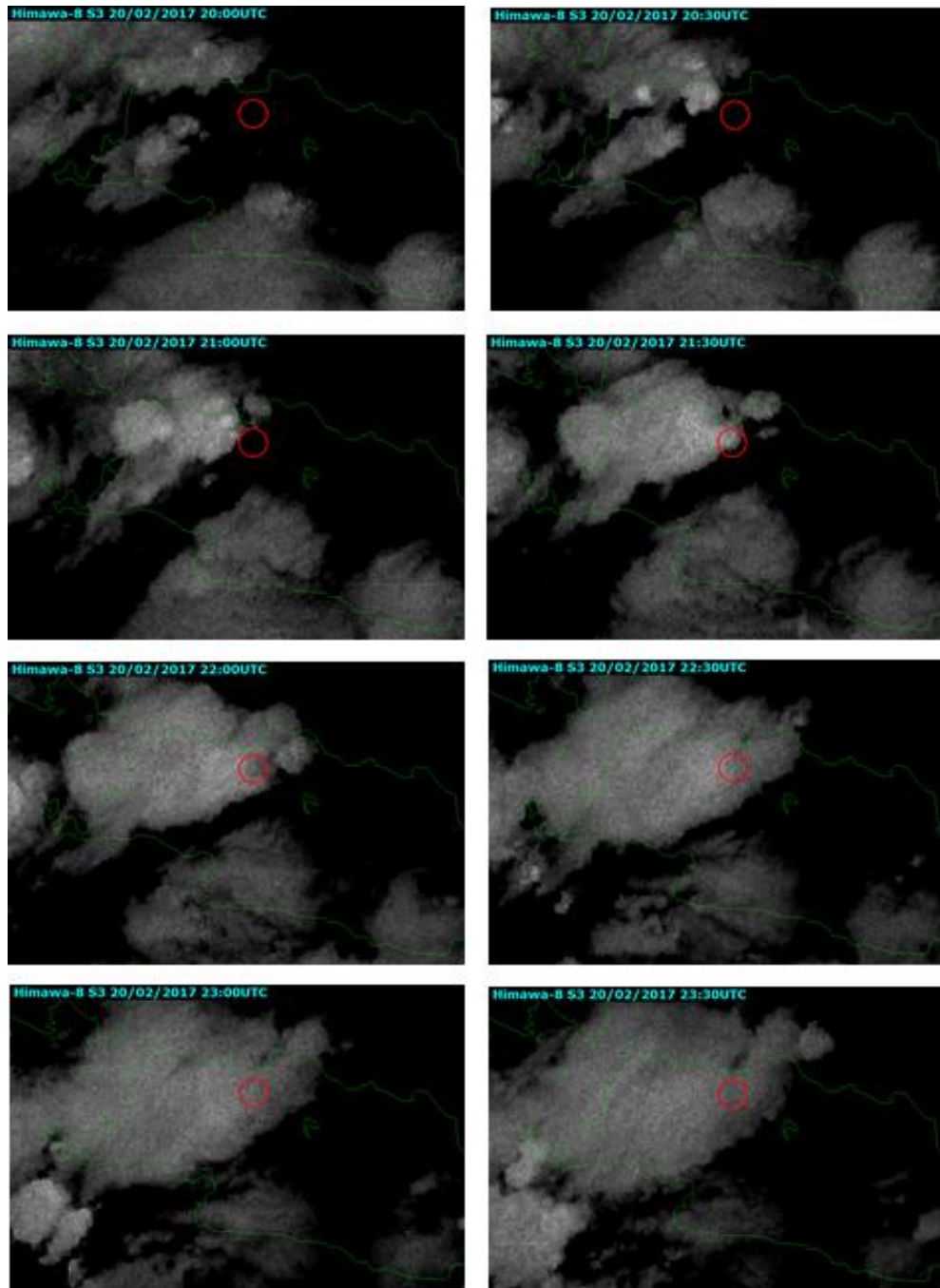
Tampilan visual dari citra satelit kanal IR Enhanced pada jam 03.00 hingga 06.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 3. Semakin rendah suhu puncak awan maka warna citra yang dihasilkan dari kanal IR semakin terang. Apabila suhu puncak awan sama atau lebih rendah dari -33 °C maka awan tersebut termasuk ke dalam awan dingin yang dapat dikategorikan sebagai awan tinggi atau Cumulonimbus. Berdasarkan citra satelit terlihat bahwa di wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma dan sekitarnya pada jam 03.00 WIB umumnya masih didominasi awan rendah dan menengah yang hangat, kemudian mulai terbentuk adanya awan dingin berupa Cb atau awan tinggi pada jam 04.00 WIB hingga akhirnya tertutupi seluruhnya oleh awan dingin pada jam 05.00 hingga 06.00 WIB. Untuk mengidentifikasi jenis awan dingin yang menutupi wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma dan sekitarnya digunakan metode *split window*.

Nilai *split window* S3 pada grafik time series Gambar 2b merupakan selisih antara nilai suhu puncak awan dari kanal IR dengan kanal WV. Kriteria identifikasi Cb berdasarkan nilai S3 yaitu apabila nilai  $S3 \leq 3^\circ\text{C}$  sehingga citra visual S3 pada Gambar 4 juga disetting agar nilai S3 maksimal yang muncul adalah 3°C. Berdasarkan grafik pada Gambar 2b dan Gambar 4, terlihat bahwa citra S3 mulai terbentuk di sebelah barat Lanud Halim dan sekitarnya pada jam 04.00 WIB dan menutupi hampir seluruh wilayah tersebut pada jam 05.00 hingga 06.00 WIB. Dengan demikian dapat diketahui adanya tutupan awan Cb yang cukup luas di daerah Lanud Halim dan sekitarnya pada jam 05.00 hingga 06.00 WIB dan bertepatan dengan kejadian hujan lebat.



**Gambar 3.** Citra Satelit Himawari-8 Kanal IR Enhanced Tanggal 20 Februari 2017 Jam 20.00 hingga 23.30 UTC (21 Februari 2018 Jam 03.00 hingga 06.30 WIB)

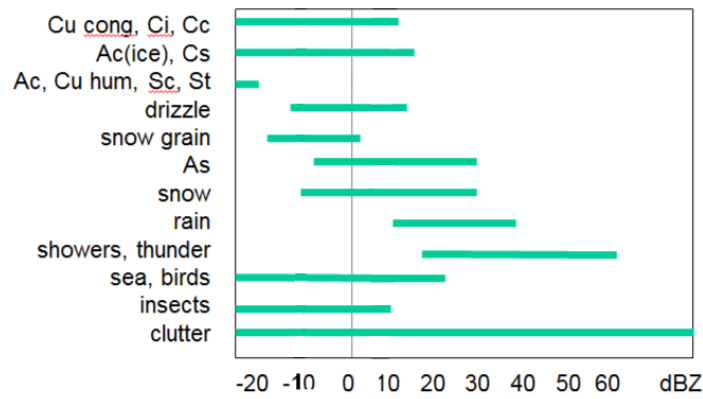




**Gambar 4.** Citra Satelit Himawari-8 *Split Window* S3 (IR-WV) Tanggal 20 Februari 2017 Jam 20.00 hingga 23.30 UTC (21 Februari 2018 Jam 03.00 hingga 06.30 WIB)

### 3.3 Analisis Citra Radar

Analisis citra radar cuaca dilakukan berdasarkan besarnya energi radar yang terpantul oleh suatu objek dalam bentuk nilai reflektivitas dengan satuan dBz. Perbedaan hasil output nilai reflektivitas radar menunjukkan adanya perbedaan susunan molekul atau partikel pada suatu objek (Waseso, 2014). Reflektivitas radar juga merupakan salah satu indikator untuk mengetahui pertumbuhan awan konvektif (Paski, 2017). Variasi nilai reflektivitas yang digunakan untuk mengidentifikasi cuaca lebat seperti keberadaan awan konvektif yang mengakibatkan hujan deras dan petir dengan interval 10 sampai 60 dBZ seperti yang terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Karakteristik dBZ (eumetrain.org, 2012). Sumbu Vertikal Menyatakan Jenis Objek yang Terdeteksi Radar. Sumbu Horizontal Menyatakan Besarnya Nilai Reflektivitas dan Garis Hijau Menyatakan Nilai Reflektivitas Tiap Objek.

Hasil analisis citra radar produk CMAX pada pukul 03.00WIB menunjukkan nilai reflektivitas sekitar 5 dBZ. Nilai reflektivitas radar semakin meningkat pada pukul 03.30 WIB dengan nilai mencapai 25 dBZ dan pada jam 04.00 WIB menunjukkan nilai reflektivitas sebesar 40 dBZ. Pada pukul 04.30 WIB reflektivitas radar menunjukkan adanya penurunan dengan nilai mencapai 35 dBZ dan selanjutnya relatif konstan hingga jam 05.00 WIB. Pada jam 05.30 WIB reflektivitas radar cuaca kembali meningkat menjadi sebesar 40 dBZ, kemudian kembali turun pada jam 06.00 hingga 11.30 dengan nilai reflektivitas mencapai 25 hingga 30 dBZ. Meskipun mengalami penurunan nilai reflektivitas radar, namun terlihat adanya penambahan luas echo radar warna hijau dengan kisaran nilai 25 – 37 dBZ. Liputan echo tersebut tampak secara terus menerus pada citra jam 05.30 hingga 06.30 WIB dan cenderung memiliki bentuk yang sama.

Menurut Wardoyo (2011), nilai reflektivitas juga terkait dengan kejadian hujan. Berdasarkan nilai reflektivitasnya, curah hujan dikategorikan menjadi 4, yaitu hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat, dan hujan sangat lebat seperti pada Tabel 2.

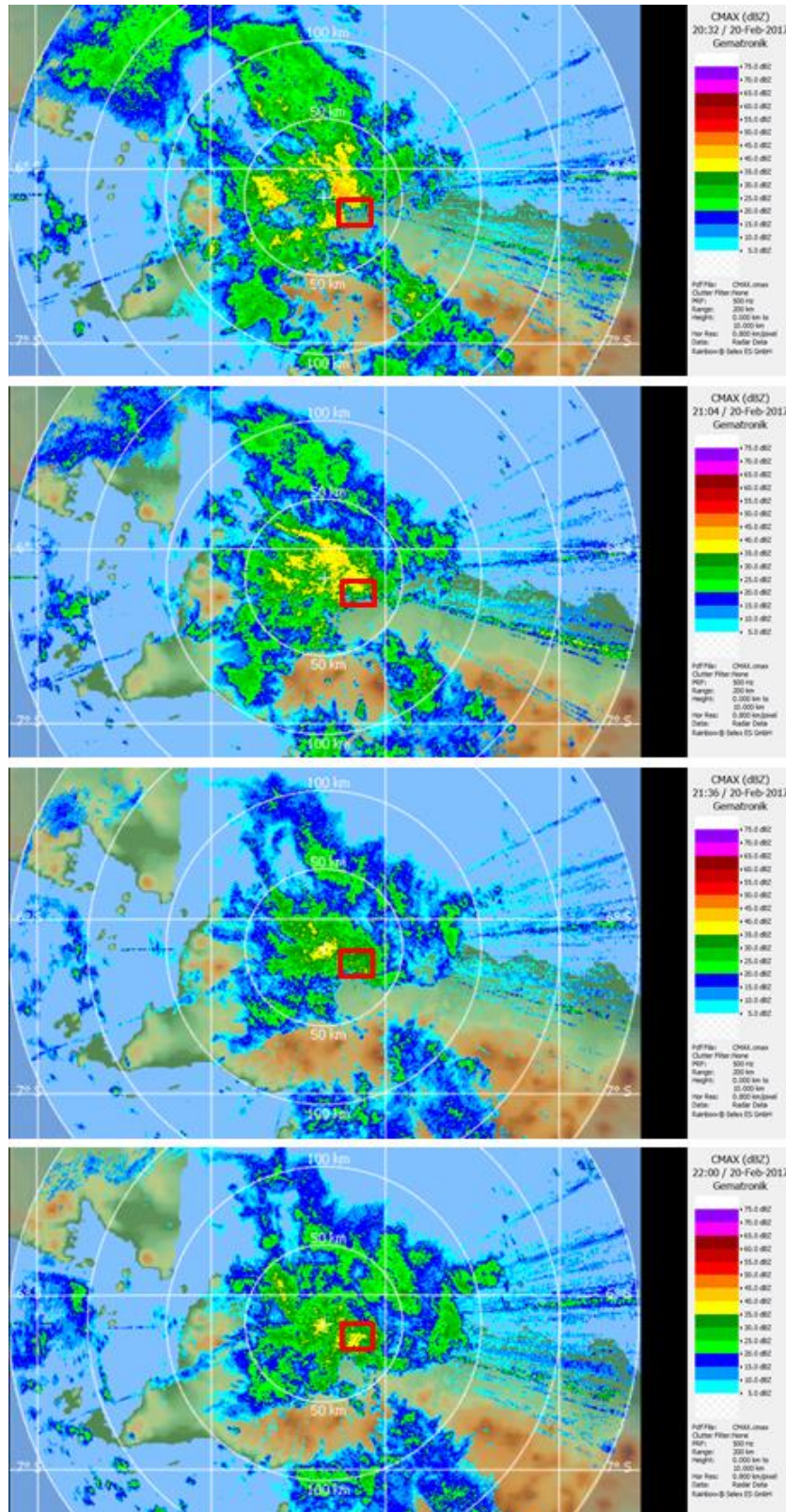
**Tabel 2.** Karakteristik Nilai dBZ Berdasarkan Kategori Intensitas Hujan

| Kategori Intensitas Hujan | Nilai dBZ | mm/jam    |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Hujan Ringan              | 30 s/d 38 | 1 s/d 5   |
| Hujan Sedang              | 38 s/d 48 | 5 s/d 10  |
| Hujan Lebat               | 48 s/d 58 | 10 s/d 20 |
| Hujan Sangat Lebat        | >58       | >20       |

Pada lokasi kejadian terjadi hujan dengan intensitas lebat dengan nilai reflektivitas berkisar antara 30 hingga 40 dBZ yang terjadi pada jam 04.00 hingga 06.00 WIB yang menyebabkan hujan lebat dan berdampak pada terjadinya banjir di sejumlah tempat di Jakarta.

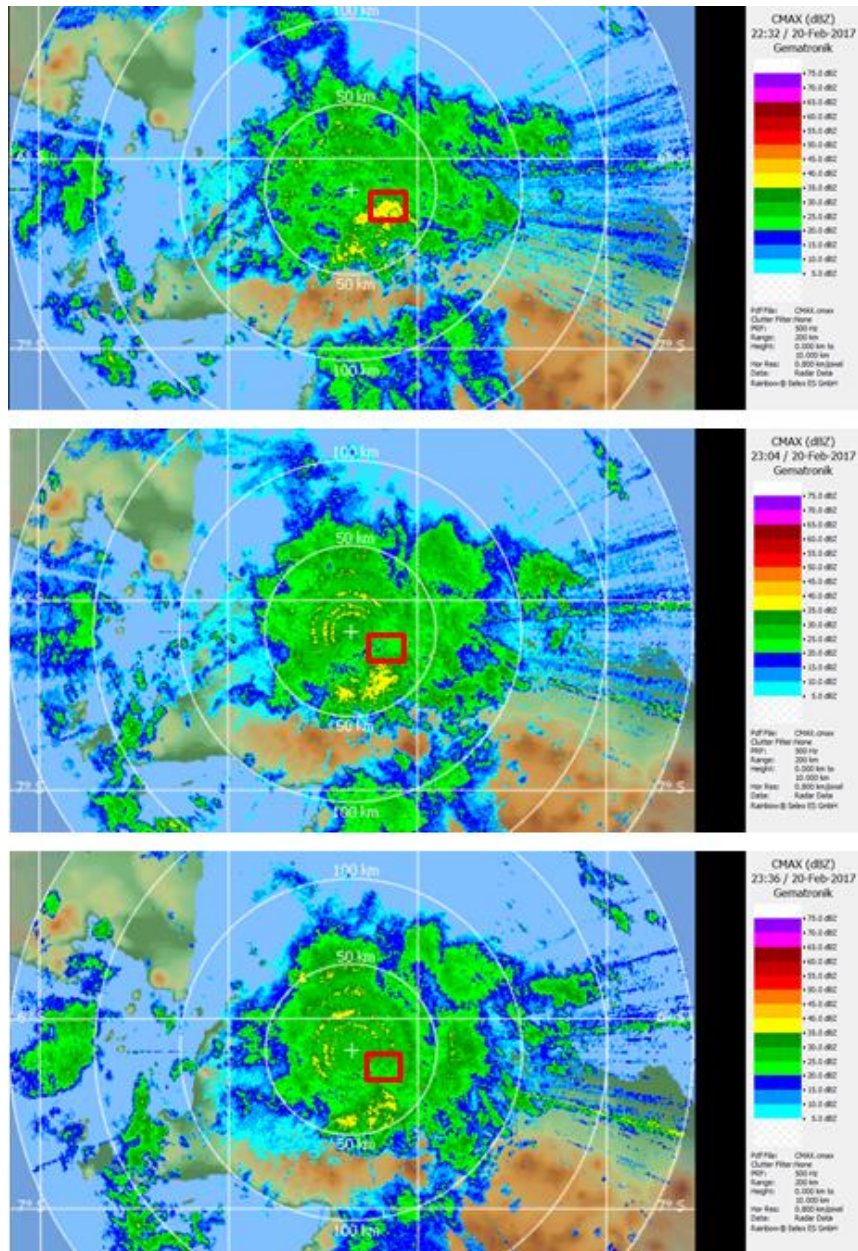


Bersambung....



Bersambung....





**Gambar 6.** Citra Radar tanggal 20 Februari 2017 jam 20.00 hingga 23.30 UTC (21 Februari 2018 jam 03.00 hingga 06.30 WIB)

#### 4. KESIMPULAN

Peristiwa hujan lebat yang melanda wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma dan sekitarnya disebabkan oleh faktor regional pengendali cuaca yang mempengaruhi dinamika atmosfer di tempat tersebut. Adanya *monsoon trough* di Samudera Hindia selatan Indonesia serta pola konvergensi di daerah Jawa Barat menyebabkan terjadinya penumpukan massa udara dan mendukung terbentuknya awan-awan konvektif secara merata.

Kondisi ini didukung berdasarkan analisis citra satelit Himawari-8 kanal IR yang menunjukkan bahwa suhu puncak awan turun secara signifikan pada jam 03.30 hingga 04.30 WIB hingga mencapai nilai dibawah  $-80^{\circ}\text{C}$  sekitar jam 04.30 WIB. Secara umum suhu puncak awan berada pada kisaran  $-80^{\circ}\text{C}$  hingga  $-60^{\circ}\text{C}$  pada jam 05.00 hingga 06.00 WIB yang menunjukkan adanya pertumbuhan awan Cb. Keberadaan awan Cb ini didukung dengan nilai *split window* S3 kurang dari  $3^{\circ}\text{C}$  yang mendominasi wilayah Lanud Halim Perdana Kusuma dan sekitarnya, yang menunjukkan adanya tutupan awan Cb yang cukup luas.

Keberadaan awan Cb sebagai didukung dengan hasil analisis citra radar ECC *C-Band Doppler* Tangerang produk CMAX di lokasi terjadinya hujan lebat dengan nilai reflektivitas 30 hingga 40 dBz. Selain itu, echo radar yang didominasi warna hijau bertambah luas pada jam 22.30 WIB dan cenderung tetap hingga jam 06.30 WIB yang menunjukkan terjadinya hujan dengan intensitas sedang.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada sub-bidang pengelolaan citra satelit dan sub-bidang pengelolaan citra radar BMKG yang telah membantu dalam penyediaan dan pengolahan data satelit Himawari-8 dan citra radar EEC *C-Band Doppler* serta kepada Stasiun Meteorologi Lanud Halim Perdana Kusuma yang membantu dalam penyediaan data pengamatan permukaan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2010). Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem (KEP.009 Tahun 2010). BMKG Jakarta.
- BOM. (2018). Analysis Chart Archive. Diakses pada tanggal 2 Juni 2018 <http://www.bom.gov.au/australia/charts/archive/index.shtml>.
- EUME Train. (2012). Icing. Diakses pada tanggal 8 Juni 2018 <http://www.eumetrain.org>.
- Inoue, T. 1997. Day-to-Night Cloudiness Change of Cloud Types Inferred from Split Window Measurements aboard NOAA Polar-Orbiting Satellites. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol.75, no.1, hlm.59-66.
- JMA. (2018). Himawari User's Guide. Diakses pada 6 Juni 2018 <http://www.jmanet.go.jp/msc/en/support/index.html>
- Manurung, R., M., dan Matondang, A., C. (2016). *Pemanfaatan Data Satelit dan Radar dalam Analisis Intensitas Hujan di Wilayah Medan (Studi Kasus 7 – 8 Februari 2016)*. Paper dipresentasikan pada Prosiding Workshop Operasional Radar Cuaca 2016, Jakarta, Indonesia.
- Pandjaitan, B. dan Andersen, P., (2015). *Pemanfaatan Data Satelit Cuaca Generasi Baru Himawari 8 Untuk Mendeteksi Asap Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan di Wilayah Indonesia (Studi Kasus: Kebakaran Hutan dan Lahan Di Pulau Sumatera Dan Kalimantan Pada Bulan September 2015)*. Paper dipresentasikan pada Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2015, Bogor, Indonesia.
- Paski, I., A., J., Permana, S., D., dan Pertiwi, S., s., A., D. (2017). *Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Es Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Tanggal 3 Mei 2017 di Kota Bandung)*. Paper dipresentasikan pada Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2017, Depok, Indonesia
- Samriyanto., (2010). Analisis Citra Satelit dan Radar untuk Membuat Prediksi Cuaca Ekstrem. Buletin BMKG. Vol : No.4.
- Tjasyono, B dan Harijono. 2007. *Meteorologi Indonesia Volume II: Awan dan Hujan Monsun*. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta
- Wardoyo, E., (2011). *Pengantar III Output Radar Data: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*.
- Waseso, G., P., M., (2014). Identifikasi Awan Cumulonimbus dengan Citra Radar pada saat Kejadian Cuaca Lebat (Studi kasus Kejadian Banjir tanggal 21 Januari 2014 di Sambelia, Lombok Timur). (Laporan Kerja Diploma III), STMKG, Tangerang Selatan.
- Wati, S., K., dan Wiguna, H, P, P. (2016). *Deteksi Clear Air Turbulence Pada Tampilan Radar Cuaca C-Band Lombok*. Paper dipresentasikan pada Prosiding Workshop Operasional Radar Cuaca 2016, Jakarta, Indonesia.
- Wirjohamidjojo, S dan Swarinoto, Y. S.2007. *Praktek Meteorologi Pertanian*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.