

Identifikasi Kejadian Hujan Konvektif Menggunakan Citra MTSAT 2R pada Musim Kemarau di Daerah Perkotaan Yogyakarta Tahun 2014

Annisa Ayu Fawzia
fawziaannisa@yahoo.com

H.A. Sudibyakto
sudibyakto@gmail.com

Abstract

Yogyakarta Urban Region was in summer season 2014 was tapped for this research. The objectives of this research are, 1) to identify the number of convective rainfall days, 2) to examine the spatial distributions of convective rainfall, 3) to examine the temporal variations of convective rainfall.

The method for interpreting convective rainfall by convective clouds was using MTSAT2R HRIT (www.webgms.iis.u-tokyo.ac.jp). Convective clouds were identified by top cloud temperature from brightness temperature of IR1 band and differential temperature of IR1-IR2 for high cloud separations. Hourly gradient temperatures of IR1 were used to observe the time of cloud formations and rainfall. Rainfall data measured from rainfall stations around research area were also used.

As the results of this research, 8 days of convective rainfall were found in summer season 2014. Convective clouds were mostly occurred in urban region and then caused convective rainfall in (mostly) downwind areas. Three temporal variations were found consisted of warm morning cumulus, afternoon convective showers and nocturnal convective systems. Dominant variation was nocturnal convective system or night rainfall that happened due to the water accumulation of heating cycle and radiation by the afternoon.

Keywords: convective rainfall, summer season 2014, Yogyakarta urban region, MTSAT 2R, spatiotemporal

Abstrak

Daerah perkotaan Yogyakarta pada musim kemarau 2014 dipilih sebagai objek penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) mengidentifikasi jumlah hari hujan konvektif, 2) mengetahui sebaran spasial hujan konvektif, 3) mengetahui variasi temporal harian hujan konvektif.

Metode yang digunakan yaitu identifikasi hujan konvektif melalui pengamatan awan konvektif menggunakan citra satelit MTSAT 2R HRIT (www.webgms.iis.u-tokyo.ac.jp). Identifikasi awan konvektif dilakukan dengan klasifikasi jenis awan berdasarkan suhu puncak awan dari suhu kecerahan saluran IR1 dan diferensial temperatur IR1-IR2 untuk memisahkan awan tinggi. Gradien temperatur per jam dari saluran IR1 digunakan untuk mengidentifikasi waktu pembentukan awan dan kejadian hujan. Data pengukuran hujan di stasiun hujan sekitar daerah penelitian juga digunakan.

Berdasarkan hasil, ditemukan terdapat 8 hari hujan konvektif. Awan konvektif umumnya terbentuk di daerah perkotaan yang kemudian menghasilkan hujan konvektif sebagian besar pada daerah tujuan angin. Terdapat tiga variasi temporal hujan konvektif yang ditemukan yaitu *warm morning cumulus*, *afternoon convective showers*, dan *nocturnal convective systems*. Variasi temporal paling dominan adalah *nocturnal convective showers* atau hujan di malam hari sebagai akibat dari akumulasi simpanan air di udara hasil pemanasan pada siang hari.

Kata kunci: hujan konvektif, musim kemarau 2014, daerah perkotaan Yogyakarta, MTSAT 2R, spatiotemporal

PENDAHULUAN

Pemanasan global diawali dengan pemanasan secara lokal di beberapa tempat tertentu dengan berbagai faktor yang mempengaruhinya salahsatunya adalah perubahan iklim perkotaan. Perkotaan didefinisikan sebagai suatu kawasan permukiman bukan pedesaan namun memiliki nuansa kekotaan dengan satu kesatuan jaringan dalam penyediaan sarana maupun prasarana sehingga memiliki simpul kegiatan yang saling terkait satu sama lain (Suwarno, 2001).

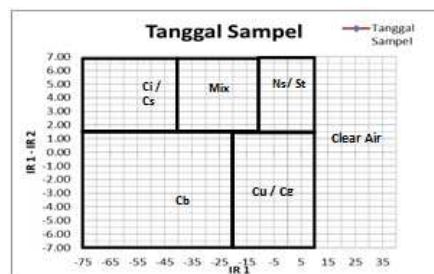
Perkembangan perkotaan salahsatunya diindikasikan dengan penambahan lahan terbangun yang berdampak pada kenaikan suhu permukaan. Suhu yang meningkat terutama saat musim kemarau akan menurunkan tekanan udara sehingga daerah dengan tekanan rendah akan menjadi daerah tujuan angin. Hal ini berakibat pada peningkatan curah hujan pada daerah tersebut. Jenis hujan yang terdampak di antaranya adalah hujan konvektif. Kenaikan suhu akan memicu pembentukan awan-awan konvektif yang apabila sudah jenuh akan terjadi hujan konvektif. Ciri hujan konvektif adalah hujan dalam waktu singkat dengan intensitas tinggi (Widodo, 1998).

Salah satu daerah perkotaan yang berpotensi mengalami kejadian hujan konvektif pada musim kemarau adalah Daerah Perkotaan Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Citra MTSAT 2R saluran IR1 dan IR2 dengan spasial 4 km dan temporal 1 jam bisa diunduh secara gratis di web Universitas Tokyo www.webgms.iis.u-tokyo.ac.jp. Citra tersebut bertipe HRIT yang sudah terkoreksi secara geometrik dan sudah terkonversi dalam bentuk suhu kecerahan $\times 100$ (K) untuk saluran inframerahnya.

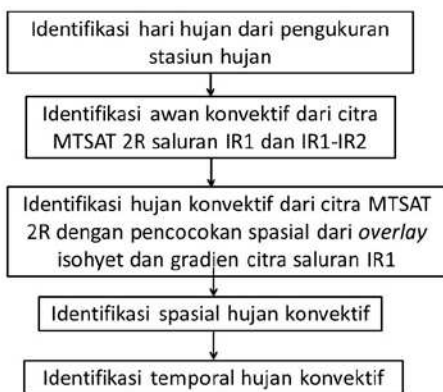
Suhu kecerahan (Tb) IR1 menunjukkan suhu puncak awan. Sementara untuk memisahkan awan tinggi sirus dan stratiform digunakan teknik *split windows* IR1-IR2. sehingga untuk mengetahui jenis awan konvektif (Cu, Cg, dan Cb), digunakan klasifikasi awan oleh Bumrungsklang dan kawan-kawan (2010) dengan membandingkan IR1 dan IR1-IR2 (diferensial temperatur) ($\Delta Tb=1.5$) yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Berdasarkan rentang klasifikasi dari grafik tersebut juga dibuat peta jenis awan menggunakan *raster calculator* pada *software* ArcGIS 10.2.



Gambar 1. Grafik jenis awan dari IR1 dan IR1-IR2

Tanggal dengan awan konvektif kemudian dicari gradien temperatur IR1 antar jam untuk

mengetahui waktu pembentukan awan dan kejadian hujan. Gradien negatif menunjukkan pembentukan awan sementara gradien positif menunjukkan kejadian hujan. Kemudian hasilnya ditumpangtindihkan dengan hari hujan sebenarnya yang terukur dari stasiun hujan untuk mengetahui apakah kejadian hujan yang terekam dari citra dengan jenis awan konvektif sesuai dengan lokasi hujan yang tercatat di lapangan. Sehingga dapat ditentukan apakah hari hujan tersebut termasuk jenis konvektif atau bukan konvektif. Secara lengkap, diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian Hujan Konvektif

Perubahan iklim perkotaan sangat potensial terjadi di daerah perkotaan Yogyakarta yang terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Provinsi DIY pada tahun 2014 mengalami musim kemarau sejak bulan April dasarian II dan berakhir pada bulan November dasarian I. Puncak musim kemarau terjadi pada

bulan Agustus sampai bulan September 2014 (BMKG, 2014). Tabel 1 menunjukkan hujan harian pada bulan Mei, Juni, dan Juli yang dijadikan sampel penelitian.

Tabel 1. Tanggal hari hujan

| | | |
|-----------------------|--------------|--------------|
| 02 Mei 2014 | 15 Juni 2014 | 11 Juli 2014 |
| 03 Mei 2014 | 16 Juni 2014 | 13 Juli 2014 |
| 05 Mei 2014 | 18 Juni 2014 | 14 Juli 2014 |
| 09 Mei 2014 | 19 Juni 2014 | 25 Juli 2014 |
| 12 Mei 2014 | 20 Juni 2014 | |
| 13 Mei 2014 | 21 Juni 2014 | |
| 14 Mei 2014 | 26 Juni 2014 | |
| 15 Mei 2014 | | |
| 26 Mei 2014 | | |
| Total = 20 Hari Hujan | | |

Curah hujan wilayah dihitung menggunakan isohyet dengan teknik interpolasi IDW. Berdasarkan perhitungan ditemukan CH wilayah daerah perkotaan Yogyakarta per tanggal penelitian berkisar antara 1 mm – 16 mm.

Kemunculan kejadian hujan pada musim kemarau yang memusat di daerah perkotaan Yogyakarta dapat mengindikasikan adanya hujan konvektif (Nurjani, 2015). Akan tetapi, keragaman topografi di Daerah Istimewa Yogyakarta masih berpengaruh besar terhadap gerak orografis di daerah ini, termasuk pula di daerah perkotaan Yogyakarta. Sehingga tidak semua hari hujan pada musim kemarau dapat langsung digolongkan sebagai hujan konvektif. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik pemisahan antara hujan konvektif dengan hujan jenis lainnya.

Hujan konvektif merupakan hujan yang disebabkan oleh awan-awan konvektif. Maka identifikasi hujan

konvektif dapat dilakukan dengan mengidentifikasi awan penyebab hujan yaitu dalam hal ini dengan mengidentifikasi keberadaan awan-awan konvektif. Pengamatan tidak langsung menggunakan citra MTSAT 2R dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan awan-awan konvektif. Awan yang tergolong awan penyebab hujan konvektif adalah Cb (*cumulonimbus*) dan Cu (*kumulus*)/Cg (*kumulus kongestus*).

Hasil identifikasi jenis awan didapatkan dari *plotting* titik hubungan antara nilai SPA dari saluran IR1 dengan nilai diferensial temperatur saluran IR1-IR2. Suhu kecerahan yang didapatkan dari saluran IR1 menunjukkan suhu puncak awan atau SPA sementara selisih suhu kecerahan antara IR1-IR2 digunakan untuk memisahkan awan tinggi yang bukan penyebab hujan seperti awan sirus dengan selisih >1.5 . Awan konvektif terlihat muncul di beberapa tanggal penelitian baik berupa Cb dan Cu/Cg. Jenis awan lain yang juga muncul adalah jenis nimbostratus (Ns) atau stratus (St), awan campuran (*Mix*) dan awan sirus (Ci). Beberapa hari juga menunjukkan langit yang bersih tanpa awan (*Clear sky*). Terdapat 17 hari hujan dengan kemunculan awan-awan konvektif dari 20 hari hujan selama tiga bulan pengamatan.

Terdapat tiga (3) hari hujan tanpa keberadaan awan konvektif yaitu pada tanggal 5 dan 15 Mei serta 15 Juni. Bulan Mei merupakan awal musim kemarau sehingga angin monsun peralihan masih sering muncul begitu pula dengan awal bulan Juni. Jenis awan yang ditemukan merupakan

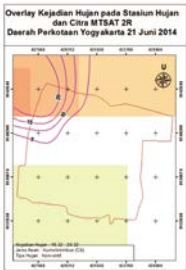
awan campuran (*Mix*) dan awan stratiform (Nimbostratus/Stratus (Ns/St)) yang merupakan awan hangat berpotensi hujan yang bisa dibentuk dari proses konveksi maupun orografis sehingga hujan yang terbentuk bisa meliputi hujan orografis selain hujan konvektif (Costa dkk, 2000). Sehingga ketiga hari tersebut tidak digolongkan sebagai hari dengan potensi hujan konvektif.

Awan yang muncul dalam beberapa hari hujan tidak hanya awan konvektif saja namun juga awan stratiform dan awan campuran yang berpotensi hujan dan mengindikasikan adanya proses orografis. Oleh karena itu, hasil analisis tersebut belum dapat menunjukkan kejadian hujan konvektif di daerah perkotaan Yogyakarta. Kemunculan awan dan kejadian hujan yang teridentifikasi dari citra satelit MTSAT 2R perlu ditumpangtindihkan dengan data hujan harian pengukuran oleh stasiun hujan. Data hujan per-jam akan lebih baik untuk digunakan akan tetapi karena keterbatasan data sehingga yang digunakan merupakan data curah hujan harian. Kesamaan posisi antara kejadian hujan yang teridentifikasi dari citra MTSAT 2R dengan kejadian hujan hasil pengukuran stasiun hujan dapat digunakan untuk mengetahui jenis awan dalam satu hari tersebut yang menyebabkan hujan.

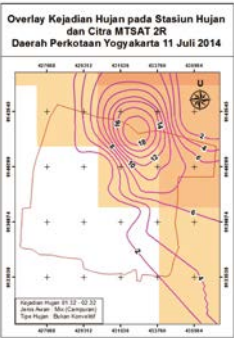
Data gradien temperatur antar jam pada hari pengamatan digunakan untuk mengetahui perubahan suhu puncak awan sebagai indikasi pembentukan awan (ΔT_b^-) maupun kejadian hujan (ΔT_b^+). Posisi pusat hujan pada peta isohyet harian tanggal

sampel dicocokkan dengan posisi kejadian hujan dari citra satelit sehingga diketahui jam kejadian hujan beserta jenis awan yang menyebabkan hujan. Hasil tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis awan penyebab hujan yang digunakan sebagai dasar penentuan hari hujan konvektif dan hari hujan konvektif. Selain itu, hasil tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui lamanya hujan sehingga dapat digunakan untuk menentukan intensitas hujan konvektif di daerah kajian.

Hasil pencocokan antara peta isohyet dan peta gradien temperatur dari citra menunjukkan bahwa dari 17 hari hujan yang memiliki awan-awan konvektif, hanya terdapat 8 hari yang mengalami hujan akibat awan konvektif. Peta *overlay* yang menunjukkan posisi yang tepat antara posisi awan hujan konvektif dan kejadian hujan sebenarnya di lapangan salahsatunya terjadi pada tanggal 21 Juni 2014 (Gambar 3). Terdapat juga kejadian hujan yang spasialnya di lapangan lebih tepat dengan spasial awan hujan bukan konvektif seperti pada tanggal 11 Juli 2014 (Gambar 4). Tabel 2 menunjukkan hasil identifikasi hari hujan konvektif secara lengkap.



Gambar 3. Peta overlay kejadian hujan di lapangan yang secara spasial tepat dengan posisi awan hujan konvektif



Gambar 4. Peta overlay kejadian hujan di lapangan yang secara spasial tepat dengan posisi awan hujan bukan konvektif

Tabel 2. Hasil identifikasi hari hujan konvektif

| Bulan | Tanggal | Jenis Awan | Tipe Hujan |
|-------|---------|------------|---------------|
| Mei | 2 | Cb | Konvektif |
| | | Cb | Konvektif |
| | 3 | Mix | Non Konvektif |
| | 9 | Mix | Non Konvektif |
| | 12 | Mix | Non Konvektif |
| | 13 | Cb | Konvektif |
| | 14 | Mix | Non Konvektif |
| Juni | 26 | Mix | Non Konvektif |
| | 16 | Mix | Non Konvektif |
| | 18 | Mix | Non Konvektif |
| | 19 | Cu/ Cg | Konvektif |
| | 20 | Mix | Non Konvektif |
| | 21 | Cb | Konvektif |
| Juli | 26 | Cb | Konvektif |
| | 11 | Mix | Non Konvektif |
| | 13 | Cu/ Cg | Konvektif |
| | 14 | Cu/ Cg | Konvektif |
| | 25 | Cu/ Cg | Konvektif |
| | | Cu/ Cg | Konvektif |

Intensitas curah hujan konvektif wilayah di daerah penelitian berkisar antara 1.25 mm/jam hingga 13 mm/jam (hujan ringan hingga hujan deras). Lama hujan berkisar antara 1 hingga 4 jam. (Tabel 3)

Tabel 3. Hari hujan konvektif

| Bulan | Tgl | CH Wilayah | Lama Hujan (Jam) | Intensitas Hujan Wilayah (mm / jam) |
|-------|-----|------------|------------------|-------------------------------------|
| Mei | 2 | 12 mm | 4 | 3 |
| | 13 | 8 mm | 2 | 4 |
| Juni | 19 | 5 mm | 4 | 1.25 |
| | 21 | 3 mm | 1 | 3 |
| | 26 | 6 mm | 2 | 3 |
| Juli | 13 | 16 mm | 3 | 5.3 |
| | 14 | 13 mm | 1 | 13 |
| | 25 | 4 mm | 2 | 2 |

Hari hujan konvektif selama bulan Mei muncul hanya 2 hari dari 9 hari hujan. Hal ini dikarenakan bulan Mei masih merupakan awal bulan peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau di mana dalam skala global, angin monsun barat mulai melemah sedangkan monsun timur belum terlalu dominan sehingga proses orografis masih mendominasi pembentukan awan hujan

Bulan Juni merupakan bulan dengan kemunculan awan jenis *cumulonimbus* terbanyak daripada bulan pengamatan lainnya. Terdapat 3 dari 7 hari hujan yang merupakan hujan konvektif. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kejadian hujan konvektif di bulan Juni semakin menguat walaupun proses orografis masih cukup berpengaruh.

Hampir seluruh hari hujan pada bulan Juli termasuk ke dalam hujan konvektif (3 dari 4 hari hujan) dengan awan-awan konvektif berupa Cu/ Cg. Ini menunjukkan proses konvektif yang semakin kuat akibat pemanasan permukaan yang semakin tinggi.

Prosentase kemunculan hujan konvektif hanya 40% (8 dari 20 hari hujan). Hari hujan yang lain

merupakan hujan yang disebabkan oleh awan campuran yang merupakan kombinasi proses konvektif dan orografis. Kondisi ini menunjukkan proses orografis masih dominan terjadi di daerah penelitian sementara pengaruh fisik kota dan perubahan iklim kota terhadap proses konvektif pada musim kemarau belum terlalu dominan.

Sebaran Spasial Hujan Konvektif

Landsberg dalam bukunya *The Urban Climate* (1981) menjelaskan bahwa pembentukan awan di area urban secara lokal dipengaruhi oleh peningkatan aktivitas konveksi akibat kenaikan jumlah inti kondensasi mikroskopis di antaranya adalah sulfur dioksida dan higroskopis sulfat yang banyak dihasilkan dari aktivitas industri dan transportasi.

Kejadian tersebut terjadi pula di daerah perkotaan Yogyakarta berupa munculnya beberapa hari hujan saat musim kemarau. Pada saat musim kemarau potensi awan terbentuk karena kandungan uap air di udara cenderung kecil karena kelembaban saat musim kemarau juga rendah. Begitu pula dengan angin yang bertiup saat musim kemarau yaitu angin monsun timur yang mengandung sangat sedikit uap air untuk berpotensi menjadi hujan. Oleh karena itu dapat dijelaskan bahwa kejadian hujan konvektif di musim kemarau ini terjadi karena pemanasan di permukaan akibat tingginya pemanasan di permukaan oleh keberadaan lahan terbangun yang dominan serta peningkatan inti

kondensasi higroskopis akibat banyaknya aktivitas di perkotaan.

Pembentukan awan-awan konvektif umumnya dimulai dari daerah perkotaan (*suburban*) dan bergerak menuju daerah kota hingga bagian daerah perkotaan lainnya. Hal ini dapat terjadi karena kondisi pemanasan yang sama tinggi di daerah perkotaan namun keberadaan tubuh airnya juga masih lebih banyak daripada daerah kota sehingga penguapan yang terjadi dengan udara yang membawa butir-butir air bukan hanya udara yang kering lebih tinggi dan lebih berpotensi menciptakan awan penghasil hujan. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurjani (2015) yang menjelaskan curah hujan tahunan daerah perkotaan Yogyakarta lebih tinggi dibandingkan daerah kota.

Variasi spasial hujan konvektif di daerah perkotaan Yogyakarta sangat beragam yang di antaranya dipengaruhi oleh arah angin. Awan konvektif jenis kumulus dan *cumulonimbus* dapat terbentuk mulai 700 mb dan tingginya dapat mencapai 3500 kaki. Data radiosonde dapat digunakan untuk menganalisis arah angin pada ketinggian 850 Mb (5000 kaki) sebagai representasi dari angin yang mempengaruhi pergerakan awan konvektif. Pengamatan dilakukan di Stasiun Meteorologi Lanud Adisutjipto selama 2 kali dalam satu hari pengamatan yaitu pada pukul 00.00 UTC (07.00 WIB) dan 12.00 UTC (19.00 WIB).

Data yang sangat terbatas membuat asumsi yang digunakan adalah data angin pada 07.00 WIB berlaku selama pengamatan pukul

01.32 WIB hingga 13.32 WIB yang berarti pada rentang waktu tersebut arah dan kecepatan angin diasumsikan sama dengan kecepatan yang tercatat pada 07.00 WIB. Sementara data angin pada 19.00 WIB berlaku selama pengamatan pukul 13.32 WIB hingga 01.32 WIB yang berarti pada rentang tersebut nilai kecepatan dan arah angin diasumsikan sama dengan data angin dari radiosonde yang tercatat pukul 19.00 WIB.

Tabel 4 menunjukkan posisi kejadian hujan dari hasil pengukuran stasiun hujan serta data angin berupa arah dan kecepatan angin pada tekanan 850 Mb. Posisi hujan relatif terhadap daerah penelitian yang dinyatakan dengan 4 arah mata angin yaitu barat, timur, selatan, dan utara.

Tabel 4. Arah hujan konvektif

| Hari | Posisi Hujan | Data Angin 850 Mb | | Arah Hujan |
|---------|--------------|-------------------|----|------------------|
| | | UW | DW | |
| 2 Mei | S | U | S | <i>Downwind</i> |
| | S | | | |
| 13 Mei | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| 19 Juni | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| 21 Juni | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| 26 Juni | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| 13 Juli | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| 14 Juli | S | S | U | <i>Upperwind</i> |
| 25 Juli | B | T | B | <i>Downwind</i> |
| | B | | | |

Berdasarkan tabel tersebut, hujan konvektif banyak terjadi di area *downwind* meliputi 7 dari 8 hari hujan konvektif. Angin sebagian besar berasal dari sekitar arah timur dan hujan konvektif terjadi di area barat karena pada musim kemarau terjadi angin monsun timur yang bergerak

dari arah timur ke barat. Kecepatan angin sekitar 5 hingga 20 knot.

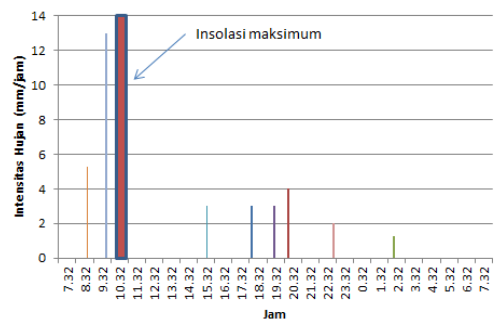
Kondisi ini menunjukkan bahwa awan-awan konvektif sebagian terbentuk di daerah perkotaan bagian timur sehingga terbawa angin dan terjadi hujan di daerah perkotaan bagian barat dan beberapa di bagian selatan. Kondisi ini sesuai dengan hasil yang disampaikan oleh Ganeshan dan kawan-kawan tahun 2013 bahwa pada daerah perkotaan yang terletak di *inland city*, hujan konvektif pada musim kemarau akan banyak terbentuk di daerah tujuan angin (*downwind*). Suhu yang tinggi menyebabkan tekanan udara menurun sehingga menjadi daerah tujuan angin. Penurunan tekanan udara juga menyebabkan proses pengangkatan massa udara lebih mudah terjadi (Baik, dkk, 2001).

Variasi Temporal Hujan Konvektif

Hujan konvektif umumnya terjadi relatif singkat dan tiba-tiba serta dapat dibedakan awal. Hal ini juga ditemukan dalam penelitian ini bahwa rata-rata rentang kejadian hujan konvektif terjadi rata-rata antara 1 hingga 4 jam.

Hujan konvektif pada musim kemarau di daerah perkotaan Yogyakarta sebagian besar terjadi setelah tengah hari yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian oleh Tjasyono dan kawan-kawan (2009) yang dijelaskan dalam buku Meteorologi Indonesia Volume II. Penelitian yang dilakukan di Bandung menunjukkan curah hujan terjadi setelah tengah hari yang menunjukkan bahwa hujan

berasal dari awan konvektif. Kondisi ini disebabkan oleh insolasi maksimum yang terjadi saat tengah hari. Awan baru mulai terbentuk pada saat itu yang kemudian tumbuh menjadi awan konvektif dewasa berpotensi hujan.



Gambar 5. Temporal hujan konvektif
Sumber : Pengolahan data dan peta, 2015

Awan konvektif terbentuk saat suhu titik embun (*dew point temperature*) berkisar antara 22.4 °C hingga 25.1 °C. Sementara itu rerata suhu harian di daerah perkotaan Yogyakarta pada saat hari hujan konvektif berada pada kisaran 25 °C dengan suhu maksimum mencapai 38,5 °C. Suhu ini tergolong sangat panas sehingga memicu pengangkatan udara ke arah atas (*updraft*) membentuk awan-awan konvektif.

Identifikasi variasi temporal harian hujan konvektif pada musim kemarau tahun 2014 di daerah perkotaan Yogyakarta mengacu pada penelitian yang dilakukan Sui dan kawan-kawan (1997). Sui dan kawan-kawan mengelompokkan tiga variasi konvektif pada daerah tropis dengan menggunakan pengamatan TOGA COARE (*Tropical Ocean Global Atmosphere Coupled Ocean-*

Atmosphere Response Experiment). Tiga variasi tersebut adalah *warm morning cumulus* sebagai akibat dari kelembaban yang tinggi pada pagi hari menjelang fajar, *afternoon convective showers* sebagai akibat pemanasan yang tinggi di siang hari, dan *nocturnal convective systems* sebagai akibat dari perubahan radiasi dan kelembaban dari sore menuju malam hari.

Berdasarkan analisis gradien positif suhu puncak awan, ditemukan bahwa hari hujan konvektif pada penelitian ini mengalami variasi yang sama dengan hasil penelitian tersebut. Kejadian hujan konvektif pukul 03.32 hingga 10.32 WIB dikelompokkan menjadi *warm morning cumulus*, pukul 10.32 – 17.32 WIB sebagai *afternoon convective showers*, dan 17.32 – 03.32 WIB sebagai *nocturnal convective systems*.

Variasi *warm morning cumulus* terjadi pada 2 dari 8 hari hujan konvektif yaitu tanggal 13 dan 14 Juli 2014 dengan kondisi kelembaban masih cukup tinggi. Sementara itu variasi *afternoon convective showers* hanya terjadi satu kali yaitu pada 26 Juni. Kejadian hujan tetap terjadi setelah insolasi maksimum atau setelah pukul 12.00 WIB yaitu pukul 15.32 – 17.32 dengan pembentukan awan dimulai pukul 13.32. Sedangkan variasi *nocturnal convective systems* mendominasi penelitian ini yang terjadi pada 5 dari 8 hari hujan yaitu tanggal 2 Mei, 13 Mei, 19 Juni, 21 Juni, dan 25 Juli. Dominasi ini diakibatkan oleh akumulasi air yang tersimpan di udara sebagai hasil dari

siklus pemanasan pada siang hari (Sui, dkk, 1997).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Terdapat 12 kejadian hujan konvektif dari 19 kejadian hujan dengan keberadaan awan konvektif pada musim kemarau tahun 2014 di daerah perkotaan Yogyakarta berdasarkan jenis awan penghasil hujan yang berhasil teridentifikasi dari citra MTSAT 2R yaitu awan kumululus/ kumululus kongestus dan *cumulonimbus*.
2. Hujan konvektif umumnya diawali dengan pembentukan awan konvektif di daerah perkotaan menuju daerah kota dan menjadi hujan di tengah kota ataupun daerah perkotaan di bagian lainnya sehingga menghasilkan kejadian hujan konvektif yang sebagian besar terjadi di daerah tujuan angin (*downwind*).
3. Hujan konvektif di daerah perkotaan Yogyakarta mengalami variasi temporal dominan pada malam hari atau *nocturnal convective systems* setelah insolasi maksimum terjadi akibat akumulasi simpanan air di udara hasil pemanasan pada siang hari. Variasi temporal lain yang muncul yaitu *warm morning cumulus* pada dini hari dan

pagi hari serta *afternoon convective showers* pada siang dan sore hari

Rainfall, *Urban Climate* 6, hal : 1 – 23

DAFTAR PUSTAKA

- Baik, J.-j, Kim, Y.-h., Chun, H. -y., 2001, Modelling Dry and Moist Convection Forced by An Urban Heat Island, *Journal of Applied Meteorology*, hal : 1462 – 1475
- Bumrungklang, P., Dasananda, S., Sukawat, D., 2009, An Analysis of Seasonal Thunderstorm Cloud Distribution and Its Relation to Rainfall Occurance in Thailand Using Remotely Sensed Data, *Suranaree J. Sci. Technol. Vol. 17 No.1: January-March 2010*, 71-86
- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), 2014, *Analisis Musim Hujan 2013/2014 dan Prakiraan Musim Hujan 2014*, Jakarta Selatan : BMKG Stasiun Klimatologi Klas II Pondok Betung
- Citra MTSAT 2R per-jam Bulan Mei, Juni, Juli 2014 diunduh dari www.webgms.iis.u-tokyo.ac.jp
- Costa A.A., de Olivera C.J., de Olivera J.C.P. dan Sampaio A.J.C., 2000, Microphysical Observations of Warm Cumulus Clouds in Ceara, Brazil, *Atmospheric Research* 54, hlm : 167-199
- Ganeshan, M., Murtugudde, R., Imhoff, M. L., 2013, A Multi-city Analysis of the UHI-Influence on Warm Season Rainfall, *Urban Climate* 6, hal : 1 – 23
- Nurjani, E., 2015, Karakteristik Spasiotemporal Curah Hujan di Daerah Perkotaan Yogyakarta sebagai Fungsi Penutup Lahan, *Disertasi*, Program Pascasarjana Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Oke, T. R., 1987, *Boundary Layer Climates Second Edition*, New York : Routledge
- Landsberg, H. E., 1981, *The Urban Climate* , New York : Academic Press
- Suwarno, 2001, Kajian terhadap Terjadinya Kawasan Tumbuh Cepat Wilayah Perkotaan Yogyakarta, *Tesis*, Program Studi Magister Teknik Pembangunan Kota Universitas Diponegoro Semarang
- Sui, C.H., Lau, K.M., Takayabu, Y.N., Short, D.A., 1997, Diurnal Variations in Tropical Oceanic Cumulus Convection during TOGA COARE, *Journal of The Atmospheric Sciences*, hlm : 639 – 655
- Widodo, F. H., 1998, Pemanfaatan Data Satelit Cuaca GMS untuk Estimasi Curah Hujan di Kabupaten Bandung Jawa Barat dan Sekitarnya, *Thesis*, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada
- BPS, 2014, Yogyakarta Dalam Angka 2013, Jakarta : Badan Pusat Statistik