

**ANALISIS KARAKTERISTIK AWAN CUMULONIMBUS
MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DAN DATA CUACA
PERMUKAAN WILAYAH BANYUWANGI**

(Studi Kasus di Stasiun Meteorologi Kelas III BMKG Banyuwangi)

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:
BETY DWI PERTIWI
NIM 14306141018

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

ANALISIS KARAKTERISTIK AWAN *CUMULONIMBUS* MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DAN DATA CUACA PERMUKAAN WILAYAH BANYUWANGI

Oleh:

**Bety Dwi Pertiwi
NIM 14306141018**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan.

Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah data Himawari *Cloud*. Data tersebut merupakan hasil dari observasi satelit Himawari-8 dengan menggunakan sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) yang terdiri dari 16 kanal/band dan setiap kanal memiliki resolusi tersendiri dengan perubahan data setiap 10 menit. *Software* yang digunakan untuk mendapat informasi dari data citra ini yaitu dengan menggunakan SATAID (*Satelite Animation and Interactive Diagnosis*). Berbeda dengan citra satelit, data cuaca permukaan yang digunakan merupakan data hasil observasi di permukaan bumi dengan menggunakan alat-alat meteorologi sinoptik maupun dengan pengamatan visual yang meliputi keadaan angin, keadaan cuaca, tekanan udara, suhu udara, curah hujan dan perawanhan. Proses selanjutnya yaitu dengan menggunakan *software Microsoft excel* untuk mengolah dan menganalisis data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, awan *Cumulonimbus* memiliki periode hidup sekitar 1 sampai dengan 2 jam. Nilai spektral yang dihasilkan memiliki rata-rata nilai reflektansi yang tinggi (lebih besar dari 0) pada B01 hingga B04 dan rata-rata nilai suhu kecerahan yang rendah (kurang dari 0°C) pada B07 sampai B16. Akan tetapi, pada B05 dan B06 tidak terdapat perbedaan yang jelas pada sebelum, saat dan sesudah adanya awan *Cumulonimbus*. Hubungan antar kanal saat terbentuknya awan *Cumulonimbus* untuk B13 (IR) dengan B08 (WV) memiliki selisih $\leq 43\text{C}^{\circ}$ dengan nilai minimum 7C° dan selisih B13 (IR) dengan B15 (I2) $\leq 8,3\text{C}^{\circ}$ dengan nilai minimum $0,9\text{C}^{\circ}$. Berdasarkan cuaca permukaan, tidak ada pola yang jelas untuk arah angin karena memiliki variasi arah angin yang berubah-ubah dengan kecepatan angin 3 sampai 10 knot, tekanan udara berkisar 999,20 sampai dengan 1001,60 mbar, suhu berkisar 24,2°C sampai dengan 32°C, lembab nisbi berkisar 57% sampai dengan 93%, banyaknya tutupan awan *Cumulonimbus* berkisar antara 4 sampai dengan 5 okta dan bagian langit yang tertutup awan sekitar 6 sampai dengan 8 okta.

Kata Kunci: *Cumulonimbus*, citra satelit, cuaca permukaan

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF *CUMULONIMBUS* CLOUD USING SATELLITE IMAGERY AND DATA OF BANYUWANGI REGION'S SURFACE WEATHER

By:

**Bety Dwi Pertiwi
NIM 14306141018**

ABSTRACT

This research was aimed at determine the characteristics of *Cumulonimbus* cloud using satellite imagery and data of surface weather.

Satellite imagery which used in this research was Himawari Cloud data. The data was result of the observation of Himawari-8 satellite by using Advanced Himawari Imager (AHI) sensors which consists of 16 channels/band and each channel has its own resolution to data changes every 10 minutes. The software used to obtain information from this imagery data was SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis). In contrast to satellite imagery, surface weather data that used is the result of observation of the earth's surface by using synthetic meteorological instruments as well as doing visual observations includes wind conditions, weather conditions, air pressure, air temperature, rainfall and cloud conditions. Then, using Microsoft Excel software to process and analyze data.

Result of the research shows that, *Cumulonimbus* cloud over its lifetime in about 1 to 2 hours. Proceed of the spectral value has high average reflectance value (greater than 0) at B01 to B04 and low average brightness temperature value (less than 0°C) at B07 to B16. However, there was no obvious distinction at B05 and B06 before, during and after *Cumulonimbus* cloud was formed. The relations between channel during the *Cumulonimbus* cloud was formed for B13 (IR) and B08 (WV) have difference $\leq 43\text{C}^\circ$ with minimum value is 7C° and the difference of B13 (IR) and B15 (I2) is $\leq 8.3\text{C}^\circ$ with minimum value is 0.9C° . Based on surface weather, there is no clear pattern for wind direction because it has varied wind direction whose speed is 3 to 10 knots, air pressure is about 999.20 to 1001.60 mbar, temperature range is from 24.2°C to 32°C , relative humidity range is from 57% to 93%, the amount of *Cumulonimbus* cloud cover is between 4 to 5 oktas and the part of sky covered by the cloud is about 6 to 8 oktas.

Keywords: *Cumulonimbus*, satellite imagery, surface weather.

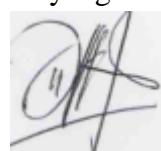
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bety Dwi Pertiwi
NIM : 14306141018
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Awan *Cumulonimbus*
Menggunakan Citra Satelit dan Data Cuaca
Permukaan Wilayah Banyuwangi

menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri. Sepanjang pengetahuan, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan dari mahasiswa sebagai penulis tidak benar, maka sepenuhnya merupakan tanggung jawab mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 3 April 2018
Mahasiswa yang menyatakan,



Bety Dwi Pertiwi
NIM.14306141018

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

ANALISIS KARAKTERISTIK AWAN CUMULONIMBUS MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DAN DATA CUACA PERMUKAAN WILAYAH BANYUWANGI

Oleh:

Bety Dwi Pertiwi

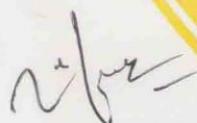
NIM. 14306141018

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan Ujian Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, 3 April 2018

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Laila Katriani, M.Si.
NIP. 198504152012122001

Alpon Seprando, S.Kom.
NIP. 198509082008121002

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 196402051991011001

PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

ANALISIS KARAKTERISTIK AWAN CUMULONIMBUS MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DAN DATA CUACA PERMUKAAN WILAYAH BANYUWANGI

Oleh:

Bety Dwi Pertiwi

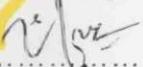
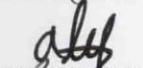
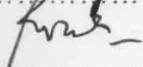
NIM. 14306141018

telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 17 April 2018

TIM PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. Laila Katriani, M.Si.	Asisten Ahli		24 - 4 - 2018
2. Alpon Sepriando, S.Kom.	PMG Penyelia		25 - 4 - 2018
3. Bambang Ruwanto, M.Si.	Lektor Kepala		20 - 4 - 2018

Yogyakarta, 27 April 2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,

Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

MOTTO

Berusaha, berdoa dan berserah diri kepada-Nya.

Hidup itu singkat, padat dan jelas.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan dan perhatiannya yang begitu sempurna.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Awan *Cumulonimbus* Menggunakan Citra Satelit dan Data Cuaca Permukaan Wilayah Banyuwangi”. Selama proses penyusunan Tugas Akhir Skripsi, tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Berkenan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Laila Katriani, M.Si. dan Alpon Sepriando, S.Kom. selaku pembimbing I dan II atas segala arahan, saran dan perhatiannya dalam membimbing.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan Nur Kadarisman, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah membantu dalam hal administrasi Tugas Akhir Skripsi ini.
3. Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA UNY yang telah mengesahkan Tugas Akhir Skripsi ini.
4. Dr. Slamet Suyanto, M.Ed. selaku Wakil Dekan I FMIPA UNY yang telah membantu proses perizinan pelaksanaan penelitian.
5. Supriyono, S.T.,M.M. selaku Kepala BMKG Banyuwangi yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian di BMKG Banyuwangi.
6. Staff BMKG Banyuwangi yang telah mendukung dan membantu pelaksanaan penelitian.
7. Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa dan dukungan baik secara moral maupun material.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan, baik dari sistematis penulisan, isi, tata bahasa serta metode penyajiannya. Akan tetapi, pada kesempatan ini penulis telah berupaya semaksimal mungkin untuk menyusun skripsi dengan sebaik-baiknya sesuai kemampuan penulis. Semoga

skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pembaca baik penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 3 April 2018
Penulis,



Bety Dwi Pertiwi
NIM.14306141018

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
PERSETUJUAN.....	v
PENGESAHAN	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat	5
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	 6
A. Dasar Teori	6
1. Penginderaan Jauh	6
a. Pengertian Umum	6
b. Gelombang Elektromagnetik yang Digunakan pada Inderaja	8
c. Sumber Tenaga	11
d. Interaksi antara Tenaga dan Objek	14
e. Sensor	15
f. Konsep Dasar Penginderaan Jauh	16
g. Observasi Satelit Meteorologi	18
2. Karakteristik Citra	18
a. Citra Visibel (VIS)	18
b. Citra <i>Infrared</i> (IR).....	20
c. Citra <i>Water Vapor</i> (WV).....	21
d. Citra IR4/ <i>Short-Wave IR</i>	22
e. Citra IR4 dengan IR1	23
f. Citra IR1 dengan IR2	25
3. Pengamatan Cuaca	27
a. Angin	27
b. Keadaan Cuaca.....	28

c. Tekanan Udara	29
d. Pengamatan Suhu Udara	30
e. Pengamatan Curah Hujan.....	33
f. Perawanhan	34
4. Tahap Tumbuh Awan <i>Cumulonimbus</i>	38
B. Kerangka Berfikir Teoritis	40
 BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Waktu dan Tempat Penelitian	43
B. Variabel Penelitian	44
C. Instrumen Penelitian	44
D. Teknik Pengambilan Data	46
E. Teknik Analisis Data	52
F. Diagram Alir Penelitian	54
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
A. Karakteristik Awan <i>Cumulonimbus</i> dengan Menggunakan Citra Satelit	55
B. Karakteristik Awan <i>Cumulonimbus</i> dengan Menggunakan Data Cuaca Permukaan	95
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	121
A. Kesimpulan	121
B. Saran	122
 DAFTAR PUSTAKA	123
 LAMPIRAN	126

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 : Taksiran Intensitas Nisbi Radiasi Matahari yang Dipantulkan dan Radiasi yang Dipancarkan dari Permukaan Bumi.....	9
Tabel 2 : Kanal/ <i>Band</i> Sensor <i>Advanced Himawari Imager</i> (AHI)	45
Tabel 3 : Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Perubahan 10 menit Tanggal 6 Januari 2017.....	61
Tabel 4 : Rentang Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperatur</i> Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017	62
Tabel 5 : Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat setiap Satu Jam Tanggal 6 Januari 2017	63
Tabel 6 : Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 6 Januari 2017	65
Tabel 7 : Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017	66
Tabel 8 : Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan Kanal 15 tiap 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017	69
Tabel 9 : Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017	72
Tabel 10: Rentang Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017	72
Tabel 11: Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Satu Jam Tanggal 7 Januari 2017.....	73
Tabel 12: Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 7 Januari 2017	75
Tabel 13: Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017	77

Tabel 14: Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan Kanal 15 tiap 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017	80
Tabel 15: Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017	83
Tabel 16: Rentang Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017	84
Tabel 17: Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Satu Jam Tanggal 11 Januari 2017.....	85
Tabel 18: Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 11 Januari 2017	87
Tabel 19: Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017	89
Tabel 20: Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan Kanal 15 tiap 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017	92
Tabel 21: Nilai Spektral tiap Kanal Saat Terdapat Awan <i>Cumulonimbus</i>	94
Tabel 22: Kecepatan Angin Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir	98
Tabel 23: Tekanan Udara Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	99
Tabel 24: Suhu Bola Kering Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	101
Tabel 25: Lembab Nisbi Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	103
Tabel 26: Kecepatan Angin Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	105
Tabel 27: Tekanan Udara Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	107

Tabel 28: Suhu Bola Kering Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	109
Tabel 29: Lembab Nisbi Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	110
Tabel 30: Kecepatan Angin Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	113
Tabel 31: Tekanan Udara Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	115
Tabel 32: Suhu Bola Kering Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	117
Tabel 33: Lembab Nisbi Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata 5 Hari Terakhir	118

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 : Spektrum gelombang elektromagnetik.....	8
Gambar 2 : Anemometer	28
Gambar 3 : Barometer	30
Gambar 4 : <i>Termohigrograf</i> dan <i>psycrometer</i>	32
Gambar 5 : Penakar hujan Hellman/pengukur curah hujan otomatis.....	34
Gambar 6 : Tipe awan berdasarkan penyebarannya.....	38
Gambar 7 : Skema pertumbuhan awan konvektif dilihat dari citra satelit.....	39
Gambar 8 : Lokasi penelitian	43
Gambar 9 : Tampilan awal SATAID	49
Gambar 10: Tampilan SATAID setelah membuka file data citra	50
Gambar 11: Pengaturan menu yang digunakan dalam proses pengambilan data	50
Gambar 12: Tampilan jendela <i>input editing</i>	51
Gambar 13: Tampilan SATAID dalam pengambilan data cita	51
Gambar 14: Diagram alir penelitian	54
Gambar 15: Citra satelit Himawari-8 setiap kanal	56
Gambar 16: Citra pertumbuhan awan <i>Cumulonimbus</i> tiap 30 menit tanggal 6 Januari 2017	60
Gambar 17: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 6 Januari 2017	62
Gambar 18: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 6 Januari 2017	64

Gambar 19: Grafik <i>time series</i> suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017	66
Gambar 20: Grafik <i>time series</i> pengurangan suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017	68
Gambar 21: Citra pertumbuhan awan <i>Cumulonimbus</i> tiap 30 menit tanggal 7 Januari 2017	71
Gambar 22: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 7 Januari 2017	73
Gambar 23: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 7 Januari 2017	74
Gambar 24: Grafik <i>time series</i> suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017	76
Gambar 25: Grafik <i>time series</i> pengurangan suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017	79
Gambar 26: Citra pertumbuhan awan <i>Cumulonimbus</i> tiap 30 menit tanggal 7 Januari 2017	82
Gambar 27: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 11 Januari 2017	84
Gambar 28: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 11 Januari 2017	86
Gambar 29: Grafik <i>time series</i> suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017	88
Gambar 30: Grafik <i>time series</i> pengurangan suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017	91
Gambar 31: Grafik kecepatan angin tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir	97
Gambar 32: Grafik tekanan udara tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir	99
Gambar 33: Grafik suhu bola kering tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir	101

Gambar 34: Grafik lembab nisbi tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	102
Gambar 35: Grafik kecepatan angin tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	105
Gambar 36: Grafik tekanan udara tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	107
Gambar 37: Grafik suhu bola kering tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	108
Gambar 38: Grafik lembab nisbi tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	110
Gambar 39: Grafik kecepatan angin tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	113
Gambar 40: Grafik tekanan udara tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	114
Gambar 41: Grafik suhu bola kering tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	116
Gambar 42: Grafik lembab nisbi tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.....	118

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1: Data Cuaca Permukaan.....	127
Lampiran 2: Data Citra Satelit	130

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cuaca merupakan keadaan fisis atmosfer pada suatu tempat dan suatu saat. Kegiatan untuk mendapatkan Informasi cuaca pada stasiun meteorologi yaitu dengan menggunakan alat-alat meteorologi sinoptik, penginderaan jauh dan pengamatan visual. Meteorologi sinoptik mempelajari cuaca yang sedang berlangsung terus-menerus. Kata sinop mula-mula digunakan untuk pengamatan cuaca, yang maksudnya untuk menamai pengamatan yang dilakukan serentak pada waktu yang sama (Wirjohamidjojo dan Yunus, 2013).

Alat-alat meteorologi sinoptik dapat digunakan untuk mengetahui cuaca permukaan. Cuaca permukaan adalah keadaan atmosfer di dekat permukaan bumi. Perolehan data cuaca permukaan dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran pada setiap waktu sinop atau setiap waktu setempat. Unsur cuaca yang diamati umumnya sinaran matahari, suhu, tekanan, angin, kelembaban, jarak pandang (*visibility*), penguapan, awan dan hujan. Data cuaca permukaan dari stasiun pengamatan menyatakan keadaan udara di stasiun pengamatan yang bersangkutan pada saat itu. Pengukuran dilakukan dengan alat yang dipasang di dekat permukaan bumi, baik dengan alat yang dapat merekam sendiri maupun dengan pengamatan secara manual (Wirjohamidjojo dan Yunus, 2013).

Selain menggunakan alat-alat meteorologi sinoptik, kegiatan untuk mendapatkan informasi cuaca yaitu dengan menggunakan penginderaan jauh. Salah satu cara penginderaan jauh yang digunakan dalam kajian informasi cuaca

adalah dengan menggunakan satelit cuaca. Penginderaan jauh ini mengumpulkan informasi mengenai objek, daerah atau fenomena di permukaan bumi tanpa harus melakukan kontak langsung. Pengkajian atas benda/objek atau fenomena dilakukan pada hasil rekaman, bukan pada benda aslinya (Sutanto, 1995). Informasi keadaan cuaca juga dapat diketahui dengan mengamati keadaan langit dan keadaan sekitar, pengamatan ini biasa disebut dengan pengamatan visual.

Besaran yang mempengaruhi keadaan cuaca dinyatakan dengan besaran unsur fisika yang dikenal sebagai unsur cuaca. Unsur cuaca tersebut adalah radiasi matahari, suhu udara, tekanan udara, kelembaban, awan, hujan atau endapan, angin dan evaporasi atau evapotranspirasi (Sucahyono dan Kukuh, 2013). Unsur cuaca ini saling berkaitan, apabila salah satu unsur berubah maka cuaca akan berubah. Unsur tersebut akan menentukan keadaan cuaca di suatu daerah, misalnya berawan, cerah, panas, dingin atau berangin. Berdasarkan penjelasan mengenai unsur cuaca, dapat diketahui bahwa awan merupakan salah satu unsur yang mempengaruhi keadaan cuaca. Bentuk awan yang dapat diamati selalu berubah-ubah dan memiliki banyak jenisnya. Salah satu jenis awan yang berbahaya dan menimbulkan cuaca ekstrim adalah awan *Cumulonimbus*, sehingga diperlukan kajian mengenai awan ini.

Awan *Cumulonimbus* mempunyai daya rusak tinggi dan akan berwarna gelap pada tahap matang. Kejadian alam yang mengikuti pada fase ini seperti suhu udara turun, hembusan angin kencang, dan hujan lebat yang disertai atau tidak oleh badai guntur. Selain itu, terdapat proses-proses seperti turbulensi dan

icing. Turbulensi pada kekuatan tertentu, dapat merusak badan pesawat. *Icing* pada suhu tertentu dan keadaan tertentu dapat mengganggu kinerja mesin pesawat. Apabila pesawat masuk dalam awan *Cumulonimbus*, dapat terjadi suatu goncangan yang disebabkan oleh *vertical draft* atau gerakan vertikal udara yang terjadi dalam awan. Gerakan vertikal ini dapat naik (*updraft*) atau turun (*downdraft*). Selain itu, keberadaan partikel es awan *Cumulonimbus* dapat membekukan bagian-bagian pesawat dan paling sering menghasilkan petir yang dapat mengacaukan sistem kelistrikan dan navigasi pesawat. Pesawat yang terbang di dekat bادai guntur kemungkinan akan mengalami sambaran petir, karena pesawat terbang tepat menghalangi jalannya petir. Kecenderungan untuk mengalami sambaran petir adalah apabila pesawat sedang terbang di dekat bادai guntur dan di sekitar *freezing level* (Ariastuti, 2017).

Berdasarkan uraian tersebut, awan *Cumulonimbus* yang berbahaya membutuhkan peninjauan lebih. Oleh karena itu, dengan bantuan citra satelit yang sebagai keluaran sensor satelit dan data cuaca permukaan yang sebagai data hasil penelitian keadaan di permukaan maka dapat diketahui karakteristik awan *Cumulonimbus* tersebut. Kejadian ada atau tidaknya awan *Cumulonimbus* dapat diketahui dengan meninjau citra yang dihasilkan satelit cuaca atau dengan cara melakukan peninjauan langsung yaitu dengan melihat secara visual bentuk awan yang berada di langit. Metode yang digunakan adalah dengan analisis citra satelit dan analisis data cuaca permukaan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

Fenomena keberadaan awan *Cumulonimbus* ini sangat berbahaya untuk aktifitas manusia karena menimbulkan cuaca ekstrim dan mempunyai daya rusak tinggi. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian mengenai karakteristik awan *Cumulonimbus* yang ditinjau dari citra satelit dan data cuaca permukaan. Analisis meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

C. Pembatasan Masalah

Berbagai aspek yang membatasi pembahasan pada penelitian ini antara lain:

1. Citra satelit yang digunakan dalam pengambilan data merupakan citra yang diperoleh dari observasi satelit Himawari-8 dengan menggunakan 16 kanal/*band*.
2. Objek penelitian lebih ditekankan pada awan *Cumulonimbus* yang terdapat pada citra satelit dan data cuaca permukaan yang termasuk di dalamnya seperti keadaan angin, keadaan cuaca, tekanan udara, suhu udara, curah hujan dan perawanhan.
3. Kejadian adanya awan *Cumulonimbus* dilihat dari data observasi cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) yang dilakukan di Stasiun Meteorologi Banyuwangi dengan koordinat geografis 8,21 LS dan 114,35 BT selama bulan Januari 2017.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

Bagaimana karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik dari awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan.

F. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan dalam bidang meteorologi.
2. Memberikan pengetahuan mengenai karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Penginderaan Jauh

a. Pengertian Umum

Penginderaan merupakan upaya atau proses untuk mengetahui objek dengan menggunakan alat pengindera atau sensor. Di dalam penginderaan diperlukan pengetahuan tentang ciri objek untuk dapat menyimpulkan objek itu berupa apa (Sutanto, 2013).

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Tujuan dari penginderaan jauh adalah untuk menyadap data dan informasi dari citra foto dan nonfoto dari berbagai objek di permukaan bumi yang direkam atau digambarkan oleh alat pengindera buatan atau sensor. Sensor yang dimaksud dalam batasan ini adalah alat pengindera seperti kamera, alat penyiam (*scanner*) dan alat radiometer yang masing-masing dilengkapi dengan detektor di dalamnya. Wahana untuk penempatan sensor bisa berupa balon udara, pesawat terbang, satelit, serta wahana lainnya (Suryantoro, 2013).

Salah satu wahana penginderaan jauh adalah satelit. Menurut Alim (1988), fungsi satelit adalah sebagai berikut:

1) Informasi keadaan ruang angkasa

Sejumlah satelit telah diluncurkan untuk mempelajari radiasi, sifat magnet, debu meteor dan lain-lain di dalam ruang angkasa.

2) Penyelidikan bumi

Penyelidikan dari satelit menjelaskan bahwa bumi merupakan bola yang pepat pada kedua kutubnya dan memperlihatkan juga bahwa ekuator bumi tidak lingkaran, tetapi lebih merupakan elips.

3) Penyelidikan matahari

Melalui satelit telah dapat dipelajari partikel matahari, ledakan matahari, sinar ultraviolet, corona dan angin matahari.

4) Keadaan udara

Penerbangan satelit telah membuat kemajuan untuk menentukan kedudukan awan di atas sebagian besar permukaan bumi dan membantu ramalan cuaca.

5) Keperluan komunikasi

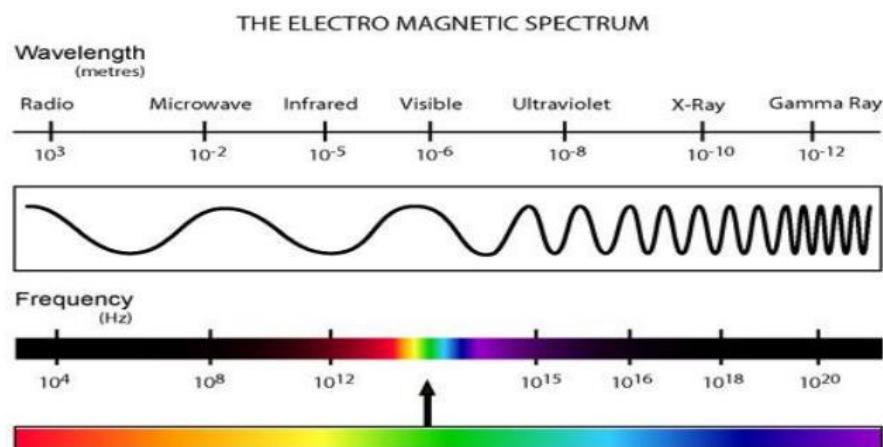
Membantu penyampaian berita radio dan televisi sebagian besar dunia.

6) Keperluan militer

Sejumlah tertentu satelit digunakan untuk mencari informasi mengenai kekuatan militer musuh. Satelit-satelit ini terutama dikuasai oleh Amerika Serikat dan Rusia.

b. Gelombang Elektromagnetik yang Digunakan pada Inderaja

Menurut Prawiwardoyo (1996), instrumen inderaja menggunakan gelombang elektromagnetik yang daerah panjang gelombangnya berbeda-beda. Radiasi yang digunakan dapat berupa bagian tampak atau visibel, inframerah dekat, inframerah termal, gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik. Hal yang penting adalah membedakan antara instrumen atau sensor pasif dan sensor aktif. Instrumen pasif adalah instrumen yang tidak menghasilkan radiasi sendiri, tetapi hanya menerima dan tanggap terhadap radiasi yang jatuh padanya. Radiasi yang dihasilkan dan dipancarkan oleh instrumen aktif dikembalikan sebagian ke instrumen atau sensor. Sinyal atau isyarat yang diterima ini kemudian diproses untuk menghasilkan informasi yang diperlukan.



Gambar 1: Spektrum gelombang elektromagnetik.
(BMKG, 2015)

Prawiwardoyo (1996) menjelaskan lebih lanjut mengenai radiasi visibel, radiasi inframerah dan gelombang mikro sebagai berikut:

1) Radiasi visibel

Bagian tampak atau visibel dari spektrum radiasi elektromagnetik merupakan daerah mulai dari cahaya biru sampai ke cahaya merah. Radiasi tampak yang digunakan oleh instrumen pasif berasal dari matahari.

Tabel 1: Taksiran Intensitas Nisbi Radiasi Matahari yang Dipantulkan dan Radiasi yang Dipancarkan dari Permukaan Bumi.

Panjang Gelombang (λ)	Intensitas Cahaya yang Dipancarkan (Cd)	Intensitas yang Dipantulkan (Cd)
Biru	$0,4 \mu m$	$7,7 \times 10^{-20}$
Merah	$0,7 \mu m$	$2,4 \times 10^0$
Inframerah	$3,5 \mu m$	$1,6 \times 10^{21}$
Inframerah termal	$12 \mu m$	$7,5 \times 10^{22}$
Mikro	$3 cm$	$2,6 \times 10^{10}$

Penginderaan jarak jauh yang menggunakan radiasi tampak hanya dapat digunakan pada waktu radiasi tampak matahari tersedia, yaitu pada siang hari. Inderaja jenis ini menghasilkan gambar atau potret perawan yang biasa disebut citra tampak atau visibel. Kecerahan atau keputihan di dalam potret atau foto menunjukkan besarnya reflektansi awan. Awan yang lebih reflektif terlihat lebih cerah. *Cumulus* atau *Cumulonimbus* yang mempunyai reflektansi lebih

besar akan terlihat lebih cerah atau lebih putih daripada *Altostratus* atau *Sirus* yang reflektansinya lebih rendah.

2) Radiasi inframerah

Radiasi inframerah tidak dapat dideteksi oleh mata manusia tetapi dapat dideteksi secara fotografis atau elektronis. Daerah inframerah dari spektrum dibagi menjadi inframerah dekat dengan panjang gelombang dari $0,75 \mu m$ sampai $1,5 \mu m$ dan daerah inframerah termal dengan panjang gelombang dari 3 atau $4 \mu m$ sampai 12 atau $13 \mu m$. Tanaman memantulkan sangat kuat radiasi tetapi awan dan atmosfer transparan bagi radiasi inframerah dekat. Intensitas yang direfleksikan cukup lebih besar daripada intensitas yang dipancarkan untuk gelombang inframerah dekat. Gelombang atau radiasi inframerah termal yang dipancarkan adalah lebih penting. Panjang gelombang sekitar 3 atau $4 \mu m$ baik radiasi yang dipancarkan maupun yang dipantulkan sama pentingnya, sedangkan pada panjang gelombang 11 atau $12 \mu m$ radiasi yang dipancarkan adalah dominan dan yang direfleksikan nisbi tidak penting. Inderaja yang menggunakan radiasi inframerah termal menghasilkan gambar atau potret perawan yang biasa disebut citra inframerah. Semakin dingin awan atau puncak awan maka akan semakin cerah warnanya dan semakin panas awan maka semakin gelap warnanya.

3) Gelombang mikro

Gelombang mikro dalam perjalannya melalui atmosfer mengalami atenuasi yang kecil, kecuali jika ada hujan deras. Intensitas radiasi yang direfleksikan atau dipancarkan sangat kecil, sehingga setiap inderaja gelombang mikro pasif harus sangat peka atau sensitif. Selain itu, terdapat perbandingan antara sinyal dan gaduh yang kecil. Sinyal adalah radiasi terefleksi yang sampai ke sensor yang menyatakan temperatur sasaran, sedangkan gaduh berasal dari temperatur sensor sendiri. Permasalahan tersebut dapat dipecahkan dengan menggunakan inderaja gelombang mikro aktif yang menghasilkan atau memancarkan radiasi gelombang mikro sendiri dengan energi yang dipancarkan berupa pulsa. Pulsa-pulsa diarahkan ke sasaran yang akan dipelajari. sebagian dari energi pulsa dikembalikan ke sistem gelombang mikro yang aktif tadi. Sistem gelombang mikro yang aktif tidak hanya mengukur intensitas radiasi yang kembali dari sasaran tetapi juga parameter yang lainnya, yaitu waktu yang diperlukan pulsa radiasi yang dipancarkan untuk melakukan perjalanan dari sistem gelombang mikro aktif ke sasaran kemudian kembali ke sistem gelombang mikro aktif lagi.

c. Sumber Tenaga

Sumber tenaga alamiah maupun sumber tenaga buatan pada sistem penginderaan jauh sangat penting keberadaannya. Tenaga tersebut

mengenai objek di permukaan bumi yang kemudian dipantulkan ke sensor atau dapat juga berupa tenaga dari objek yang dipancarkan ke sensor. Tenaga matahari yang mencapai ke permukaan bumi dipengaruhi oleh waktu (jam, musim), lokasi dan kondisi cuaca. Jumlah tenaga yang diterima pada siang hari lebih banyak bila dibandingkan dengan jumlah tenaga yang diterima pada pagi hari atau sore hari (Suryantoro, 2013).

Jumlah tenaga yang dapat mencapai permukaan bumi yaitu:

$$E = f(w, l, c) \quad (1)$$

Di mana, E = tenaga yang mencapai permukaan bumi

f = fungsi

w = waktu

l = lokasi

c = cuaca

Bagi tenaga pantulan, jumlah tenaga yang diterima oleh sensor sebesar pantulan (%) dikalikan jumlah tenaga yang mengenai objek. Bila tenaga yang mengenai objek sebesar 100 unit, daya pantul objek 30%, maka jumlah tenaga yang dapat mencapai sensor sebesar 30 unit. Bagi tenaga pancaran, jumlah tenaga yang mencapai sensor bergantung atas suhu dan daya pancar objek yang diterima oleh sensor akan semakin cerah wujud objeknya pada citra (Suryantoro, 2013).

Tenaga yang diterima oleh sensor penginderaan jauh dapat berupa tenaga pantulan maupun tenaga pancaran yang berasal dari objek di permukaan bumi. Jumlah tenaga yang diterima oleh sensor bergantung

pada jumlah tenaga asal dan bergantung pula pada karakteristik objeknya.

Jumlah tenaga asal untuk tenaga pantulan, berupa tenaga yang diterima oleh objek. Karakteristik objek yang dimaksud adalah daya pantul objek tersebut. Tenaga asal untuk tenaga pancaran berupa temperatur absolut objek, sedangkan karakteristik objek mempengaruhi jumlah tenaga yang diterima sensor berupa daya pancarannya (Sutanto, 1983).

Menurut Sutanto (1995), tenaga yang paling banyak digunakan di dalam penginderaan jauh adalah tenaga elektromagnetik. Oleh karena kekuatan tiap bagian tenaga elektromagnetik tidak sama, perlu diketahui unit ukuran yang lazim dipakai yaitu panjang gelombang (λ) dan frekuensi (f). Frekuensi merupakan jumlah putaran (siklus) pada satu titik per detik. Ukuran frekuensi adalah Hertz (Hz), di mana 1 Hz sama dengan 1 siklus/detik. Hubungan antara kecepatan gerak tenaga elektromagnetik (c), panjang gelombang dan frekuensi dinyatakan dengan formula:

$$c = \lambda f \quad (2)$$

Selain tenaga yang bersumber dari matahari, setiap benda di permukaan bumi juga memancarkan tenaga elektromagnetik. Besarnya tenaga yang dipancarkan oleh setiap benda dapat dirumuskan dengan formula:

$$W = e\delta T^4 \quad (3)$$

Di mana, W = jumlah tenaga yang dipancarkan oleh permukaan objek tiap detik tiap satuan luas (Wm^{-2}).

$$\delta = \text{tetapan Stefan-Boltzman} (5,6696 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4})$$

T = temperatur absolut (0°K)

e = kepancaran/emisivitas objek

d. Interaksi antara Tenaga dan Objek

Menurut Sutanto (1983), setiap objek mempunyai karakteristik tertentu dalam memantulkan atau memancarkan tenaga ke sensor. Objek yang banyak memantulkan atau memancarkan tenaga tampak cerah pada citra, sedangkan objek yang pantulannya sedikit tampak gelap. Tenaga atau energi dari matahari yang mengenai benda (padat, cair, gas) disebut tenaga datang (*incident energy*, E_D). Oleh tiap benda, maka E_D sebagian dipantulkan (E_P), diserap (E_s) untuk memanasi benda yang kemudian dipancarkan kembali dengan panjang gelombang yang lebih besar dan ditransmisikan atau diteruskan (E_T). Keseluruhan tenaga ini mengikuti formula berikut:

$$E_D = E_P + E_s + E_T \quad (4)$$

Setiap benda mempunyai karakteristik tersendiri di dalam interaksinya dengan tenaga. Karakteristik yang penting dalam hal ini adalah yang berkaitan dengan pantulannya, karena yang direkam oleh sensor adalah tenaga pantulan ini. Benda yang banyak memantulkan tenaga akan tergambar cerah, sedangkan yang pantulannya kecil tergambar gelap. Karakteristik ini disebut karakteristik spektral. Besarnya pantulan tidak sama untuk setiap benda, yaitu:

$$E_P = E_D - (E_s + E_T) \quad (5)$$

E_D sama, tetapi E_s dan E_T berbeda untuk setiap benda.

e. Sensor

Energi yang datang dari objek di permukaan bumi diterima dan direkam oleh sensor. Setiap sensor mempunyai kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Selain itu, kepekaannya berbeda dalam merekam objek terkecil yang masih dapat dikenali dan dibedakan terhadap lingkungan sekitarnya. Kemampuan sensor untuk menyajikan gambaran objek terkecil ini disebut resolusi spasial (*spatial resolution*) yang merupakan petunjuk bagi kualitas sensor. Semakin kecil ukuran objek yang dapat terdeteksi, semakin halus atau tinggi resolusi spasialnya. Begitu pula sebaliknya, semakin besar ukuran objek terkecil yang dapat terdeteksi, semakin kasar atau rendah resolusinya (Danoedoro, 2012).

Berdasarkan proses perekamannya, sensor dibedakan atas sensor fotografik dan sensor elektronik. Sensor fotografik hanya peka terhadap spektrum tampak mata ($0,4 \mu m$ - $0,7 \mu m$), perluasannya yaitu spektrum ultraviolet dekat ($0,3 \mu m$ - $0,4 \mu m$) dan spektrum inframerah dekat ($0,3 \mu m$ - $0,9 \mu m$). Sensor elektronik lebih besar kepekaannya, yaitu meliputi spektrum tampak mata dan perluasannya spektrum inframerah termal (Sutanto, 1983).

Sutanto (1983) menjelaskan lebih lanjut bahwa, proses perekaman sensor fotografik dengan cara kimiawi. Energi elektromagnetik diterima

dan direkam pada lapisan emulsi film yang bila diproses akan menghasilkan foto. Pemotretannya dilakukan dari wahana di udara, sehingga fotonya disebut foto udara. Jadi, dalam proses ini film berfungsi sebagai penerima energi dan sekaligus sebagai alat perekamnya. Sensor elektronik menggunakan energi elektrik dalam bentuk sinyal elektrik. Alat penerima dan perekam pada umumnya berupa pita magnetik, bukan film. Sinyal elektrik yang direkam pada pita magnetik ini kemudian dapat diproses menjadi citra maupun menjadi data yang siap dikomputerkan. Pemrosesan menjadi citra dapat dilakukan dengan dua cara, yakni dengan memotret data yang direkam oleh pita magnetik yang telah diwujudkan secara visual pada layar sejenis TV atau dengan menggunakan film perekam khusus. Film di sini hanya berfungsi sebagai alat perekam. Oleh karena itu, hasil akhirnya tidak disebut foto udara, melainkan disebut citra penginderaan jauh. Citra meliputi semua gambaran visual yang diperoleh dengan penginderaan jauh. Oleh karena itu, foto udara termasuk citra tetapi tidak semua citra berupa foto udara. Citra ini berupa gambaran abstrak. Citra juga dapat berupa gambaran nyata atau cerminan wujud suatu objek.

f. Konsep Dasar Penginderaan Jauh

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang terintegrasi dalam satu kesatuan, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi,

sensor dengan wahana, sistem pengolahan data dan interpretasi/analisis dari pengguna/user. Sumber tenaga yang digunakan berasal dari matahari maupun buatan manusia berupa tenaga elektromagnetik. Sistem penginderaan jauh dimulai dari perekaman objek permukaan bumi. Tenaga dalam penginderaan jauh merupakan tenaga penghubung yang membawa data tentang objek ke sensor dapat berupa bunyi, daya magnetik, gaya berat dan tenaga elektromagnetik, namun tenaga yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengindera bumi adalah tenaga elektromagnetik. Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif berasal dari matahari, perjalanan tenaga radiasi matahari melalui atmosfer dan berinteraksi dengan benda di permukaan bumi. Tenaga radiasi matahari tidak semua sampai di permukaan bumi tetapi sebagian diserap, dihamburkan di atmosfer. Tenaga yang sampai ke permukaan bumi sebagian dipantulkan dan atau dipancarkan oleh permukaan bumi dan direkam oleh sensor penginderaan jauh. Sensor untuk melakukan perekaman data memerlukan tenaga sebagai medianya. Sensor tersebut dapat dipasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Sensor satelit merekam permukaan bumi, dikirimkan ke stasiun penerima data di bumi. Stasiun bumi menerima data permukaan bumi dari satelit dan direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital. Rekaman data diproses di laboratorium pengolahan data hingga berbentuk citra penginderaan jauh dan didistribusikan ke berbagai pengguna (Purwadhi dan Tjaturahono, 2009).

g. Observasi Satelit Meteorologi

Observasi dengan satelit meteorologi memiliki kemampuan dalam mengamati seluruh bumi secara seragam dengan kerapatan spasial yang baik, sehingga sangat efektif untuk memonitor fenomena atmosfer yang berlangsung singkat seperti pergerakan awan, arah pergerakan badai tropis dan daerah tekanan rendah (*lows*). Selain itu, dapat digunakan untuk memonitor perubahan iklim berdasarkan rangkaian data seluruh dunia dalam kurun waktu panjang (Ardiyanto, 2010).

2. Karakteristik Citra

Data penginderaan jauh (citra) menggambarkan objek di permukaan bumi relatif lengkap, dengan wujud dan letak objek mirip seperti wujud dan letak di permukaan bumi dalam liputan yang luas. Citra penginderaan jauh adalah gambaran suatu objek, daerah atau fenomena hasil rekaman pantulan dan atau pancaran objek oleh sensor penginderaan jauh, dapat berupa foto atau data digital (Purwadhi dan Tjaturahono, 2009).

Menurut Ardiyanto (2010), karakteristik citra antara lain:

a. Citra Visibel (VIS)

Karakteristik citra VIS menggambarkan intensitas cahaya matahari yang dipantulkan awan dan/atau permukaan bumi, memungkinkan untuk mengetahui kondisi laut, daratan dan awan. Bagian yang reflektansinya tinggi divisualisasikan terang dan reflektansi rendah terlihat gelap. Citra lebih gelap karena cahaya yang jatuh hanya sedikit akibat kemiringan

sudut sinar matahari dan sedikitnya sinar yang dipantulkan pada pagi dan sore hari di wilayah-wilayah lintang tinggi. Permukaan salju dan awan terlihat terang karena mempunyai reflektansi tinggi, permukaan daratan lebih gelap dibanding awan-awan dan permukaan laut terlihat paling gelap karena reflektansi rendah. Kemampuan objek pada citra berbeda-beda bergantung sudut datang/elevasi sinar matahari pada posisi objek tersebut.

Penggunaan citra VIS antara lain:

- 1) Membedakan awan-awan tebal dan awan-awan tipis

Reflektansi dari suatu awan bergantung pada jumlah dan kepadatan butiran awan dan air hujan yang terdapat dalam awan. Awan-awan rendah mengandung lebih banyak butiran awan dan air hujan, sehingga akan terlihat lebih terang dibanding awan-awan tinggi. *Cumulonimbus* dan awan-awan tebal berkembang secara vertikal mengandung butiran awan dan air hujan, sehingga akan terlihat terang pada citra VIS. Melalui awan-awan tinggi yang tipis, awan-awan rendah yang berada di bawahnya dan permukaan daratan atau laut dapat terlihat.

- 2) Membedakan antara awan-awan jenis konvektif dan *stratiform*

Jenis awan dapat diidentifikasi dari tekstur permukaan puncaknya. Permukaan puncak awan *stratiform* terlihat halus dan seragam, sementara permukaan puncak awan konvektif tidak rata (berbenjol-benjol) dan tidak menentu. Tekstur permukaan puncak awan

dapat diamati dengan mudah ketika sinar matahari jatuh secara miring di permukaan awan.

3) Perbandingan tinggi puncak awan

Apabila terdapat awan-awan yang berbeda ketinggian di suatu tempat ketika sinar matahari jatuh miring, pada citra akan terjadi kenampakan di mana awan yang lebih tinggi membuat bayangan di atas puncak awan-awan yang lebih rendah. Perbandingan ketinggian awan yang dimungkinkan dengan menggunakan sifat ini.

b. Citra *Infrared* (IR)

Citra IR menggambarkan distribusi temperatur puncak awan yang dapat diamati tanpa ada perbedaan antara citra siang dan malam hari. Citra IR berguna untuk mengamati temperatur puncak awan-awan dan/atau permukaan bumi. Bagian pada citra IR yang temperaturnya rendah divisualisasikan terang dan bagian yang temperaturnya tinggi terlihat gelap.

Penggunaan citra IR antara lain:

1) Memantau fenomena meteorologi

Observasi menggunakan citra IR memungkinkan untuk mengamati dengan kondisi yang sama antara siang dan malam hari.

2) Observasi tinggi puncak awan

Citra IR dapat mengetahui temperatur puncak awan. Apabila profil temperatur atmosfer diketahui maka temperatur puncak awan dapat dikonversi menjadi tinggi puncak awan.

3) Temperatur permukaan bumi

Citra IR dapat dimanfaatkan untuk mengukur temperatur permukaan bumi di wilayah yang tidak berawan. Hal ini memberikan informasi yang sangat berguna terutama temperatur permukaan laut yang jarang terdapat stasiun observasi meteorologi.

c. Citra Water Vapor (WV)

Citra WV menggambarkan distribusi temperatur yang digunakan untuk mengetahui kelembaban tingkat menengah dan atas. Bagian yang bertemperatur rendah digambarkan lebih terang sedangkan bagian bertemperatur lebih tinggi terlihat gelap. Absorpsi/penyerapan oleh uap air citra WV sangat dominan. Hal ini memberi ciri khusus bahwa tingkat kecerahan pada citra WV berhubungan dengan kandungan uap air pada lapisan atmosfer tengah dan atas. Citra WV dapat memahami aliran massa udara di lapisan atmosfer atas dan tengah. Citra WV juga menggambarkan radiasi dari kandungan uap air di lapisan atmosfer atas dan tengah, yaitu aliran massa udara lapisan atas dan tengah dapat divisualisasikan menggunakan citra WV meski dalam kondisi tidak berawan.

d. Citra IR4/*Short-Wave IR*

Besarnya radiasi yang diamati oleh satelit adalah jumlah radiasi benda hitam dari awan-awan dan permukaan bumi serta pantulan cahaya matahari. Pantulan cahaya matahari pada pita panjang gelombang IR4/*Short-Wave IR* lebih intens daripada radiasi dari permukaan bumi jika dibanding pada pita panjang gelombang IR1 dan IR2. Oleh karena itu, citra pada siang hari hampir sama dengan citra VIS yaitu menggambarkan distribusi pantulan sinar matahari. Berbeda dengan citra pada malam hari, di mana tidak ada sinar matahari yang dipantulkan, maka radiasi inframerah dari awan-awan dan sejenisnya yang diamati oleh sensor atau sama dengan citra IR1 dan IR2. Emisivitas awan yang mengandung butiran air lebih kecil pada pita panjang gelombang/*band* IR4 daripada *band* IR dan pantulan sinar matahari oleh kristal-kristal es relatif kecil. Karakteristik ini yang digunakan untuk identifikasi awan.

Penggunaan citra IR4/*Short-Wave IR* antara lain:

- 1) Identifikasi awan rendah pada malam hari

Identifikasi awan-awan rendah pada malam akan akurat dengan citra IR4. Awan-awan rendah dapat dianggap mendekati *blackbody* pada pita panjang gelombang IR1. Emisivitas pada pita panjang gelombang IR4 dari awan-awan tersebut (*water cloud*) lebih kecil dibanding pada IR1 dan transmisivitasnya hampir nol (0) untuk awan-awan yang cukup tebal. Awan-awan rendah tersebut diamati pada panjang gelombang IR4 tidak dapat dianggap sebagai *blackbody*,

sehingga puncak awannya teramat lebih rendah pada IR4 daripada IR1. Permukaan laut dapat dianggap sebagai *blackbody* baik pada panjang gelombang $3,7 \mu m$ dan $11\mu m$. Oleh karena itu, untuk awan rendah di mana merupakan awan-awan air (*water cloud*), beda temperatur puncak awan dan permukaan laut lebih besar pada citra IR4 daripada citra IR sehingga akan meningkatkan akurasi deteksi awan rendah. Awan rendah atau menengah dapat ditentukan dengan mengecek tinggi puncak awan dengan citra IR pada waktu yang sama.

2) Identifikasi wilayah salju/es pada siang hari

Sulit untuk membedakan antara permukaan salju dan/atau es pada wilayah berawan hanya dengan citra VIS saja, karena keduanya memiliki reflektansi yang tinggi. Karakteristik ini memungkinkan untuk membandingkan dengan citra IR4 dalam mengidentifikasi.

e. Citra IR4 dengan IR1

Citra IR4 dengan IR1 adalah visualisasi selisih temperatur pada panjang gelombang IR4 dan temperatur pada panjang gelombang IR1 ($TIR4 - TIR1$). Selisih temperatur bernilai positif digambarkan dengan warna gelap dan nilai negatif digambarkan dengan warna terang. Efek transmisi untuk awan-awan yang mengandung kristal-kristal es lebih besar pada IR4 dan temperatur puncak awan teramat lebih tinggi. Visualisasi citra diferensial IR4 memberi penekanan perbedaan karakteristik.

Penggunaan citra IR4 dengan IR1 antara lain:

1) Identifikasi awan-awan rendah di malam hari.

Hal ini karena, awan-awan rendah memiliki beda temperatur yang kecil dengan wilayah tidak berawan di sekitarnya, sehingga pada malam hari sulit untuk mendeteksi hanya dengan citra IR. Temperatur puncak awan terukur lebih rendah pada kanal panjang gelombang IR4 dibanding pada IR1 dan selisih temperaturnya antara -2°C sampai dengan -10°C. Citra IR4 dengan IR1 digunakan untuk mendeteksi awan-awan rendah pada malam hari karena perbedaan antar daerah tak berawan dan daerah awan-awan rendah lebih terlihat jelas pada citra IR4 dengan IR1 daripada citra IR4.

2) Identifikasi awan-awan tinggi.

Gelombang pada IR4 memiliki sifat yang mirip dengan gelombang VIS dan dengan mudah dapat menembus awan-awan tinggi dengan kristal-kristal es. Saat malam hari, radiasi dari permukaan bumi dengan suhu yang tinggi menembus awan-awan tinggi yang tipis sehingga mempengaruhi besarnya radiasi yang diterima sensor satelit dari puncak awan menjadi lebih tinggi, akibatnya suhu puncak awan yang diukur pada panjang gelombang IR4 lebih tinggi dari yang sebenarnya. Oleh karena efek transmisinya lebih besar pada IR4 dibanding IR1, maka suhu puncak awan lebih tinggi dari suhu IR sehingga selisih suhu bernilai positif.

f. Citra IR1 dengan IR2

Citra IR1 dengan IR2 adalah visualisasi temperatur pada IR1 dikurangi temperatur pada IR2 (TIR1- TIR2). Pita panjang gelombang IR1 dan IR2 disebut jendela atmosfer, di mana hanya sedikit terjadi penyerapan radiasi oleh uap air dan atmosfer. Citra diferensial IR dihasilkan dari selisih temperatur antara 2 kanal panjang gelombang ini. Penyerapan uap air pada wilayah IR1 dan IR2 kecil, sehingga selisihnya tidak besar kecuali jika terdapat kandungan uap air cukup besar. Terdapat perbedaan besar penyerapan pada IR1 dan IR2, antara wilayah tak berawan yang memiliki lapisan udara basah dan lapisan udara kering. Oleh karena itu, pada citra IR1 dengan IR2 awan rendah pada atmosfer bawah yang dapat dibedakan dari wilayah tak berawan.

Penggunaan citra IR1 dengan IR2 antara lain:

- 1) Identifikasi awan-awan rendah

Awan-awan rendah dianggap sebagai benda hitam (*black body*) pada wilayah IR1 dan IR2. Misalnya, lintasan radiasi di atas puncak awan kondisinya kering, radiasi pada IR1 dan IR2 pada puncak awan rendah hanya sedikit berbeda. Citra ini dihasilkan dari selisih suhu antara dua kanal. Secara alamiah, penyerapan oleh uap air pada wilayah IR1 dan IR2 kecil, selisihnya tidak besar kecuali terdapat kandungan air cukup besar. Lapisan bawah atmosfer pada umumnya memiliki kandungan uap air yang cukup besar dan di lapisan atas kecil. Oleh karena itu, kandungan uap air di lapisan bawah atmosfer

mempengaruhi perbedaan nilai IR1 dan IR2. Terdapat perbedaan besar penyerapan antara IR1 dan IR2 antara wilayah tak berawan yang memiliki lapisan udara basah dan yang lapisan udaranya kering pada daerah tak berawan. Oleh karena itu, awan rendah pada atmosfer bawah yang basah dapat dibedakan dari wilayah tak berawan.

2) Identifikasi awan-awan tinggi yang tipis

Penyerapan oleh partikel-partikel kristal es berbeda antara IR1 dan IR2. Hal yang teramat untuk awan-awan yang cukup tebal yaitu hanya radiasi dari puncak awan. Seperti pada awan-awan tinggi yang tebal, perbedaan IR1 dan IR2 kecil untuk radiasi dari puncak awan. Radiasi dari bagian bawah awan-awan tinggi mengalami penyerapan oleh partikel-partikel kristal es penyusun awan-awan tinggi ketika melewati awan-awan tinggi tersebut. Hal ini menyebabkan terdapat perbedaan antara IR1 dan IR2. Bagian di mana terdapat awan tinggi yang tebal perbedaan IR1 dan IR2 kecil, terlihat berwarna putih pada citra IR1 dengan IR2. Perbedaan IR1 dan IR2 besar terdapat pada bagian di mana awan-awan tinggi yang tipis dan digambarkan sebagai warna gelap/hitam.

3) Identifikasi debu vulkanik (*volcanic-ash*) dan *yellow-sand*

Pasir kwarsa/partikel debu gunung berapi memiliki sifat yang berlawanan dengan uap air dalam hal karakteristik penyerapan dan hamburannya pada wilayah panjang gelombang IR1 dan IR2. Oleh karena citra ini merupakan visualisasi beda suhu antara kedua panjang

gelombang ini, bagian di mana beda suhunya positif adalah awan-awan yang mengandung kristal es atau butiran es, sedangkan bagian yang bernilai negatif adalah material yang mengandung pasir kwarsa/debu vulkanik. Berdasarkan prinsip dasar meteorologi, fenomena di mana awan-awan dan partikel-partikel pasir/debu ini bersama-sama terdapat di atmosfer, maka dapat dibedakan dengan citra ini.

3. Pengamatan Cuaca

Menurut Prawirowardoyo (1996), pengamatan cuaca atau pengukuran unsur cuaca dilakukan pada lokasi yang dinamakan stasiun cuaca. Cuaca sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Cuaca dapat diketahui dengan mengamati keadaan langit dan keadaan sekitar. Berikut adalah pengamatan cuaca permukaan:

a. Angin

Angin ialah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Angin disebabkan oleh perbedaan tekanan atmosfer antara tempat yang satu dengan tempat yang lain. Udara bergerak dari tempat yang mempunyai tekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Angin adalah besaran vektor, jadi dinyatakan dalam arah dan laju. Kecepatan angin dinyatakan dalam km/jam, mil per jam dan knot (1 knot sebanding dengan 0,5 m/detik) (Tjasyono HK, 1987).

Kecepatan dan arah angin masing-masing diukur dengan anemometer dan penunjuk arah angin. Anemometer yang lazim adalah

anemometer cawan, yang terbentuk dari lingkaran kecil sebanyak tiga (kadang-kadang empat) cawan yang berputar mengitari sumbu tegak (Wilson, 1993).



Gambar 2: Anemometer.

(Dokumentasi pribadi)

b. Keadaan Cuaca

Cuaca merupakan keadaan fisis atmosfer pada suatu tempat dan suatu saat (Prawiwardoyo, 1996). Keadaan cuaca yang dimaksud dalam pengamatan meteorologi sinoptik terdiri dari *present weather* dan *past weather*. Pengamatan cuaca dilaporkan sesuai dengan keadaan cuaca pada waktu pengamatan (*present weather*) dengan sandi ww dan pengamatan cuaca pada waktu yang lalu (*past weather*) dengan sandi W1 dan W2, sedemikian rupa sehingga ww dan W1, W2 secara bersama-sama dapat memberikan gambaran cuaca yang lengkap. Keadaan cuaca pada waktu pengamatan dilakukan 10 menit sebelum waktu pengamatan yang ditetapkan. Pengamatan cuaca pada waktu pengamatan yang lalu adalah keadaan cuaca pada 1 jam yang lalu untuk pengamatan setiap jam, 3 jam

yang lalu untuk pengamatan tiap 3 jam dan 6 jam yang lalu untuk pengamatan setiap jam 00.00, 06.00, 12.00 dan 18.00 UTC (Djakiman, 2014).

c. Tekanan Udara

Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan dengan luas tertentu, misalnya 1 cm^2 . Satuan yang digunakan adalah atmosfer (*atm*), milimeter kolom air raksa (*mm Hg*) atau milibar (*mbar*). Tekanan udara patokan (sering juga disebut tekanan udara normal) adalah tekanan kolom udara setinggi lapisan atmosfer bumi pada garis lintang 45° dan suhu 0°C . Besarnya tekanan udara tersebut dinyatakan sebagai 1 atm . Konversi antara satuan tekanan udara tersebut adalah sebagai berikut (Lakitan, 1997):

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 14,7 \text{ psi} = 1.013 \text{ mbar}$$

Udara mempunyai berat. Permukaan bumi mendapat tekanan dari berat udara ini. Besarnya tekanan udara dapat diukur dengan barometer. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, semakin rendah tekanan udara. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya udara yang menekan. Tekanan udara pada suatu tempat berubah sepanjang hari. Tekanan udara yang jauh lebih rendah dari biasa menunjukkan akan terjadi hujan atau badai, sedangkan tekanan udara yang lebih tinggi menunjukkan cuaca yang baik (Wajong dan Djenen, 1979).



Gambar 3: Barometer.

(Dokumentasi pribadi)

d. Pengamatan Suhu Udara

Suhu dapat didefinisikan secara mikroskopik berkaitan dengan gerakan molekul sedemikian rupa sehingga semakin besar kecepatan molekul maka semakin tinggi suhu. Temperatur udara diukur dengan derajat *Celcius*, *Fahrenheit*, *Reamur* atau *Kelvin*. Satuan yang digunakan untuk keperluan pertukaran pelaporan internasional secara resmi adalah skala *Celcius* atau °C. (Prawirowardoyo, 1996).

Hubungan skala suhu tersebut dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$t^{\circ}C = \frac{5}{9} (t^{\circ}F - 32) \quad (6)$$

$$t^{\circ}F = \frac{9}{5} t^{\circ}C + 32 \quad (7)$$

$$t^{\circ}R = \frac{4}{5} t^{\circ}C \quad (8)$$

$$t^{\circ}K = t^{\circ}C + 273 \quad (9)$$

$t^{\circ}C$, $t^{\circ}F$, $t^{\circ}R$, $t^{\circ}K$ masing-masing adalah suhu dalam derajat *Celcius*, *Fahrenheit*, *Reamur* dan *Kelvin*.

Alat pengukur suhu secara umum disebut termometer dan tempat untuk menatanya dengan letak vertikal dan horizontal dinamakan *psycrometer*, posisi horizontal dipasang termometer maximum dan minimum sedangkan untuk posisi vertikal dipasang termometer bola basah dan bola kering. Alat pengukur suhu otomatis yang menggunakan kertas pias sebagai perekam datanya disebut *termohigrograf*. *Termogram* adalah tempat pencatatan data tersebut (kertas pias). Alat-alat pengukur suhu tersebut harus terpasang pada tempat yang terlindung dari hujan, pengembunan dan radiasi surya langsung. Oleh karena itu, alat-alat tersebut diletakkan di dalam sangkar cuaca yang disebut *Stevenson screen*. Kemajuan bidang elektronika menyebabkan alat pengukur suhu otomatis kini tidak lagi menggunakan kertas pias, tetapi data tersebut dapat direkam pada penyimpan data elektronik (*data logger*). Oleh karena itu, pengukuran dapat dilakukan secara kontinu (tiap jam, menit, detik) yang kemudian datanya dapat diambil dan diolah secara langsung menggunakan komputer (Handoko, 1995).

Selain mencatat suhu udara, *termohigrograf* juga dapat mencatat kelembaban udara dengan sendirinya secara kontinu. Kelembaban udara atau kelembaban nisbi merupakan salah satu besaran untuk menyatakan jumlah uap air di atmosfer. Kelembaban nisbi dinyatakan dengan perbandingan jenuh dikalikan dengan 100 persen.

$$RH = \frac{e}{es} \times 100\% \quad (10)$$

Di mana, RH = kelembaban relatif

$\frac{e}{es}$ = perbandingan jenuh

e = tekanan uap

es = tekanan uap maksimum atau tekanan uap jenuh

Kelembaban nisbi berubah dengan tempat dan waktu. Menjelang tengah hari, kelembaban nisbi berangsur-angsur menjadi turun kemudian pada sore hari sampai menjelang pagi kelembaban nisbi menjadi bertambah besar. Kelembaban udara juga dapat diukur dengan *psychrometer* yang terdiri dari dua termometer dan ditempatkan berdampingan. Termometer tersebut yaitu termometer bola kering dan termometer bola basah yang dibungkus dengan kain basah (Tjasyono HK, 1987).



Gambar 4: Termohigrograf dan psycrometer (dari kiri ke kanan).
(Dokumentasi pribadi)

e. Pengamatan Curah Hujan

Curahan adalah endapan atau deposit air, dalam bentuk cair maupun padat yang berasal dari atmosfer. Banyaknya curah hujan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan diamati atau diukur dengan menggunakan alat yang disebut penakar hujan (Prawirowardoyo, 1996).

Penakar hujan dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu penakar hujan jenis biasa dan penakar hujan jenis perekam (*recording*). Penakar hujan jenis biasa mempunyai luas corong 100 cm^2 dan air hujan diukur dengan gelas ukuran. Penakar hujan jenis perekam merupakan alat yang dapat merekam jumlah curah hujan dengan sendirinya dan jumlah curah hujan dapat dilihat pada pias yang ditandai dengan goresan pena. Curah hujan biasanya diukur setiap jam 07.00 waktu setempat. Pengukuran kurang dari 0,5 mm dibulatkan kebawah dan jika lebih dari atau sama dengan 0,5 dibulatkan ke atas. Misalnya, jumlah curah hujan 2,8 mm direkam 3,0 mm dan jumlah curah hujan 2,2 mm direkam 2,0 mm. Oleh karena itu, jumlah curah hujan yang kurang dari 0,5 mm dapat dianggap nol (Tjasyono HK, 1987).



Gambar 5: Penakar hujan Hellman/pengukur curah hujan otomatis.
(Dokumentasi pribadi)

f. Perawanana

Awan merupakan kumpulan titik-titik air yang banyak jumlahnya dan terletak pada titik kondensasi serta melayang-layang tinggi di udara (Kartasapoetra, 2016). Sifat awan yang memantulkan dan menyerap radiasi surya serta menyerap radiasi bumi maka awan juga ikut menentukan pemanasan dan pendinginan bumi (Handoko, 1995).

Prinsip utama terjadinya awan ialah, mula-mula udara yang mengandung uap air temperaturnya tinggi, kemudian turun mencapai titik kondensasi. Selanjutnya, temperatur mengalami penurunan lagi dan melampaui titik kondensasi (Wisnubroto, Siti dan Mulyono, 1983). Menurut Tjasyono HK dan Sri (2012), awan dapat terbentuk jika terjadi kondensasi uap air di atas permukaan bumi. Udara yang mengalami kenaikan akan mengembang secara adiabatik karena tekanan udara di atas

lebih kecil daripada tekanan udara di bawah. Karakteristik dari arus udara vertikal akan menentukan jenis dan bentuk awan.

Apabila udara yang naik cukup lembab, udara ini akan mencapai paras pengembunan dan awan akan terbentuk dalam bentuk sel atau gulungan seperti spiral, sesuai dengan struktur gegolak yang ada. Awan akan menjadi tipis atau tebal, bergantung pada kemantapan udara di atas lapisan yang terpanaskan dari bawah. Apabila susut temperatur di sana kurang dari adiabatik jenuhnya ($\gamma < \Gamma_s$), maka yang terbentuk hanyalah *Cumulus humilis*, yaitu awan *Cumulus* sederhana pada cuaca cerah. Apabila $\gamma > \Gamma_s$ di seluruh lapisan yang tebal, *Cumulus* akan tumbuh ke atas menjadi *Cumulus congestus* dan akhirnya *Cumulonimbus* disertai halilintar, guntur, hujan lebat dan kadang-kadang hujan es (Neiburger, James dan William, 1995).

Menurut Handoko (1995), tipe awan berdasarkan penyebarannya secara vertikal dibedakan menjadi:

1) Awan tinggi

Mempunyai ketinggian lebih dari 6.000 meter dengan suhu yang sangat rendah. Umumnya terdiri dari kristal-kristal es, berwarna putih atau mendekati transparan. Golongan awan ini yaitu:

- a) *Cirrus*: awan yang halus seperti bulu, struktur berserat, sering tersusun seperti pita melengkung.

- b) *Cirrostratus*: seperti kelambu putih halus menutup seluruh angkasa, berwarna pucat, sering menimbulkan lingkaran pada matahari atau bulan.
- c) *Cirrocumulus*: seperti kumpulan bulu domba.

2) Awan sedang/pertengahan

Terdiri dari awan yang ketinggiannya antara 2.000 – 6.000 meter di atas permukaan laut. Awan ini merupakan campuran titik-titik air dan kristal-kristal es, meliputi awan-awan:

- a) *Altocumulus*: merupakan sekumpulan awan yang berbentuk bulat, berlapis-lapis, tersusun dalam pola baris, grup atau gelombang. Berwarna putih pucat dan terdiri dari beberapa bagian yang keabuan karena kurang sinar.
- b) *Altostratus*: berbentuk seperti selendang yang tebal, berserat, berwarna keabu-abuan.

3) Awan rendah

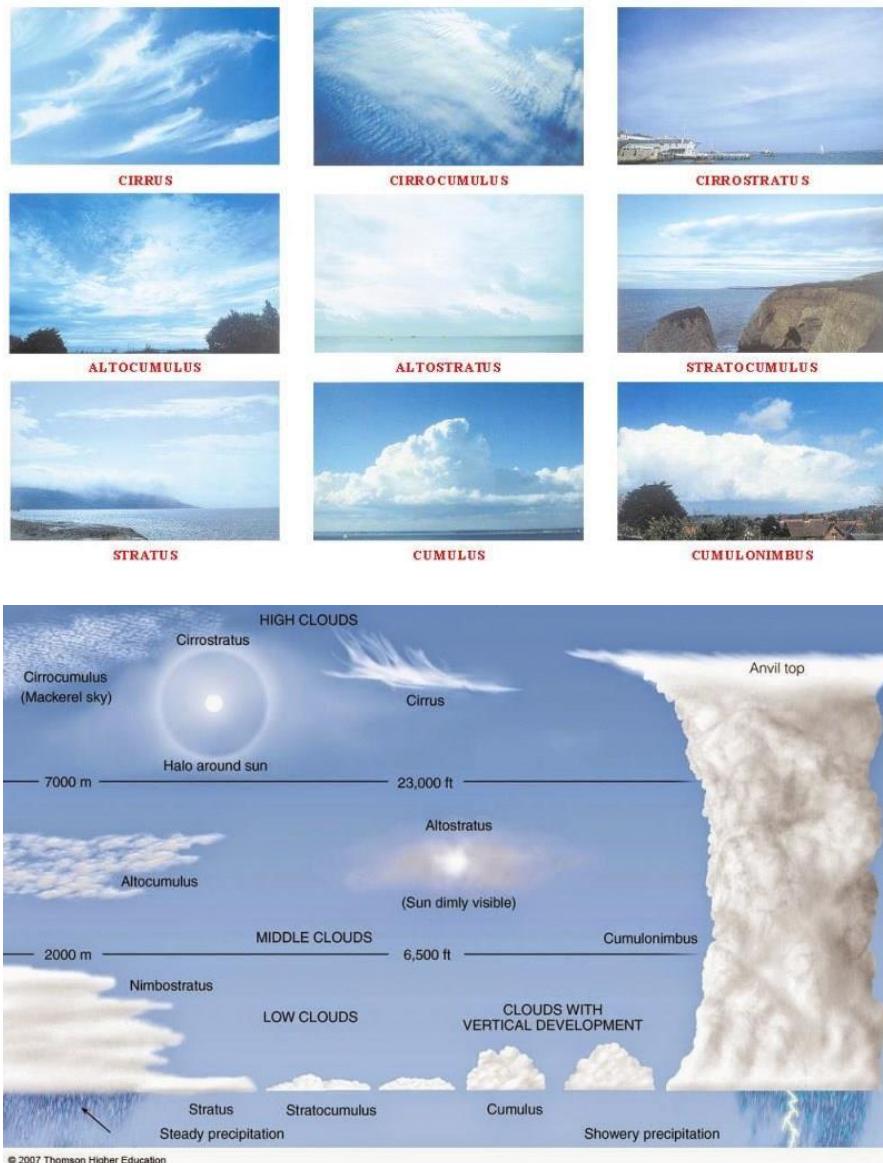
Berada di bawah ketinggian 2.000 meter, terdiri dari:

- a) *Stratus*: awan yang melebar seperti kabut, seringkali terbentuk dari kabut yang naik. Hujan dari awan ini biasanya ringan.
- b) *Stratocumulus*: berbentuk seperti gelombang lautan. Langit yang berwarna biru sering masih tampak di antara awan ini.
- c) *Nimbostratus*: suatu lapisan awan yang tebal dengan bentuk yang tidak teratur dan menimbulkan banyak hujan.

4) Awan yang berkembang vertikal

Awan ini dihasilkan oleh kantong udara yang hangat dan lembab yang masih mampu naik sampai ketinggian yang cukup tinggi setelah melewati aras kondensasi. Terdiri dari awan-awan:

- a) *Cumulus*: berbentuk seperti kubah dengan dasar vertikal. Biasanya terbentuk pada siang hari dalam udara yang bergerak naik. Bagian yang berhadapan dengan matahari terang dan berwarna kelabu pada bagian yang tidak tersinari.
- b) *Cumulonimbus*: awan yang bervolume sangat besar, berbentuk seperti menara, kadang-kadang puncaknya melebar. Awan ini menghasilkan hujan yang disertai kilat, guntur dan badai. Kadang-kadang disertai kristal-kristal es atau *hail*. Berwarna putih pucat dan terdiri dari beberapa bagian yang keabu-abuan karena kurang sinar.
- c) *Altostatus*: berbentuk seperti selendang yang tebal, berserat, berwarna keabu-abuan.



Gambar 6: Tipe awan berdasarkan penyebarannya.

(<https://enjiner.com/jenis-jenis-awan/amp/>)

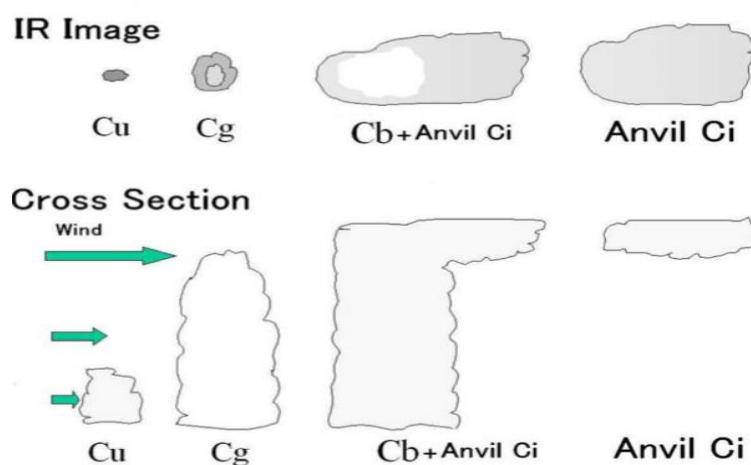
4. Tahap Tumbuh Awan *Cumulonimbus*

Menurut Tjasyono HK dan Sri (2012), ada tiga tingkat (tahap) pertumbuhan awan *Cumulonimbus*, yaitu sebagai berikut:

- a. Tahap tumbuh, awan akan terus tumbuh sampai gaya apung termal menjadi nol atau suhu parsel udara sama dengan suhu udara lingkungan.

Awan didominasi oleh arus udara ke atas (*updraft*). Awan pada tahap ini, sedikit sekali bahkan tidak terjadi hujan dan kilat sangat jarang.

- b. Tahap dewasa (*mature*), awan menjadi bengis dan berbahaya. Tahap ini menyebabkan terjadi hujan lebat, turbulensi kuat, kadang-kadang batu es, guruh dan kilat. Awan didominasi oleh arus udara ke bawah (*downdraft*) yang menghasilkan hujan dan arus udara ke atas yang membawa uap air ke dalam awan sebagai bahan bakar awan ketika berubah fasa menjadi tetes-tetes awan. Awan *Cumulonimbus* pada tahap dewasa merupakan jalur yang sangat berbahaya bagi penerbangan.
- c. Tahap disipasi, ketika arus udara ke bawah lebih 50% mendominasi sel awan *Cumulonimbus* maka akan memasuki tahap disipasi (lenyap). Tahap ini akan menyebabkan awan mengalami penurunan aktivitas, produksi hujan melemah menjadi gerimis (hujan ringan) dan awan pada akhirnya akan mati.



Gambar 7: Skema pertumbuhan awan konvektif dilihat dari citra satelit.
(JMA, 2016)

B. Kerangka Berfikir Teoritis

Studi kasus pada penelitian ini yaitu mengenai karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan wilayah Banyuwangi. Lokasi penelitian berada di Stasiun Meteorologi Banyuwangi dengan koordinat geografis 8,21 LS dan 114,35 BT yang dilakukan dari bulan Januari 2017. Awan *Cumulonimbus* merupakan salah satu jenis awan yang berbahaya pada kondisi tertentu dan sering menimbulkan cuaca ekstrim. Oleh karena itu, diperlukan peninjauan mengenai jenis awan ini.

Karakteristik awan *Cumulonimbus* dapat diketahui dengan meninjau citra satelit dan data cuaca permukaan. Penelitian ini menggunakan analisis citra satelit dan analisis data cuaca permukaan. Analisis citra satelit digunakan untuk mengetahui data hasil peninjauan sensor satelit berupa citra yang menunjukkan adanya awan *Cumulonimbus*. Analisis data cuaca permukaan berfungsi sebagai data acuan untuk mengetahui waktu bermakna yang digunakan dalam memperoleh data waktu adanya awan *Cumulonimbus* dan sebagai data untuk mengetahui keadaan cuaca yang terjadi saat itu. Analisis meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

Data cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) merupakan data penelitian hasil observasi yang dilakukan secara langsung berhubungan dengan alat dan objek penelitian. Waktu bermakna pada data sinop dapat diketahui dengan suatu kode angka seperti 13, 17, 29, 91, 92, 95, 97 yang terdapat pada bagian *ww (present weather)* dari data tersebut. Waktu bermakna dari data hasil observasi cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) ini merupakan data yang

berisi suatu kondisi berbahaya atau kondisi yang perlu diperhatikan. Oleh karena keberadaan awan *Cumulonimbus* identik dengan cuaca buruk, maka untuk memperoleh data waktu adanya awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan kode waktu bermakna.

Pengambilan data citra satelit menggunakan 16 kanal/*band* yang terdiri dari 3 kanal visibel, 3 kanal infra-merah dekat atau *near infrared* (NIR) dan 10 kanal termal atau *infrared* (IR). Kanal 1 sampai 3 merupakan visibel (VIS), kanal 4 sampai 6 merupakan infra-merah dekat, kanal 7 sampai 16 merupakan inframerah termal. Data yang dihasilkan berupa nilai spektral awan *Cumulonimbus* dan hubungan antar kanal.

Perangkat lunak yang digunakan dalam pengambilan data dan analisis yaitu SATAID (*Satelite Animation and Interactive Diagnosis*) dan *Microsoft Excel*. SATAID merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk analisis citra satelit MTSAT dan Himawari. *Microsoft Excel* digunakan untuk mengolah, menganalisis dan pengeplotan data dalam bentuk grafik yang berasal dari citra satelit dan data cuaca permukaan.

Berdasarkan teori-teori yang telah diketahui, pengamatan dari permukaan bumi berbeda dengan pengamatan yang dilakukan oleh satelit. Pengamatan awan dari permukaan bumi menggunakan mata atau visual, sedangkan satelit mengamati perilaku puncak awan jauh dari atas permukaan bumi. Jenis awan yang diidentifikasi oleh satelit berbeda secara mendasar dengan bentuk awan yang diidentifikasi oleh pengamatan permukaan. Klasifikasi awan dengan satelit disebut sebagai jenis awan, sedangkan

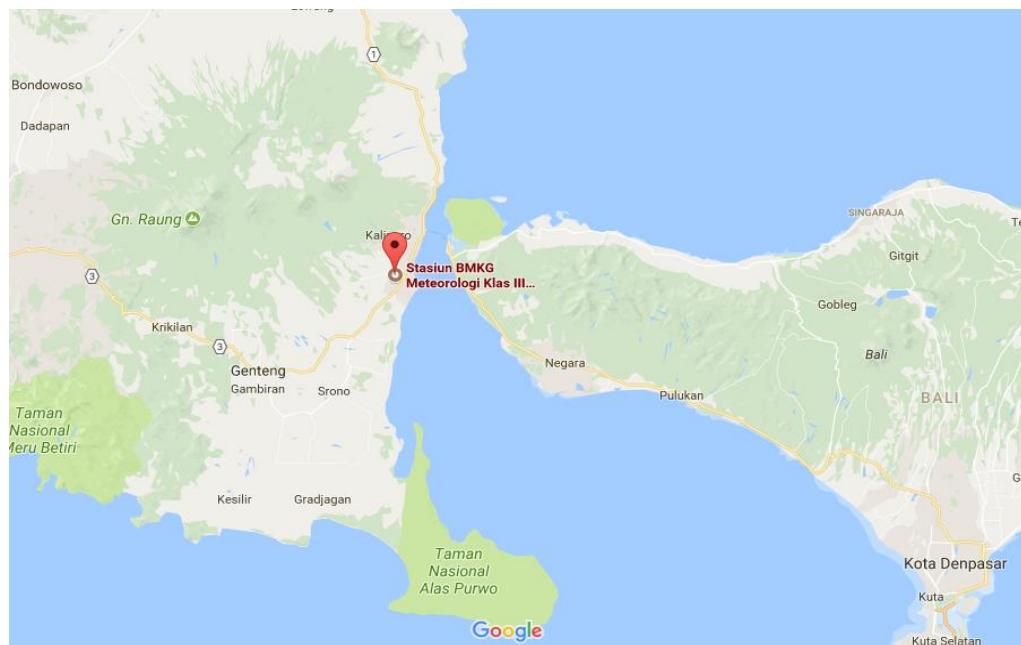
identifikasi awan menggunakan pengamatan visual di permukaan disebut bentuk awan. Citra satelit yang dihasilkan setiap kanal memiliki sensitifitas tersendiri. Akan tetapi, secara umum awan *Cumulonimbus* yang bertemperatur rendah akan berwarna cerah pada citra dan terbentuknya awan ini akan mengakibatkan pengaruh terhadap cuaca permukaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2017 hingga bulan Desember 2017. Sebelum dilakukan pengambilan data penelitian, telah dilakukan studi pustaka dan diskusi. Pengambilan data yang dilakukan berupa data cuaca permukaan dan data citra satelit selama bulan Januari 2017. Lokasi penelitian dilakukan di Stasiun Meteorologi Banyuwangi yang beralamat di Jl. Jaksa Agung Suprapto No. 152 Banyuwangi, provinsi Jawa Timur dengan koordinat geografis 8,21 LS dan 114,35 BT.



Gambar 8: Lokasi penelitian.
(*Google maps*)

B. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang terdapat pada penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas : Titik penelitian, keadaan cuaca.
2. Variabel Terkontrol : Waktu dalam pengambilan data.
3. Variabel Terikat : Nilai spektral awan *Cumulonimbus* dan data cuaca permukaan.

C. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam proses pengambilan data citra satelit, data cuaca permukaan serta untuk analisis data terbagi menjadi perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat keras (*Hardware*)

- a. Instrumen yang digunakan dalam pengambilan data citra satelit Himawari-8 dengan menggunakan sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) yang terdiri dari 16 kanal/*band*.

Tabel 2: Kanal/*Band* Sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI).

Kanal/ <i>Band</i>	Penamaan Kanal	Kategori Sensor	Rentang Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial	Kegunaan
1	V1	Visibel	0,43 – 0,48	1 km	tumbuhan, aerosol
2	V2		0,50 – 0,52	1 km	tumbuhan, aerosol
3	VS		0,63 – 0,66	0,5 km	awan rendah, kabut
4	N1	Inframerah Dekat/ <i>Near Infrared</i>	0,85 – 0,87	1 km	tumbuhan, aerosol
5	N2		1,60 – 1,62	2 km	fase awan
6	N3		2,25 – 2,27	2 km	ukuran partikel
7	I4		3,74 – 3,96	2 km	awan rendah, kabut, kebakaran hutan
8	WV		6,06 – 6,43	2 km	kelembaban tingkat menengah dan atas
9	W2		6,89 – 7,01	2 km	kelembaban tingkat menengah
10	W3		7,26 – 7,43	2 km	kelembaban tingkat menengah dan atas
11	MI		8,44 – 8,76	2 km	fase awan, SO ₂
12	O3		9,54 – 9,72	2 km	kandungan ozon
13	IR	Inframerah Termal	10,3 – 10,6	2 km	citra awan, informasi puncak awan
14	L2		11,1 – 11,3	2 km	citra awan, suhu permukaan laut
15	I2		12,2 – 12,5	2 km	citra awan, suhu permukaan laut
16	CO		13,2 – 13,4	2 km	tinggi puncak awan

b. Instrumen yang digunakan untuk pengambilan data cuaca permukaan yaitu:

- 1) Arah dan kecepatan angin dengan pengamatan yang menggunakan anemometer dan penunjuk arah angin.
- 2) Suhu udara, pengukurannya dengan menggunakan termometer yang ditempatkan di dalam sangkar pelindung radiasi yang disebut sangkar *Stevenson*.
- 3) Kelembaban udara ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut *psikrometer*.
- 4) Tekanan udara diukur dengan menggunakan barometer.
- 5) Curah hujan, pengukurannya dilakukan dengan alat penakar hujan.

2. Perangkat lunak (*Software*)

- a. SATAID adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis citra satelit MTSAT dan Himawari.
- b. *Microsoft Excel* digunakan untuk mengolah, menganalisis dan pengeplotan data dalam bentuk grafik yang berasal dari citra satelit dan data cuaca permukaan.

D. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam mengambil data yang diperlukan.

1. Teknik pengambilan data cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik).

Proses pengambilan data cuaca permukaan meliputi pengamatan:

- a. Cuaca yang sedang berlangsung dan cuaca yang lalu dalam 3 jam terakhir dengan pengamatan visual.
 - b. Arah dan kecepatan angin dengan pengamatan yang menggunakan penunjuk arah angin dan anemometer.
 - c. Banyak dan bentuk awan atau yang biasa disebut perawanan dengan pengamatan visual.
 - d. Suhu udara, pengukurannya dengan menggunakan termometer yang ditempatkan di dalam sangkar pelindung radiasi yang disebut sangkar *Stevenson*.
 - e. Kelembaban udara ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut *psikrometer*.
 - f. Tekanan atmosfer diukur dengan menggunakan barometer.
 - g. Curah hujan, pengukurannya dilakukan dengan alat penakar hujan.
2. Teknik analisis waktu yang bermakna dari data hasil observasi cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik).
- Analisis waktu yang bermakna dari data hasil observasi cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) bertujuan untuk mengetahui waktu bermakna yang digunakan dalam memperoleh data waktu kejadian terbentuknya awan *Cumulonimbus*. Data hasil observasi cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) ini biasa disebut juga dengan data sinop. Waktu yang bermakna pada data sinop dapat diketahui dengan suatu kode angka

seperti 13, 17, 29, 91, 92, 95, 97 yang terdapat pada bagian *ww (present weather)* dari data tersebut. Analisis data cuaca permukaan selain berfungsi sebagai data acuan untuk mengetahui waktu bermakna yang digunakan dalam memperoleh data waktu adanya awan *Cumulonimbus* juga sebagai data untuk mengetahui keadaan cuaca yang terjadi ketika terdapat awan *Cumulonimbus*.

3. Teknik pengambilan data citra satelit.

Proses pengambilan data citra satelit menggunakan 16 kanal/*band* yang terdiri dari 3 kanal visibel, 3 kanal infra-merah dekat atau *near infrared* (NIR) dan 10 kanal termal atau *infrared* (IR) yang berbentuk citra. Pengambilan data citra satelit ini dengan menggunakan metode analisis citra satelit. Metode analisis citra satelit digunakan untuk mengetahui data hasil peninjauan sensor satelit berupa citra yang menunjukkan adanya kejadian awan *Cumulonimbus*. Data yang dihasilkan berupa nilai spektral awan *Cumulonimbus* dan hubungan antar kanal. Analisis meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

Perangkat lunak yang digunakan untuk pengambilan data citra satelit yaitu dengan menggunakan SATAID. SATAID ini merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis citra agar diperoleh informasi yang dibutuhkan. Nilai spektral awan *Cumulonimbus* dapat diketahui dengan analisis citra satelit menggunakan SATAID, sedangkan hubungan antar kanal dapat diketahui dengan melakukan analisis terhadap nilai spektral suatu kanal terhadap nilai spektral pada kanal lainnya.

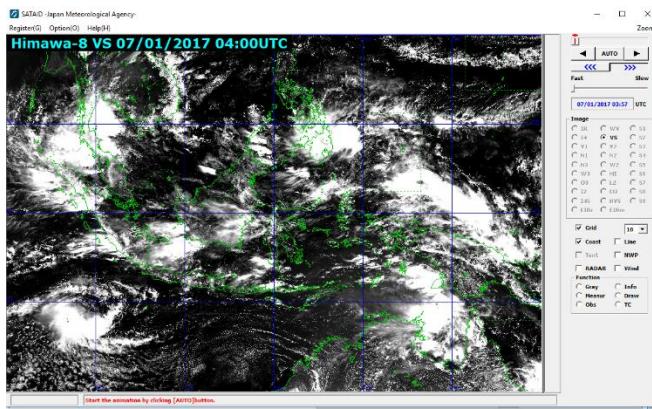
Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data citra satelit yaitu sebagai berikut:

- a. Menyediakan data dukung berupa input file data citra dari satelit Himawari-8 untuk *display* oleh SATAID. Pengambilan data dipilih bulan Januari 2017 dari tanggal 1 sampai dengan tanggal 31 yang terdapat kejadian awan *Cumulonimbus* pada saat itu.
- b. Membuka perangkat lunak SATAID. Berikut adalah tampilan awal SATAID:



Gambar 9: Tampilan awal SATAID.

- c. Setelah membuka SATAID, selanjutnya membuka file data citra satelit yang akan diambil data informasinya dengan langkah sebagai berikut:
 - 1) Memilih menu *Register*.
 - 2) Memilih *files*, kemudian memilih data citra satelit yang diinginkan.
 - 3) Klik *open*, sehingga tampilan seperti berikut ini:

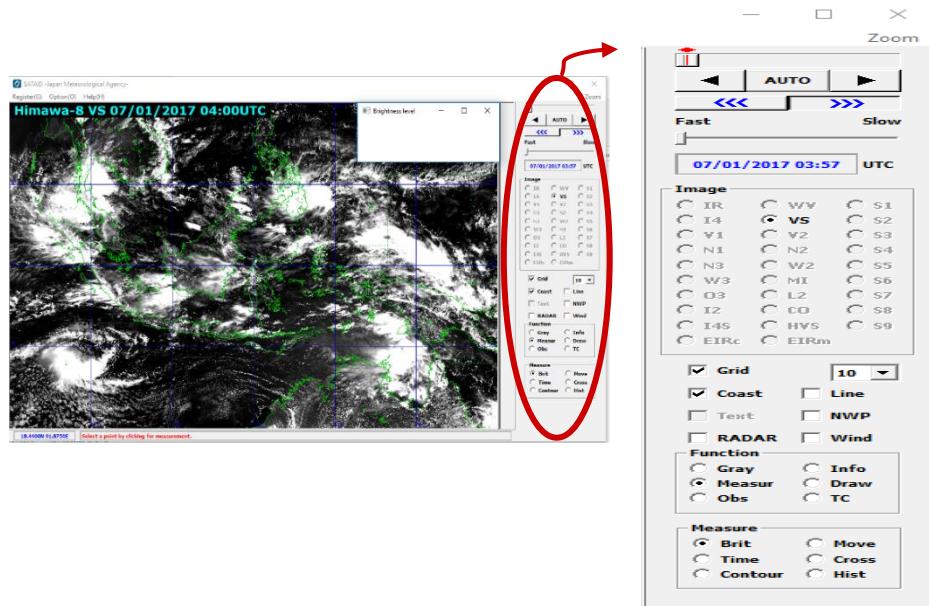


Gambar 10: Tampilan SATAID setelah membuka file data citra.

4) Mengatur menu bagian kanan dengan memilih:

- a) Menu *Image* : pilih sesuai kebutuhan
- b) Menu *Function* : *Measur*
- c) Menu *Measur* : *Brit*

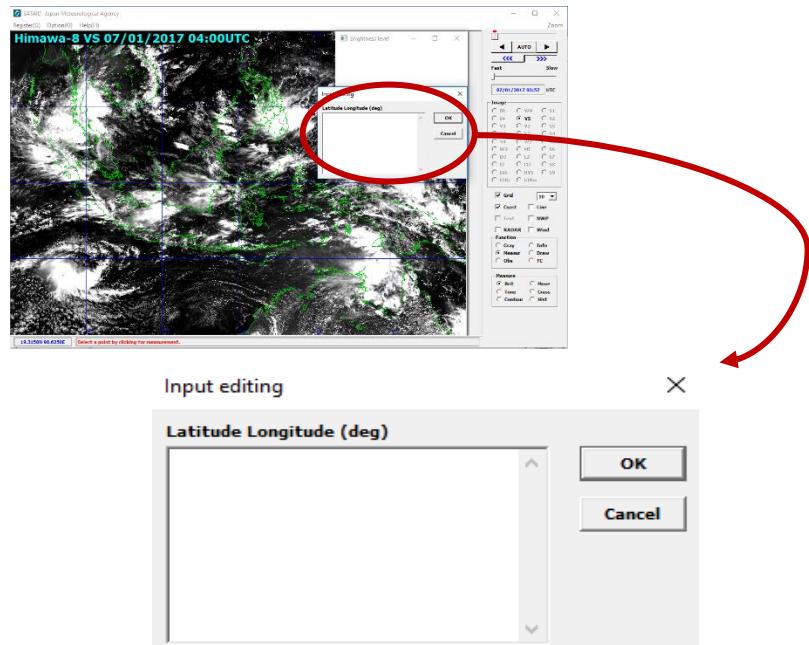
Tunggu hingga muncul jendela *brightness level*.



Gambar 11: Pengaturan menu yang digunakan dalam proses pengambilan data.

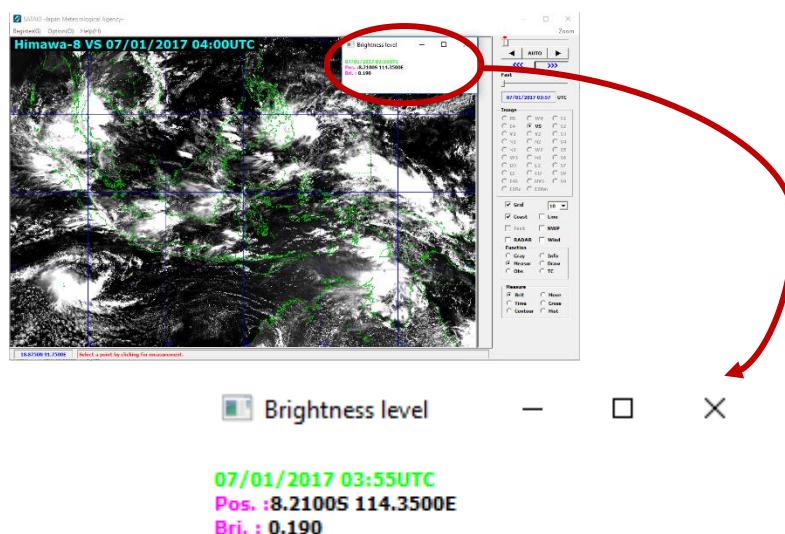
5) Melakukan ctrl+klik di bagian jendela *brightness level*.

6) Memilih *input pos*, menunggu hingga muncul jendela *input editing*.



Gambar 12: Tampilan jendela *input editing*.

d. Memasukkan *latitude* dan *longitude* titik penelitian pada jendela *input editing*, kemudian pilih OK sehingga muncul suatu nilai.



Gambar 13: Tampilan SATAID dalam pengambilan data cita.

- e. Mencatat nilai spektral yang dihasilkan pada *Microsoft Excel* dari hasil analisis citra satelit untuk setiap citra dari beberapa kanal.
- f. Pengambilan data citra untuk masing-masing kanal menggunakan prosedur yang sama. Perbedaannya, pengaturan pemilihan kanal yang terdapat pada menu *image*.
- g. Selesai.

E. Teknik Analisis Data

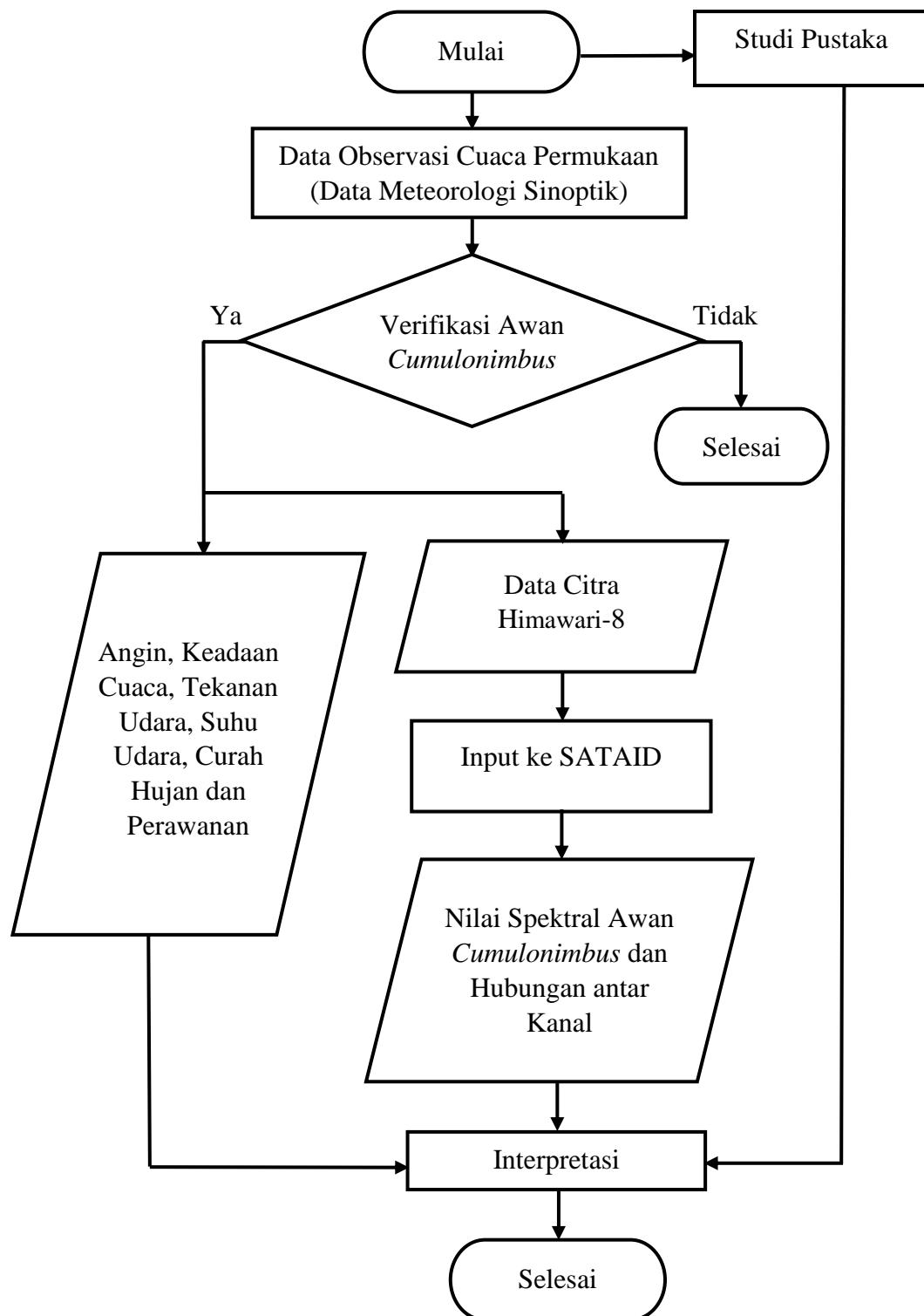
Analisis data yang digunakan yaitu dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* yang digunakan untuk mengolah, menganalisis dan pengeplotan data yang berasal dari citra satelit dan data cuaca permukaan. Data yang berasal dari citra satelit merupakan data yang diperoleh dari citra yang menggunakan 16 kanal/*band*. Data yang dihasilkan dari metode analisis citra satelit berupa nilai spektral awan *Cumulonimbus* dan hubungan antar kanal. Analisis yang dilakukan meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

Data yang berasal dari cuaca permukaan berupa data seperti keadaan angin, keadaan cuaca, tekanan udara, suhu udara, curah hujan dan perawanhan. Analisis yang dilakukan yaitu dengan menganalisis nilai arah dan kecepatan angin dengan pengamatan yang menggunakan penunjuk arah angin dan anemometer. Analisis keadaan cuaca meliputi *present weather* dan *past weather*. Analisis koreksi QFE tekanan udara (koreksi untuk memperoleh tekanan udara pada permukaan stasiun pengamatan), di mana tekanan udara diukur dengan

menggunakan barometer. Analisis suhu bola kering dan lembab nisbi untuk suhu udara, di mana pengukurannya dengan menggunakan termometer yang ditempatkan di dalam sangkar pelindung radiasi yang disebut sangkar *Stevenson*. Analisis curah hujan per tiga jam atau hujan sejak takaran terakhir dengan menggunakan alat penakar hujan. Analisis jenis dan banyak tutupan awan untuk awan rendah, awan menengah dan awan tinggi. Selain itu, analisis bagian langit yang tertutup awan untuk bagian perawan yang dilakukan dengan pengamatan visual.

F. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian yang dilakukan:



Gambar 14: Diagram alir penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Fenomena keberadaan awan *Cumulonimbus* sangat berbahaya untuk aktifitas manusia karena awan ini menimbulkan cuaca buruk. Oleh karena itu, keberadaan awan ini penting untuk dikaji. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil yang dapat diperoleh adalah karakteristik dari awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan di wilayah Banyuwangi dengan koordinat geografis 8,21 LS dan 114,35 BT. Karakteristik yang dihasilkan dengan menggunakan citra satelit berupa nilai spektral citra dan hubungan antar kanal, sedangkan karakteristik yang dihasilkan dengan menggunakan data cuaca permukaan berupa keadaan angin, keadaan cuaca, tekanan udara, suhu udara, curah hujan dan perawanhan.

A. Karakteristik Awan *Cumulonimbus* dengan Menggunakan Citra Satelit

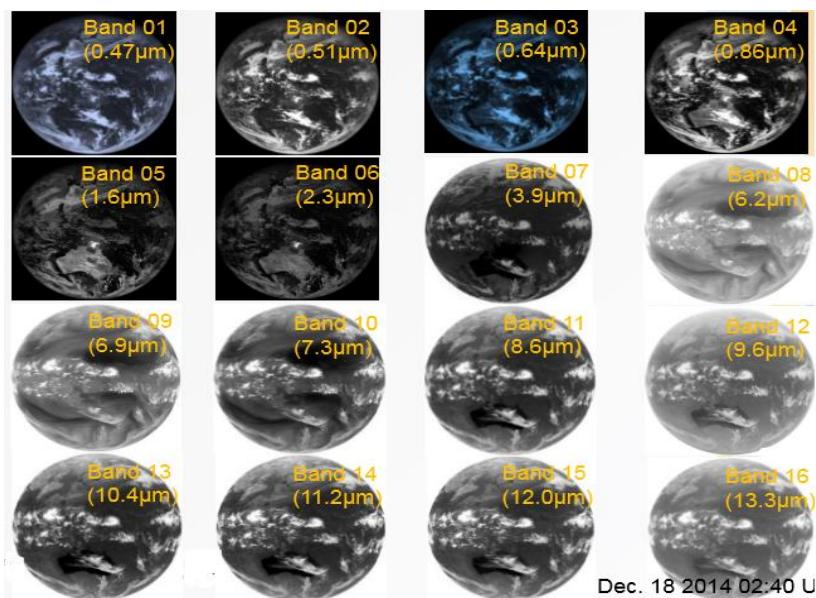
Kegiatan untuk mengetahui karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan citra satelit pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan data Himawari *Cloud*. Data citra satelit tersebut merupakan data yang diperoleh dari observasi satelit Himawari-8 dengan menggunakan sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) yang terdiri dari 16 kanal/*band* dan setiap kanal memiliki resolusi tersendiri.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, satuan waktu yang digunakan pada citra maupun data meteorologi sinopik adalah UTC (*Coordinated Universal Time*) yang menjadi dasar patokan waktu untuk seluruh dunia. Konversi satuan waktu UTC ke satuan waktu WIB memiliki perbedaan waktu 7 jam. Peninjauan yang dilakukan oleh satelit setiap 10 menit, sedangkan

peninjauan yang dilakukan pada penelitian meteorologi sinoptik setiap 1 jam.

Hal ini dikarenakan, data meteorologi sinoptik merupakan penelitian yang dilakukan secara manual yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung berhubungan dengan alat dan objek penelitian.

Citra yang digunakan pada penelitian ini merupakan citra hasil rekaman satelit Himawari-8 yang merupakan satelit keluaran Jepang dengan menggunakan 16 kanal/band. Aplikasi SATAID berfungsi untuk menampilkan gambar dan data parameter meteorologi dari citra satelit Himawari-8. Aplikasi ini dijalankan di dalam sistem operasi Windows, inti dari aplikasi SATAID adalah menampilkan data binari dari satelit menjadi gambar. Berikut adalah contoh citra masing-masing kanal.



Gambar 15: Citra satelit Himawari-8 setiap kanal.
(Panjaitan, 2014)

Berdasarkan sumber pustaka, visibel memiliki respon pada nilai tengah panjang gelombang yang cukup baik untuk setiap kanalnya, khususnya pada kanal 2 di daerah hijau, kemudian pada kanal 3 di daerah merah, sedangkan pada kanal 1 masih kurang baik untuk daerah biru. Inframerah dekat untuk kanal 4, 5 dan 6 sama sekali tidak memiliki respon untuk suhu (*brightness temperature*), tetapi kanal ini nanti akan bisa dipergunakan untuk pemantauan global vegetasi, klorofil laut atau untuk mendukung klasifikasi awan dalam gabungannya dengan kanal visibel dan inframerah dan/atau pemantauan daratan pada malam hari. Kanal inframerah termal memiliki respon bervariasi terhadap suhu, di mana data dari 10 kanal termal ini dapat dipergunakan untuk mendeteksi suhu permukaan awan, uap air, daratan dan laut sehingga diharapkan dapat meningkatkan akurasi khususnya dalam klasifikasi awan untuk memetakan awan hujan (Kushardono, 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai spektral citra dari data yang dihasilkan dengan menggunakan 16 kanal/*band* berupa nilai reflektansi dan suhu kecerahan (*brightness temperature*). Nilai reflektansi digunakan untuk kanal visibel dan inframerah dekat, di mana kanal 1 sampai dengan 3 merupakan kanal visibel dan kanal 4 sampai dengan 6 merupakan kanal inframerah dekat (*near infrared*), sedangkan nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*) untuk kanal inframerah termal yaitu dari kanal 7 sampai dengan 16. Setiap kanal memiliki respon tersendiri dalam menampilkan citra hasil peninjauannya.

Berdasarkan data yang telah diperoleh untuk 16 kanal/*band*, pengambilan data meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus*

terbentuk yang sesuai dengan waktu bermakna adanya awan *Cumulonimbus* dari data cuaca permukaan. Data yang menunjukkan adanya awan *Cumulonimbus* yaitu tanggal 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 22, 23, 24, 25, 27 Januari 2017. Total keseluruhan ada 16 kejadian dalam satu bulan. Setelah menganalisis lebih lanjut, untuk keperluan pengolahan data dengan menggunakan tanggal 6, 7 dan 11 Januari 2017. Hal ini dikarenakan, dari 16 data yang memenuhi untuk kajian ini terdapat pada tanggal 6, 7 dan 11 Januari 2017 di mana tanggal 6 Januari 2017 keadaan awan *Cumulonimbus* disertai hujan ringan, 7 Januari 2017 keadaan awan *Cumulonimbus* tanpa hujan dan 11 Januari 2017 keadaan awan *Cumulonimbus* disertai hujan lebat.

Data yang telah diperoleh dari 16 kanal/*band* tersebut menunjukkan bahwa nilai reflektansi maupun nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*) mengalami perubahan nilai di setiap waktu meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Selain itu, berdasarkan data citra yang telah diperoleh diketahui bahwa pada waktu tertentu terdapat data yang tidak memiliki nilai. Hal ini dikarenakan, data citra satelit pada waktu tersebut tidak tersedia, kemungkinan yang terjadi adalah terdapat sedikit masalah atau satelit ada pada masa istirahat yang memungkinkan tidak tersedianya citra

Proses analisis grafik yang dilakukan dengan melakukan empat macam, yaitu grafik untuk mengetahui pola spektral (reflektansi) awan, pola spektral (suhu kecerahan) awan, *time series* suhu puncak awan dan *time series* pengurangan suhu puncak awan. Pola spektral awan untuk reflektansi ini merupakan pola dari analisis kanal 1 sampai dengan 6, yang terdiri dari kanal

visibel dan kanal inframerah dekat. Grafik ini menunjukkan perubahan nilai reflektansi yang dialami tiap saluran ketika meninjau dari sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Reflektansi ini tidak memiliki nilai satuan. Grafik yang ditunjukkan pada pola ini adalah tiap satu jam.

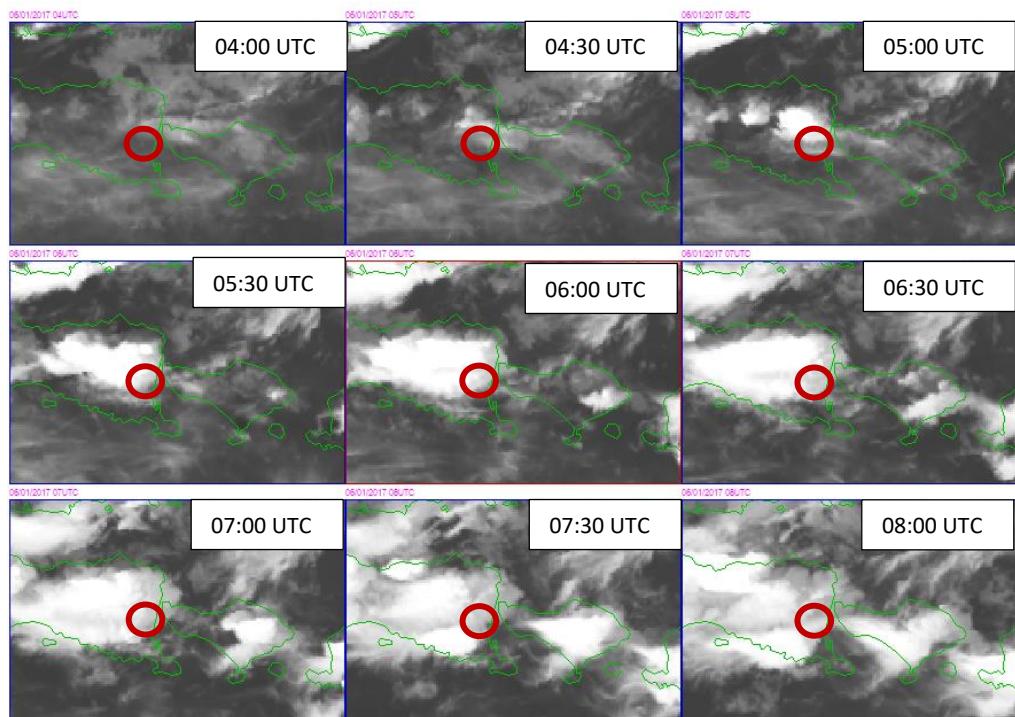
Pola spektral awan untuk suhu kecerahan merupakan pola dari analisis kanal 7 sampai dengan 16 yang merupakan kanal inframerah termal. Grafik ini menunjukkan perubahan nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* yang dialami tiap saluran ketika meninjau dari sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Satuan dari suhu kecerahan ini menggunakan satuan *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$). Grafik yang ditunjukkan pada pola ini adalah tiap satu jam.

Hampir sama dengan grafik pola spektral awan untuk suhu kecerahan, grafik untuk pola *time series* suhu puncak awan ini menunjukkan nilai perubahan suhu kecerahan yang dialami oleh tiga kanal tiap waktu, yaitu kanal 8, 13 dan 15. Kanal 8 merupakan kanal *water vapor* (WV) yang merupakan kanal IR3, sedangkan kanal 13 merupakan kanal inframerah (IR) yang merupakan kanal IR1 dan kanal 15 merupakan kanal inframerah-2 (I2) yang merupakan kanal IR2. Grafik yang ditunjukkan pada pola ini adalah tiap 10 menit dari kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Satuan dari suhu kecerahan ini menggunakan satuan *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$).

Grafik yang selanjutnya adalah grafik *time series* pengurangan suhu puncak awan. Grafik ini menunjukkan nilai pengurangan dari suhu kecerahan untuk tiap waktu, yaitu nilai pengurangan dari kanal 13 dengan kanal 8 (B13 (IR) – B08 (WV)) dan kanal 13 dengan kanal 15 (B13 (IR) – B15 (I2)). Grafik

ini dengan menggunakan perubahan tiap 10 menit dari data sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Satuan dari suhu kecerahan ini menggunakan satuan *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$).

Berdasarkan data cuaca permukaan, awan *Cumulonimbus* yang menyebabkan cuaca ekstrim di Banyuwangi pada tanggal 6 Januari 2017 mempunyai periode hidup 2 jam pada pukul 05:00 UTC sampai dengan pukul 07:00 UTC. Data cuaca permukaan mencatat adanya awan *Cumulonimbus* pada pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC yang setara pukul 12:00, 13:00 dan 14:00 WIB. Berikut adalah citra yang menunjukkan adanya proses pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit.



Gambar 16: Citra pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit tanggal 6 Januari 2017.

Berdasarkan citra dari Gambar 16, dapat terlihat bahwa ada beberapa tahapan yang dialami dalam pertumbuhan awan *Cumulonimbus* yaitu dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Pukul 04:00 UTC dan 04:30 UTC awan *Cumulonimbus* terlihat belum tumbuh. Pukul 05:00 UTC terlihat awan *Cumulonimbus* sudah tumbuh dan berkembang, terbentuknya awan ini terlihat hingga pukul 07:00 UTC. Selanjutnya, awan *Cumulonimbus* ini mengalami tahap disipasi (lenyap) yang terlihat pada saat pukul 07:30 UTC dan 08:00 UTC pada citra tiap 30 menit tersebut.

Berdasarkan data yang dihasilkan dari perubahan setiap 10 menit, nilai rentangan reflektansi saat terdapat awan *Cumulonimbus* adalah sebagai berikut.

Tabel 3: Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Perubahan 10 menit Tanggal 6 Januari 2017.

Kanal/Band	Rentang Nilai Reflektansi
B01	0,444 s.d. 0,946
B02	0,422 s.d. 0,938
B03	0,415 s.d. 0,986
B04	0,475 s.d. 0,992
B05	0,199 s.d. 0,254
B06	0,236 s.d. 0,336

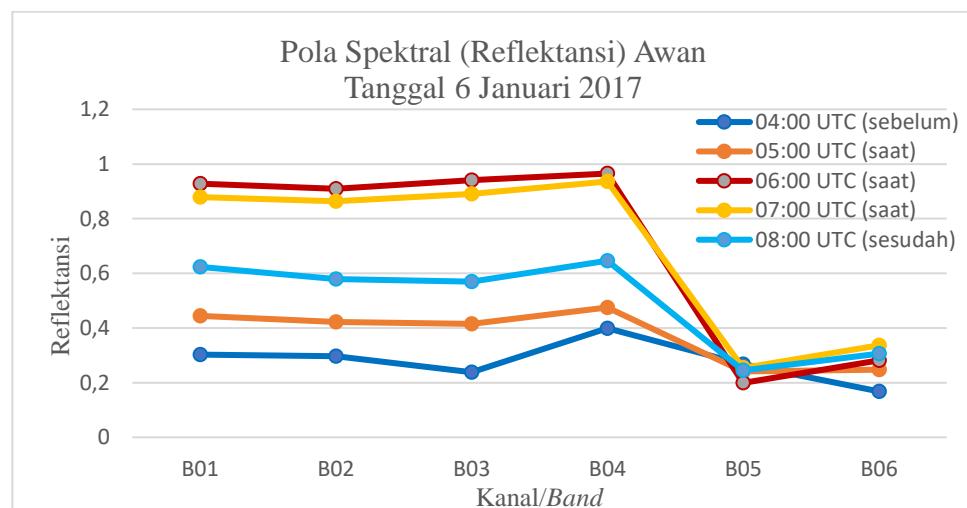
Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai reflektansi yang dihasilkan dari kanal 1 sampai dengan kanal 4 memiliki nilai rentangan yang lebih besar dan cenderung memiliki selisih yang kecil. Selanjutnya, yaitu kanal 5 dan 6 terlihat memiliki nilai rentangan reflektansi yang lebih rendah. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa kecenderungan nilai reflektansi yang dihasilkan citra visibel lebih tinggi nilainya dibandingkan citra inframerah dekat.

Berbeda dengan nilai reflektansi yang tidak mempunyai nilai satuan, nilai suhu kecerahan mempunyai satuan *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$). Berikut adalah nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* saat terdapat awan *Cumulonimbus* dengan perubahan setiap 10 menit tanggal 6 Januari 2017.

Tabel 4: Rentang Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017.

Kanal/Band	Rentang Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$)
B07	-13,7 s.d. -0,7
B08	-56,2 s.d. -43,7
B09	-52,9 s.d. -39,6
B10	-51 s.d. -37,9
B11	-44,1 s.d. -35,1
B12	-45 s.d. -39,2
B13	-44 s.d. -34,4
B14	-46,7 s.d. -35,5
B15	-47,6 s.d. -35,8
B16	-50,6 s.d. -37,9

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tanggal 6 Januari 2017 untuk pola spektral (reflektansi) awan.



Gambar 17: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 6 Januari 2017.

Berikut adalah nilai reflektansi yang dihasilkan dari data keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tanggal 6 Januari 2017 tiap satu jam.

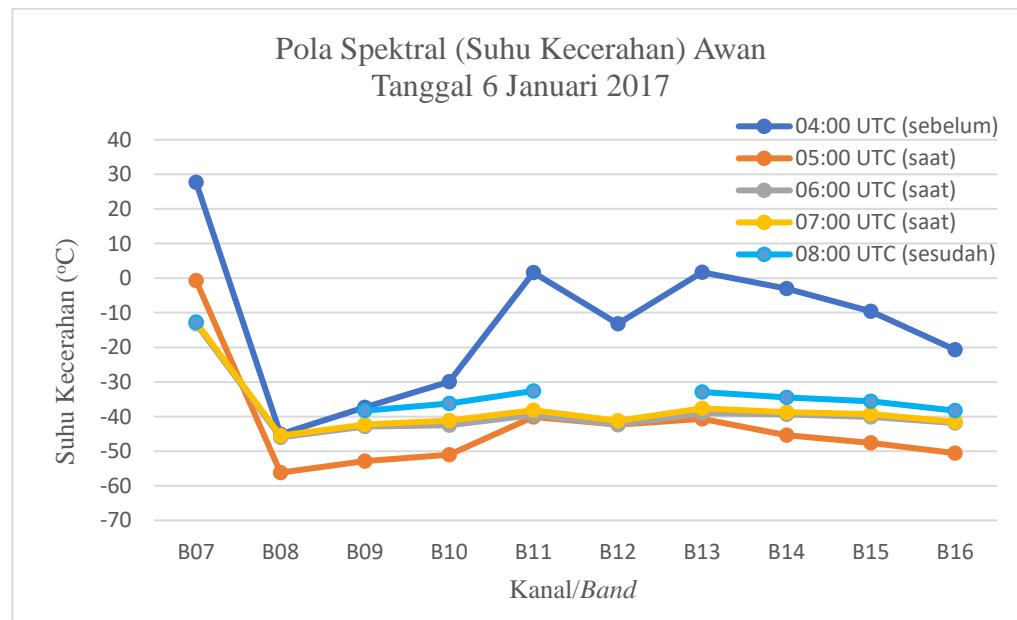
Tabel 5: Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Satu Jam Tanggal 6 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Reflektansi					
		B01	B02	B03	B04	B05	B06
04:00	Sebelum	0,302	0,297	0,238	0,399	0,267	0,168
05:00	Saat	0,444	0,422	0,415	0,475	0,241	0,247
06:00	Saat	0,928	0,909	0,941	0,965	0,199	0,281
07:00	Saat	0,879	0,864	0,89	0,936	0,254	0,336
08:00	Sesudah	0,624	0,579	0,57	0,646	0,245	0,306

Berdasarkan data pada Tabel 5 dan grafik pada Gambar 17, untuk pola spektral (reflektansi) awan tanggal 6 Januari 2017, dapat diketahui bahwa dari kanal 1 sampai dengan kanal 6 memiliki perbedaan nilai reflektansi di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai reflektansi yang dihasilkan saat terdapat awan *Cumulonimbus* cenderung lebih tinggi daripada nilai reflektansi sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai reflektansi yang dihasilkan dari kanal 1 sampai dengan kanal 4 menunjukkan perbedaan nilai yang tidak terlalu besar dalam satu waktu dan keadaan yang sama. Akan tetapi, pada kanal 5 dan 6 terjadi penurunan nilai reflektansi untuk semua waktu dari sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa pada kanal 5 dan 6 sulit mengidentifikasi awan *Cumulonimbus*.

Pukul 04:00 UTC menunjukkan nilai reflektansi yang rendah untuk setiap kanal ketika awan *Cumulonimbus* belum tumbuh, kemudian pukul 05:00 UTC nilai reflektansi mengalami peningkatan ketika awan *Cumulonimbus* pada tahap tumbuh hingga tahap matang sampai dengan pukul 07:00 UTC yang ditandai dengan peningkatan nilai reflektansi yang sangat tinggi. Pukul 08:00 UTC nilai reflektansi mengalami penurunan ketika awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tanggal 6 Januari 2017 untuk pola spektral (suhu kecerahan) awan.



Gambar 18: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 6 Januari 2017.

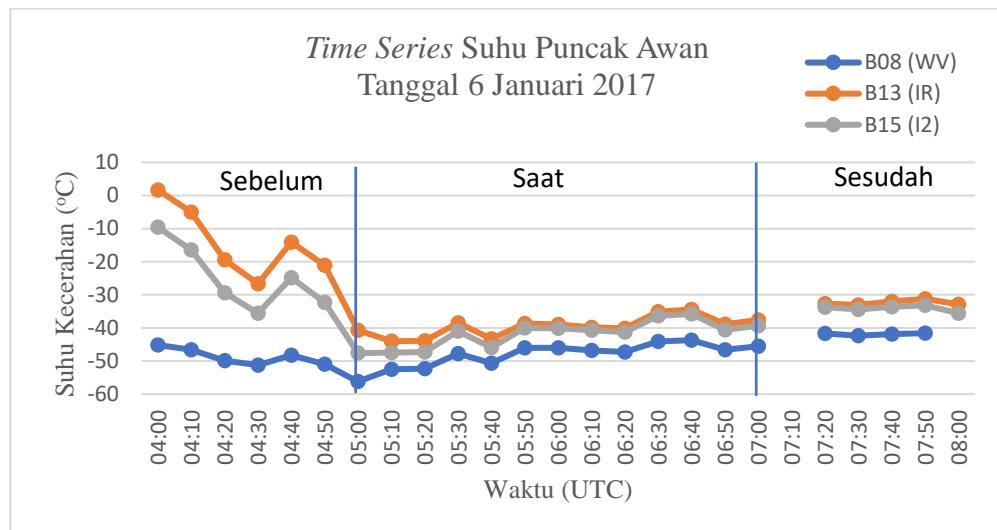
Berikut adalah nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* yang dihasilkan dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap satu jam tanggal 6 Januari 2017.

Tabel 6: Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 6 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Suhu Kecerahan (°C)									
		B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
04:00	Sebelum	27,7	-45,1	-37,3	-29,9	1,6	-13,2	1,7	-3	-9,6	-20,7
05:00	Saat	-0,7	-56,2	-52,9	-51	-40,1	-42,3	-40,7	-45,4	-47,6	-50,6
06:00	Saat	-13,2	-46	-42,9	-42,5	-39,6	-42,3	-39	-39,4	-40,1	-41,9
07:00	Saat	-12,7	-45,5	-42,3	-41,1	-38,2	-41,2	-37,6	-38,7	-39,3	-41,5
08:00	Sesudah	-12,7		-38,3	-36,2	-32,6		-32,9	-34,5	-35,6	-38,3

Berdasarkan data pada Tabel 6 dan grafik pada Gambar 18 dari hasil nilai suhu kecerahan tanggal 6 Januari 2017, pola spektral (suhu kecerahan) awan dari kanal 7 sampai dengan kanal 16 memiliki perbedaan nilai di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang dihasilkan saat terdapat awan *Cumulonimbus* bernilai lebih rendah daripada suhu kecerahan sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Dilihat dari nilai setiap kanal, pukul 04:00 UTC adalah waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk menunjukkan nilai suhu kecerahan yang cenderung bernilai tinggi. Pukul 05:00 UTC nilai suhu kecerahannya cenderung bernilai rendah ketika awan *Cumulonimbus* mulai terbentuk dari tahap tumbuh sampai tahap matang hingga pukul 07:00 UTC. Setelah itu, pukul 08:00 UTC nilai suhu kecerahannya meningkat kembali ketika awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017.



Gambar 19: Grafik *time series* suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017.

Berikut adalah nilai suhu kecerahan/brightness temperature yang dihasilkan dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tiap 10 menit untuk kanal 8, 13 dan 15.

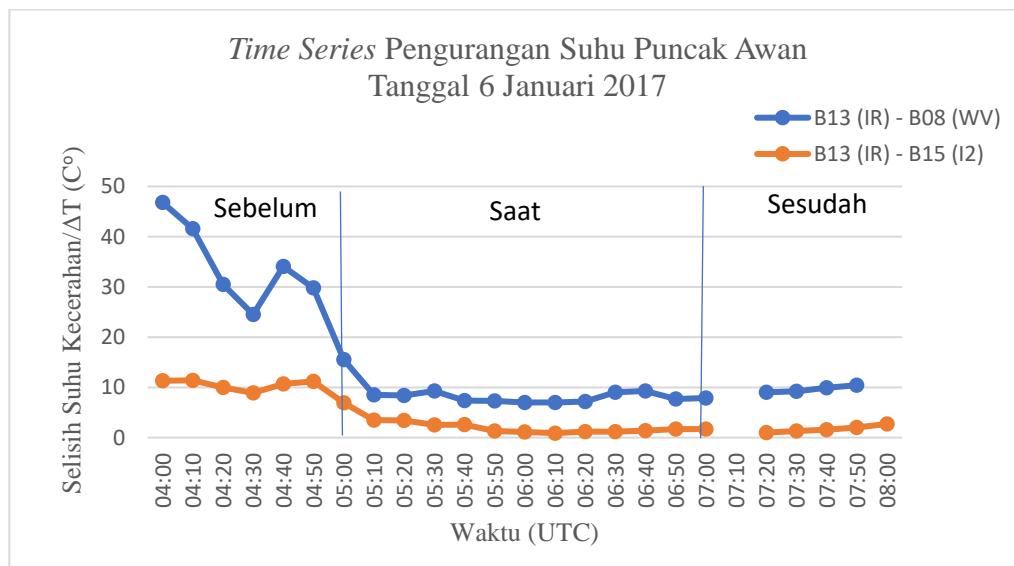
Tabel 7: Nilai Suhu Kecerahan/Brightness Temperature Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Suhu Kecerahan (°C)		
		B08 (WV)	B13 (IR)	B15 (I2)
04:00	Sebelum	-45,1	1,7	-9,6
04:10		-46,6	-5	-16,4
04:20		-49,9	-19,4	-29,4
04:30		-51,2	-26,7	-35,6
04:40		-48,2	-14,1	-24,8
04:50		-50,9	-21,1	-32,3
05:00	Saat	-56,2	-40,7	-47,6
05:10		-52,5	-44	-47,5
05:20		-52,3	-43,9	-47,3
05:30		-47,8	-38,5	-41
05:40		-50,7	-43,3	-45,9
05:50		-46	-38,7	-40
06:00		-46	-39	-40,1
06:10		-46,8	-39,8	-40,7
06:20		-47,3	-40,1	-41,3
06:30		-44,1	-35,1	-36,3
06:40		-43,7	-34,4	-35,8
06:50		-46,6	-38,9	-40,6
07:00		-45,5	-37,6	-39,3
07:10	Sesudah			
07:20		-41,7	-32,7	-33,7
07:30		-42,3	-33,1	-34,4
07:40		-41,9	-32	-33,6
07:50		-41,6	-31,2	-33,2
08:00			-32,9	-35,6

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada Tabel 7 untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017 antara kanal 8, 13 dan 15 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang terukur tiap 10 menit dari ketiga kanal tersebut menunjukkan bahwa nilai pengukuran suhu terendah terletak pada kanal 8 dan pengukuran suhu tertinggi terletak pada kanal 13. Nilai suhu kecerahan yang dihasilkan saat terdapat awan *Cumulonimbus* pada kanal 8 berkisar dari -56,2°C sampai dengan -43,7°C sedangkan untuk kanal 13 memiliki nilai lebih tinggi yang berkisar -44°C sampai dengan -34,4°C dan untuk kanal 15 memiliki nilai yang berkisar -47,6°C sampai dengan -35,8°C.

Berdasarkan grafik pada Gambar 19, pukul 04:00 UTC menunjukkan nilai suhu kecerahan yang tinggi kemudian mengalami penurunan suhu hingga sekitar pukul 05:00 UTC. Nilai suhu kecerahan yang terukur cenderung bernilai rendah dan stabil hingga pukul 07:00 UTC. Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang pukul 04:00 UTC sampai dengan 05:00 UTC, awan *Cumulonimbus* pada tahap tumbuh yang ditandai dengan penurunan suhu kecerahan, kemudian pada pukul 05:00 UTC hingga pukul 07:00 UTC, awan *Cumulonimbus* mengalami perkembangan hingga tahap matang. Setelah itu, nilai suhu kecerahan mengalami peningkatan kembali hingga pukul 08:00 UTC, yang menandakan secara perlahan awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017.



Gambar 20: Grafik *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017

Berikut adalah nilai pengurangan suhu puncak awan atau suhu kecerahan (*brightness temperature*) dari kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap 10 menit tanggal 6 Januari 2017.

Tabel 8: Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan kanal 15 tiap 10 Menit Tanggal 6 Januari 2017

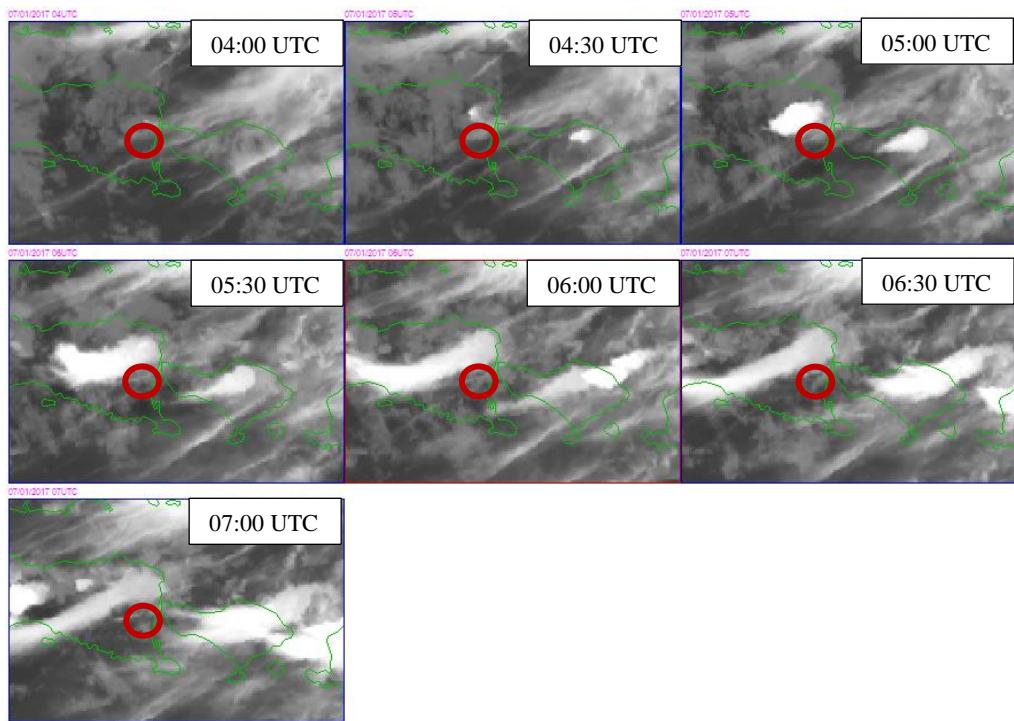
Waktu (UTC)	Pengurangan Suhu Kecerahan/ ΔT (C°)	
	B13 (IR) – B08 (WV)	B13 (IR) – B15 (I2)
04:00	Sebelum	46,8
04:10		41,6
04:20		30,5
04:30		24,5
04:40		34,1
04:50		29,8
05:00	Saat	15,5
05:10		8,5
05:20		8,4
05:30		9,3
05:40		7,4
05:50		7,3
06:00		7
06:10		7
06:20		7,2
06:30		9
06:40		9,3
06:50		7,7
07:00		7,9
07:10	Sesudah	
07:20		9
07:30		9,2
07:40		9,9
07:50		10,4
08:00		2,7

Berdasarkan grafik pada Gambar 20 dan data pada Tabel 8, untuk pengurangan suhu puncak awan tanggal 6 Januari 2017 dari kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai pengurangan suhu yang dihasilkan dari kanal 13 dengan kanal 8 memiliki nilai suhu kecerahan yang lebih tinggi daripada yang dihasilkan dari pengurangan

suhu kanal 13 dengan kanal 15. Saat awan *Cumulonimbus* terbentuk, selisih suhu kecerahan dari hasil pengurangan kanal 13 dengan kanal 8 berkisar dari 7°C sampai dengan $15,5^{\circ}\text{C}$ sedangkan kanal 13 dengan kanal 15 berkisar dari $0,9^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $6,9^{\circ}\text{C}$.

Pukul 04:00 UTC menunjukkan nilai suhu yang tinggi, keadaan ini membuktikan awan *Cumulonimbus* belum tumbuh. Selanjutnya, nilai suhu mengalami penurunan hingga mencapai pukul 05:00 UTC. Penurunan suhu ini menunjukkan pertumbuhan dari awan-awan konvektif, di mana awan *Cumulonimbus* akan terbentuk. Pukul 05:10 UTC nilai pengurangan suhu bernilai rendah dan cenderung stabil hingga pukul 07:00 UTC. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu yang rendah awan *Cumulonimbus* pada tahap tumbuh hingga matang. Tahap ini akan mengakibatkan cuaca buruk di sekitarnya. Setelah itu, pukul 07:00 UTC sampai dengan 08:00 UTC, nilai pengurangan suhu akan mulai meningkat lagi yang menandakan pada tahap ini awan *Cumulonimbus* perlahan akan mengalami disipasi (lenyap).

Berdasarkan data cuaca permukaan, awan *Cumulonimbus* yang menyebabkan cuaca buruk di Banyuwangi pada tanggal 7 Januari 2017 mempunyai periode hidup dengan tahap tumbuh terjadi pada pukul 05:00 UTC sampai dengan pukul 06:00 UTC yang setara pukul 12:00 dan 13:00 WIB. Berikut adalah citra yang menunjukkan adanya proses pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit.



Gambar 21: Citra pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit tanggal 7 Januari 2017.

Berdasarkan citra pada Gambar 21, dapat terlihat bahwa ada beberapa tahapan yang dialami awan *Cumulonimbus* yaitu dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Pukul 04:00 UTC dan 04:30 UTC awan *Cumulonimbus* terlihat belum tumbuh. Pukul 05:00 UTC terlihat awan *Cumulonimbus* sudah tumbuh dan berkembang, terbentuknya awan ini terlihat hingga pukul 06:00 UTC. Selanjutnya, awan *Cumulonimbus* ini terlihat mengalami tahap disipasi (lenyap) yang dapat terlihat pada pukul 06:30 UTC dan 07:00 UTC pada citra tiap 30 menit tersebut.

Berdasarkan data yang dihasilkan dari perubahan setiap 10 menit, nilai rentangan reflektansi saat terdapat awan *Cumulonimbus* tanggal 7 Januari 2017 adalah sebagai berikut.

Tabel 9: Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017

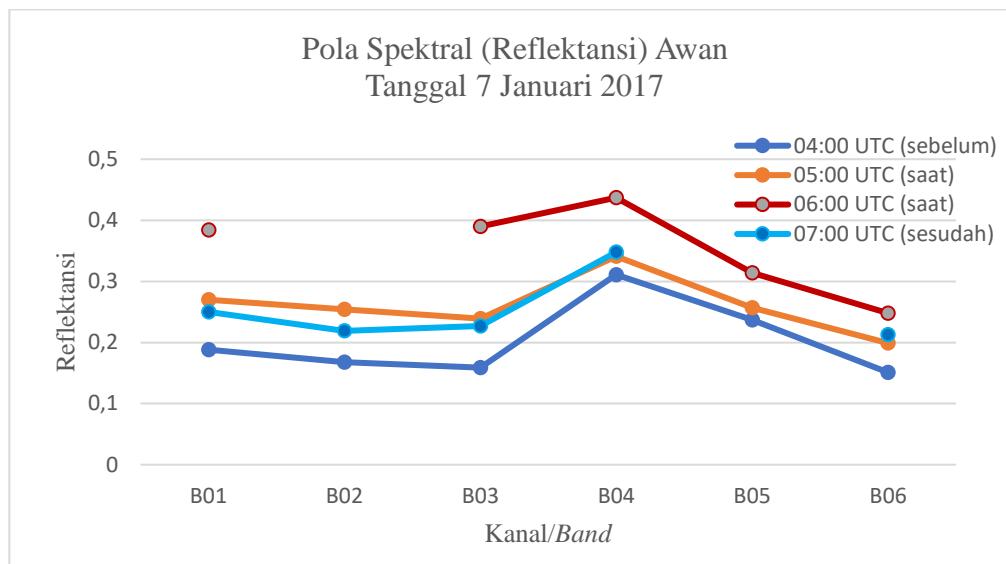
Kanal/Band	Rentang Nilai Reflektansi
B01	0,255 s.d. 0,546
B02	0,234 s.d. 0,532
B03	0,225 s.d. 0,587
B04	0,309 s.d. 0,609
B05	0,234 s.d. 0,429
B06	0,179 s.d. 0,324

Berdasarkan data pada Tabel 9, dapat diketahui bahwa rentang nilai reflektansi yang dihasilkan dari kanal 1 sampai dengan kanal 4 memiliki nilai yang lebih tinggi, sedangkan kanal 5 dan kanal 6 memiliki rentang nilai reflektansi lebih rendah yang terlihat pada batas rentangan nilainya. Nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* saat terdapat awan *Cumulonimbus* dengan perubahan setiap 10 menit yaitu sebagai berikut.

Tabel 10: Rentang Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017.

Kanal/Band	Rentang Nilai Suhu Kecerahan/ <i>Brightness Temperature</i> (°C)
B07	33,1 s.d. 11,5
B08	-43,7 s.d. -42,1
B09	-36 s.d. -33,9
B10	-28,8 s.d. -25,9
B11	-16,2 s.d. -1,4
B12	-26,5 s.d. -16
B13	-15,6 s.d. -1,1
B14	-17,6 s.d. -4,3
B15	-19,6 s.d. -9,4
B16	-25,2 s.d. -18,6

Berikut adalah grafik hasil dari pengeplotan nilai dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tanggal 7 Januari 2017 untuk pola spektral (reflektansi) awan.



Gambar 22: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 7 Januari 2017.

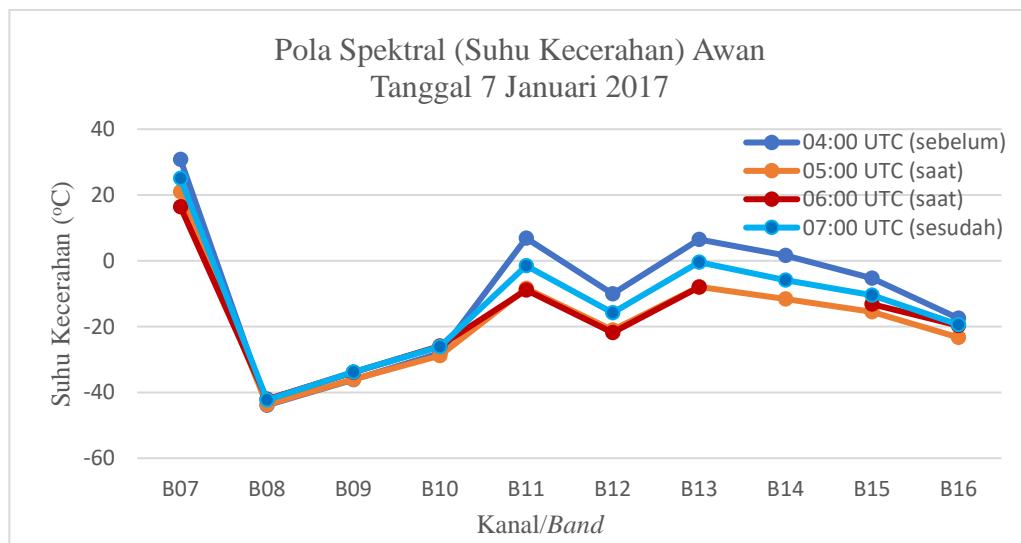
Berikut adalah nilai reflektansi yang dihasilkan dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap satu jam tanggal 7 Januari 2017.

Tabel 11: Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Satu Jam Tanggal 7 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Reflektansi					
		B01	B02	B03	B04	B05	B06
04:00	Sebelum	0,188	0,168	0,159	0,311	0,237	0,151
05:00	Saat	0,270	0,254	0,239	0,341	0,257	0,199
06:00	Saat	0,390		0,390	0,437	0,314	0,248
07:00	Sesudah	0,250	0,219	0,227	0,348		0,213

Berdasarkan data pada Tabel 11 dan grafik pada Gambar 22 untuk pola spektral (reflektansi) awan tanggal 7 Januari 2017, dapat diketahui bahwa dari kanal 1 sampai dengan kanal 6 memiliki perbedaan nilai reflektansi di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai reflektansi yang dihasilkan saat terbentuk awan *Cumulonimbus* cenderung lebih tinggi daripada nilai reflektansi sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Pukul 04:00 UTC menunjukkan nilai reflektansi yang rendah untuk setiap kanal ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Pukul 05:00 UTC nilai reflektansi mengalami peningkatan sampai dengan pukul 06:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap tumbuh hingga tahap matang. Setelah itu, pukul 07:00 UTC nilai reflektansi mengalami penurunan ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 7 Januari 2017.



Gambar 23: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 7 Januari 2017.

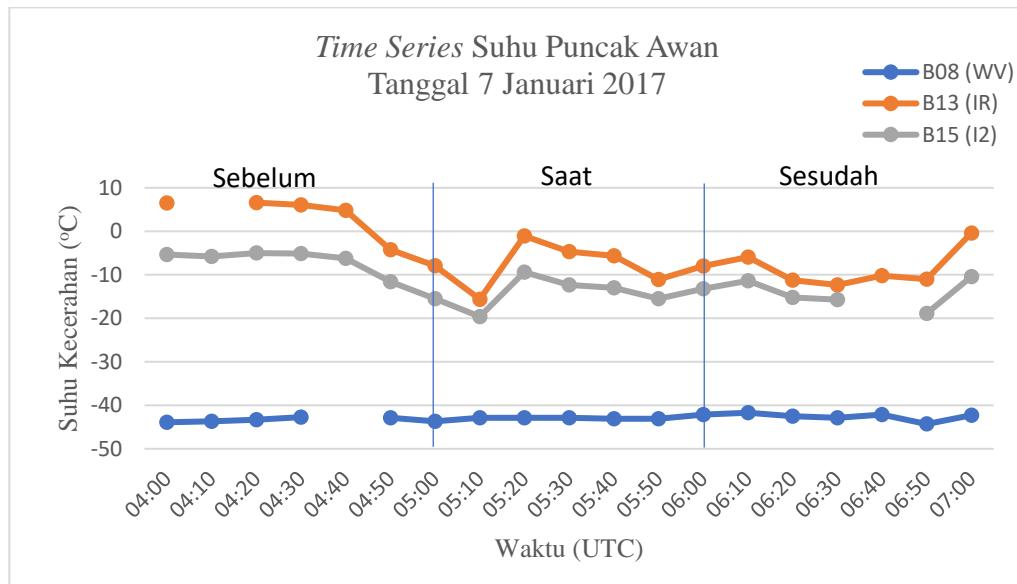
Berikut adalah nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* yang dihasilkan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap satu jam tanggal 7 Januari 2017.

Tabel 12: Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 7 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Suhu Kecerahan (°C)									
		B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
04:00	Sebelum	30,8	-43,9	-36,1	-28,1	6,9	-10,1	6,5	1,6	-5,3	-17,5
05:00	Saat	21	-43,7	-36	-28,8	-8,4	-21,1	-7,9	-11,6	-15,5	-23,3
06:00	Saat	16,4	-42,1	-33,9	-25,9	-8,9	-21,8	-8		-13,2	-19,7
07:00	Sesudah	25,1	-42,3	-33,8	-26,1	-1,5	-15,8	-0,4	-5,9	-10,4	-19,4

Berdasarkan data pada Tabel 12 dan grafik pada Gambar 23 dari hasil nilai suhu kecerahan tanggal 7 Januari 2017, dapat diketahui bahwa untuk pola spektral (suhu kecerahan) awan dari kanal 7 sampai dengan kanal 16 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk bernilai lebih rendah daripada suhu kecerahan ketika sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Berdasarkan nilai yang dihasilkan setiap kanal, pukul 04:00 UTC menunjukkan nilai suhu kecerahan yang cenderung bernilai tinggi ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Setelah itu, pukul 05:00 UTC sampai dengan pukul 06:00 UTC, nilai suhu kecerahannya cenderung bernilai rendah ketika awan *Cumulonimbus* mulai terbentuk dari tahap tumbuh sampai tahap matang. Pukul 07:00 UTC nilai suhu kecerahannya meningkat kembali ketika awan *Cumulonimbus* pada tahap lenyap.

Berikut adalah grafik hasil dari analisis keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017.



Gambar 24: Grafik *time series* suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017.

Berikut adalah nilai suhu kecerahan/brightness temperature yang dihasilkan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tiap 10 menit untuk kanal 8, 13 dan 15 tanggal 7 Januari 2017.

Tabel 13: Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017

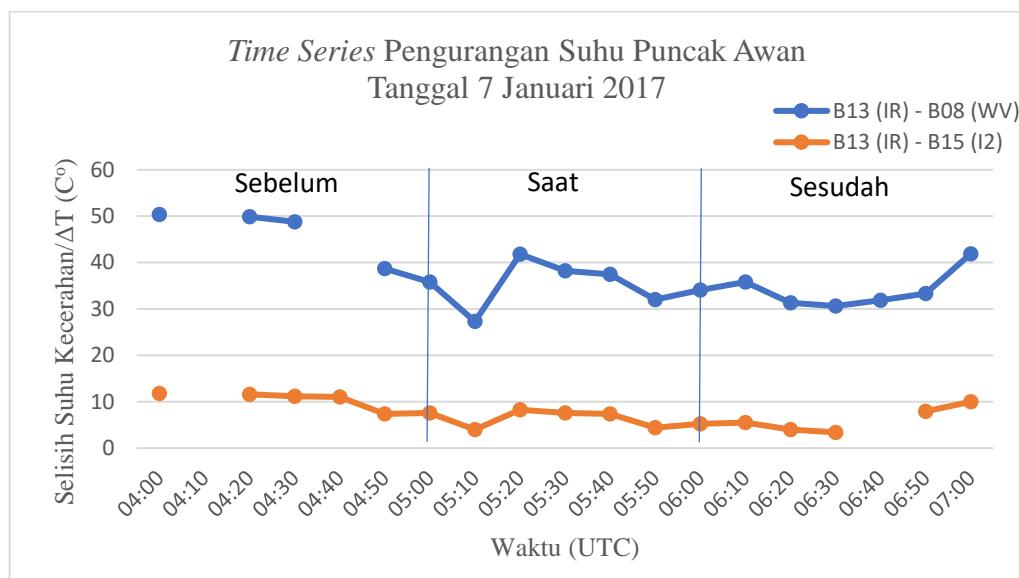
Waktu (UTC)	Suhu Kecerahan (°C)		
	B08 (WV)	B13 (IR)	B15 (I2)
04:00	Sebelum	-43,9	6,5
04:10		-43,7	-5,8
04:20		-43,3	-5
04:30		-42,7	-5,1
04:40			4,8
04:50		-42,9	-11,6
05:00	Saat	-43,7	-7,9
05:10		-42,9	-15,6
05:20		-42,9	-1,1
05:30		-42,9	-12,3
05:40		-43,1	-5,6
05:50		-43,1	-15,5
06:00		-42,1	-13,2
06:10	Sesudah	-41,7	-5,9
06:20		-42,5	-11,2
06:30		-42,9	-12,3
06:40		-42,1	-10,2
06:50		-44,3	-18,9
07:00		-42,3	-10,4

Berdasarkan data pada Tabel 13 dan grafik pada Gambar 24 untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017 antara kanal 8, kanal 13 dan kanal 15 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang terukur tiap 10 menit dari ketiga kanal menunjukkan bahwa nilai pengukuran suhu terendah terletak pada kanal 8 dan pengukuran suhu tertinggi terletak pada kanal 13. Nilai suhu kecerahan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk kanal 8 berkisar dari -43,7°C sampai dengan -42,1°C. Kanal 13 memiliki

nilai yang lebih tinggi dengan kisaran $-15,6^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $-1,1^{\circ}\text{C}$ dan untuk kanal 15 memiliki nilai yang berkisar $-19,6^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $-9,4^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan grafik pada Gambar 24, dapat diketahui bahwa nilai suhu kecerahan yang dihasilkan dari kanal 8 menunjukkan kecenderungan yang tidak ada perubahan baik dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Berbeda dengan grafik yang dihasilkan kanal 13 dan kanal 15, dari kedua kanal ini grafik yang dihasilkan masih bisa diidentifikasi pola penurunan maupun kenaikan suhu yang dihasilkan. Pukul 04:00 UTC terlihat bahwa suhu mengalami penurunan ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Pukul 05:00 UTC suhu mengalami kenaikan dan penurunan hingga pukul 06:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* terbentuk dan suhu akan terlihat naik pada pukul 07:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017.



Gambar 25: Grafik *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 7 Januari 2017.

Berikut adalah nilai pengurangan suhu kecerahan/brightness *temperature* dari kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap 10 menit tanggal 7 Januari 2017.

Tabel 14: Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan Kanal 15 tiap 10 Menit Tanggal 7 Januari 2017.

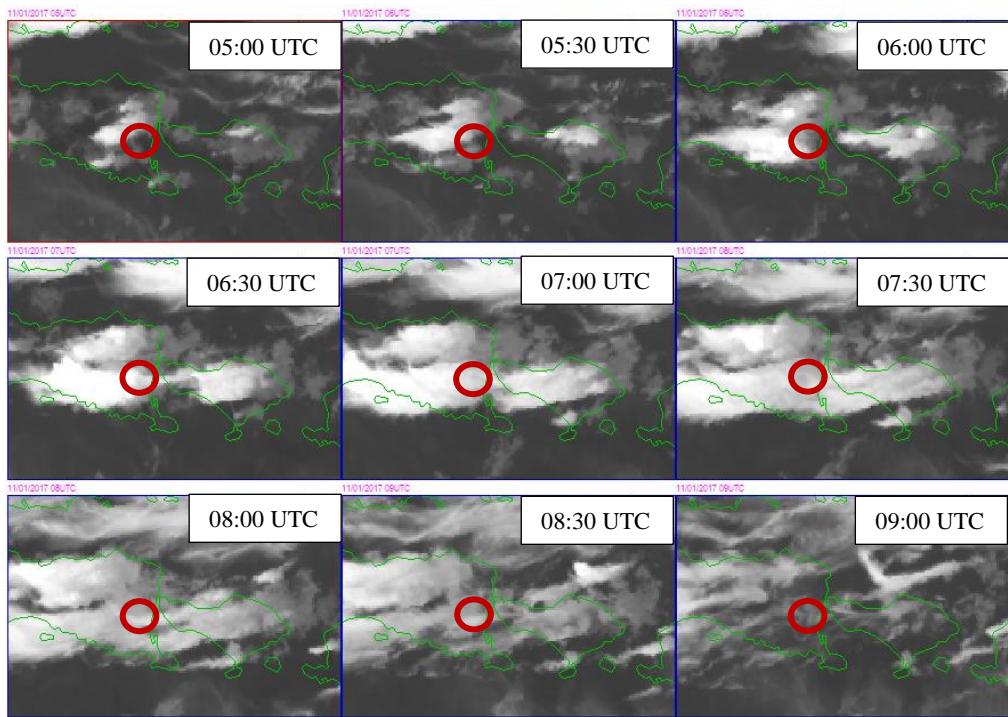
Waktu (UTC)	Pengurangan Suhu Kecerahan/ ΔT (C°)	
	B13 (IR) – B08 (WV)	B13 (IR) – B15 (I2)
04:00	Sebelum	50,4
04:10		
04:20		49,9
04:30		48,8
04:40		-43,2
04:50		38,7
05:00	Saat	35,8
05:10		27,3
05:20		41,8
05:30		38,2
05:40		37,5
05:50		32
06:00	Sesudah	34,1
06:10		35,8
06:20		31,3
06:30		30,6
06:40		31,9
06:50		33,3
07:00		41,9

Berdasarkan data pada Tabel 14 dan grafik pada Gambar 25, untuk *time series* pengurangan suhu puncak awan dari kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 tanggal 7 Januari 2017, memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai pengurangan suhu yang dihasilkan dari kanal 13 dengan kanal 8 memiliki nilai suhu kecerahan yang lebih tinggi daripada yang dihasilkan dari pengurangan suhu kanal 13 dengan kanal 15. Akan tetapi, apabila dilihat dari tiap-tiap kanal, baik dari hasil pengurangan kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal

13 dengan kanal 15, pola penurunan dan kenaikan suhu yang dihasilkan tidak terlalu besar dengan selisih yang kecil.

Berdasarkan grafik pada Gambar 25, pukul 04:00 UTC terlihat suhu mengalami penurunan ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Pukul 05:00 UTC suhu mengalami kenaikan dan penurunan hingga pukul 06:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* terbentuk dan suhu terlihat naik pada pukul 07:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap). Nilai suhu kecerahan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk dari hasil pengurangan kanal 13 dengan kanal 8 memiliki rentang suhu berkisar dari 27,3°C sampai dengan 41,8°C sedangkan kanal 13 dengan kanal 15 memiliki rentang suhu dari 4°C sampai dengan 8,3°C.

Berdasarkan data cuaca permukaan, awan *Cumulonimbus* yang menyebabkan cuaca ekstrim di Banyuwangi pada tanggal 11 Januari 2017 mempunyai periode hidup dengan tahap tumbuh terjadi pada pukul 06:00 UTC hingga pukul 08:00 UTC. Data cuaca permukaan mencatat pembentukan awan *Cumulonimbus* pada pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC yang setara pukul 13:00, 14:00 dan 15:00 WIB. Berikut adalah proses pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit tanggal 11 Januari 2017.



Gambar 26: Citra pertumbuhan awan *Cumulonimbus* tiap 30 menit tanggal 11 Januari 2017.

Berdasarkan citra pada Gambar 26, ada beberapa tahapan yang dialami awan *Cumulonimbus* yaitu dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Pukul 05:00 UTC dan 05:30 UTC awan *Cumulonimbus* terlihat belum tumbuh, kenampakan awan pada waktu ini memungkinkan bukan awan *Cumulonimbus*. Pukul 06:00 UTC awan *Cumulonimbus* sudah tumbuh dan berkembang, terbentuknya awan ini terlihat hingga pukul 08:00 UTC. Selanjutnya, awan *Cumulonimbus* ini terlihat mengalami tahap disipasi (lenyap) yang dapat terlihat pada pukul 08:30 UTC dan 09:00 UTC pada citra tiap 30 menit tersebut.

Berdasarkan data penelitian yang dihasilkan, dengan perubahan setiap 10 menit nilai rentangan reflektansi yang dihasilkan saat terdapat awan *Cumulonimbus* tanggal 11 Januari adalah sebagai berikut.

Tabel 15: Rentang Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap perubahan 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017.

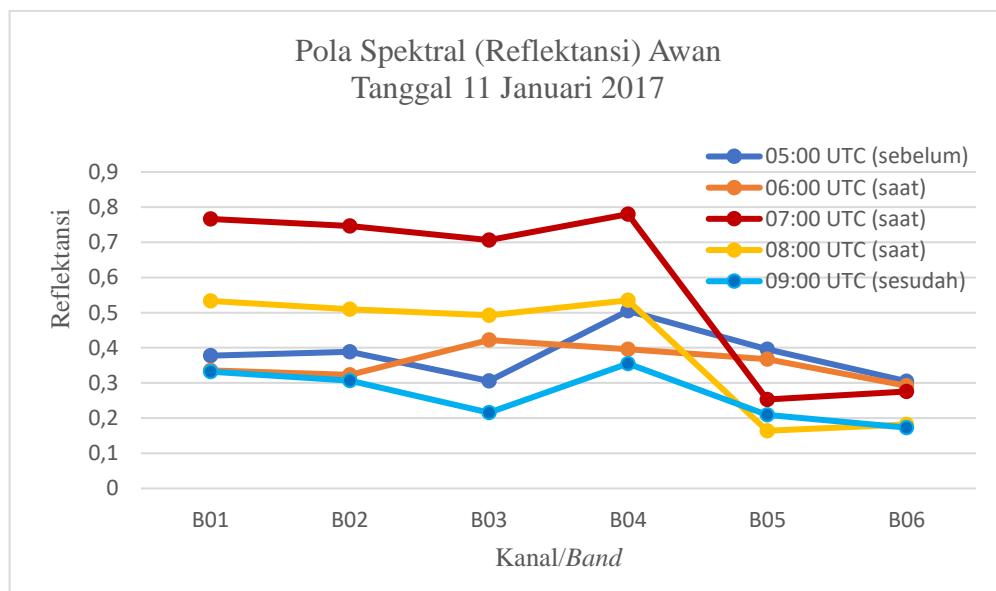
Kanal/Band	Rentang Nilai Reflektansi
B01	0,336 s.d. 0,92
B02	0,323 s.d. 0,906
B03	0,422 s.d. 0,932
B04	0,396 s.d. 0,983
B05	0,122 s.d. 0,47
B06	0,153 s.d. 0,357

Berdasarkan nilai rentangan tersebut dapat diketahui bahwa nilai reflektansi yang dihasilkan dari kanal 1 sampai dengan kanal 4 memiliki nilai yang cenderung lebih besar, sedangkan kanal 5 dan kanal 6 memiliki rentang nilai reflektansi lebih rendah yang terlihat pada batas rentangan nilainya. Nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* saat awan *Cumulonimbus* terbentuk dengan perubahan setiap 10 menit tanggal 11 Januari 2017 yaitu sebagai berikut.

Tabel 16: Rentang Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Perubahan 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017.

Kanal/Band	Rentang Nilai suhu kecerahan/ <i>brightness temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$)
B07	-16,4 s.d. 31,8
B08	-50,9 s.d. -34,2
B09	-47,7 s.d. -26,0
B10	-46,1 s.d. -17,8
B11	-42,5 s.d. 7,2
B12	-43,3 s.d. -9,8
B13	-43,1 s.d. 8,7
B14	-45,2 s.d. 6,5
B15	-46,1 s.d. 2,9
B16	-48 s.d. -7,3

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk pola spektral (reflektansi) awan tanggal 11 Januari 2017.



Gambar 27: Grafik pola spektral (reflektansi) awan tanggal 11 Januari 2017.

Berikut adalah nilai reflektansi yang dihasilkan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap satu jam tanggal 11 Januari 2017.

Tabel 17: Nilai Reflektansi Kanal Visibel dan Inframerah Dekat tiap Satu Jam Tanggal 11 Januari 2017.

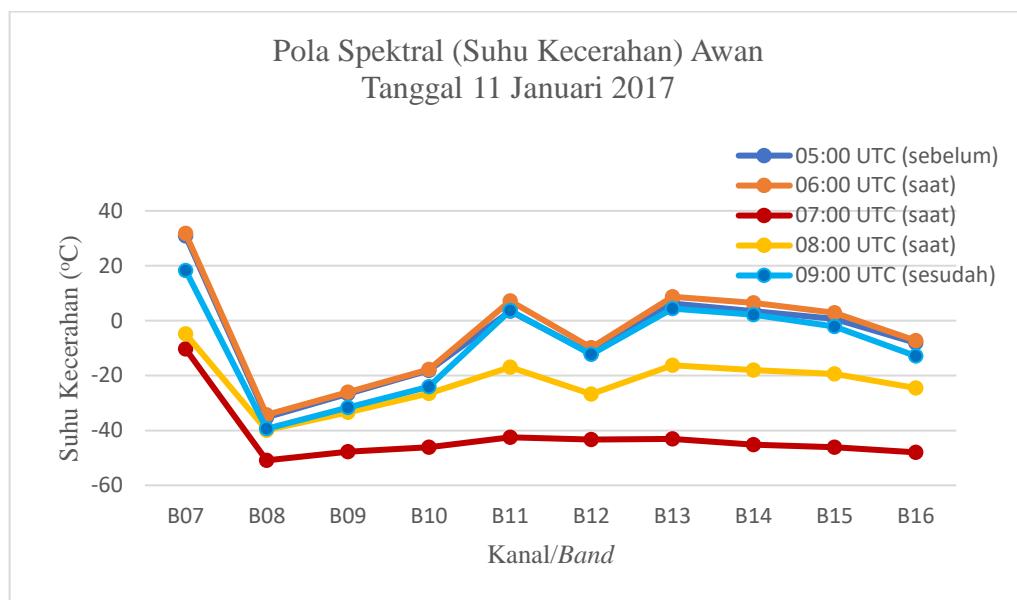
Waktu (UTC)		Reflektansi					
		B01	B02	B03	B04	B05	B06
05:00	Sebelum	0,378	0,389	0,306	0,505	0,396	0,305
06:00	Saat	0,336	0,323	0,422	0,396	0,368	0,292
07:00	Saat	0,766	0,746	0,706	0,78	0,253	0,276
08:00	Saat	0,533	0,51	0,492	0,535	0,164	0,182
09:00	Sesudah	0,332	0,307	0,216	0,355	0,209	0,173

Berdasarkan data pada Tabel 17 dan grafik pada Gambar 27, untuk pola spektral (reflektansi) awan dari kanal 1 sampai dengan kanal 6 memiliki perbedaan nilai reflektansi di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai reflektansi yang dihasilkan saat terjadi pembentukan awan *Cumulonimbus* cenderung lebih tinggi daripada nilai reflektansi sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Kanal 5 dan kanal 6 memiliki nilai reflektansi yang lebih rendah dari kanal 1 sampai dengan kanal 4 baik dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

Pukul 05:00 UTC menunjukkan nilai reflektansi yang rendah untuk setiap kanal ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Pukul 06:00 UTC nilai reflektansi yang dihasilkan juga masih bernilai rendah, kemudian pukul

07:00 UTC nilai reflektansi mengalami peningkatan dengan nilai reflektansi yang tinggi. Hal ini menunjukkan awan *Cumulonimbus* sudah berada pada tahap tumbuh hingga matang sampai dengan pukul 08:00 UTC. Pukul 09:00 UTC nilai reflektansi mengalami penurunan ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 11 Januari 2017.



Gambar 28: Grafik pola spektral (suhu kecerahan) awan tanggal 11 Januari 2017.

Berikut adalah nilai suhu kecerahan/*brightness temperature* yang dihasilkan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap satu jam tanggal 11 Januari 2017.

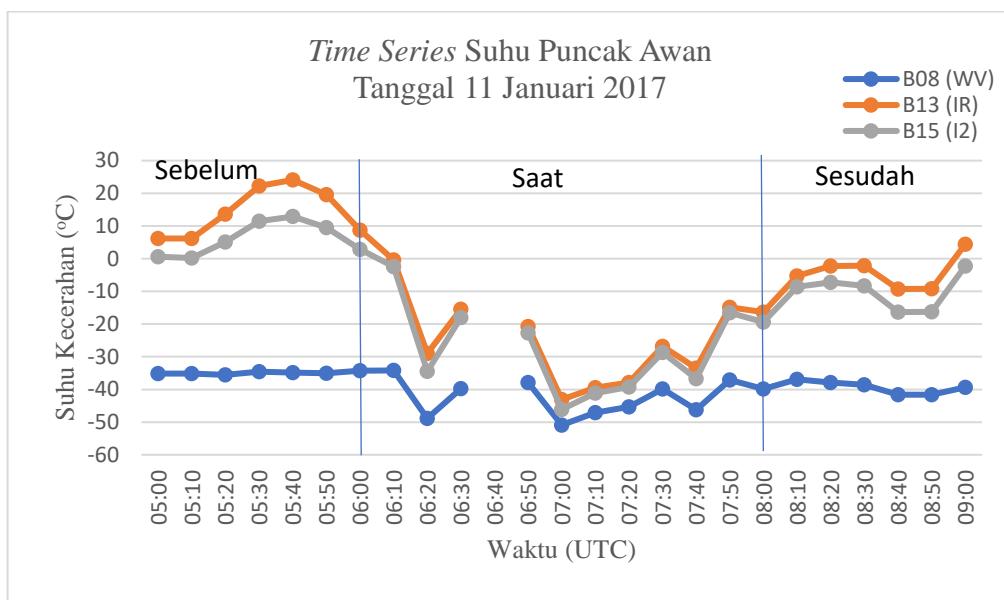
Tabel 18: Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap Satu Jam Tanggal 11 Januari 2017.

Waktu (UTC)		Suhu Kecerahan (°C)									
		B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
05:00	Sebelum	30,9	-35,2	-26,6	-18,1	3,4	-12	6,2	3,4	0,6	-8,1
06:00	Saat	31,8	-34,3	-26	-17,8	7,2	-9,8	8,7	6,5	2,9	-7,3
07:00	Saat	-10,3	-50,9	-47,7	-46,1	-42,5	-43,3	-43,1	-45,2	-46,1	-48
08:00	Saat	-4,8	-39,9	-33,4	-26,5	-17	-26,8	-16,3	-18	-19,4	-24,5
09:00	Sesudah	18,3	-39,4	-31,7	-24,1	3,7	-12,3	4,4	2,2	-2,2	-12,9

Berdasarkan data pada Tabel 18 dan grafik pada Gambar 28, dari nilai suhu kecerahan tanggal 11 Januari 2017, untuk pola spektral (suhu kecerahan) awan dari kanal 7 sampai dengan kanal 16 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang dihasilkan saat terdapat awan *Cumulonimbus* cenderung lebih rendah daripada nilai suhu kecerahan sebelum dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk.

Berdasarkan grafik pada Gambar 28, pukul 05:00 UTC menunjukkan nilai suhu kecerahan yang cenderung bernilai tinggi ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk. Pukul 06:00 UTC hingga 07:00 UTC nilai suhu kecerahannya cenderung mengalami penurunan dan bernilai rendah hingga pukul 08:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap tumbuh hingga matang. Setelah itu, pukul 09:00 UTC nilai suhu kecerahannya meningkat kembali ketika awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017.



Gambar 29: Grafik *time series* suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017.

Berikut adalah nilai suhu kecerahan/brightness temperature yang dihasilkan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tiap 10 menit untuk kanal 8, 13 dan 15 tanggal 11 Januari 2017.

Tabel 19: Nilai Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* Kanal Inframerah Termal tiap 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017.

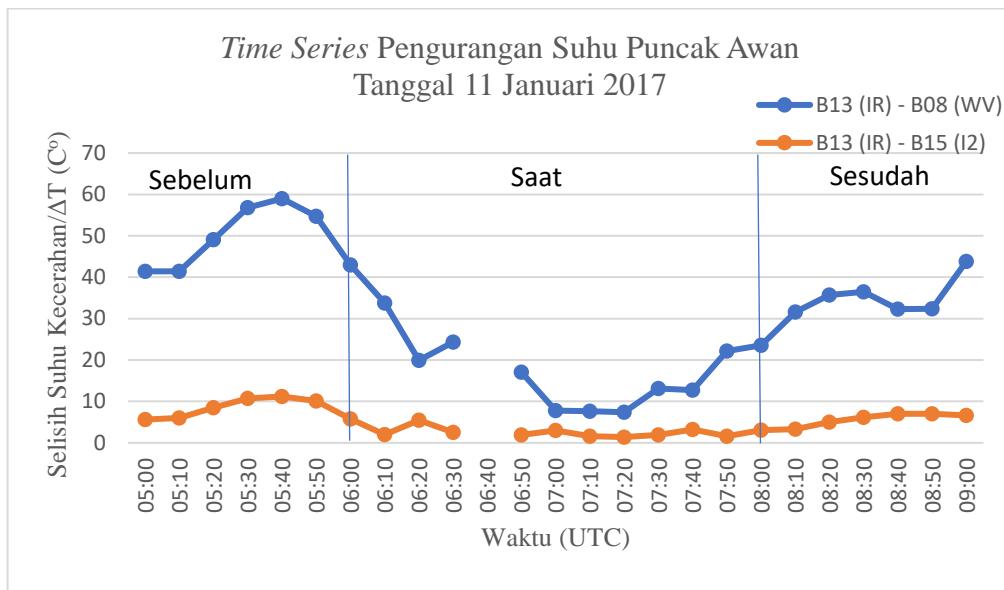
Waktu (UTC)	Suhu Kecerahan (°C)			
	B08	B13	B15	
05:00	Sebelum	-35,2	6,2	0,6
05:10		-35,2	6,2	0,2
05:20		-35,5	13,6	5,1
05:30		-34,6	22,2	11,5
05:40		-34,9	24,1	12,9
05:50		-35,1	19,6	9,5
06:00	Saat	-34,3	8,7	2,9
06:10		-34,2	-0,4	-2,4
06:20		-48,9	-29	-34,5
06:30		-39,8	-15,5	-18
06:40				
06:50		-37,9	-20,8	-22,7
07:00		-50,9	-43,1	-46,1
07:10		-47,1	-39,5	-41,1
07:20		-45,3	-37,9	-39,3
07:30		-39,9	-26,8	-28,7
07:40		-46,2	-33,5	-36,7
07:50		-37,1	-14,9	-16,5
08:00		-39,9	-16,3	-19,4
08:10	Sesudah	-36,9	-5,3	-8,6
08:20		-37,9	-2,2	-7,2
08:30		-38,6	-2,1	-8,3
08:40		-41,6	-9,3	-16,3
08:50		-41,6	-9,2	-16,2
09:00		-39,4	4,4	-2,2

Berdasarkan data pada Tabel 19 dan grafik pada Gambar 29, untuk *time series* suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017 antara kanal 8, kanal 13 dan kanal 15 memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan di setiap waktu kejadian yang meliputi sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai suhu kecerahan yang terukur tiap 10 menit dari ketiga kanal menunjukkan bahwa nilai pengukuran suhu terendah terletak pada kanal 8 dan pengukuran suhu tertinggi

terletak pada kanal 13. Nilai suhu kecerahan yang dihasilkan saat terjadi pembentukan awan *Cumulonimbus* dari kanal 8 berkisar dari -50,9°C sampai dengan 34,2°C, kanal 13 berkisar dari -43,1°C sampai dengan 8,7°C dan kanal 15 berkisar dari -46,1°C sampai dengan 2,9°C.

Berdasarkan grafik pada Gambar 29 dapat diketahui bahwa pada pukul 05:00 UTC sampai dengan 05:40 UTC suhu mengalami peningkatan dan kemudian akan mulai mengalami penurunan pada pukul 05:50 UTC. Penurunan suhu ketika awan *Cumulonimbus* belum terbentuk ini merupakan tanda berkembangnya awan-awan konvektif yang menjadi bakal pembentukan awan *Cumulonimbus*. Pukul 06:00 UTC yaitu awal dari awan *Cumulonimbus* terdeteksi yang bernilai suhu masih tinggi dan akan terus mengalami penurunan hingga kemudian cenderung bernilai rendah sampai pukul 08:00 UTC. Setelah itu, suhu terlihat naik hingga pukul 09:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap).

Berikut adalah grafik hasil dari analisis kejadian sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk untuk *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017.



Gambar 30: Grafik *time series* pengurangan suhu puncak awan tanggal 11 Januari 2017.

Berikut adalah nilai pengurangan suhu kecerahan/brightness temperature antara kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk setiap 10 menit tanggal 11 Januari 2017.

Tabel 20: Nilai Pengurangan Suhu Kecerahan Kanal 13 dengan Kanal 8 dan Kanal 13 dengan Kanal 15 setiap 10 Menit Tanggal 11 Januari 2017.

Waktu (UTC)	Pengurangan Suhu Kecerahan/ ΔT (C°)	
	B13 (IR) – B08 (WV)	B13 (IR) – B15 (I2)
05:00	Sebelum	41,4
05:10		41,4
05:20		49,1
05:30		56,8
05:40		59
05:50		54,7
06:00	Saat	43
06:10		33,8
06:20		19,9
06:30		24,3
06:40		
06:50		17,1
07:00		7,8
07:10		7,6
07:20		7,4
07:30		13,1
07:40		12,7
07:50		22,2
08:00		23,6
08:10	Sesudah	31,6
08:20		35,7
08:30		36,5
08:40		32,3
08:50		32,4
09:00		43,8

Berdasarkan data pada Tabel 20 dan grafik pada Gambar 30, untuk pola *time series* pengurangan suhu puncak awan pada kanal 13 dengan kanal 8 dan kanal 13 dengan kanal 15 tanggal 11 Januari 2017, memiliki perbedaan nilai suhu kecerahan dari proses sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk. Nilai pengurangan suhu yang dihasilkan dari kanal 13 dengan kanal

8 memiliki nilai suhu kecerahan yang lebih tinggi daripada yang dihasilkan dari pengurangan suhu kanal 13 dengan kanal 15.

Berdasarkan grafik pada Gambar 30, dapat diketahui bahwa pada pukul 05:00 UTC sampai dengan 05:40 UTC suhu mengalami peningkatan dan kemudian akan mulai mengalami penurunan pada pukul 05:50 UTC. Penurunan suhu ini menunjukkan pertumbuhan dari awan-awan konvektif yang menandakan awan *Cumulonimbus* akan terbentuk. Pukul 06:00 UTC yaitu awal dari awan *Cumulonimbus* terdeteksi yang bernilai suhu masih tinggi dan akan terus mengalami penurunan hingga kemudian cenderung bernilai rendah sampai pukul 08:00 UTC. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu yang rendah awan *Cumulonimbus* mulai terbentuk dari tahap tumbuh hingga sampai tahap matang. Setelah itu, suhu terlihat naik hingga pukul 09:00 UTC ketika awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap). Nilai suhu kecerahan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk dari hasil pengurangan kanal 13 dengan kanal 8 berkisar dari $7,4^{\circ}\text{C}$ sampai dengan 43°C sedangkan kanal 13 dengan kanal 15 memiliki rentang suhu dari $1,4^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $5,8^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa awan *Cumulonimbus* tidak selalu sama setiap harinya. Variasi ini menunjukkan bahwa awan *Cumulonimbus* memiliki periode hidup yang tidak seragam. Awan *Cumulonimbus* membutuhkan periode hidup sekitar 1 sampai dengan 2 jam dari proses tumbuh hingga matang dan akhirnya akan lenyap yang terlihat jelas pada citra kanal 13 (B13) untuk siklus pertumbuhannya. Awan *Cumulonimbus* tidak pernah berada pada posisi yang stabil, sebab awan ini selalu berfluktuasi. Tahap

pertumbuhan awan *Cumulonimbus* terdiri atas fase tumbuh, matang, hingga akhirnya lenyap yang pada umumnya terjadi hanya dalam hitungan jam. Berikut adalah nilai spektral yang dihasilkan dari analisis tiap saluran saat terdapat awan *Cumulonimbus* dari keadaan tidak terjadi sampai terjadinya hujan.

Tabel 21: Nilai Spektral tiap Kanal Saat Terdapat Awan *Cumulonimbus*.

Kanal/ <i>Band</i>	Kategori Sensor	Respon Sensor	Nilai Spektral		
			Minimal	Maksimal	Rata-rata
B01	Visibel	Reflektansi	0,255	0,946	0,643
B02			0,234	0,938	0,634
B03			0,225	0,986	0,644
B04			0,309	0,992	0,679
B05			0,122	0,47	0,255
B06			0,153	0,357	0,264
B07	Inframerah dekat	Suhu kecerahan (°C)	-16,4	33,1	-0,95
B08			-56,2	-34,2	-44,616
B09			-52,9	-26	-39,438
B10			-51	-17,8	-35,559
B11			-44,1	7,2	-26,591
B12			-45	-9,8	-33,353
B13			-44	8,7	-26,156
B14			-46,7	6,5	-28,481
B15			-47,6	2,9	-29,513
B16			-50,6	-7,3	-33,631

Berdasarkan analisis data dan grafik yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai spektral sesaat sebelum terbentuknya awan *Cumulonimbus* ditandai dengan kenaikan reflektansi dan penurunan suhu kecerahan secara signifikan. Saat awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai spektral dari rata-rata reflektansi akan bernilai tinggi (lebih besar dari 0) pada kanal 1 (B01) hingga kanal 4 (B04) dan rata-rata suhu kecerahan B07 hingga B16 bernilai rendah

(kurang dari 0°C). Akan tetapi, pada B05 dan B06 tidak terdapat perbedaan yang jelas pada sebelum, saat dan sesudah adanya awan *Cumulonimbus*. Selain itu, proses perkembangan awan-awan konvektif yang menandakan akan terbentuknya awan *Cumulonimbus* ditandai dengan suhu yang mengalami penurunan hingga pada titik tertentu dan nilai suhunya akan bernilai rendah yang menandakan awan *Cumulonimbus* pada tahap tumbuh hingga tahap matang. Hubungan antar kanal saat terdapat awan *Cumulonimbus* dari keadaan tidak terjadi sampai terjadinya hujan adalah sebagai berikut:

1. B13 (IR) – B08 (WV) $\leq 43\text{C}^{\circ}$, dengan nilai minum 7C° .
2. B13 (IR) – B15 (I2) $\leq 8,3\text{C}^{\circ}$, dengan nilai minimum $0,9\text{C}^{\circ}$.

B. Karakteristik Awan *Cumulonimbus* dengan Menggunakan Data Cuaca Permukaan

Data cuaca permukaan (data meteorologi sinoptik) yang digunakan pada penelitian ini merupakan data hasil observasi yang dilakukan secara langsung berhubungan dengan alat dan objek penelitian. Data ini menggambarkan cuaca pada saat itu seperti keadaan angin, keadaan cuaca, tekanan udara, suhu udara, curah hujan dan perawanhan.

Tanggal 6 januari 2017, dari data cuaca permukaan tercatat bahwa waktu terjadinya awan *Cumulonimbus* teramati pada pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC yang setara dengan waktu 12:00, 13:00 dan 14:00 WIB. Arah angin pada saat kejadian yaitu 60° , 30° dan 30° dengan kecepatan angin 8 knot, 7 knot dan 7 knot. Keadaan cuaca pada waktu pengamatan tercatat sebagai “ts no prec” atau *thunderstorm no precipitation* yang dimaksudkan adalah badai guntur tanpa

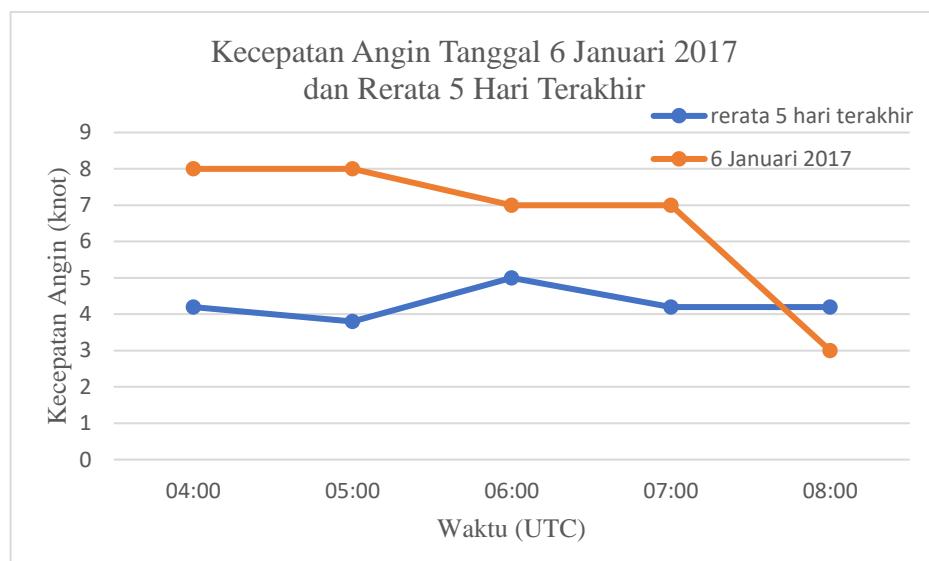
endapan. Keadaan ini teramati pada pukul 05:00 dan 06:00 UTC, sedangkan pada pukul 07:00 keadaan cuaca teramati “sl ra re ts” atau *slight rain recent thunderstorm* yang maksudnya adalah badai guntur dengan sedikit hujan periode satu jam yang lalu. Tekanan udara yang terukur yaitu 1000 mbar; 999,90 mbar dan 999,30 mbar. Suhu udaranya 32°C; 30,2°C; 28,9°C dan lembab nisbinya 62%, 64%, 69%. Hujan sejak takaran terakhir tercatat 0,2 mm (akumulasi hujan dari pukul 06:00 - 09:00 UTC). Banyak tutupan awan *Cumulonimbus* pada saat itu sekitar 4 okta dan bagian langit yang tertutup awan sekitar 6 sampai 7 okta.

Berdasarkan arah angin yang dihasilkan data cuaca permukaan pada tanggal 6 Januari 2017, pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, arah angin berada pada sudut 60° yang menunjukkan bahwa angin mengarah ke timur laut dan arah angin ini bertahan hingga saat awan *Cumulonimbus* terbentuk, yaitu pada pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC dengan nilai sudut yang dihasilkan secara berturut yaitu 60°, 30° dan 30°. Awan *Cumulonimbus* lenyap pada pukul 08:00 UTC, arah angin menunjukkan sudut 230° yang berarti angin mengarah ke barat daya. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, angin mengarah dari timur laut ke barat daya.

Penentuan arah angin ini sesuai dengan tata cara tetap pelaksanaan pengamatan, penyandian, pelaporan dan pengarsipan data meteorologi permukaan mengenai arah angin yang dinyatakan dalam delapan mata angin. Arah timur laut dengan sudut 25° sampai dengan 65°, arah timur dengan sudut 70° sampai dengan 110°, arah tenggara dengan sudut 115° sampai dengan 155°,

arah selatan dengan sudut 160° sampai dengan 200° , arah barat daya dengan sudut 205° sampai dengan 245° , arah barat dengan sudut 250° sampai dengan 290° , arah barat laut dengan sudut 295° sampai dengan 335° , arah utara dengan sudut 340° sampai dengan 020° (BMKG, 2006).

Berikut adalah grafik kecepatan angin yang dihasilkan data cuaca permukaan yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 31: Grafik kecepatan angin tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data kecepatan angin yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 6 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

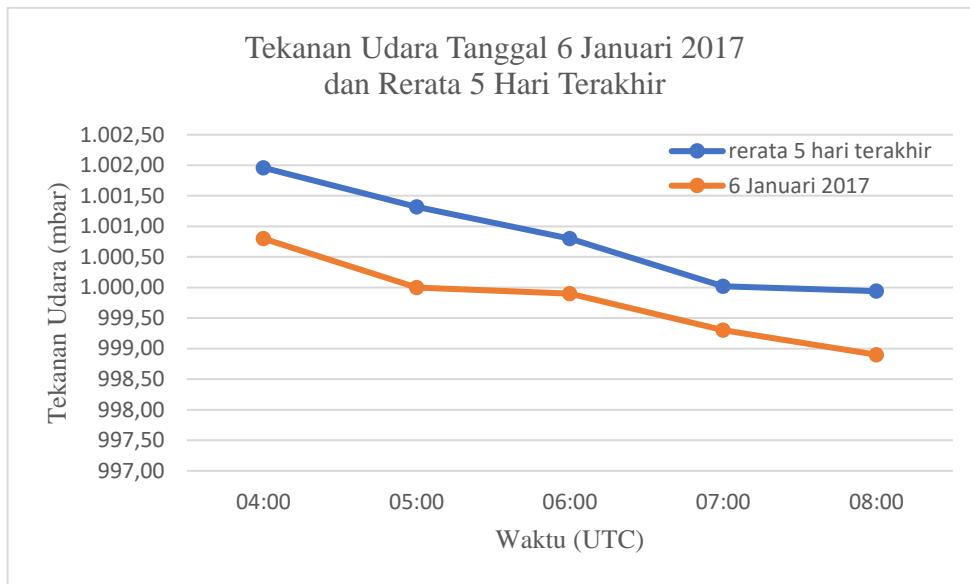
Tabel 22: Kecepatan Angin Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Kecepatan Angin (knot)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	6 Januari 2017
04:00	Sebelum	4,2	8
05:00	Saat	3,8	8
06:00	Saat	5	7
07:00	Saat	4,2	7
08:00	Sesudah	4,2	3

Berdasarkan data pada Tabel 22 dan grafik pada Gambar 31, dapat diketahui bahwa nilai kecepatan angin tanggal 6 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola berbeda dengan nilai kecepatan angin pada tanggal 6 Januari 2017 lebih tinggi nilainya. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menunjukkan kecepatan angin bernilai 8 knot. Pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC merupakan tahap dimana awan *Cumulonimbus* terbentuk dengan kecepatan angin yang dihasilkan secara berurutan yaitu 8 knot, 7 knot dan 7 knot. Pukul 08:00 UTC merupakan tahap dimana awan *Cumulonimbus* lenyap dengan kecepatan angin yang dihasilkan 3 knot. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa kecepatan angin yang terukur saat terdapat awan *Cumulonimbus* berkisar dari 7 sampai dengan 8 knot.

Berikut adalah grafik tekanan udara yang dihasilkan data cuaca permukaan yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan

Cumulonimbus terbentuk tanggal 6 Januari 2017, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 32: Grafik tekanan udara tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

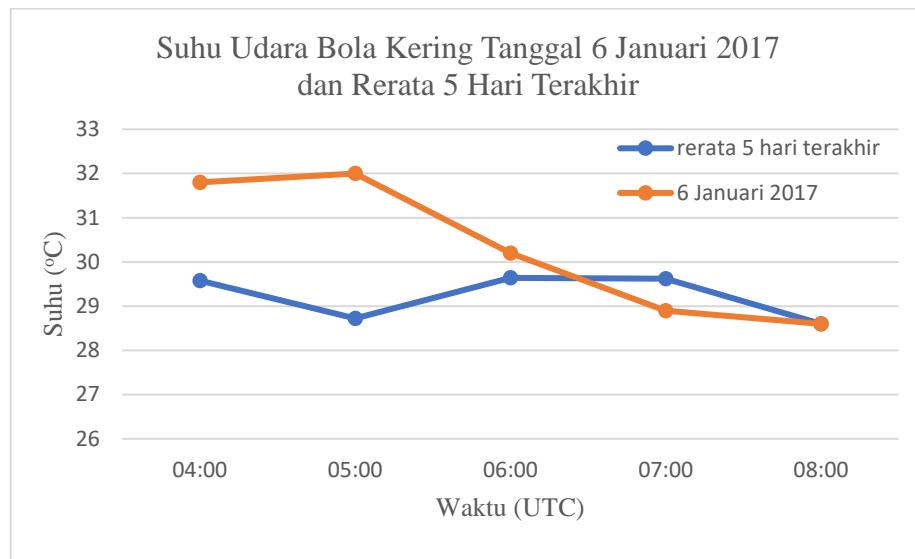
Berikut adalah data tekanan udara yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 6 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 23: Tekanan Udara Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Tekanan Udara (mbar)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	6 Januari 2017
04:00	Sebelum	1.001,96	1.000,80
05:00	Saat	1.001,32	1.000,00
06:00	Saat	1.000,80	999,90
07:00	Saat	1.000,02	999,30
08:00	Sesudah	999,94	998,90

Berdasarkan data pada Tabel 23 dan grafik pada Gambar 32, dapat diketahui bahwa nilai tekanan udara dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang sama dengan nilai tekanan udara tanggal 6 Januari 2017 lebih rendah. Tekanan udara yang jauh lebih rendah dari biasa menunjukkan akan terjadi hujan. Pukul 04:00 UTC, sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, tekanan udara yang dihasilkan yaitu 1000,80 mbar. Pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC adalah tahap awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menghasilkan nilai tekanan udara secara berturut yaitu 1000,00; 999,90 dan 999,30 mbar. Pukul 08:00 UTC adalah waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap), tekanan yang dihasilkan yaitu 998,90 mbar. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa tekanan udara yang terukur saat adanya awan *Cumulonimbus* berkisar dari 999,30 sampai dengan 1000 mbar.

Berikut adalah grafik suhu udara dari bola kering yang dihasilkan data cuaca permukaan meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk tanggal 6 Januari 2017, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 33: Grafik suhu bola kering tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir

Berikut adalah data suhu bola kering yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 6 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

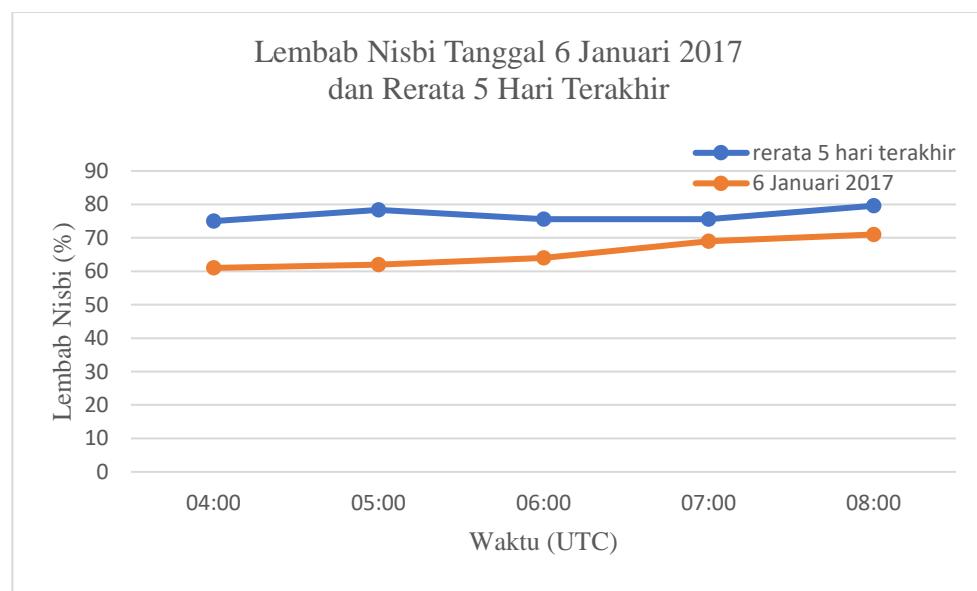
Tabel 24: Suhu Bola Kering Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Suhu Bola Kering (°C)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	6 Januari 2017
04:00	Sebelum	29,58	31,8
05:00	Saat	28,72	32
06:00	Saat	29,64	30,2
07:00	Saat	29,62	28,9
08:00	Sesudah	28,6	28,6

Berdasarkan data pada Tabel 24 dan grafik pada Gambar 33, dapat diketahui bahwa nilai suhu bola kering tanggal 6 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami

penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola berbeda. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai suhu yang dihasilkan yaitu 31,8°C. Pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC merupakan waktu dimana awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai suhu yang dihasilkan secara berurutan yaitu 32°C; 30,2°C dan 28,9°C. Pukul 08:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan suhu 28,6°C. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa nilai yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar 28,9°C sampai dengan 32°C.

Berikut adalah grafik lembab nisbi yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 6 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 34: Grafik lembab nisbi tanggal 6 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir

Berikut adalah data lembab nisbi yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 6 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 25: Lembab Nisbi Tanggal 6 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Lembab Nisbi (%)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	6 Januari 2017
04:00	Sebelum	75	61
05:00	Saat	78,4	62
06:00	Saat	75,6	64
07:00	Saat	75,6	69
08:00	Sesudah	79,6	71

Berdasarkan data pada Tabel 25 dan grafik pada Gambar 34, dapat diketahui bahwa nilai lembab nisbi pada tanggal 6 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami peningkatan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang mirip dengan nilai kelembaban nisbi pada tanggal 6 Januari 2017 lebih rendah. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi yang dihasilkan yaitu 61%. Pukul 05:00, 06:00 dan 07:00 UTC merupakan waktu awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi yang dihasilkan secara berurutan yaitu 62%, 64% dan 69%. Pukul 08:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan lembab nisbi 71%. Berdasarkan hal

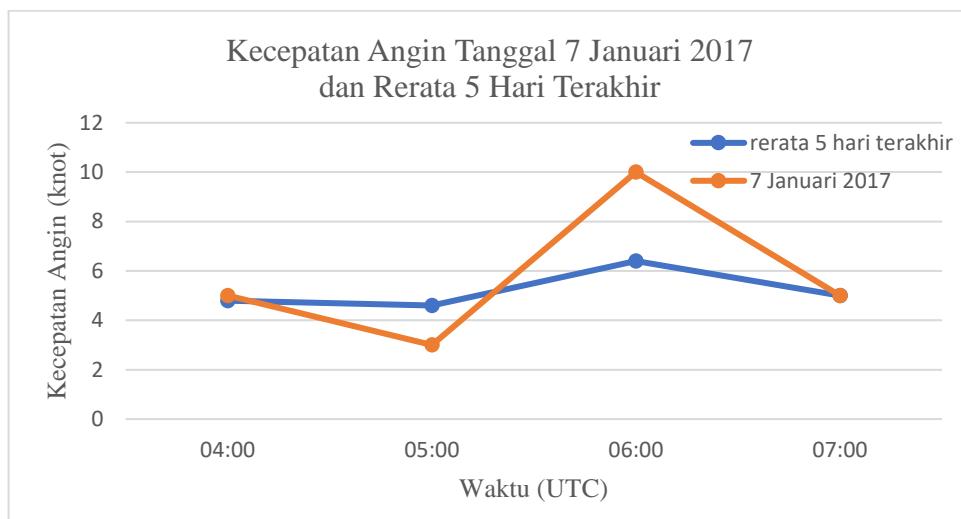
tersebut, dapat diketahui bahwa lembab nisbi yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar 62% sampai dengan 69%.

Tanggal 7 januari 2017, dari data cuaca permukaan tercatat bahwa waktu terjadinya awan *Cumulonimbus* teramati pada pukul 05:00 dan 06:00 UTC yang setara dengan waktu 12:00 dan 13:00 WIB. Arah angin pada saat kejadian yaitu 60° dan 20° dengan kecepatan angin 3 knot dan 10 knot. Keadaan cuaca pada waktu pengamatan 05:00 dan 06:00 UTC tercatat sebagai “ts no prec” atau *thunderstorm no precipitation* yang dimaksudkan adalah badai guntur tanpa endapan. Tekanan udara yang terukur yaitu 999,60 mbar dan 999,20 mbar. Suhu udaranya $31,8^\circ\text{C}$ dan 32°C , sedangkan lembab nisbinya 65% dan 57%. Banyak tutupan awan *Cumulonimbus* pada saat itu sekitar 4 okta dan bagian langit yang tertutup awan sekitar 6 sampai dengan 7 okta.

Berdasarkan arah angin yang dihasilkan cuaca permukaan pada tanggal 7 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, dapat diketahui bahwa pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk dengan arah angin berada pada sudut 80° yang menunjukkan bahwa angin mengarah ke timur. Arah angin berubah saat awan *Cumulonimbus* terbentuk, yaitu pada pukul 05:00 dan 06:00 UTC dengan perubahan arah sudut secara berturut yaitu 60° dan 20° yang menunjukkan bahwa angin mengarah ke timur laut dan utara. Awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap) pada pukul 07:00 UTC dengan arah angin menunjukkan sudut 20° yang artinya angin masih mengarah ke utara. Berdasarkan data tersebut,

dapat diketahui bahwa dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, angin mengarah dari timur ke utara.

Berikut adalah grafik kecepatan angin yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 35: Grafik kecepatan angin tanggal 7 Januari 2017 dan rerata 5 hari terakhir.

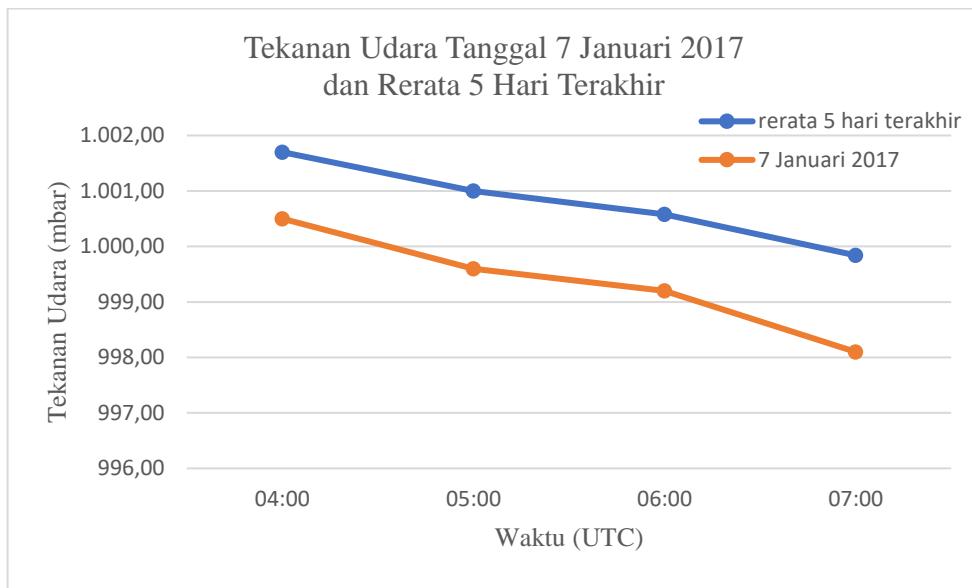
Berikut adalah data kecepatan angin yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 26: Kecepatan Angin Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir

Waktu (UTC)		Kecepatan Angin (knot)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	7 Januari 2017
04:00	Sebelum	4,8	5
05:00	Saat	4,6	3
06:00	Saat	6,4	10
07:00	Sesudah	5	5

Berdasarkan data pada Tabel 26 dan grafik pada Gambar 35, dapat diketahui bahwa nilai kecepatan angin tanggal 7 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami penurunan dan kenaikan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola berbeda. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menunjukkan kecepatan angin bernilai 5 knot. Pukul 05:00 dan 06:00 UTC merupakan tahap di mana awan *Cumulonimbus* terbentuk dengan kecepatan angin yang dihasilkan secara berurutan yaitu 3 knot dan 10 knot, yang artinya kecepatan angin turun pada pukul 05:00 UTC dan akan naik pada pukul 06:00 UTC. Pukul 07:00 UTC awan *Cumulonimbus* berada pada tahap disipasi (lenyap), nilai kecepatan yang dihasilkan mengalami penurunan dengan kecepatan angin yang dihasilkan 5 knot. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa kecepatan angin yang terukur saat terdapat awan *Cumulonimbus* berkisar dari 3 knot sampai dengan 10 knot.

Berikut adalah grafik tekanan udara yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 36: Grafik tekanan udara tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data tekanan udara yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

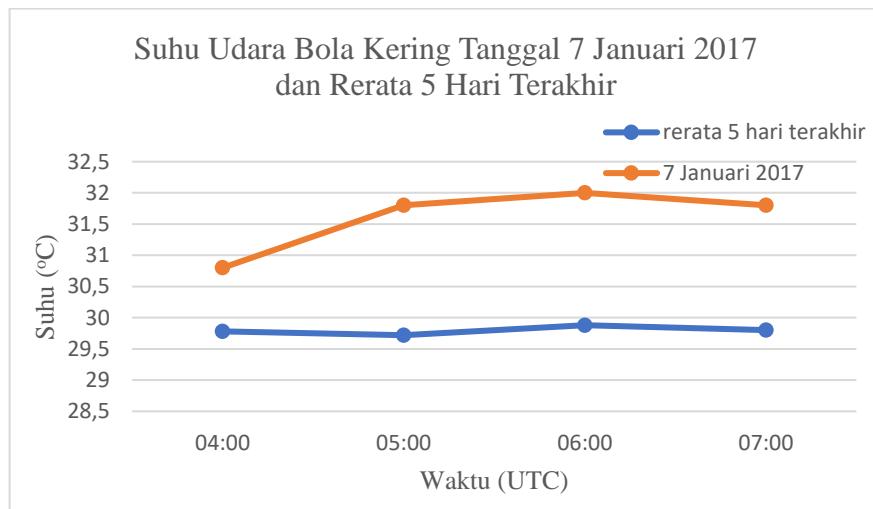
Tabel 27: Tekanan Udara Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)	Tekanan Udara (mbar)		
	Rerata 5 Hari Terakhir	7 Januari 2017	
04:00	Sebelum	1.001,70	1.000,50
05:00	Saat	1.001,00	999,60
06:00	Saat	1.000,58	999,20
07:00	Sesudah	999,84	998,10

Berdasarkan data pada Tabel 27 dan grafik pada Gambar 36, dapat diketahui bahwa nilai tekanan udara pada tanggal 7 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami

penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang sama dengan nilai tekanan udara tanggal 7 Januari 2017 lebih rendah. Pukul 04:00 UTC sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, tekanan udara yang dihasilkan yaitu 1000,50 mbar. Pukul 05:00 dan 06:00 UTC adalah tahap awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menghasilkan nilai tekanan udara secara berturut yaitu 999,60 mbar dan 999,20 mbar. Pukul 07:00 UTC adalah waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap), tekanan yang dihasilkan yaitu 998,10 mbar. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa tekanan udara yang terukur saat adanya awan *Cumulonimbus* berkisar dari 999,20 mbar sampai dengan 999,60 mbar.

Berikut adalah grafik suhu bola kering yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 37: Grafik suhu bola kering tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

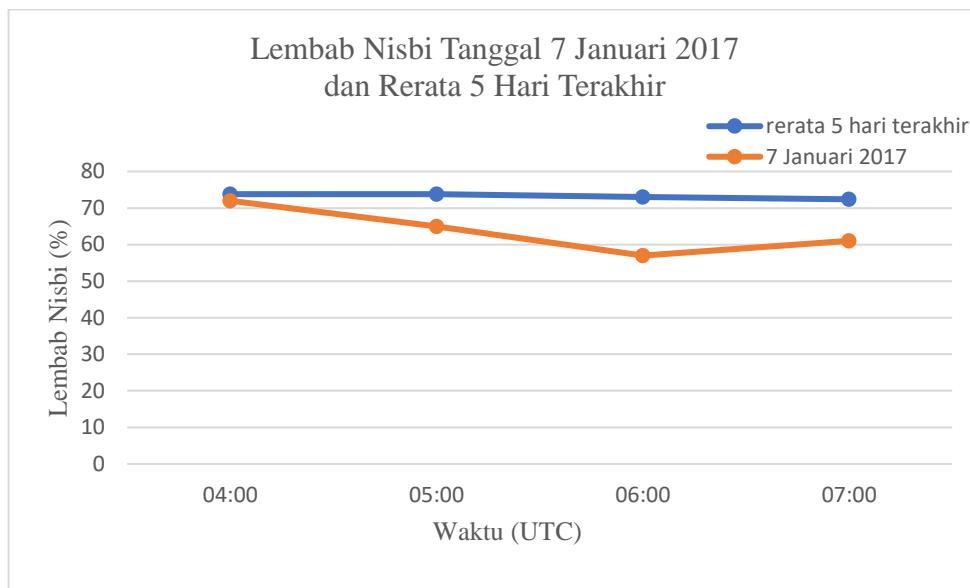
Berikut adalah data suhu bola kering yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 28: Suhu Bola Kering Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir

Waktu (UTC)		Suhu Bola Kering (°C)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	7 Januari 2017
04:00	Sebelum	29,78	30,8
05:00	Saat	29,72	31,8
06:00	Saat	29,88	32
07:00	Sesudah	29,8	31,8

Berdasarkan data pada Tabel 28 dan grafik pada Gambar 37, dapat diketahui bahwa nilai suhu bola kering pada tanggal 7 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami kenaikan dan penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang berbeda. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai suhu yang dihasilkan yaitu 30,8°C. Pukul 05:00 dan 06:00 UTC merupakan waktu awan *Cumulonimbus* terbentuk, suhu yang dihasilkan secara berurutan yaitu 31,8°C dan 32°C. Pukul 07:00 UTC merupakan waktu awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan suhu 31,8°C. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa nilai yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar dari 31,8°C sampai dengan 32°C.

Berikut adalah grafik lembab nisbi yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 38: Grafik lembab nisbi tanggal 7 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data lembab nisbi yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 7 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 29: Lembab Nisbi Tanggal 7 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Lembab Nisbi (%)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	7 Januari 2017
04:00	Sebelum	73,8	72
05:00	Saat	73,8	65
06:00	Saat	73	57
07:00	Sesudah	72,4	61

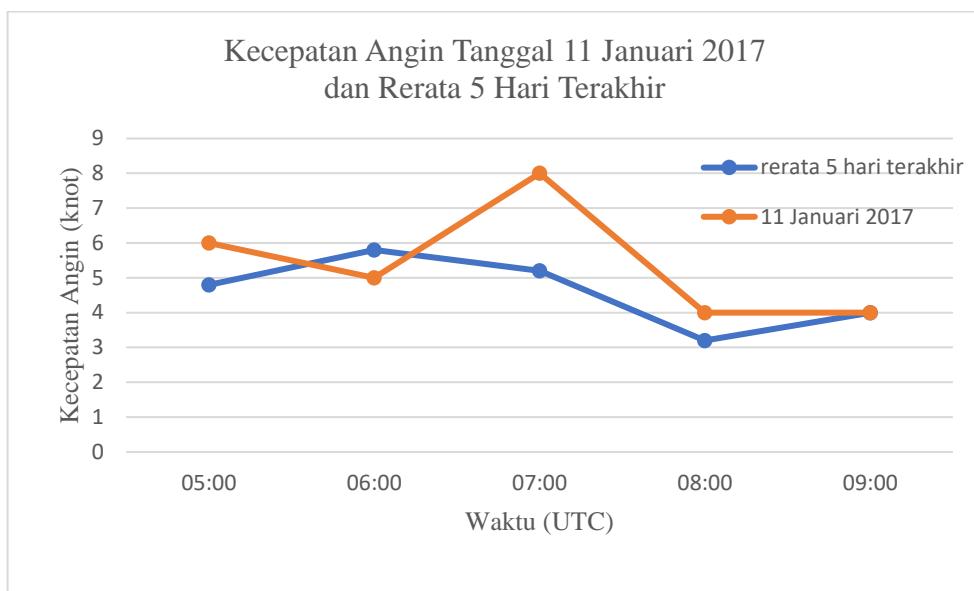
Berdasarkan data pada Tabel 29 dan grafik pada Gambar 38, lembab nisbi pada tanggal 7 Januari 2017 menunjukkan bahwa dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan dan kenaikan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola berbeda. Pukul 04:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi yang dihasilkan yaitu 72%. Pukul 05:00 dan 06:00 UTC merupakan waktu awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi mengalami penurunan dengan nilai yang dihasilkan secara berurutan yaitu 65% dan 57%. Pukul 07:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan lembab nisbi sebesar 61%, tahap ini mengakibatkan nilai lembab nisbi megalami kenaikan. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa lembab nisbi yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar 57% sampai dengan 65%.

Tanggal 11 Januari 2017, dari data cuaca permukaan tercatat bahwa waktu terjadinya awan *Cumulonimbus* teramati pada pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC yang setara dengan waktu 13:00, 14:00 dan 15:00 WIB. Arah angin pada saat kejadian yaitu 140° , 290° dan 320° dengan kecepatan angin 5 knot, 8 knot dan 4 knot. Keadaan cuaca pada waktu pengamatan 06:00 UTC, tercatat sebagai “ts no prec” atau *thunderstorm no precipitation* yang dimaksudkan adalah badai guntur tanpa endapan. Pukul 07:00 UTC tercatat sebagai “mod ts +ra” atau *moderate thunderstorm + rain* yang dimaksudkan adalah badai guntur sedang disertai hujan. Pukul 08:00 UTC tercatat sebagai “sl ra re ts” atau *slight*

rain recent thunderstorm yang dimaksudkan adalah sedikit hujan setelah badai guntur periode satu jam yang lalu. Tekanan udara yang terukur yaitu 1000,90 mbar; 1001,60 mbar dan 999,90 mbar. Suhu udaranya 31,5°C; 24,2°C dan 25,6°C, sedangkan lembab nisbinya 59%, 93% dan 90%. Hujan sejak takaran terakhir tercatat 36,8 mm (akumulasi hujan dari pukul 06:00 - 09:00 UTC). Banyak tutupan awan *Cumulonimbus* secara berurutan pada saat itu sekitar 4 okta, 5 okta, 5 okta dan bagian langit yang tertutup awan berkisar 7 sampai dengan 8 okta.

Berdasarkan arah angin yang dihasilkan cuaca permukaan pada tanggal 11 Januari 2017, sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu pukul 05:00 UTC arah angin berada pada sudut 170° yang menunjukkan bahwa angin mengarah ke selatan. Tahap tumbuh awan *Cumulonimbus* yaitu pada pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC dengan nilai sudut sebesar 140° , 290° dan 320° yang menunjukkan bahwa arah angin mengarah ke tenggara, barat kemudian barat laut. Awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) pada pukul 09:00 UTC dengan arah angin menunjukkan sudut 280° yang artinya angin mengarah ke barat. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, angin mengarah dari tenggara ke barat laut.

Berikut adalah grafik kecepatan angin yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 39: Grafik kecepatan angin tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data kecepatan angin yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

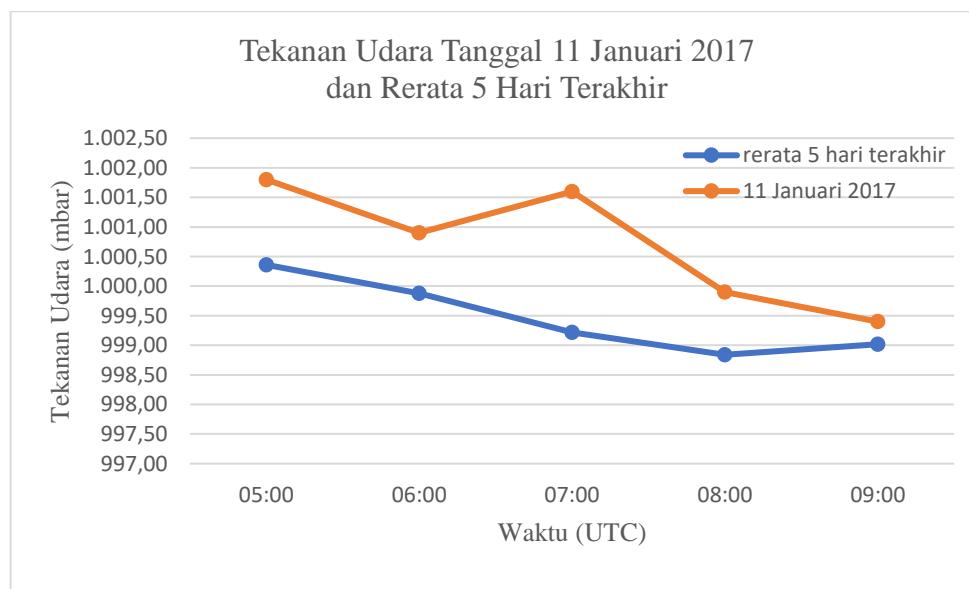
Tabel 30: Kecepatan Angin Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir

Waktu (UTC)		Kecepatan Angin (knot)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	11 Januari 2017
05:00	Sebelum	4,8	6
06:00	Saat	5,8	5
07:00	Saat	5,2	8
08:00	Saat	3,2	4
09:00	Sesudah	4	4

Berdasarkan data pada Tabel 30 dan grafik pada Gambar 39, dapat diketahui bahwa nilai kecepatan angin tanggal 11 Januari 2017 dari keadaan

sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami penurunan dan kenaikan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang cenderung berbeda. Pukul 05:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menunjukkan kecepatan angin bernilai 6 knot. Pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC merupakan tahap dimana awan *Cumulonimbus* terbentuk dengan kecepatan angin yang dihasilkan secara berurutan yaitu 5 knot, 8 knot dan 4 knot. Pukul 09:00 UTC merupakan tahap di mana awan *Cumulonimbus* lenyap dengan kecepatan angin yang dihasilkan 4 knot. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa kecepatan angin yang terukur saat terbentuknya awan *Cumulonimbus* berkisar dari 4 knot sampai dengan 8 knot

Berikut adalah grafik tekanan udara yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 40: Grafik tekanan udara tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data tekanan udara yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

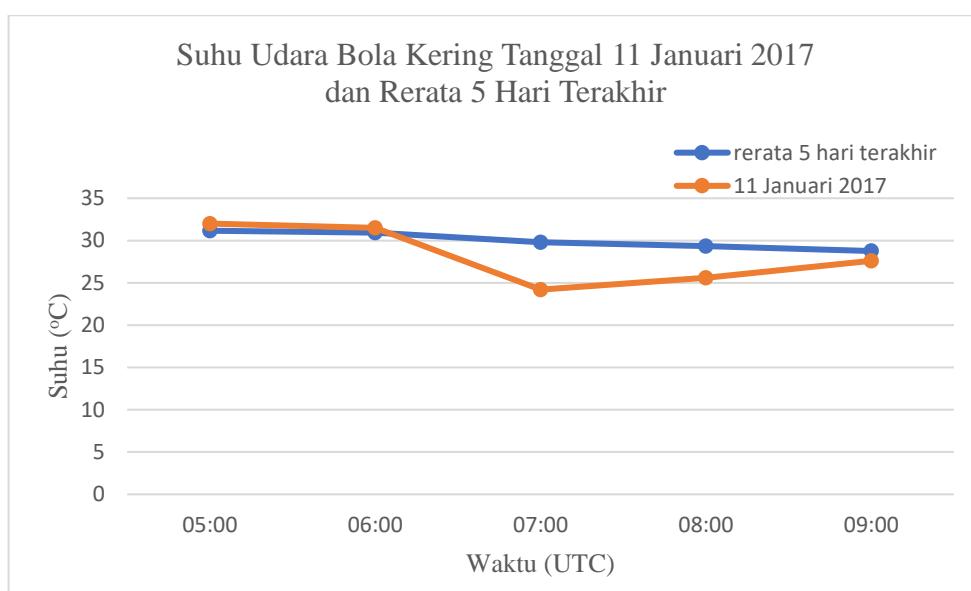
Tabel 31: Tekanan Udara Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Tekanan Udara (mbar)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	11 Januari 2017
05:00	Sebelum	1.000,36	1.001,80
06:00	Saat	999,88	1.000,90
07:00	Saat	999,22	1.001,60
08:00	Saat	998,84	999,90
09:00	Sesudah	999,02	999,40

Berdasarkan data pada Tabel 31 dan grafik pada Gambar 40, dapat diketahui bahwa nilai tekanan udara pada tanggal 11 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami penurunan, meskipun pada waktu tertentu mengalami peningkatan nilai. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang mirip dengan nilai tekanan udara tanggal 11 Januari 2017 lebih tinggi. Pukul 05:00 UTC yaitu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, tekanan udara yang dihasilkan yaitu 1.001,80 mbar. Pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC adalah tahap awan *Cumulonimbus* terbentuk yang menghasilkan nilai tekanan udara secara berturut yaitu 1000,90 mbar; 1001,60 mbar dan 999,90 mbar. Pukul 09:00 UTC adalah waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap), tekanan yang dihasilkan yaitu 999,40 mbar. Oleh karena itu, dapat diketahui

bahwa tekanan udara yang terukur saat terdapat awan *Cumulonimbus* berkisar dari 999,90 mbar sampai dengan 1001,60 mbar.

Berikut adalah grafik suhu udara dari bola kering yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 41: Grafik suhu bola kering tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

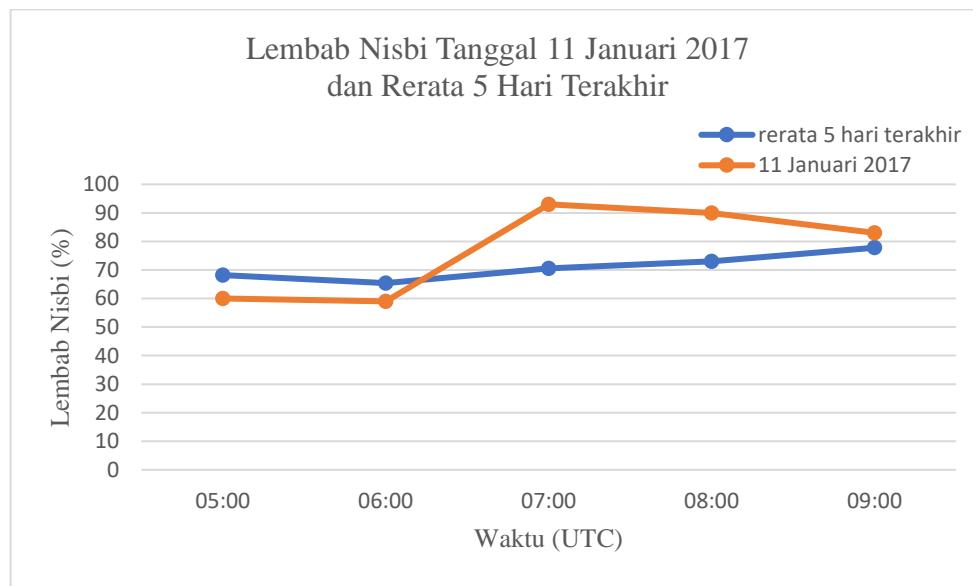
Berikut adalah data suhu bola kering yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 32: Suhu Bola Kering Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir.

Waktu (UTC)		Suhu Bola Kering (°C)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	11 Januari 2017
05:00	Sebelum	31,16	32
06:00	Saat	30,92	31,5
07:00	Saat	29,8	24,2
08:00	Saat	29,36	25,6
09:00	Sesudah	28,76	27,6

Berdasarkan data pada Tabel 32 dan grafik pada Gambar 41, dapat diketahui bahwa nilai suhu bola kering pada tanggal 11 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk mengalami penurunan dan kenaikan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola berbeda dengan kecenderungan nilai suhu pada tanggal 11 Januari 2017 bernilai lebih rendah. Pukul 05:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai suhu yang dihasilkan yaitu 32°C. Pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* terbentuk, nilai suhu yang dihasilkan secara berurutan yaitu 31,5°C; 24,2°C dan 25,6°C. Pukul 09:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan suhu 27,6°C. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa nilai yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar 24,2°C sampai dengan 31,5°C.

Berikut adalah grafik lembab nisbi yang dihasilkan data cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 yang meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta grafik rerata lima hari terakhir.



Gambar 42: Grafik lembab nisbi tanggal 11 Januari 2017 dan rerata lima hari terakhir.

Berikut adalah data lembab nisbi yang dihasilkan cuaca permukaan tanggal 11 Januari 2017 meliputi keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk, serta data rerata lima hari terakhir.

Tabel 33: Lembab Nisbi Tanggal 11 Januari 2017 dan Rerata Lima Hari Terakhir

Waktu (UTC)		Lembab Nisbi (%)	
		Rerata 5 Hari Terakhir	11 Januari 2017
05:00	Sebelum	68,2	60
06:00	Saat	65,4	59
07:00	Saat	70,6	93
08:00	Saat	73	90
09:00	Sesudah	77,8	83

Berdasarkan data pada Tabel 33 dan grafik pada Gambar 42, dapat diketahui bahwa nilai lembab nisbi pada tanggal 11 Januari 2017 dari keadaan sebelum, saat dan sesudah awan *Cumulonimbus* terbentuk cenderung mengalami kenaikan dan penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik rerata lima hari terakhir, kedua grafik menunjukkan pola yang berbeda dengan nilai kelembaban nisbi pada tanggal 11 Januari 2017 cenderung lebih tinggi. Pukul 05:00 UTC merupakan waktu sebelum awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi yang dihasilkan yaitu 60%. Pukul 06:00, 07:00 dan 08:00 UTC merupakan waktu awan *Cumulonimbus* terbentuk, lembab nisbi yang dihasilkan secara berurutan yaitu 59%, 93% dan 90%. Pukul 09:00 UTC merupakan waktu di mana awan *Cumulonimbus* pada tahap disipasi (lenyap) yang menghasilkan lembab nisbi 83%. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa lembab nisbi yang dihasilkan saat awan *Cumulonimbus* terbentuk yaitu berkisar 59% sampai dengan 93%.

Berdasarkan analisis grafik dan data cuaca permukaan yang telah dilakukan pada tanggal 6, 7 dan 11 Januari 2017 serta retata lima hari terakhirnya, dapat diketahui bahwa tidak ada pola yang jelas untuk arah angin dengan nilai kecepatan angin yang memiliki suatu rentangan. Tekanan udara yang dihasilkan umumnya mengalami penurunan dan nilai akan cenderung lebih tinggi ketika terdapat hujan. Suhu yang terukur umumnya mengalami penurunan ketika terdapat hujan. Lembab nisbi yang dihasilkan umumnya mengalami peningkatan saat terdapat hujan dan akan turun saat tidak terdapat hujan.

Berdasarkan nilai yang dihasilkan, terbentuknya awan *Cumulonimbus* dari keadaan badi guntur yang tidak terjadi hujan sampai adanya hujan memiliki variasi arah angin yang berubah-ubah dari sudut 20° sampai dengan 320° yang menandakan variabel arah angin besar (arah angin berubah-ubah) sesuai dengan arah datang awan *Cumulonimbus*, kecepatan angin yang dihasilkan berkisar dari 3 sampai dengan 10 knot, tekanan udara yang dihasilkan berkisar dari 999,20 sampai dengan 1001,60 mbar yang umumnya mengalami penurunan dan nilai tekanan udara akan cenderung lebih tinggi ketika terdapat hujan. Suhu yang terukur pada bola kering menunjukkan nilai $24,2^\circ\text{C}$ sampai dengan 32°C yang umumnya mengalami penurunan suhu ketika terdapat hujan. Lembab nisbi yang dihasilkan berkisar 57% sampai dengan 93% yang umumnya mengalami peningkatan saat terdapat hujan dan akan turun saat tidak terdapat hujan. Banyaknya tutupan awan *Cumulonimbus* berkisar antara 4 sampai dengan 5 okta dan bagian langit yang tertutup awan sekitar 6 sampai dengan 8 okta.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tentang analisis karakteristik awan *Cumulonimbus* menggunakan citra satelit dan data cuaca permukaan wilayah Banyuwangi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan data citra satelit.

Nilai spektral sesaat sebelum terbentuknya awan *Cumulonimbus* ditandai dengan kenaikan reflektansi dan penurunan suhu kecerahan secara signifikan. Saat awan *Cumulonimbus* terbentuk ditandai dengan rata-rata nilai reflektansi yang tinggi (lebih besar dari 0) pada B01 hingga B04 dan rata-rata suhu kecerahan B07 hingga B16 yang rendah (kurang dari 0°C). Akan tetapi, pada B05 dan B06 tidak terdapat perbedaan yang jelas pada sebelum, saat dan sesudah adanya awan *Cumulonimbus*. B13 (suhu puncak awan) memberikan pola *time series* yang jelas dalam melihat siklus awan *Cumulonimbus* di mana memiliki periode hidup 1 sampai dengan 2 jam. Hubungan antar kanal saat terdapat awan *Cumulonimbus* adalah B13 (IR) dengan B08 (WV) memiliki selisih kurang dari sama dengan 43C° dengan nilai minimum 7C° dan selisih B13 (IR) dengan B15 (I2) kurang dari sama dengan 8,3C° dengan nilai minimum 0,9C°

2. Karakteristik awan *Cumulonimbus* dengan menggunakan data cuaca permukaan.

Berdasarkan analisis grafik dan data cuaca permukaan yang telah dilakukan, terbentuknya awan *Cumulonimbus* dari keadaan badai guntur yang tidak terjadi hujan sampai adanya hujan memiliki variasi arah angin yang berubah-ubah dari sudut 20° sampai dengan 320° yang menandakan variabel arah angin besar (arah angin berubah-ubah) sesuai dengan arah datang awan *Cumulonimbus*, kecepatan angin yang dihasilkan berkisar dari 3 sampai dengan 10 knot, tekanan udara yang dihasilkan berkisar dari 999,20 sampai dengan 1001,60 mbar yang umumnya mengalami penurunan dan nilai tekanan udara akan cenderung lebih tinggi ketika terdapat hujan. Suhu yang terukur pada bola kering menunjukkan nilai $24,2^\circ\text{C}$ sampai dengan 32°C yang umumnya mengalami penurunan suhu ketika terdapat hujan. Lembab nisbi yang dihasilkan berkisar 57% sampai dengan 93% yang umumnya mengalami peningkatan saat terdapat hujan dan akan turun saat tidak terdapat hujan. Banyaknya tutupan awan *Cumulonimbus* berkisar antara 4 sampai dengan 5 okta dan bagian langit yang tertutup awan sekitar 6 sampai dengan 8 okta.

B. Saran

Penelitian ini hanya menitikberatkan pada cuaca selama satu bulan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pengambilan data cuaca yang lebih banyak untuk mengidentifikasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M Joenoes. 1988. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Ardiyanto, Riris. 2010. *Dasar-Dasar Pemanfaatan dan Interpretasi Citra Satelit Cuaca*. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan BMKG.
- Ariastuti, Ni Luh Putu Sri. 2017. *Cumulonimbus*. Wiguna, Pande Putu Hadi. *Meteodrome*. Volume I Nomor 2. Denpasar: Stasiun Meteorologi Kelas I Ngurah Rai.
- BMKG. 2015. *Modul Teknis Dasar-Dasar Interpretasi Citra Inderaja*. Jakarta: BMKG
- BMKG. 2006. *Tata Cara Tetap Pelaksanaan Pengamatan, Penyandian, Pelaporan dan Pengarsipan Data Meteorologi Permukaan*. Jakarta: BMKG. (<http://www.bmkg.go.id>)
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Djakiman. 2014. *Pengamatan/ Observasi Meteorologi Permukaan*. Jakarta: AMG. (http://www.academia.edu/11899688/AMG_JAKARTA)
- Handoko. 1995. *Klimatologi Dasar Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-Unsur Iklim*. Edisi Kedua. Jakarta: PT Dunia Pustaka Jaya.
- JMA. 2016. *Satellite Imagery Analysis*. Jepang: SIGMET.
- Kartasapoetra, Ance Gunarsih. 2016. *Klimatologi: Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Edisi Revisi. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Kushardono, Dony. 2012. *Kajian Satelit Penginderaan Jauh Cuaca Generasi Baru Himawari 8 dan 9*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. (<https://www.researchgate.net>)

Lakitan, Benyamin. 1997. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.

Neiburger, Morris, James G Edinger, dan William D Bonner. 1995. *Memahami Lingkungan Atmosfer Kita*. Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh: Ardina Puro. Bandung: ITB.

Panjaitan, Andersen. 2014. *Teori Interpretasi Citra Satelit Cuaca, Karakteristik Satelit dengan Orbit Geostationer*. Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

Prawiwardoyo, Susilo. 1996. *Meteorologi*. Bandung: ITB.

Purwadhi, Sri Hardiyanti dan Tjaturahono Budi Sanjoto. 2009. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Cetakan Kedua. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Universitas Negeri Semarang.

Sucahyono S, Dedi, dan Kukuh Ribudiyanto. 2013. *Cuaca dan Iklim Ekstrim di Indonesia*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Suryantoro, Agus. 2013. *Penginderaan Jauh untuk Geografi*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.

Sutanto. 2013. *Metode Penelitian Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.

_____. 1995. *Penginderaan Jauh Dasar*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

_____. 1983. *Sistem Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Tjasyono HK, Bayong dan Sri Woro B. Harijono. 2012. *Meteorologi Indonesia Volume II Awan dan Hujan Monsun*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Tjasyono HK, Bayong. 1987. *Iklim dan Lingkungan*. Bandung: PT Cendekia Jaya Utama.

Wajong, P dan Djenen Bale. 1979. *Bumi dan Antariksa*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Wilson, EM.1993. *Hidrologi Teknik*. Edisi Keempat. Diterjemahkan oleh: MM Purbo Hadiwidjoyo. Bandung: ITB.

Wirjohamidjojo, Soerjadi dan Yunus Subagyo Swarinoto. 2013. *Meteorologi Sinoptik Analisis dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Wisnubroto, Soekardi, Siti Lela Aminah dan Mulyono Nitisapto. 1983. *Asas-asas Meteorologi Pertanian*. Jakarta Timur: Ghalia Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Cuaca Permukaan

No.	Tanggal	Waktu Terbentuknya Awan <i>Cumulonimbus</i>		Angin		Keadaan Cuaca			Tekanan Udara	Suhu Udara		Curah Hujan	Perawanaman							
		UTC	WIB	Arah Angin (derajat)	Kecepatan Angin (knot)	<i>Present Weather</i> (ww)		<i>Past Weather</i>		Koreksi QFE (mbar)	Suhu Bola Kering (°C)	Lembab Nisbi (%)	Hujan sejak Takaran Terakhir (per 3 jam) mm	Awan Rendah		Awan Menengah		Awan Tinggi		Bagian Langit yang Tertutup Awan (okta)
						Keadaan Cuaca Waktu yang Lalu	Keadaan Cuaca Waktu Pengamatan	Keadaan Cuaca Waktu yang Lalu 1	Keadaan Cuaca Waktu yang Lalu 2					Jenis	Banyaknya Tutupan Awan (okta)	Jenis	Banyaknya Tutupan Awan (okta)	Jenis	Banyaknya Tutupan Awan (okta)	
1	1 januari 2017	04:00		160	5	cld unch	cloudy+	cloudy+	1.002,10	30,8	67	-	Sc	4	As	3	Cs	2	7	
		05:00		250	4	cns sl ra	ra	cloudy+	1.001,60	27	85	-	Sc	4	As	3	Cs	2	7	
		06:00		0	0	re ra (not fr)	ra	cloudy+	1.001,00	29	77	4,3	Sc	3	As	3	Cs	2	7	
		07:00		140	3	prec in sight 14	ra	cloudy+	1.000,20	28	85	-	Sc	3	As	3	Cs	2	7	
		08:00		190	3	prec in sight 14	cloudy +	cloudy +	1.000,00	27,8	86	-	Sc	4	As	3	Cs	2	7	
2	2 januari 2017	04:00		0	0	cld unch	cloudy +	cloudy +	1.002,60	28,6	81	-	CuSc	2	AcAs	5	Ci	2	8	
		05:00		70	4	cld unch	cloudy +	cloudy +	1.002,20	29	78	-	CuSc	4	AcAs	3	Ci	2	8	
		06:00		40	8	prec in sight 14	cloudy +	cloudy +	1.001,60	29,8	76	-	Cb Sc	4	As	3	Cs	2	7	
		07:00		110	4	prec in sight 14	cloudy +	cloudy +	1.000,70	28,8	78	-	Cb Sc	4	As	3	Cs	2	7	
		08:00		290	4	inter sl ra	ra	cloudy +	1.000,50	27,4	88	-	Cb Sc	6	As	3	Cs	2	8	
3	3 Januari 2017	09:00	16.00	0	0	re ts	ts	ra	1.001,20	26,6	92	2,5	Cb Sc	5	As	3	Cs	2	8	
		04:00		260	3	inter sl ra	ra	cloudy +	1.002,20	27	89	-	Cb Sc	6	AsAc	3	Cs	3	8	
		05:00		0	0	re ra (not fr)	cloudy +	cloudy +	1.001,10	27	84	-	Cb Sc	6	AsAc	3	Cs	3	8	
		06:00		80	5	prec in sight 15	ra	cloudy +	1.000,90	27,4	85	3,5	Cb Sc	6	As	3	Cs	2	8	
		07:00		90	4	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	1.000,30	28	82	-	Cb Sc	6	As	3	Cs	2	8	
4	4 Januari 2017	08:00		100	5	prec in sight 14	cloudy +	cloudy +	1.000,30	27,5	84	-	Cb Sc	5	Ac As	3	Cs	2	7	
		04:00		170	7	cld unch	cloudy +	cloudy +	1.001,30	30	76	-	CuSc	5	As	3	Cs	2	7	
		05:00		130	4	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	1.000,90	29,4	76	-	CbCuSc	5	As	3	Cs	2	7	
		06:00		140	5	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	1.000,50	30,8	70	0	CbCuSc	5	As	2	Ci	2	7	
		07:00		190	5	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	999,50	31,5	68	-	CbCuSc	5	As	2	Ci	2	7	
5	5 januari 2017	08:00		100	5	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	999,30	30,5	71	-	CbCuSc	5	As	2	Ci	2	7	
		04:00		90	6	cld unch	cloudy +-	cloudy +-	1.001,60	31,5	62	-	Cu	3	As	2	Ci	1	5	
		05:00		80	7	cld incr	cloudy +	cloudy +-	1.000,80	31,2	69	-	Cu Sc	4	As	2	Ci	1	6	
		06:00		30	7	cld unch	cloudy +	cloudy +	1.000,00	31,2	70	0	Sc	3	Ac	2	Ci	2	6	
		07:00		30	5	cld unch	cloudy +	cloudy +	999,40	31,8	65	-	Cb/Sc	4	Ac	3	Ci	2	7	
		08:00		40	4	cld unch	cloudy +	cloudy +	999,60	29,8	69	-	Cb/Sc	4	AsAc	2	Ci	2	7	
		10:00	17.00	0	0	sl ra re ts	ra	ra	1.000,40	28,4	88	-	Cb/Sc	6	AsAc	3	Cs	2	8	
		12:00	19.00	160	3	re ra (not fr)	ts	ra	1.001,80	26,6	94	1,5	Sc	4	AsAc	3	Cs	2	7	

6	6 januari 2017	04:00	11:00	60	8	cld unch	cloudy +-	cloudy +-	1.000,80	31,8	61	-	Cu Sc	4	As	1	Ci	1	5
		05:00	12:00	60	8	ts no prec	ts	cloudy +-	1.000,00	32	62	-	Cb Sc	4	As	2	Ci	1	6
		06:00	13:00	30	7	ts no prec	ts	cloudy +-	999,90	30,2	64	-	Cb Sc	4	As	2	Ci	1	7
		07:00	14:00	30	7	sl ra re ts	ts	ts	999,30	28,9	69	-	Cb Sc	4	As	2	Ci	1	7
		08:00	15:00	230	3	cns sl ra	ra	cloudy +	998,90	28,6	71	-	Sc	4	As	2	Ci	1	7
		09:00	16:00	300	6	re ra	ts	ra	999,00	28,2	74	0,2	Sc	4	As	2	Ci	1	7
7	7 januari 2017	04:00	11:00	80	5	cld unch	cloudy -	cloudy -	1.000,50	30,8	72	-	Cu	2	Ac	2	Ci	1	4
		05:00	12:00	60	3	ts no prec	cloudy +	cloudy +	999,60	31,8	65	-	CbCu	4	Ac	2	Ci	1	6
		06:00	13:00	20	10	ts no prec	ts	cloudy +	999,20	32	57	-	CbCu	4	Ac	4	Ci	1	7
		07:00	14:00	20	5	re ts	ts	cloudy +	998,10	31,8	61	-	Cu	2	Ac	2	Ci	3	6
8	8 januari 2017	05:00		50	5	cld incr	cloudy +	cloudy +	1.000,20	31,6	64	-	CuSc	2	AcAs	5	Ci	2	8
		06:00		40	4	cld incr	cloudy +	cloudy +	999,80	31,4	64	-	CuSc	2	AcAs	3	Ci	1	6
		07:00		50	6	cld unch	cloudy +	cloudy +	998,80	30,6	71	-	CbSc	2	AcAs	3	Ci	1	6
		08:00		330	5	inter sl ra	cloudy +	cloudy +	998,60	29,4	77	-	CbSc	3	AcAs	4	Ci	1	7
		09:00	16:00	0	0	sl ts no ha+ra	ra	cloudy +	999,20	28	88	1,2	CbSc	3	AcAs	4	Ci	1	7
		10:00	17:00	0	0	sl ra re ts	ra	cloudy +	999,60	27	92	-	CbSc	3	AcAs	4	Ci	1	7
		12:00	19:00	0	0	re ra (not fr)	ra	ra	1.000,50	26,4	89	3,3	Sc	4	AcAs	3	Ci	1	7
		16:00	23:00	0	0	lightning	cloudy +	cloudy +	1.001,50	25,7	86	-	CbSc	4	Ac	3	Ci	1	6
		17:00	24:00	300	4	lightning	ts	cloudy +-	1.001,30	25,7	86	-	CbSc	3	Ac	2	Ci	1	5
		18:00	01:00	280	4	ts no prec	ts	cloudy +-	1.000,80	25,3	85	-	CbSc	3	Ac	2	Ci	1	5
9	9 januari 2017	05:00		80	5	prec in sight 16	cloudy +	cloudy +	1.000,40	29,8	77	-	Sc	4	As	2	Ci	1	6
		06:00		70	5	prec in sight 15	cloudy +	cloudy -	999,80	30,2	74	0	CuSc	5	As	2	Ci	1	7
		07:00		70	4	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	999,30	29,7	74	-	CbCuSc	5	As	2	Ci	1	7
		08:00		0	0	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	998,40	29,8	75	-	CbCuSc	5	As	2	Ci	1	7
		09:00		80	7	prec in sight 15	cloudy +	cloudy +	998,80	29,6	74	0	CbCuSc	5	As	2	Ci	1	7
		11:00	18:00	240	6	sl/mod ts no ha+ra	ts	ra	1.000,90	25,4	89	-	CbCuSc	6	As	2	Ci	1	8
		12:00	19:00	0	0	re ts	ts	ra	1.001,40	24,7	93	11,6	CbCuSc	6	As	2	Ci	2	8
10	10 januari 2017	04:00	11:00	0	0	ts no prec	ts	cloudy +	1.002,20	30,6	71	-	CbSc	4	As	2	Ci	1	6
		05:00	12:00	40	3	ts no prec	ts	ts	1.001,60	30,6	73	-	CbSc	4	As	2	Ci	1	6
		06:00	13:00	340	3	ts no prec	ts	ts	1.000,70	30,8	68	-	CbSc	3	As	2	Ci	1	5
		07:00	14:00	230	4	re ts	cloudy +	cloudy +	1.000,60	28	78	-	CbSc	4	As	2	Ci	1	6
		08:00	15:00	250	3	sl ra re ts	cloudy +	cloudy +	1.000,30	28	78	-	CbSc	4	As	2	Ci	1	6
		09:00	16:00	0	0	cns sl ra	ts	ra	1.000,30	27,6	86	0,4	CbSc	4	As	3	Ci	1	7
11	11 januari 2017	05:00	12:00	170	6	cld unch	cloudy +-	cloudy +-	1.001,80	32	60	-	Sc	3	AcAs	2	Ci	1	5
		06:00	13:00	140	5	ts no prec	ts	cloudy +	1.000,90	31,5	59	-	Cb Sc	4	Ac	2	Ci	3	7
		07:00	14:00	290	8	mod ts + ra	ts	ts	1.001,60	24,2	93	-	Cb Sc	5	As	6	-	-	8
		08:00	15:00	320	4	sl ra re ts	ra	ra	999,90	25,6	90	-	Cb Sc	5	As	4	Cs	2	8
		09:00	16:00	280	4	re ra	ts	ra	999,40	27,6	83	36,8	Sc	3	AcAs	4	Ci	2	7

12	12 januari 2017	07.00	14.00	0	0	sl ts + ra	ra	cloudy +	1.000,40	24,4	95	-	CbSc	5	As	2	Ci	1	7
		08.00	15.00	350	3	sl ra re ts	ts	ra	1.000,20	25	93	-	CbSc	5	As	2	Ci	1	7
		09.00	16.00	0	0	inter sl ra	ts	ra	999,80	26	90	32,3	CbSc	5	As	2	Ci	1	7
13	13 januari 2017	07.00	14.00	10	5	sl ts + ra	cloudy +	cloudy +	1.000,80	28	75	-	CbSc	5	Ac	3	Ci	1	8
		09.00	16.00	0	0	prec in sight 15	ts	ra	1.000,30	30	68	0,5	CbSc	3	Ac	3	Ci	1	7
14	19 januari 2017	03:00	10:00	160	3	cld decr	cloudy +	cloudy +-	1.005,40	29,8	70	-	CuSc	3	AcAs	2	Ci	2	5
		07.00	14.00	10	4	sl ts +ra	cloudy +	cloudy +	1.002,70	27,1	80	-	CbSc	4	AcAs	3	Ci	2	8
		08.00	15.00	280	4	sl ts + ra	ts	ra	1.002,30	25,5	93	-	CbSc	4	Ac	3	Ci	2	8
		09.00	16.00	0	0	sl ts + ra	ts	ra	1.002,40	25,4	91	17	CbSc	3	Ac	3	Ci	2	8
		10.00	17.00	0	0	sl ra re ts	ts	ra	1.002,50	25,5	91	-	Sc	3	Ac	2	Ci	2	7
		12.00	19.00	0	0	cns sl ra	ts	ra	1.003,30	24,8	93	2,5	CbSc	6	AsAc	4	Cs	3	8
15	22 januari 2017	04:00	11:00	170	4	cld unch	cloudy +	cloudy +	1.005,70	30,2	73	-	Cu Sc	3	AsAc	3	Ci	3	6
		07.00	14.00	40	4	mod ts +ra	ts	ra	1.003,50	26	93	-	CbSc	4	As	3	Ci	2	7
		08.00	15.00	350	4	heavy ra re ts	ts	ra	1.003,40	26	93	-	Sc	4	As	3	Ci	2	7
		09.00	16.00	340	3	cns sl ra	ts	ra	1.003,30	26	94	33,5	Sc	4	As	3	Ci	2	7
16	23 januari 2017	04:00	11:00	120	2	cld unch	cloudy +-	cloudy +-	1.004,70	30,2	72	-	Cu Sc	3	AcAs	2	Ci	2	5
		06.00	13:00	330	6	sl/mod ts no ha+ra	ts	ra	1.004,30	24,5	94	22	Cb Sc	6	As	5	-	-	8
		07.00	14.00	330	4	sl ra re ts	ra	ra	1.004,10	25,8	92	-	Cb Sc	6	As	5	-	-	8
		08.00	15.00	300	4	sl ts+ra	ts	ra	1.003,50	25,9	91	-	Cb Sc	6	As	5	-	-	8
		09.00	16.00	240	8	sl ra re ts	ts	ra	1.003,00	25,1	89	8,5	Cb Sc	6	As	5	-	-	8
		10:00	17:00	0	0	inter sl ra	ra	cloudy +	1.003,60	25,3	91	-	Sc	4	As	5	Cs	3	8
17	24 januari 2017	07.00	14.00	50	6	re ts	cloudy +	cloudy +	1.003,10	28,4	74	-	Cb Sc	5	As	2	Ci	2	7
		11.00	18.00	0	0	ts no prec	ts	cloudy +	1.003,90	28	79	-	Cb Sc	4	As	2	Ci	3	7
18	25 januari 2017	09.00	16.00	40	7	ts no prec	ts	ra	1.002,80	27,4	82	3	Cb Sc	4	Ac	3	Ci	1	8
		10.00	17.00	0	0	re ts	cloudy +	cloudy +	1.003,30	26,4	87	-	Sc	3	As	3	Ci	1	7
19	27 januari 2017	10.00	17.00	0	0	sl ts + ra	ts	ra	1.000,60	26,3	90	-	Cb Sc	4	AcAs	5	-	-	8
		11.00	18.00	0	0	sl ra re ts	ra	cloudy +	1.001,40	25,8	94	-	Cb Sc	4	AcAs	5	-	-	8
		12.00	19.00	0	0	sl ts no ha+ra	ts	ra	1.002,00	26	95	4,3	CbSc	6	AsAc	4	Cs	3	8
		13.00	20.00	0	0	sl ra re ts	ra	ra	1.002,10	25,6	95	-	CbSc	6	AsAc	4	Cs	3	8
		15.00	22.00	0	0	cns sl ra	ts	ra	1.002,40	25,4	97	3	CbSc	6	AsAc	4	Cs	3	8

Lampiran 2: Data Citra Satelit

No.	Tanggal	Waktu Terbentunya Awan <i>Cumulonimbus</i>		Nilai Spektral Citra																	
		Cuaca Permukaan (WIB)	Citra Satelit (UTC)	Waktu dan Keadaan		B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
				Waktu (UTC)	Sebelum	Reflektansi										Pengukuran Suhu Kecerahan/Brightness Temperature Measurement (°C)					
					Saat																
1	6 januari 2017	sebelum	04:00	0,302	0,297	0,238	0,399	0,267	0,168	27,7	-45,1	-37,3	-29,9	1,6	-13,2	1,7	-3	-9,6	-20,7		
			04:10	0,239	0,216	0,205	0,324	0,222	0,158	23,9	-46,6	-39,6	-33,4	-4,2	-18	-5	-10	-16,4	-26,4		
			04:20	0,308	0,283	0,273	0,359	0,239	0,187	14,2	-49,9	-45	-40,1	-18,2	-27,9	-19,4	-24,5	-29,4	-36,2		
			04:30	0,385	0,366	0,325	0,424	0,229	0,203	8,6	-51,2	-47,1	-43,1	-25,8	-32,9	-26,7	-31,3	-35,6	-41,3		
			04:40	0,296	0,272	0,249	0,337	0,195	0,158	15,9	-48,2	-42,3	-36,8	-12,7	-23,8	-14,1	-19,4	-24,8	-32,5		
			04:50	0,318	0,291	0,275	0,359	0,224	0,188	13,7	-50,9	-46,2	-40,9	-19	-28,3	-21,1	-27,5	-32,3	-39,2		
		saat	12:00	05:00	05:00	0,444	0,422	0,415	0,475	0,241	0,247	-0,7	-56,2	-52,9	-51	-40,1	-42,3	-40,7	-45,4	-47,6	-50,6
				05:10		0,502	0,484	0,468	0,519	0,205	0,243	-10,7	-52,5	-50,3	-48,7	-44,1	-45	-44	-46,7	-47,5	-49,8
				05:20		0,571	0,551	0,536	0,591	0,222	0,261	-10,4	-52,3	-49,4	-48,4	-43,7	-44,4	-43,9	-46,3	-47,3	-49
				05:30		0,575	0,562	0,55	0,604	0,199	0,236	-12,9	-47,8	-44,6	-42,6	-38,6	-41,4	-38,5	-40,2	-41	-43,2
				05:40		0,626	0,603	0,606	0,638	0,221	0,276	-11,8	-50,7	-47,7	-47,3	-44	-44,1	-43,3	-44,6	-45,9	-48
				05:50		0,842	0,824	0,856	0,892	0,212	0,288	-13,5	-46	-43,3	-42,3	-39,6	-42,2	-38,7	-39,6	-40	-41,9
			13:00	06:00	06:00	0,928	0,909	0,941	0,965	0,199	0,281	-13,2	-46	-42,9	-42,5	-39,6	-42,3	-39	-39,4	-40,1	-41,9
		sesudah		06:10		0,905	0,891	0,916	0,936	0,221	0,304	-13,7	-46,8	-44,3	-43,3	-40,4	-42,9	-39,8	-40,7	-40,7	-42,6
				06:20		0,909	0,893	0,926	0,934	0,238	0,315	-12,6	-47,3	-44,3	-43,4	-41	-43,1	-40,1	-41,2	-41,3	-43,2
				06:30		0,946	0,938	0,986	0,992	0,235	0,308	-10,9	-44,1	-40,2	-38,6	-35,6	-39,8	-35,1	-36,1	-36,3	-38,8
				06:40		0,901	0,886	0,908	0,942	0,222	0,286	-11,6	-43,7	-39,6	-37,9	-35,1	-39,2	-34,4	-35,5	-35,8	-37,9
				06:50		0,898	0,889	0,909	0,949	0,252	0,324	-12,2	-46,6	-43,3	-42,4	-39,6	-42	-38,9	-40	-40,6	-42,7
			14:00	07:00	07:00	0,879	0,864	0,89	0,936	0,254	0,336	-12,7	-45,5	-42,3	-41,1	-38,2	-41,2	-37,6	-38,7	-39,3	-41,5
				07:10																	
				07:20		0,801	0,779	0,801	0,832	0,225	0,286	-15,6	-41,7	-37,8	-36,2	-33,1	-38,2	-32,7	-33,1	-33,7	
				07:30		0,856	0,839	0,862	0,919	0,256	0,328	-14,7	-42,3	-38,2	-36,8	-33,8	-38,6	-33,1	-33,9	-34,4	-36,5
				07:40		0,805	0,791	0,856	0,848	0,24	0,305	-15,3	-41,9	-37,5	-35,8	-32,4	-37,9	-32	-32,7	-33,6	-36,1
				07:50		0,814	0,804	0,836	0,885	0,265	0,331	-14,7	-41,6	-36,9	-35,1	-31,5	-37,1	-31,2	-32,4	-33,2	-35,5
				08:00		0,624	0,579	0,57	0,646	0,245	0,306	-12,7		-38,3	-36,2	-32,6		-32,9	-34,5	-35,6	-38,3

2	7 januari 2017			04:00		0,188	0,168	0,159	0,311	0,237	0,151	30,8	-43,9	-36,1	-28,1	6,9	-10,1	6,5	1,6	-5,3	-17,5
				04:10		0,191	0,171	0,298					-43,7	-35,7	-28,1	7,3	-9,8		1,3	-5,8	-17,8
				04:20		0,195	0,175	0,162	0,278	0,256	0,164	30,7	-43,3	-35,1	-27	6,6	-10,5	6,6	2	-5	-16,6
				04:30		0,222	0,207	0,205	0,332	0,272	0,186	31,6	-42,7	-34,4	-26,2	5,9	-11	6,1	1,4	-5,1	-15,9
				04:40		0,225	0,193	0,166	0,275	-0,01	0,184	28,9		-34,5	-25,9	4,5	-11,9	4,8	57,9	-6,2	-16,6
				04:50		0,336	0,319	0,308	0,398	0,29	0,218	23,2	-42,9	-34,5	-26,5	-5,2	-18,6	-4,2	-7,7	-11,6	-19,9
		12:00	05:00	05:00		0,27	0,254	0,239	0,341	0,257	0,199	21	-43,7	-36	-28,8	-8,4	-21,1	-7,9	-11,6	-15,5	-23,3
				05:10		0,546	0,532	0,587	0,609	0,429	0,324	11,5	-42,9	-35,4	-28,4	-16,2	-26,5	-15,6	-17,6	-19,6	-25,2
				05:20		0,277	0,253	0,225	0,345	0,234	0,179	33,1	-42,9	-34,9	-26,7	-1,4	-16	-1,1	-4,3	-9,4	-18,6
				05:30		0,319	0,298	0,229	0,362	0,275	0,216	21,6	-42,9	-34,8	-26,8	-5,1	-19,1	-4,7	-8,2	-12,3	-20,1
				05:40		0,255	0,234		0,309	0,258	0,214	19,1	-43,1	-35,2	-27,5	-6,2	-19,5	-5,6	-8,3	-13	-20,4
				05:50		0,467	0,46	0,499	0,558	0,406	0,315	14,8	-43,1	-34,9	-27,5	-11,3	-23,9	-11,1	-13,2	-15,5	-21,9
		13:00	06:00	06:00		0,384		0,39	0,437	0,314	0,248	16,4	-42,1	-33,9	-25,9	-8,9	-21,8	-8		-13,2	-19,7
				06:10		0,353	0,335	0,379	0,379	0,295	0,244	18	-41,7	-33,4	-25,3	-6,1	-20,1	-5,9	-8,2	-11,4	-18,7
				06:20		0,497	0,481	0,429	0,559	0,428		14,8	-42,5	-34,3	-26,5	-12,1	-23,8	-11,2	-12,9	-15,2	
				06:30		0,566	0,549	0,569	0,638	0,451	0,341	12,7	-42,9	-34,8	-26,9	-12,7	-24,8	-12,3	-13,9	-15,7	-21,9
				06:40		0,54	0,566	0,635	0,422	0,322	0,179	14,7	-42,1	-34				-10,2	-12,7		-21
				06:50		0,435	0,417	0,45	0,51	0,379	0,296	17,8	-44,3	-36,5	-28,8	-11,2	-23	-11	-16,2	-18,9	-25
				07:00		0,25	0,219	0,227	0,348		0,213	25,1	-42,3	-33,8	-26,1	-1,5	-15,8	-0,4	-5,9	-10,4	-19,4
3	11 januari 2017			05:00		0,378	0,389	0,306	0,505	0,396	0,305	30,9	-35,2	-26,6	-18,1	3,4	-12	6,2	3,4	0,6	-8,1
				05:10		0,265	0,229	0,278	0,358	0,323	0,232	29,9	-35,2	-26,7	-18,4	3,4	-11,2	6,2	3,2	0,2	-9,2
				05:20		0,213	0,194	0,214	0,302	0,245	0,165	34,9	-35,5	-27,2	-18,8	11,7	-5,7	13,6	10,5	5,1	-7,1
				05:30		0,158	0,139	0,128	0,264	0,222	0,137	40,1	-34,6	-26,1	-17,9	21,5	0,4	22,2	18,8	11,5	-2,7
				05:40		0,156	0,135	0,127	0,261	0,201	0,102	40,5	-34,9	-26,3	-17,6	22,1	2,1	24,1	20,3	12,9	-1,5
				05:50		0,152	0,127	0,105	0,178	0,146	0,108	35,8	-35,1	-26,7	-18	18,6	-1,2	19,6	16,2	9,5	-3,5
		13:00	06:00	06:00		0,336	0,323	0,422	0,396	0,368	0,292	31,8	-34,3	-26	-17,8	7,2	-9,8	8,7	6,5	2,9	-7,3
				06:10		0,784	0,781	0,731	0,866	0,47	0,341	25,8	-34,2	-26	-18,1	-1,9	-16,5	-0,4	-0,7	-2,4	-10
				06:20		0,691	0,671	0,671	0,705	0,352	0,287	2,8	-48,9	-43,8	-38,8	-28,5	-34,3	-29	-32,2	-34,5	-39,3
				06:30		0,567	0,546	0,539	0,542	0,207	0,153	-0,8	-39,8	-32,7	-25,8	-15,2	-25,8	-15,5	-16,6	-18	-23,7
				06:40																	
				06:50		0,669	0,665	0,574	0,721	0,122	0,162	-11	-37,9	-31	-27,2	-21,7	-30,4	-20,8	-21,3	-22,7	-26,5
		14:00	07:00	07:00		0,766	0,746	0,706	0,78	0,253	0,276	-10,3	-50,9	-47,7	-46,1	-42,5	-43,3	-43,1	-45,2	-46,1	-48
				07:10		0,862	0,848	0,861	0,884	0,261	0,304	-13,4	-47,1	-43,9	-43	-40,2	-42,7	-39,5	-40,9	-41,1	-42,7
				07:20		0,785	0,759	0,753	0,794	0,236	0,295	-16,4	-45,3	-42,1	-41,1	-38,2	-41,3	-37,9	-38,5	-39,3	-41,2
				07:30		0,679	0,651	0,675	0,663	0,189	0,216	-11,3	-39,9	-34,5	-31,5	-27,2	-34,2	-26,8	-27,9	-28,7	-31,8
				07:40		0,92	0,906	0,932	0,983	0,307	0,357	-6,9	-46,2	-41,5	-37,1	-32,9	-38,1	-33,5	-34,8	-36,7	-39,5
				07:50		0,528	0,514	0,523	0,538	0,137	0,17	-6,5	-37,1	-29,2	-23,8	-15,7	-26,3	-14,9	-15,7	-16,5	-21,4
		15:00	08:00	08:00		0,533	0,51	0,492	0,535	0,164	0,182	-4,8	-39,9	-33,4	-26,5	-17	-26,8	-16,3	-18	-19,4	-24,5
				08:10		0,243	0,222	0,178	0,218	0,056	0,072	0,7	-36,9	-28,4	-20,8	-6,1	-19,6	-5,3	-6,5	-8,6	-14,9
				08:20		0,196	0,166	0,161	0,183	0,104	0,101	8,4	-37,9	-29,7	-22,2	-2,7	-17,1	-2,2	-4,2	-7,2	-14,8
				08:30		0,282	0,259	0,252	0,298	0,142	0,135	12,2	-38,6	-30,6	-23,2	-2,6	-16,5	-2,1	-4,4	-8,3	-16,2
				08:40		0,343	0,316	0,276	0,364	0,246	0,236	11,7	-41,6	-34,2	-27,6	-10,2	-21,5	-9,3	-12,7	-16,3	-23,5
				08:50		0,367	0,345	0,325	0,406	0,284	0,272	11,9	-41,6	-34,3	-28,4	-9	-21,5	-9,2	-12,4	-16,2	-23,5
				09:00		0,332	0,307	0,216	0,355	0,209	0,173	18,3	-39,4	-31,7	-24,1	3,7	-12,3	4,4	2,2	-2,2	-12,9