

Deteksi Overshooting Top Menggunakan Satelit Himawari-8 dan Dampaknya terhadap Cuaca Permukaan di Wilayah Jabodetabek (September – November 2017)

Muhammad Subagya Prihatmaja Sains Al Besari

Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika,

sainsalbe@gmail.com

Keywords:

*overshooting top,
cumulonimbus,
satellite,
bad weather*

Abstract: *Overshooting top (OT) results from a strong updraft on a cumulonimbus cloud that can penetrate to tropopause layer. The IRW-texture method can detect OT using the Himawari-8 satellite image of the IR-1 and visible channels. The IR-1 channel image determines the cloud top temperature must be less than 215 K, and the cloud top temperature is colder than 2.5 K from the NWP tropopause temperature, then computes the mean anvil temperature surrounding OT and subtract with the coldest cloud top temperature, so the difference is more than 6.5 K, then OT is identified. The visible channel image looks at the cloud texture shaped like a bump. OT occurrence is always associated with lightning activity, where OT, which results from convective clouds penetrating the tropopause layer, can increase lightning activity. Thus, an increase in lightning activity may indicate that OT occurs in a region. Research conducted from September to November 2017 in the Jabodetabek area obtained 14 cases of OT occurrence. OT mainly occurred between 14.00 to 16.00 WIB and mostly happened in the Bogor region. OT can cause bad weather on the surface, such as heavy rain, hail, and strong winds in a radius of up to 40 km.*

Kata Kunci:

*Overshooting top,
cumulonimbus,
satelit,
cuaca buruk*

Abstrak: Overshooting top (OT) merupakan hasil dari updraft yang kuat pada suatu awan cumulonimbus sehingga mampu menembus lapisan tropopause. Metode IRW-texture dapat digunakan untuk mendeteksi awan ini, yaitu dengan menggunakan citra satelit Himawari-8 kanal IR-1 dan kanal visible. Citra kanal IR-1 digunakan untuk mengetahui suhu puncak awan < 215 K suatu sel cumulonimbus, dan jika suhu puncak awan lebih dingin 2,5 K dari suhu NWP tropopause, kemudian menghitung rata-rata anvil awan disekitar OT dan dikurangkan dengan suhu puncak awan terdingin sehingga selisihnya lebih dari 6,5 K, maka OT telah teridentifikasi. Citra kanal visible digunakan untuk melihat tekstur awan yang berbentuk seperti benjolan. Kejadian OT selalu berhubungan dengan aktivitas petir, di mana OT yang merupakan hasil dari awan konvektif yang menembus lapisan tropopause dapat menghasilkan peningkatan aktivitas petir. Sehingga, peningkatan aktivitas petir dapat mengindikasikan bahwa OT terjadi di suatu wilayah. Penelitian yang dilakukan pada bulan September hingga November 2017 di wilayah Jabodetabek, didapatkan 14 kasus kejadian OT. Kejadian OT tersebut sebagian besar terjadi antara jam 14.00 hingga 16.00 WIB, dan kejadian OT sebagian besar terjadi di wilayah Bogor. OT dapat menimbulkan cuaca buruk di permukaan seperti hujan lebat, hujan es dan angin kencang dalam radius hingga radius 40 km.

Article History:

Received: 27-03-2023

Online : 05-04-2023



This is an open access article under the **CC-BY-SA** license



A. LATAR BELAKANG

Awan merupakan salah satu elemen yang terlihat dari langit dan secara signifikan berkontribusi kepada cuaca yang kita rasakan setiap hari (Krollová, 2011). Awan Cumulonimbus atau yang biasa disingkat awan Cb merupakan awan yang menjulang tinggi secara vertikal dengan gumpalan yang padat dan gelap serta bentuknya seperti Menara (Zakir, 2010). OT merupakan awan hujan yang dapat diidentifikasi dengan menggunakan data citra satelit Himawari-8. Overshooting Top (OT) didefinisikan sebagai puncak awan yang berbentuk tonjolan seperti kubah di atas landasan awan Cumulonimbus (CB) yang menandakan adanya intrusi dari updraft menembus level keseimbangannya, OT juga biasa disebut dengan “penetrating top”, OT juga merupakan manifestasi updraft yang sangat kuat dari sebuah awan konvektif. Keadaan ini biasanya berlangsung sementara karena kenaikan momentum parcel diperlukan selama kenaikan parcel melewati titik level keseimbangannya (Glickman, 2000). Ketinggian dan persistensi dari OT sering diamati dan dikaitkan dengan kejadian petir, di mana menandakan terdapatnya aliran updraft (angin ke atas) yang berlangsung secara kontinu.

Pertumbuhan awan konvektif di wilayah tropis dapat tumbuh hingga ketinggian 15 km (K. Bedka et al., 2010). Pertumbuhan ini dapat terus berkembang hingga terjadi aktivitas OT yang menembus lapisan tropopause wilayah tropis, dan pada stratosfer dianggap sebagai sumber uap air yang signifikan pada lapisan stratosfer bawah. Selain itu, algoritma awal penentuan OT adalah adanya brightness temperature yang bernilai <215 K dan kemudian, dilihat diameter cakupan wilayah yang memenuhi syarat brightness temperature tersebut. Biasanya untuk OT wilayah cakupannya berdiameter <15 km (~ 8 km). Simulasi numerik tentang sel badai ganas yang disertai OT, menunjukkan bahwa updraft kuat yang timbul akibat deep convection berperilaku seperti penghalang mirip gunung, yang menghadang aliran lingkungan dan memicu labilitas yang mirip dengan labilitas yang tumbuh di sekitar sisi punggung gunung. Badai ganas ini mampu memicu gelombang gravitasi dengan osilasi mekanik dari updraft konvektif pada lapisan netral buoyancy (Mikuš & Strelec Mahović, 2013).

Awan CB yang disertai dengan OT ini biasanya menyebabkan cuaca buruk pada permukaan seperti hujan lebat, angin kencang, tornado, dan hujan es (K. M. Bedka, 2011). Kejadian ini dapat membahayakan manusia yang berada di wilayah yang terdampak. Selain itu, badai petir dari OT juga sering dikaitkan dengan geser angin (wind shear) horizontal dan vertikal dan petir melalui pemisahan muatan dan akumulasi di daerah badai updraft (K. M. Bedka, 2011)) keduanya dapat menyebabkan turbulensi dan juga membahayakan penerbangan. OT juga memicu terjadinya gelombang gravitasi saat berinteraksi dan menembus melalui tropopause, yang dapat menyebabkan turbulensi yang signifikan pada jarak yang jauh dari OT (Heymsfield, 1991). Petir merupakan gejala listrik alami dalam atmosfer bumi yang tidak dapat dihindarkan ataupun dicegah dan terjadi akibat lepasnya muatan listrik yang terdapat di dalam awan baik muatan listrik positif maupun muatan listrik negatif (Khasanah, 2015). Analisis karakteristik petir telah dilakukan untuk semua sambaran petir yang terdeteksi sepanjang jalur sel konvektif dengan sifat suhu spesifik pada puncak awan, peningkatan jumlah sambaran petir yang sangat tajam merupakan bukti deteksi OT pada waktu tersebut (Mikus et al., 2015).

Seminar Nasional LPPM UMMAT

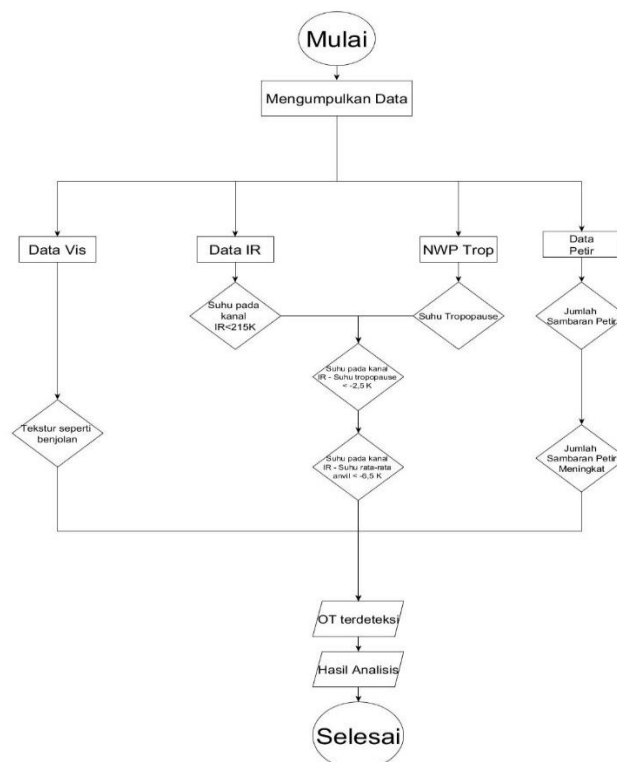
Universitas Muhammadiyah Mataram
Mataram, 05 April 2023
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023
pp. 582-597

Data satelit telah digunakan untuk mendeteksi kejadian OT. Overshooting Top (OT) pada awan Cumulonimbus pertama kali dilakukan pengamatan pada citra kanal Visibel satelit Himawari-8. Citra kanal visible tersebut memiliki spektrum gelombang $0,64 \mu\text{m}$ yang berfungsi sebagai penangkap gelombang sinar tampak. Hal ini berarti kanal Visibel hanya berfungsi ketika matahari bersinar karena pada malam hari tidak akan tampak. OT juga dapat dilihat melalui kanal infrared sebagai kelompok kecil (diameter $<15 \text{ km}$) dari brightness temperature yang sangat dingin. Suhu pada OT akan terus mendingin dengan $7-9 \text{ K/km}$ pada saat kenaikannya hingga stratosfer bawah sehingga suhunya secara signifikan lebih dingin daripada landasan awan disekitarnya. Deteksi menggunakan kanal IR dengan spektrum gelombang $10,4 \mu\text{m}$ ini memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan untuk deteksi baik siang maupun malam hari karena tidak bergantung kepada pantulan gelombang sinar tampak matahari (Madjid, 2017).

B. METODE

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah wilayah Jabodetabek, yaitu seluruh bagian provinsi DKI Jakarta dan sekitarnya meliputi Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi. Letak astronomis Jakarta yaitu $5^{\circ} 19' 12'' - 6^{\circ} 23' 54'' \text{ LS}$ dan $106^{\circ} 22' 42'' - 106^{\circ} 58' 18'' \text{ BT}$. Waktu penelitian yang dibahas pada penelitian ini antara bulan September hingga November 2017.

Data yang digunakan adalah data satelit kanal Visible kanal 3 dengan spektrum gelombang $0,64 \mu\text{m}$, IR 1 Himawari-8 spektrum gelombang $10,4 \mu\text{m}$ pada periode September hingga November 2017, data reanalisis NCEP.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Data dukung dalam mengidentifikasi awan konvektif dengan satelit adalah data kejadian petir yang terekam pada Lightning Detector. Secara komprehensif petir didefinisikan sebagai lepasnya muatan listrik (discharge) tinggi dalam waktu singkat yang dapat terjadi di dalam satu awan (Intra Cloud, IC), antara awan dengan awan (Cloud to Cloud, CC) ataupun dari awan ke permukaan (Cloud to Ground, CG) yang diikuti oleh proses pemanasan dan pemuaiannya sepanjang luah listrik sehingga terdengar gelombang suara sebagai guruh (thunder) (Septiadi, 2014). Deteksi OT akan dilaksanakan dengan menggunakan metode IRW-texture. Langkah pertama yang dilakukan yaitu, menginput data satelit Himawari-8 citra kanal IR 1 dan citra kanal visible ke aplikasi GMSLP, kemudian melihat suhu puncak awan pada citra satelit IR 1 atau kanal 10,4 μm dan juga tekstur awan pada citra visible atau kanal 0,64 μm . Nilai suhu puncak awan yang teramati harus kurang dari sama dengan 215 K. Tekstur awan yang teramati akan terlihat seperti benjolan atau gumpalan. Jika memenuhi kedua kriteria tersebut, maka awan tersebut bisa dikategorikan sebagai indikasi awal terjadinya OT.

Setelah itu, kita olah data reanalysis NWP Tropopause Temperature untuk melihat profil suhu tropopause di wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya. Suhu puncak awan yang didapat pada pengamatan tersebut dikurangkan dengan suhu tropopause yang teramati. Sebuah piksel dianggap sebagai OT apabila hasil pengurangan antara suhu puncak awan dengan suhu tropopause lebih dari 2,5 K.

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data satelit kanal IR, kanal visible, data NWP Tropopause dan data pengamatan petir. Keempat jenis data itu kemudian diolah, untuk pengamatan OT nilai suhu puncak awan pada kanal IR harus kurang dari 215 K, kemudian pada citra kanal visible tekstur awan terlihat seperti benjolan atau gumpalan, selisih antara suhu puncak awan yang teramati pada kanal IR dengan suhu tropopause harus kurang dari -2,5 K, selanjutnya suhu puncak awan terdingin dikurangkan rata-rata anvil dan nilainya harus kurang dari -6,5 K. Data pengamatan petir juga digunakan untuk verifikasi. Jumlah sambaran petir harus meningkat dalam periode kejadian OT. Jika dari keempat data tersebut memenuhi kriteria yang telah disebutkan maka OT terdeteksi, kemudian dilanjutkan dengan analisis dampak kejadian OT tersebut dengan menggunakan data curah hujan observasi di enam titik pengamatan hujan di Jabodetabek dan menggunakan informasi jurnalistik untuk mengetahui cuaca ekstrem yang berdampak kepada masyarakat.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi OT

Pemantauan melalui kanal visible juga dilakukan untuk melihat tekstur awan pada saat kejadian. Berdasarkan penampakan visual pada citra kanal visible, OT akan terbentuk jika terdapat adanya daerah awan yang memiliki bentuk seperti benjolan atau gumpalan atau bisa disebut dengan "lumpy". Nilai suhu puncak awan terdingin yaitu 191,8 K. Hal ini mengindikasikan adanya awan Cumulonimbus yang disertai dengan adanya OT telah terjadi pada wilayah tersebut. Indikasi adanya awan Cumulonimbus disertai dengan OT dapat dilihat pada gambar 2 yang terlingkar warna merah.

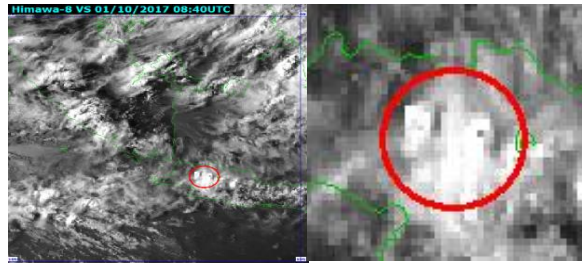
Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

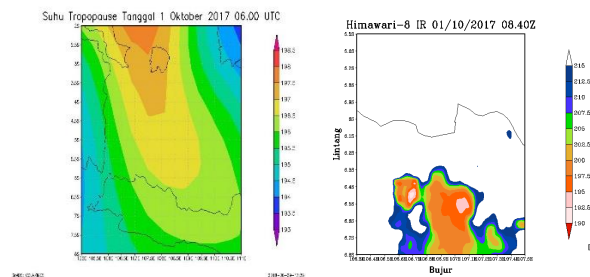
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

pp. 582-597



Gambar 2. Gambar citra kanal visible saat kejadian OT

Kanal IR-1 menunjukkan nilai 191,8 K terletak pada lintang 6,44 LS dan bujur 106,68 BT. Pada titik tersebut juga teramati nilai suhu tropopause yaitu 195,8 K. Selisih antara suhu puncak awan terdingin dengan suhu NWP tropopause sebesar -4,0 K, sehingga dapat dikatakan piksel tersebut teridentifikasi sebagai OT. Langkah selanjutnya yaitu menghitung rata-rata anvil suhu puncak awan dan mengurangkannya dengan suhu puncak awan terdingin. Nilai rata-rata anvil yaitu 202.6 nilai selisih tersebut adalah 10,8 K, karena selisihnya lebih dari 6,5 K maka piksel tersebut teridentifikasi sebagai OT.



Gambar 3. Gambar kiri menunjukkan profil suhu tropopause dan kanan suhu puncak awan dilihat dari kanal IR-1

Selama dilakukan penelitian OT dari bulan September hingga November 2017 di sekitar wilayah Jabodetabek, terdapat 13 kasus OT yang memenuhi kriteria metode *IRW-texture* seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

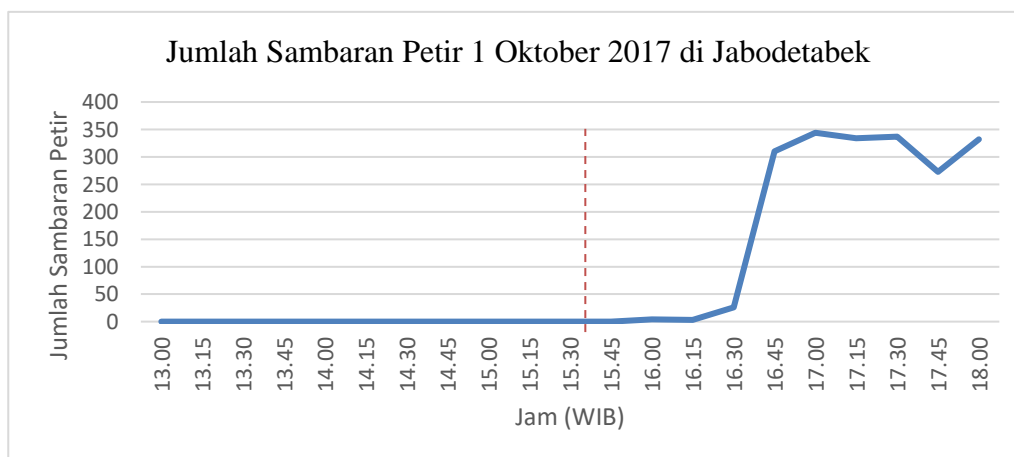
pp. 582-597

Tabel 1. Kejadian OT selama September – November 2017

Tanggal	Jam (WIB)	Lintang	Bujur	Suhu IR (K)	Suhu NWP Tropopause (K)	IR- NWP Tropopause	Rata-rata Anvil (K)	Rata-rata anvil - IR
1/10/2017	15.4	-6,44	106,68	191,8	195,8	-4,0	207,3	-15,5
16/10/2017	14.1	-6,36	106,92	192,3	197,2	-3,9	207,9	-15,6
18/10/2017	14.4	-6,56	106,45	192,8	196,5	-3,7	206,3	-13,5
19/10/2017	15.1	-6,68	107,2	192,8	197,7	-4,9	206,5	-13,2
6/11/2017	16.2	-6,56	106,8	182,8	190,6	-7,8	191,1	-8,3
9/11/2017	13.3	-6,48	106,64	184,6	190,9	-6,3	191,3	-6,7
11/11/2017	15.5	-6,40	106,48	188,1	192,5	-4,4	194,6	-6,5
12/11/2017	15.5	-6,44	107,12	187,0	192,9	-5,9	201,7	-14,7
12/11/2017	16.2	-6,40	106,76	189,2	192,9	-3,7	197,0	-7,8
14/11/2017	15.2	-6,48	106,56	190,8	193,5	-2,7	197,8	-7,0
16/11/2017	14	-6,32	106,56	187,0	192,6	-5,6	194,9	-7,4
16/11/2017	15.1	-6,40	106,8	187,5	193,5	-6,0	199,0	-12,0
17/11/2017	14.2	-6,40	106,92	189,2	192,3	-3,1	211,7	-22,5

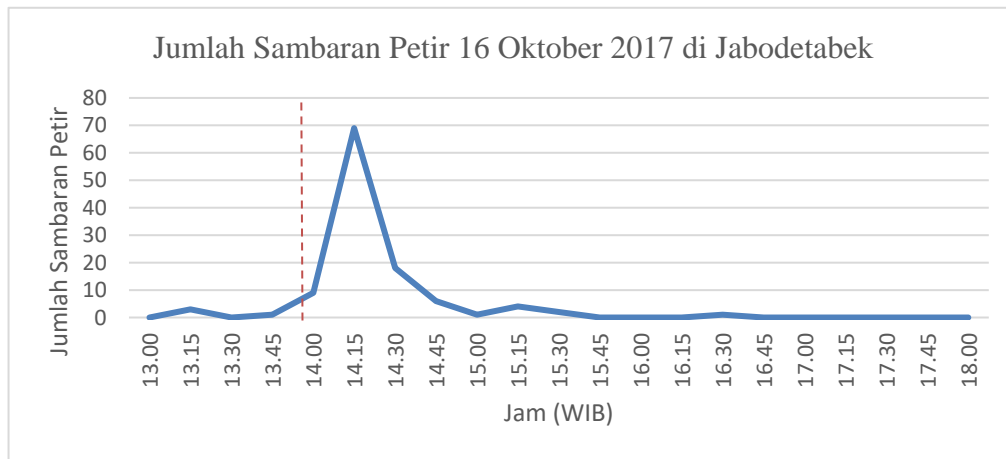
2. Aktivitas Petir Saat Kejadian OT

Kejadian OT pada suatu wilayah sering kali berhubungan dengan aktivitas listrik pada suatu badai, karena *updraft* yang kuat selalu bersamaan dengan adanya peningkatan jumlah sambaran petir (Wiens dkk, 2005 dalam Mikus, 2015). Pada penelitian Mikus (2015) menyebutkan bahwa adanya peningkatan intensitas sambaran petir dalam suatu awan konvektif dapat meningkatkan deteksi keberadaan suatu OT. Grafik di bawah ini menunjukkan jumlah sebaran petir selama kejadian OT berlangsung. Garis berwarna biru padat menunjukkan jumlah sambaran petir, sedangkan garis putus-putus berwarna jingga menunjukkan waktu kejadian OT.



Gambar 4. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 1 Oktober 2017

Pada kasus kejadian OT pada tanggal 1 Oktober 2017 yang terlihat pada pukul 15.40 WIB belum menunjukkan adanya aktivitas petir. Aktivitas petir mulai terlihat sekitar pukul 15.45 WIB, dan mulai ada peningkatan yang signifikan pada pukul 16.30 WIB. Terdapat jeda waktu sekitar 5 menit antara terlihatnya OT dengan aktivitas petir pada kasus ini. Aktivitas petir maksimum terjadi pada pukul 17.00 WIB, 80 menit setelah awal keterlihatan OT. Hal ini dapat disebabkan karena sebelum kejadian OT awan *cumulonimbus* belum terbentuk. Awan *cumulonimbus* terbentuk dan dalam waktu singkat, dikarenakan oleh *updraft* yang telah cukup kuat maka tidak butuh waktu yang lama untuk terjadi OT. Kemudian aktivitas petir mulai terlihat beberapa saat setelah awan *cumulonimbus* terbentuk.



Gambar 5. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 16 Oktober 2017

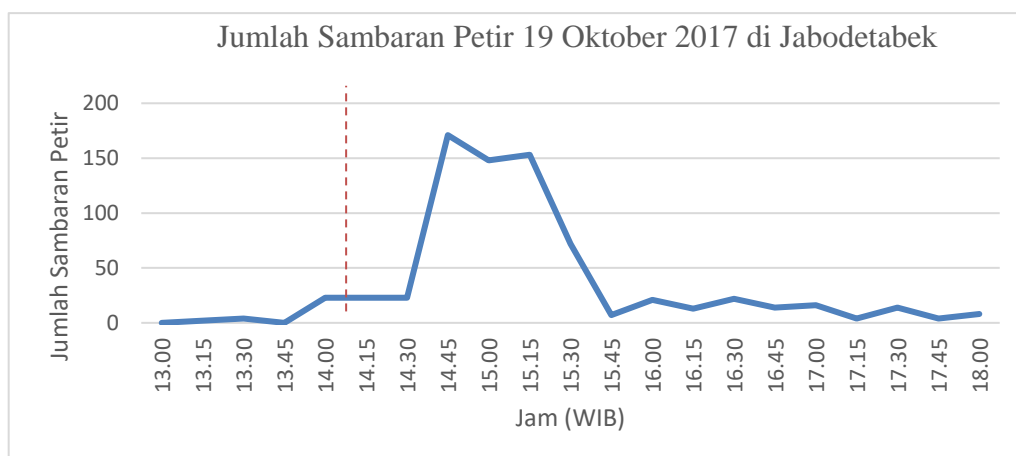
Untuk kasus kejadian OT pada tanggal 16 Oktober 2017 yang terlihat pada pukul 14.00 WIB, terlihat peningkatan jumlah sambaran petir yang dimulai pada jam 13.45 WIB. Aktivitas petir menunjukkan kondisi maksimal pukul 14.15 WIB, selang 15 menit dari pertama kali OT terlihat. Aktivitas petir setelah itu berangsur menurun hingga menunjukkan jumlah sambaran bernilai 0 pada pukul 15.45 WIB. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



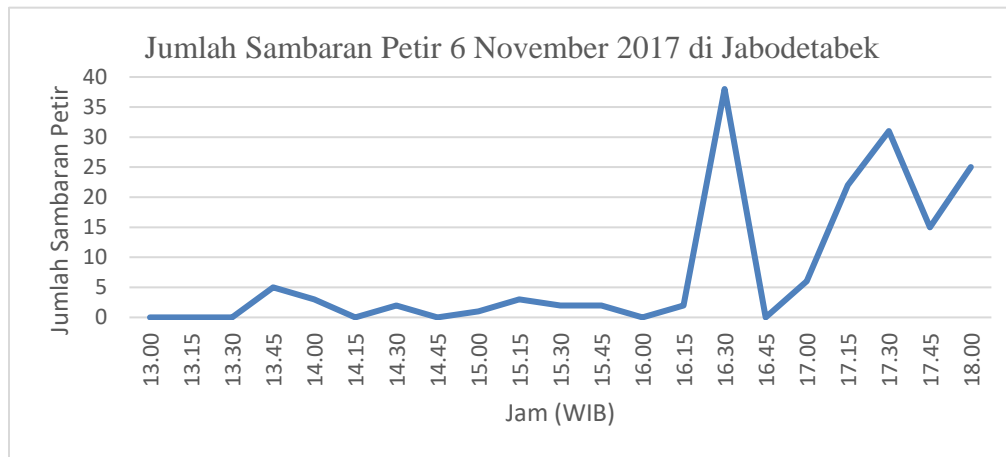


Gambar 6. Grafik Jumlah smbaran Petir Tanggal 18 Oktober 2017

Pada tanggal 18 Oktober 2017, OT terlihat pada pukul 14.40 WIB aktivitas petir sudah mulai ada dari jam 13.45 WIB. Waktu tepat kejadian OT terjadi peningkatan jumlah sambaran petir yang cukup signifikan jika dilihat dari grafik tersebut yang memiliki kemiringan yang cukup curam. Sambaran petir meningkat hingga pukul 14.45, kemudian mengalami penurunan dan meningkat lagi setelah pukul 15.00 WIB. Intensitas ambaran petir terjadi pada pukul 15.15 WIB. Jeda waktu antara kejadian OT dan intensitas maksimum petir yaitu sekitar 35 menit, setelah itu aktivitas petir menurun hingga pukul 16.00 WIB. Di atas jam 16.00 WIB, terlihat adanya fluktuasi aktivitas petir. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir diakibatkan oleh OT yang terbentuk akibat *updraft* yang cukup kuat.



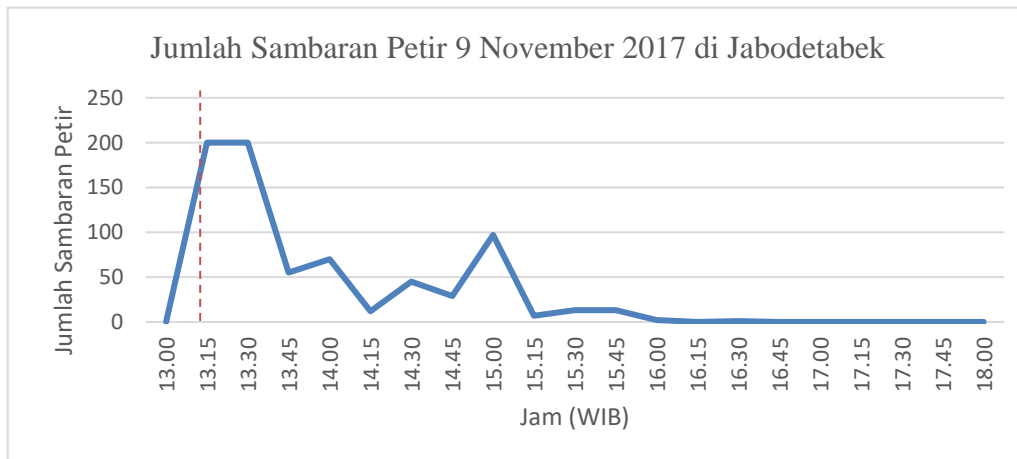
Gambar 8. Grafik Jumlah smbaran Petir Tanggal 6 November 2017



Gambar 8. Grafik Jumlah smbaran Petir Tanggal 6 November 2017

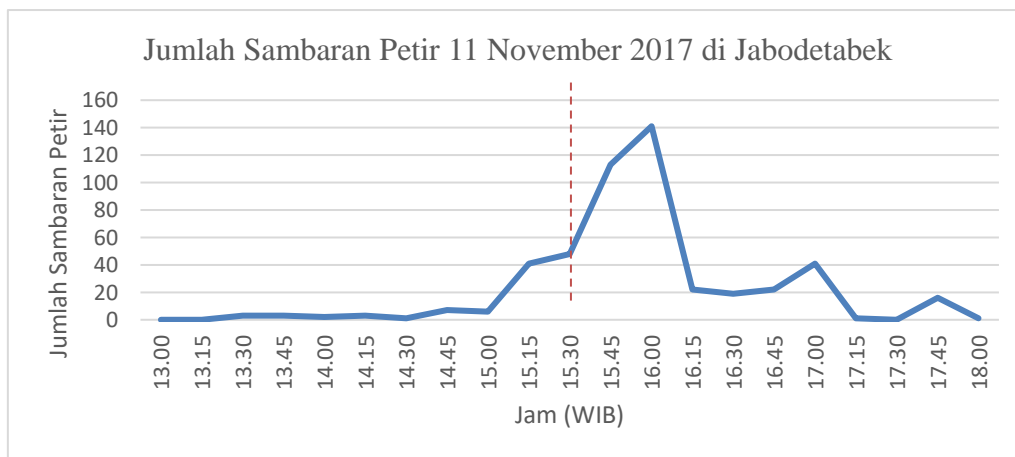
Pada kasus kejadian OT pada tanggal 19 Oktober 2017 yang terlihat pada pukul 14.10 WIB menunjukkan sudah adanya aktivitas petir. Aktivitas petir mulai terlihat sekitar pukul 13.45 WIB. Pada pukul 14.30 mulai terjadi peningkatan yang signifikan. Jumlah sambaran petir menunjukkan nilai maksimum pada pukul 14.45 UTC. Jeda waktu antara kejadian OT dengan aktivitas petir maksimum yaitu 35 menit. Setelah itu terjadi penurunan aktivitas petir hingga pukul 15.45 WIB, kemudian aktivitas petir menunjukkan adanya fluktuasi setelah itu. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Akibat adanya *updraft* yang cukup kuat, maka awan tersebut dapat menembus lapisan *tropopause* dan terbentuklah OT, setelah OT terbentuk, beberapa saat kemudian aktivitas petir mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

Pada kasus kejadian OT pada tanggal 6 November 2017 yang terlihat pada pukul 16.20 WIB. Aktivitas petir pada saat kejadian OT mulai terlihat adanya peningkatan. Jumlah sambaran petir maksimum terjadi pada pukul 16.30 WIB, memiliki jeda waktu yaitu 10 menit dengan keterlihatan kejadian OT. Penurunan aktivitas petir terjadi dari jam 16.30 hingga mencapai titik 0 pada pukul 16.45, setelah itu terjadi lagi peningkatan aktivitas petir hingga pukul 17.30 WIB. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



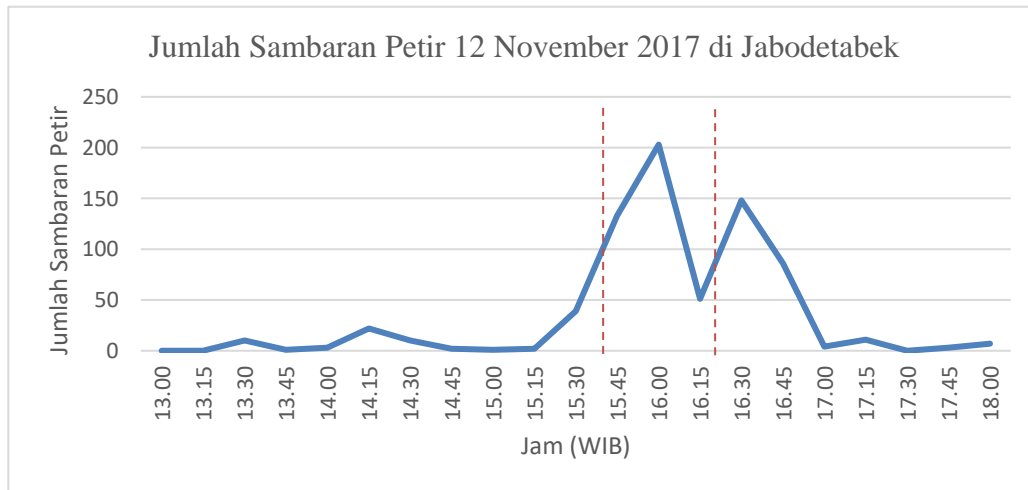
Gambar 9. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 9 November 2017

Pada tanggal 9 November 2017 OT terlihat pada pukul 13.30 WIB, aktivitas petir pada saat itu telah menunjukkan nilai maksimum. Aktivitas petir mulai terjadi pada 13.00 WIB, kemudian meningkat dengan sangat signifikan dan mencapai titik maksimum 15 menit kemudian. Aktivitas petir maksimum bertahan hingga adanya OT pukul 13.30 WIB. Aktivitas petir kemudian menurun hingga 14.15 WIB, setelah itu terjadi sedikit peningkatan hingga pukul 15.00 WIB. Kemudian mulai menurun hingga tidak ada aktivitas petir pada pukul 16.15 WIB. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Jumlah sambaran petir menunjukkan aktivitas maksimum dan bertahan selama 15 menit akibat adanya *updraft* dan setelah itu terbentuklah OT pada puncak aktivitas petir.



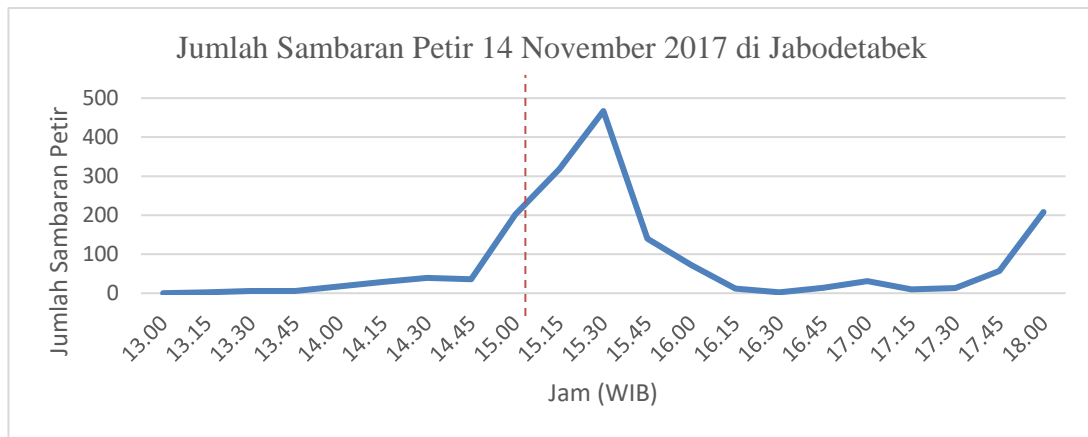
Gambar 10. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 11 November 2017

Pada tanggal 11 November 2017, OT yang terlihat pada pukul 15.50 WIB. Aktivitas petir pada saat kejadian OT mulai terlihat adanya peningkatan yang cukup signifikan. Jumlah sambaran petir maksimum terjadi pada pukul 16.00 WIB, memiliki jeda waktu yaitu 10 menit dengan keterlihatan kejadian OT. Penurunan aktivitas petir setelah itu terjadi hingga jam 16.30, setelah itu aktivitas petir yang terjadi mengalami fluktuasi. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



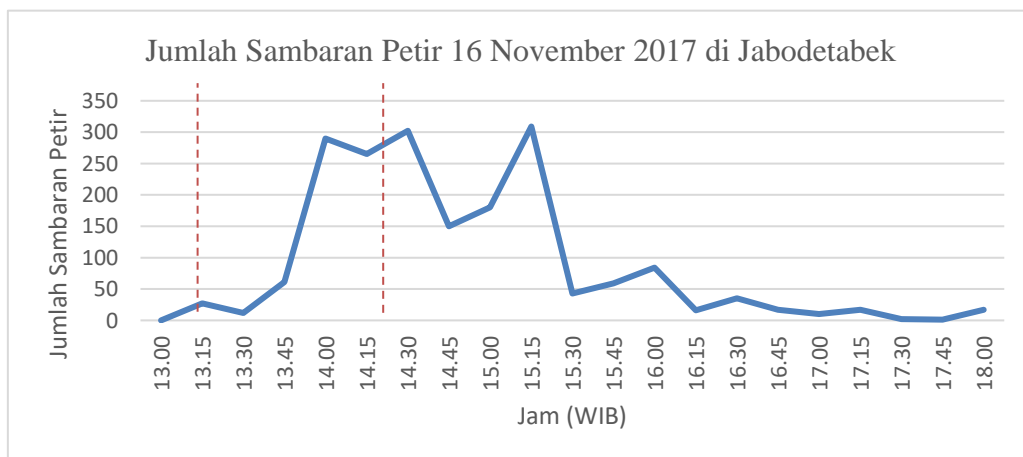
Gambar 11. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 12 November 2017

Tanggal 12 November 2017 terjadi dua kejadian OT yang berdekatan. Yang pertama terlihat pada jam 15.40 WIB, pada saat itu aktivitas petir sudah tinggi, setelah itu aktivitas petir sempat mengalami penurunan dari jam 16.00 sampai 16.15 WIB. Aktivitas petir setelah itu meningkat lagi, dan terlihat OT yang kedua pada jam 16.20 WIB. Aktivitas sambaran petir mencapai maksimum pada hari itu pada pukul 16.45 WIB, selang 5 menit dengan kejadian OT yang kedua. Aktivitas sambaran petir kemudian menurun setelah mencapai titik maksimum. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



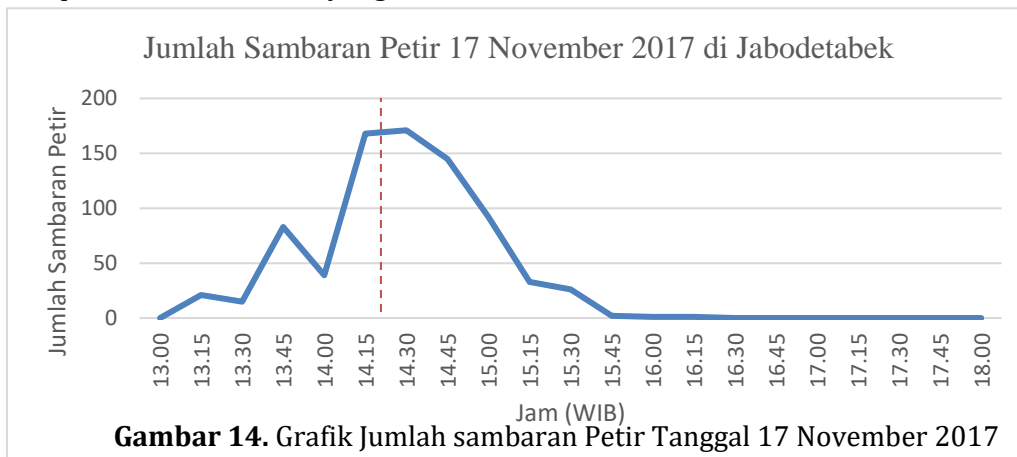
Gambar 12. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 14 November 2017

Pada kasus kejadian OT tanggal 14 November 2017 yang terlihat pada pukul 15.20 WIB sudah terlihat aktivitas petir yang meningkat secara signifikan. Aktivitas petir mulai terlihat sekitar pukul 13.15, dan mulai ada peningkatan yang signifikan pada pukul 14.45. Aktivitas petir maksimum terlihat pada pukul 15.30 WIB, terdapat selang waktu 10 menit antara kejadian OT dengan waktu aktivitas petir menunjukkan nilai maksimum. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



Gambar 13. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 16 November 2017

Tanggal 16 November 2017 terjadi dua kejadian OT yang berdekatan. Yang pertama terlihat pada jam 14.00 WIB, pada saat itu aktivitas petir sudah tinggi, setelah itu aktivitas petir sempat mengalami fluktuasi kemudian menurun antara jam 14.30 dan 14.45 WIB. Kemudian terjadi peningkatan jumlah sambaran petir akibat terlihatnya OT yang kedua pada jam 15.10 WIB. Aktivitas sambaran petir mencapai maksimum pada hari itu pada pukul 15.15 WIB, selang 5 menit dengan kejadian OT yang kedua. Aktivitas sambaran petir kemudian menurun setelah mencapai titik maksimum. Aktivitas petir yang terjadi sebelum OT terlihat disebabkan oleh awan konvektif yang telah terbentuk sebelumnya. Peningkatan jumlah sambaran petir yang terjadi merupakan akibat dari OT yang terbentuk di dalam awan konvektif tersebut.



Gambar 14. Grafik Jumlah sambaran Petir Tanggal 17 November 2017

Pada kasus kejadian OT pada tanggal 17 November 2017 yang terlihat pada pukul 14.20 WIB terlihat aktivitas petir sudah mulai tinggi. Aktivitas petir mulai terlihat sekitar pukul 13.00, kemudian terjadi fluktuasi hingga pukul 14.00 WIB. Aktivitas petir setelah itu meningkat hingga mencapai titik maksimum pada pukul 14.30 WIB. Terdapat jeda waktu sekitar 10 menit antara terlihatnya OT dengan aktivitas petir maksimum pada kasus ini. Jumlah sambaran petir yang tinggi sebelum OT terlihat dalam kasus ini diakibatkan oleh adanya awan *cumulonimbus* yang membutuhkan waktu cukup lama untuk dapat menembus lapisan *tropopause* dalam pembentukan OT.

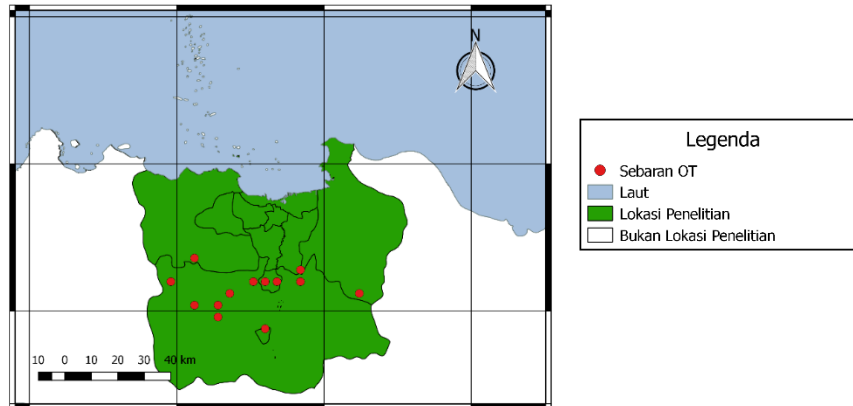
Menurut pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah petir pada penelitian ini dapat mengindikasikan adanya OT. Sebanyak 12 dari 13 kasus OT menunjukkan bahwa kejadian OT selalu bersamaan dengan aktivitas petir yang tinggi, Gambar IV.8 hingga Gambar IV.17 juga menunjukkan pola yang sama yaitu ketika terlihat OT, grafik jumlah sambaran petir selalu mengalami peningkatan, kecuali kejadian pada tanggal 1 Oktober 2017. Kejadian OT yang terpantau oleh data satelit tidak bersamaan dengan aktivitas petir yang teramati oleh *lightning detector*.

Pada tanggal 1 Oktober 2017, peningkatan jumlah sambaran petir terjadi 5 menit setelah OT terlihat. Hal ini dapat disebabkan karena sebelum kejadian OT awan *cumulonimbus* belum terbentuk. Awan *cumulonimbus* terbentuk dan dalam waktu singkat dikarenakan oleh *updraft* yang telah cukup maka tidak butuh waktu yang lama untuk terjadi OT. Kemudian aktivitas petir mulai terlihat saat awan *cumulonimbus* terbentuk.

3. Sebaran Spasial OT

Hasil dari identifikasi OT yang dilakukan di wilayah Jabodetabek dari September hingga November 2017, didapatkan bahwa sebaran OT secara spasial di wilayah Jabodetabek selama waktu penelitian tidak terlalu merata di seluruh wilayah Jabodetabek. Sebaran kejadian OT dapat dilihat pada gambar 15.

Peta Sebaran Kejadian OT September-November 2017
di Wilayah Jabodetabek



Gambar 15. Sebaran Spasial OT

Gambar 15 menunjukkan bahwa sebaran OT paling banyak terjadi pada wilayah Bogor yaitu ada 8 kejadian. Hal ini disebabkan oleh kondisi topografi di wilayah sekitar Bogor yang berbukit-bukit sehingga membantu pertumbuhan awan secara orografis. Akan tetapi, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membahas pengaruh orografi terhadap pertumbuhan OT secara spasial dan temporal. Di wilayah Tangerang dan Bekasi masing-masing terdapat 1 kejadian OT. Di wilayah DKI Jakarta terdapat 1 kejadian, dan di Depok juga terjadi 2 kejadian OT.

Secara diurnal tidak ada kejadian OT di wilayah Jabodetabek pada waktu pagi hari karena hanya terdapat pada siang hingga sore hari. Rentang waktu kejadian OT dimulai dari jam 13.00 WIB hingga 17.00 WIB pada penelitian ini, diperlukan penelitian lanjutan untuk melihat pertumbuhan OT pada malam hari. Hal ini dapat terjadi karena sel cumulonimbus yang matang terjadi setelah insolasi maksimum matahari secara diurnal.

4. Dampak OT terhadap Cuaca Permukaan

OT biasanya memiliki potensi yang cukup besar untuk menimbulkan bencana hidrometeorologis pada permukaan di sekitar lokasi kejadian seperti hujan lebat, angin kencang, dan hujan es. Pada penelitian ini bencana hidrometeorologis hanya dibatasi dengan yang dapat menimbulkan presipitasi. Menurut Bedka (2010), OT dapat mempengaruhi cuaca di permukaan dengan radius hingga 75 km dari pusatnya.

Sebanyak 1 kejadian hujan es dan 3 kejadian banjir terjadi saat terdapat OT. Pada tanggal 1 Oktober 2017 terjadi hujan es di wilayah Depok yang terjadi pada antara jam 15.00 hingga 16.00 WIB, sementara OT terpantau pada citra satelit pada pukul 15.40 WIB. Lokasi kejadian hujan es tersebut berjarak sekitar 6,75 km dari pusat OT. Pada pengamatan sinoptik di Stasiun Meteorologi Soetta Cengkareng dan Stasiun Meteorologi Citeko tercatat adanya hujan ringan pada waktu tersebut.

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

pp. 582-597

OT yang terjadi pada tanggal 18 Oktober 2017 menyebabkan hujan lebat dan menyebabkan banjir di sekitar Bintaro. Pada pengamatan sinoptik di Stasiun Klimatologi Pondok Betung tercatat adanya hujan sedang hingga lebat pada jam 15.00 WIB. Saat itu, OT terlihat pada jam 14.40 WIB. Lokasi kejadian banjir tersebut berjarak sekitar 30 km dari pusat OT.

Banjir yang terjadi pada tanggal 19 Oktober 2017 di beberapa wilayah di Jakarta Selatan juga diawali dengan terlihatnya OT pada jam 15.10 WIB. Jarak antara pusat OT dengan lokasi kejadian banjir saat itu sekitar 15 km. Beberapa wilayah di Jakarta Selatan mengalami banjir rata-rata pada jam 16.30 WIB. Di Stasiun Klimatologi Pondok Betung dan Stasiun Meteorologi Curug mencatat adanya hujan ringan, Stasiun Meteorologi Kemayoran melaporkan teramati hujan di sekitar lokasi pengamatan, sedangkan Stasiun Meteorologi Soetta Cengkareng hanya mencatat adanya thunderstorm.

Untuk kejadian banjir pada tanggal 12 November 2017, terjadi di sekitar wilayah Jakarta Selatan. Pada saat itu OT teramati pada pukul 16.20 WIB. Pengamatan sinoptik di Stasiun Klimatologi Pondok Betung tercatat adanya hujan ringan. Lokasi kejadian banjir tersebut berjarak sekitar 16 km dari pusat OT.

Table 2. Dampak dari OT yang terjadi antara September hingga November 2017

OT	Jam (WIB)	Presipitasi
01/10/2017	15.40	+
16/10/2017	14.10	+
18/10/2017	14.40	+
19/10/2017	15.10	+
06/11/2017	16.20	+
09/11/2017	13.30	+
11/11/2017	15.50	+
12/11/2017	15.50	+
12/11/2017	16.20	+
14/11/2017	15.20	+
16/11/2017	14.00	+
16/11/2017	15.00	+
17/11/2017	14.20	+

Sebanyak 13 kejadian OT mampu mengakibatkan cuaca buruk. Selain 4 kejadian bencana hidrometeorologis yang disebutkan sebelumnya, 9 kejadian OT lainnya mengakibatkan hujan ringan di beberapa stasiun sekitar Jabodetabek. Pada penelitian ini, secara keseluruhan OT dapat menyebabkan cuaca buruk maksimal hingga radius 40 km.

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram
Mataram, 05 April 2023
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023
pp. 582-597

D. SIMPULAN DAN SARAN

Dengan menggunakan metode IRW-texture didapatkan sebanyak 13 kejadian OT. Dapat diketahui bahwa suhu puncak awan yang teramati berkisar antara 182,8 hingga 192,8 K dengan rata-rata suhu puncak awan yaitu 188,9 K, sedangkan suhu tropopause-nya berkisar antara 190,6 hingga 197,7 K dengan rata-rata suhu puncak tropopausenya adalah 193,7 K. Dapat dinyatakan bahwa ketika terdapat suhu puncak awan yang bernilai lebih dari 190,6 K, maka suhu tersebut dapat dijadikan acuan untuk peringatan dini terjadinya kejadian OT yang dapat mengakibatkan cuaca buruk seperti hujan lebat dan hujan es.

Sebanyak 13 OT mengindikasikan adanya kejadian cuaca buruk. Selain 4 kejadian bencana hidrometeorologi yang disebutkan sebelumnya, 9 kejadian OT lainnya mengakibatkan hujan ringan di beberapa stasiun sekitar Jabodetabek. Pada penelitian ini, secara keseluruhan OT dapat menyebabkan cuaca buruk maksimal hingga radius 40 km.

Diperlukan studi lebih lanjut untuk mendapatkan data suhu tropopause secara real time agar dapat meningkatkan akurasi deteksi OT. Diperlukan metode OT yang baru untuk dapat mendeteksi kejadian OT pada malam hari, karena pada metode ini hanya dapat mendeteksi OT pada siang hari. Diharapkan juga penelitian selanjutnya mampu untuk mengidentifikasi siklus hidup OT dari pertumbuhan awal hingga purnah.

REFERENSI

- Bedka, K., Brunner, J., Dworak, R., Feltz, W., Otkin, J., & Greenwald, T. (2010). Objective satellite-based detection of overshooting tops using infrared window channel brightness temperature gradients. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(2), 181–202. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2286.1>
- Bedka, K. M. (2011). Overshooting cloud top detections using MSG SEVIRI Infrared brightness temperatures and their relationship to severe weather over Europe. *Atmospheric Research*, 99(2), 175–189. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.10.001>
- Glickman, T. S. (2000). *Glossary of Meteorology* (Second). American Meteorology Society.
- Heysmsfield, G. M., R. F. & J. D. S. (1991). Aircraft overflight measurements of Midwest severe storms. Implications and geosynchronous satellite interpretations. *Monthly Weather Review*, 2, 436–456.
- Khasanah, R., dan M. (2015). Analisis Pemetaan Daerah Rawan Petir dengan Menggunakan Metode Kriging di Wilayah Kota/Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 157–162.
- Krollová, S. (2011). CUMULUS AND STRATUS CLOUDS MICROSTRUCTURE. *Perner's Contacts*, 6(4), 143–148. <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/911>
- Madjid, F. M., H. E., dan M. A. (2017). Deteksi Overshooting Top Menggunakan Infrared Brightness Temperature Dan Visible Channel (Studi Kasus Tanggal 24 September 2016). *Seminar Nasional Pekan Ilmiah Fisika UNY*.
- Mikus, P., Mahović, N. S., & Počakal, D. (2015). Lightning, overshooting top and hail characteristics for strong convective storms in Central Europe. *Atmospheric Research*, 161–162, 153–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.03.020>
- Mikuš, P., & Strelec Mahović, N. (2013). Satellite-based overshooting top detection methods and an analysis of correlated weather conditions. *Atmospheric Research*, 123, 268–280. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.09.001>
- Septiadi, D. (2014). *Pola Keterkaitan Antara Karakteristik Petir Dan Curah Hujan Lebat Berbasis Statistika Asosiasi Geografik Di Jawa Barat*. Institut Teknologi Bandung.
- Zakir, A., S. W., dan K. M. (2010). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.