

KAJIAN STABILITAS ATMOSFER DI BANDARA SULTAN ISKANDAR MUDA BANDA ACEH (STUDI KASUS TANGGAL 15, 17, 20, 21, DAN 22 OKTOBER 2019)

NASYITHAH AZ-ZAHRA LUBIS^{1,*}, AHMAD ARIF HASIBUAN¹, DIANA CAHAYA SIREGAR²

¹Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda Banda Aceh, Komplek Bandara Sultan Iskandar Muda Blang Bintang,
Banda Aceh

²Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang, Area Perkantoran Bandara Raja Haji Fisabilillah,
Kota Tanjungpinang

Abstrak. Potensi kejadian hujan dan badai guntur menjadi perhatian penting untuk dapat diwaspadai karena berdampak terhadap aktivitas masyarakat khususnya di bidang penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kejadian hujan dan badai guntur. Data yang digunakan adalah data radiosonde untuk memperoleh indeks labilitas atmosfer dan data curah hujan sebagai pembanding kejadian. Selain itu, data citra radar cuaca digunakan sebagai analisis pertumbuhan awan konvektif sebelum terjadinya hujan dan badai guntur. Hasil pengolahan data radiosonde untuk beberapa kejadian menunjukkan kesesuaian terhadap kondisi cuaca yang terjadi sebelum kejadian hujan dan badai guntur. Nilai *K-Index* (KI), *Total-Totals Index* (TT) dan *Severe Weather Threat Index* (SWEAT) sebelum kejadian hujan atau badai guntur memiliki nilai indeks labilitas pada kategori sedang hingga kuat. Data citra radar cuaca juga menunjukkan adanya pertumbuhan awan konvektif pada waktu 4 jam sebelum kejadian. Validasi dari data pengamatan udara permukaan menunjukkan keadaan cuaca sebenarnya yang terjadi yaitu kejadian hujan diikuti badai guntur.

Kata kunci : Radiosonde, Citra Radar Cuaca, Indeks Labilitas

Abstract. The potential for rain and thunderstorm become a very important concerns to be carefully observed due to their high impact on the community activities, especially in the aviation sector. This study is aimed to analyse the potential for rain and thunderstorm occurrence. The data used is radiosonde data to obtain the atmospheric lability index and rainfall data for comparison of events. In addition, weather radar image data is used as an analysis of convective cloud growth before the occurrence of rain and thunderstorms. In addition, weather radar image data is used as an analysis of convective cloud growth before the occurrence of rain and thunderstorms. The results of radiosonde data processing for several events show the suitability of the weather conditions that occur before the rain and thunder storms. The value of *K-Index* (KI), *Total-Totals Index* (TT) and *Severe Weather Threat Index* (SWEAT) before a rain or thunderstorm has a lability index value in the moderate to strong category. Weather radar imagery data also shows convective cloud growth 4 hours before the occurrence. The validation of the surface air observation data shows the actual weather conditions that occur, namely rain events followed by thunder storms.

Keywords : Radiosonde, Weather Radar Image, Lability Index

1. Pendahuluan

Indonesia adalah daerah ekitorial yang ditandai dengan adanya pertumbuhan awan konvektif [1]. Proses pertumbuhan tersebut memicu terjadinya gangguan di atmosfer [2]. Proses penguapan oleh air laut juga memicu terjadinya pertumbuhan awan konvektif [3]. Aktivitas awan konvektif yang terus menerus merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya hujandisertai badai guntur dimana kejadian tersebut dapat berdampak terhadap aktivitas masyarakat salah satunya bagi lalu lintas udara, darat maupun laut. Pengurangan resiko terhadap kejadian badai guntur dapat dikurangi dengan melakukan prakiraan terhadap potensi terjadinya badai guntur [4].

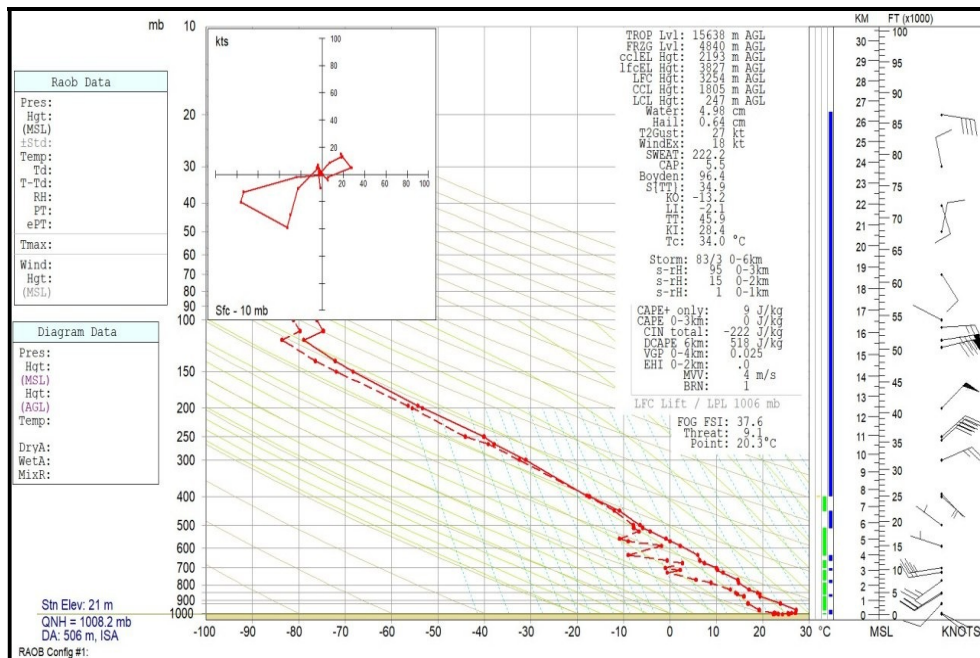
Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda Banda Aceh merupakan stasiun yang melakukan pengamatan terhadap kejadian hujan dan badai guntur. Selain itu, terdapat pengamatan udara atas menggunakan radiosonde. Dari rekaman data, dihasilkan indeks labilitas atmosfer seperti: *K-Index*

*email : nasyithahjhd@gmail.com

(KI), *Total-Totals Index* (TT), dan *Severe Weather Threat Index* (SWEAT) yang diperoleh dari pendekatan persamaan. Nilai indeks tersebut digunakan untuk mengetahui potensi terjadinya hujan dan badai guntur [5]. Penelitian yang dilakukan oleh [6] mengkaji indeks stabilitas atmosfer di wilayah tropis menggunakan KI, TT, dan SWEAT. Untuk validasi nilai prakiraan potensi kejadian hujan dan badai guntur akan digunakan data citra radar cuaca untuk melihat potensi pertumbuhan awan-awan konvektif. Rekaman data pengamatan udara permukaan digunakan sebagai validasi kejadian kondisi cuaca sebenarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi terjadinya hujan dan badai guntur berdasarkan data radiosonde dengan indeks labilitas atmosfer di Bandara Sultan Iskandar Muda Banda Aceh.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data radiosonde, data curah hujan, dan data rekaman badai guntur pada citra radar cuaca. Data tersebut berasal dari Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda Banda Aceh. Data akan diolah dengan melihat kejadian hujan dan badai guntur pada data pengamatan udara permukaan. Pengamatan radiosonde akan menghasilkan data berbentuk sandi temp (TTAA) pada jam pengamatan 00.00 UTC (07.00 WIB) dan 12.00 UTC (19.00 WIB) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sandi akan diolah dan dianalisis untuk mengetahui indeks labilitas untuk melihat potensi kejadian hujan ataupun badai guntur. Indeks labilitas atmosfer yang digunakan adalah *K-Indeks* (KI), *Total-Totals Indeks* (TT), dan SWEAT. Penelitian akan mengkaji potensi kejadian hujan dan badai guntur pada tanggal 15, 17, 20, 21, dan 22 Oktober 2019.



Gambar 1. Data pengamatan radiosonde

2.1 Indeks Labilitas Udara

2.1.1 *K-Index* (KI)

K-Index (KI) merupakan ukuran potensi adanya aktifitas konvektif berdasarkan suhu vertikal dan kelembapan atmosfer. Nilai indeks ini dihitung berdasarkan nilai suhu pada lapisan: 850 mb, 700 mb, dan 500 mb serta nilai suhu titik embun pada lapisan 850 mb dan 700 mb. Berikut adalah persamaan KI :

$$KI = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - T_{700} - Td_{700} \quad (1)$$

dimana T merupakan suhu dan Td merupakan suhu titik embun.

Semakin besar perbedaan suhu antara lapisan 850 mb dan 500 mb menunjukkan semakin tinggi kelembapan udara, sehingga nilai KI akan semakin besar. Jika nilai KI semakin besar maka akan semakin tinggi potensi terjadinya konvektifitas. Kajian sebelumnya menunjukkan secara diurnal untuk kondisi pada siang hari, nilai KI akan semakin tinggi dikarenakan kondisi atmosfer yang tidak stabil [6].

2.1.2 Total-Totals Index (TT)

Total-Totals Index (TT) adalah salah satu indeks yang dapat menentukan proses konveksi yang merupakan gabungan dari *vertical totals* dan *cross totals*. *Vertical totals* merupakan selisih antara suhu lingkungan pada lapisan 850 mb dan 500 mb sedangkan *cross totals* merupakan selisih antara suhu titik embun pada lapisan 850 mb dengan suhu lingkungan pada lapisan 500 mb. Berikut adalah persamaan TT:

$$TT = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - T_{500} \quad (2)$$

dimana T merupakan suhu lingkungan dan Td merupakan suhu titik embun.

Semakin tinggi suhu dan kelembapan udara pada lapisan 850 mb diikuti kondisi suhu udara pada lapisan 500 mb yang semakin rendah, maka menunjukkan nilai TT akan semakin besar dimana akan menunjukkan kondisi atmosfer yang semakin labil. Kondisi tersebut akan memicu pertumbuhan awan konvektif yang cukup banyak khususnya untuk pertumbuhan awan Cumulonimbus.

2.1.3 SWEAT

SWEAT (*Severe Weather Threat Index*) merupakan indeks untuk melihat potensi cuaca buruk dengan memperhitungkan mekanisme lain yang dapat memicu terjadinya cuaca buruk. Berikut adalah persamaan SWEAT :

$$SWEAT = 12 Td_{850} + 20 (TT - 49) + 2 f_{850} + f_{500} + 125 (s + 0,2) \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

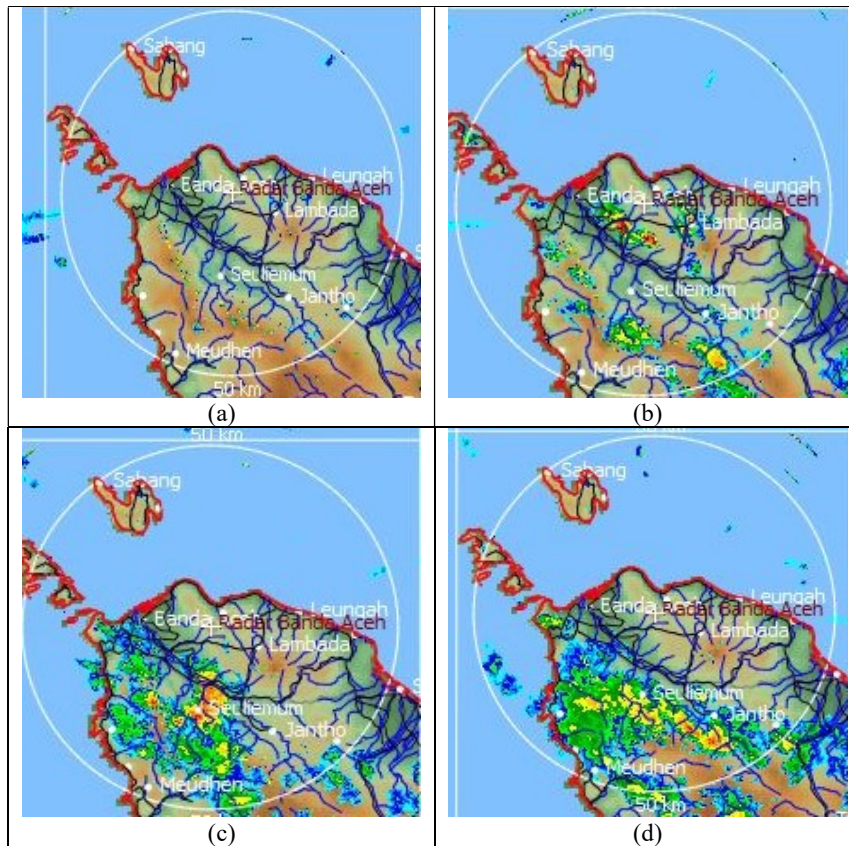
3.1 Tanggal 15 Oktober 2019

Tabel 1 menunjukkan potensi kejadian hujan disertai peluang badai Guntur kuat berdasarkan indeks labilitas yang tercatat melalui pengamatan radiosonde pada tanggal 15 Oktober 2019. Kondisi cuaca yang terjadi setelah jam pengamatan radiosonde menunjukkan kejadian hujan dengan intensitas sedang pada jam 05.00 UTC dan terdapat kejadian badai guntur pada jam 07.00 UTC. Selanjutnya terjadi hujan dengan intensitas sedang disertai badai guntur pada jam 10.00 UTC.

Tabel 1. Indeks labilitas tanggal 15 Oktober 2019

Nilai Indeks	Potensi Kejadian	Kondisi Cuaca
KI 40,7	Kuat	Hujan disertai badai guntur
TT 47,5	Kuat	
SWEAT 266,4	Kuat	

Gambar 2 merupakan citra radar cuaca untuk melihat pertumbuhan awan konvektif sebelum terjadinya hujan dimana awan konvektif dapat memicu potensi terjadinya hujan dan badai guntur. Analisis data citra radar cuaca digunakan karena tidak ada data atau alat pengamatan cuaca yang bersifat kontiniu untuk melihat labilitas atmosfer. Gambar 2(a) menunjukkan belum ada potensi pertumbuhan awan konvektif. Gambar 2(b) menunjukkan sudah terdapat pertumbuhan awan konvektif yang diinterpretasikan dengan tampilan warna kuning dan merah. Gambar 2(c) dan 2(d) menunjukkan pertumbuhan awan-awan konvektif semakin banyak. Pertumbuhan awan konvektif cukup signifikan pada jam 05.00 UTC s.d.07.00 UTC dimana pada kejadian sebenarnya terjadi hujan diikuti badai Guntur yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 05.00 UTC.



Gambar 2. Citra radar cuaca tanggal 15 Oktober 2019 pada pukul (a) 04.00 UTC, (b) 05.00 UTC, (c) 06.00 UTC, (d) 07.00 UTC

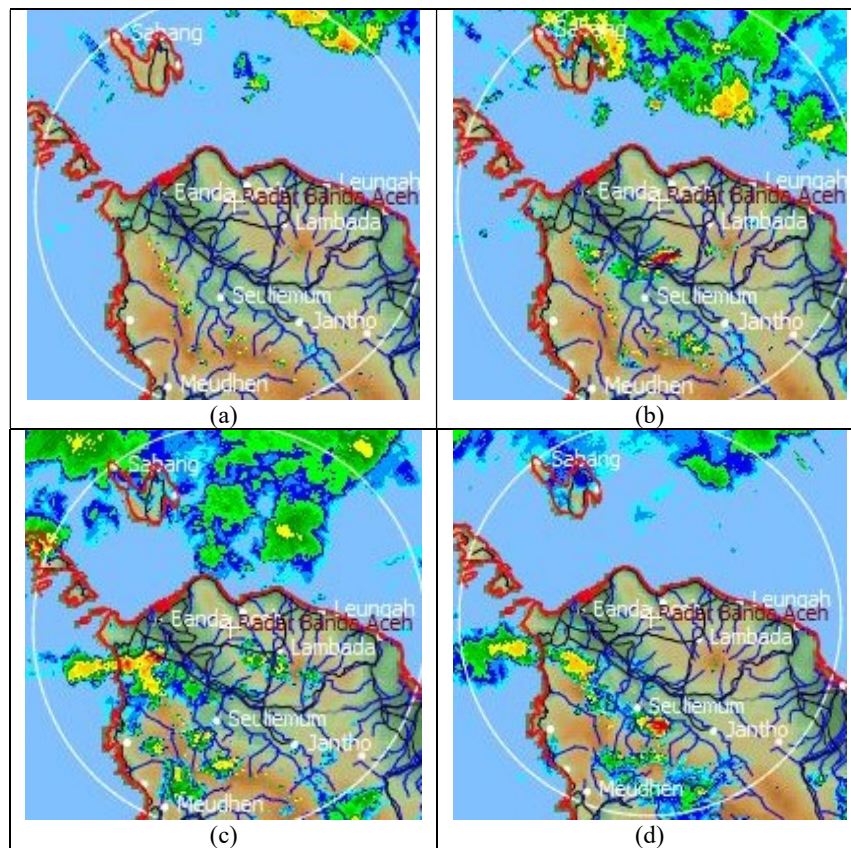
3.2 Tanggal 17 Oktober 2019

Tabel 2 menunjukkan potensi kejadian badai guntur sedang tanpa disertai kejadian hujan berdasarkan indeks labilitas yang tercatat melalui pengamatan radiosonde pada tanggal 17 Oktober 2019. Kondisi cuaca yang terjadi setelah jam pengamatan radiosonde menunjukkan kejadian badai guntur pada jam 07.00 UTC.

Tabel 2. Indeks labilitas tanggal 17 Oktober 2019

Nilai Indeks	Potensi Kejadian	Kondisi Cuaca
KI 36,2	Sedang	Badai Guntur
TT 44,7	Sedang	
SWEAT 57,7	Lemah	

Gambar 3(a) menunjukkan belum ada potensi pertumbuhan awan konvektif. Gambar 3(b) menunjukkan sudah terdapat pertumbuhan awan konvektif yang diinterpretasikan dengan tampilan warna kuning dan merah. Gambar 3(c) dan 3(d) menunjukkan pertumbuhan awan-awan konvektif semakin banyak. Pertumbuhan awan konvektif cukup signifikan pada jam 05.00 UTC s.d.07.00 UTC dimana pada kejadian sebenarnya terjadi hujan diikuti badai guntur yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 06.00 UTC.



Gambar 3. Citra radar cuaca tanggal 17 Oktober 2019 pada pukul (a) 04.00 UTC, (b) 05.00 UTC, (c) 06.00 UTC, (d) 07.00 UTC

3.3 Tanggal 20 Oktober 2019

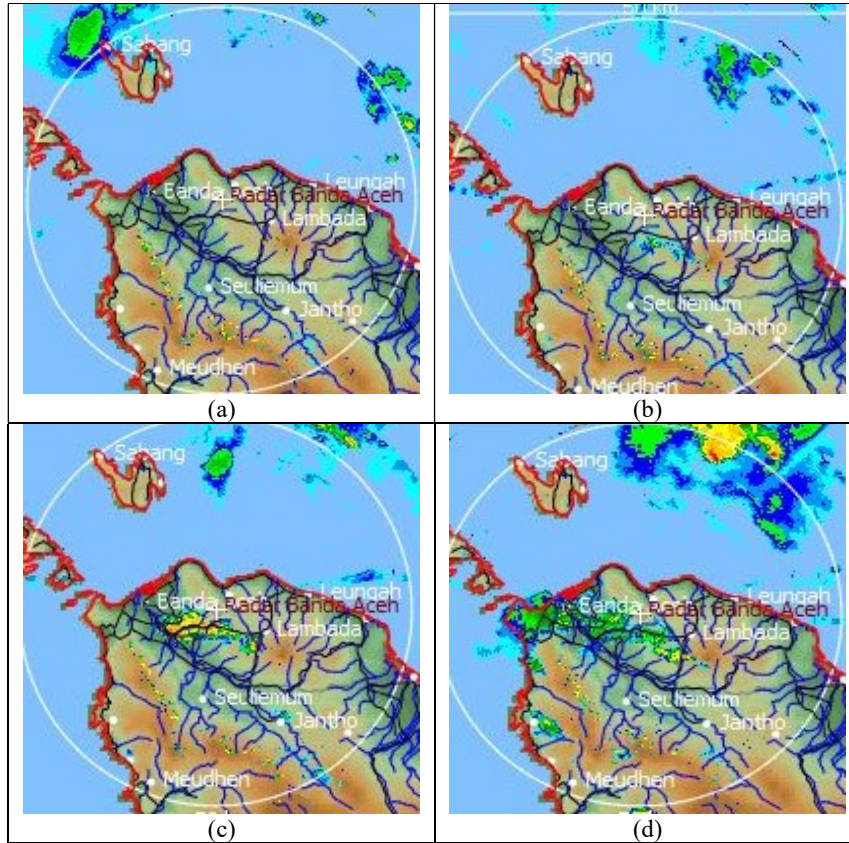
Tabel 3 menunjukkan potensi kejadian hujan disertai potensi badai guntur kuat berdasarkan indeks labilitas yang tercatat melalui pengamatan radiosonde pada tanggal 20 Oktober 2019. Kondisi cuaca yang terjadi setelah jam pengamatan radiosonde menunjukkan kejadian hujan dengan intensitas ringan disertai badai guntur pada jam 06.00 UTC.

Tabel 3. Indeks labilitas tanggal 20 Oktober 2019

	Nilai Indeks	Potensi Kejadian	Kondisi Cuaca
KI	41,8	Kuat	Hujan disertai badai guntur
TT	47,3	Kuat	
SWEAT	96,7	Lemah	

Gambar 4(a) dan 4(b) menunjukkan belum ada potensi pertumbuhan awan konvektif. Gambar 4(c) menunjukkan sudah terdapat pertumbuhan awan konvektif yang diinterpretasikan dengan tampilan warna kuning. Gambar 4(d) menunjukkan pertumbuhan awan-awan konvektif semakin banyak.

Pertumbuhan awan konvektif cukup signifikan mulai jam 05.00 UTC s.d 06.00 UTC dimana pada kejadian sebenarnya terjadi hujan diikuti badai guntur yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 05.15 UTC.



Gambar 4. Citra radar cuaca tanggal 20 Oktober 2019 pada pukul (a) 03.00 UTC, (b) 04.00 UTC, (c) 05.00 UTC, (d) 06.00 UTC

3.4 Tanggal 21 Oktober 2019

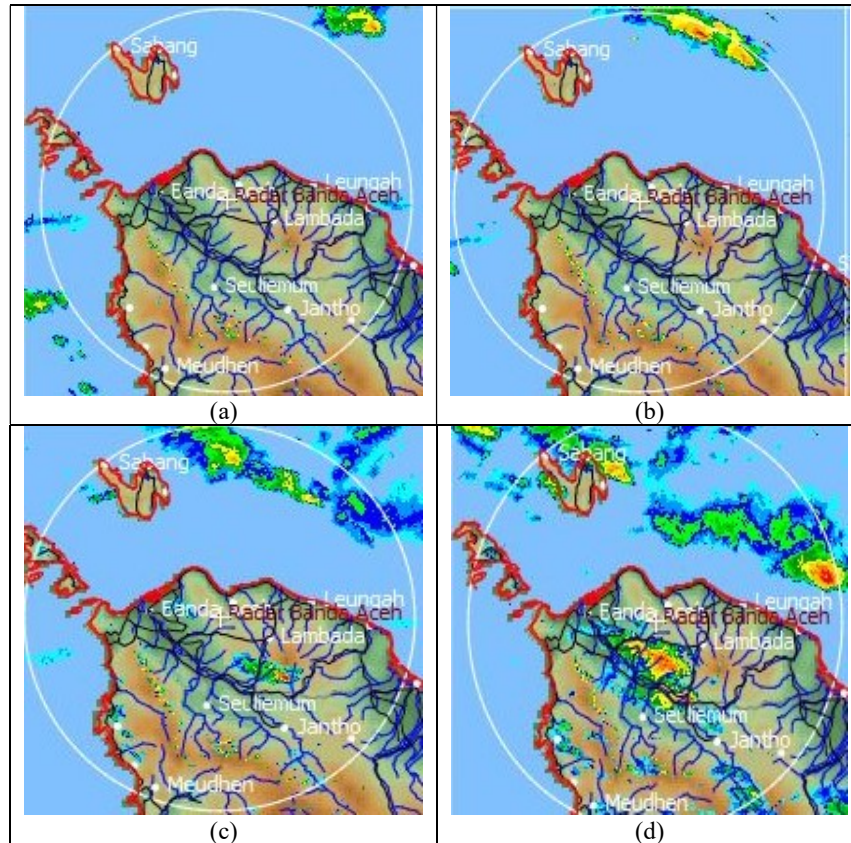
Tabel 4 menunjukkan potensi kejadian hujan disertai potensi badai guntur sedang berdasarkan indeks labilitas yang tercatat melalui pengamatan radiosonde pada tanggal 20 Oktober 2019. Kondisi cuaca yang terjadi setelah jam pengamatan radiosonde menunjukkan kejadian hujan dengan intensitas sedang hingga kuat disertai badai guntur pada jam 05.00 UTC s.d. 06.00 UTC. Pada kejadian sebenarnya terjadi hujan yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 08.00 UTC dan tercatat kejadian badai guntur pada jam 09.00 UTC.

Tabel 4. Indeks labilitas tanggal 21 Oktober 2019

	Nilai Indeks	Potensi Kejadian	Kondisi Cuaca
KI	36,2	Sedang	Hujan disertai badai guntur
TT	44,3	Sedang	
SWEAT	157,2	Sedang	

Gambar 5(a) menunjukkan belum ada potensi pertumbuhan awan konvektif. Gambar 5(b) menunjukkan sudah terdapat pertumbuhan awan konvektif yang diinterpretasikan dengan tampilan warna kuning dan biru. Gambar 5(c) dan 5(d) menunjukkan pertumbuhan awan-awan konvektif semakin banyak dan tebal. Pertumbuhan awan konvektif cukup signifikan mulai jam 04.00 UTC

s.d 05.00 UTC dimana pada kejadian sebenarnya terjadi hujan diikuti badai Guntur yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 05.00 UTC.



Gambar 5. Citra radar cuaca tanggal 21 Oktober 2019 pada pukul (a) 02.00 UTC, (b) 03.00 UTC, (c) 04.00 UTC, (d) 05.00 UTC

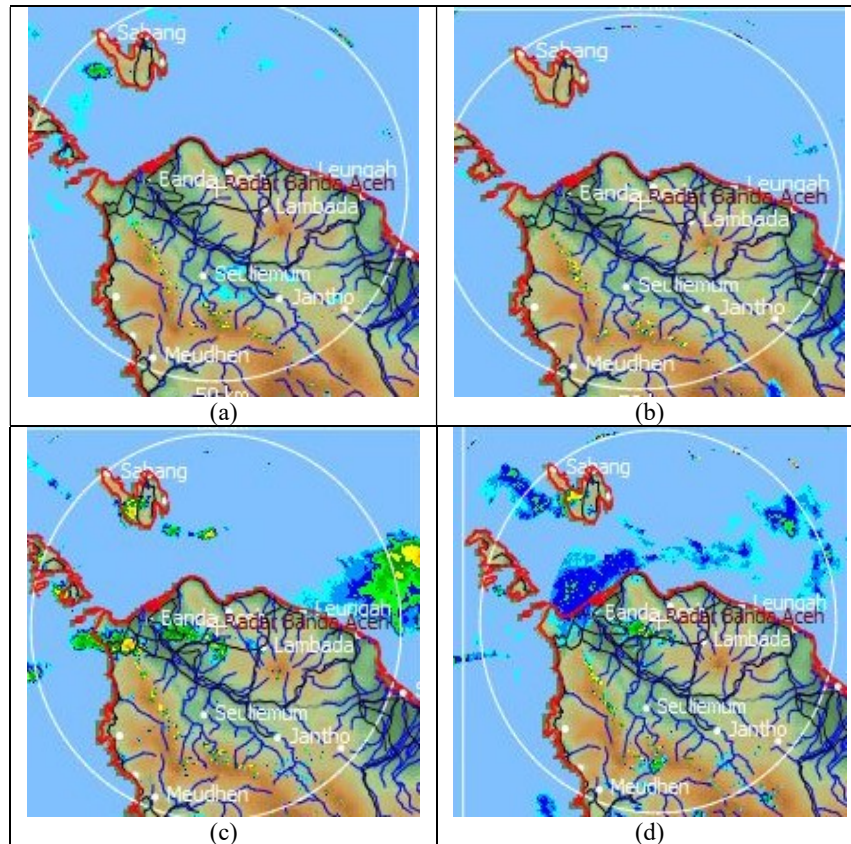
3.5 Tanggal 22 Oktober 2020

Tabel 5 menunjukkan potensi kejadian hujan disertai potensi badai Guntur kuat berdasarkan indeks labilitas yang tercatat melalui pengamatan radiosonde pada tanggal 20 Oktober 2019. Kondisi cuaca yang terjadi setelah jam pengamatan radiosonde menunjukkan kejadian hujan dengan intensitas sedang hingga kuat disertai badai guntur pada jam 05.00 UTC.

Tabel 5. Indeks labilitas tanggal 22 Oktober 2019

	Nilai Indeks	Potensi Kejadian	Kondisi Cuaca
KI	38,1	Kuat	Hujan disertai badai guntur
TT	44,0	Kuat	
SWEAT	104,4	Lemah	

Gambar 6(a) menunjukkan belum ada potensi pertumbuhan awan konvektif. Gambar 5(b) menunjukkan sudah terdapat pertumbuhan awan konvektif yang diinterpretasikan dengan tampilan warna kuning dan biru. Gambar 5(c) dan 5(d) menunjukkan pertumbuhan awan-awan konvektif semakin banyak dan tebal. Pertumbuhan awan konvektif cukup signifikan mulai jam 04.00 UTC s.d 05.00 UTC dimana pada kejadian sebenarnya terjadi hujan diikuti badai Guntur yang tercatat oleh pengamat cuaca pada jam 04.30 UTC.



Gambar 6. Citra radar cuaca tanggal 22 Oktober 2019 pada pukul (a) 03.00 UTC, (b) 04.00 UTC, (c) 05.00 UTC, (d) 06.00 UTC

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kejadian hujan dan badai guntur terjadi pada saat stabilitas atmosfer yang tidak stabil (labil). Indeks labilitas yang didapat memiliki kriteria yang bervariasi yaitu sedang hingga kuat pada setiap indeks labilitas. Pada data citra radar cuaca terlihat adanya pertumbuhan awan konvektif waktu 4 jam sebelum kejadian pada siang hari yaitu berkisar pukul 05.00 UTC s.d. 07.00 UTC. Validasi kejadian yang dianalisis dalam penelitian ini mengacu pada data pengamatan udara permukaan yang akan menunjukkan keadaan cuaca sebenarnya yang terjadi. Sangat perlu untuk melakukan kajian lanjutan dengan rentang data yang lebih lama untuk mengetahui nilai indeks labilitas pada saat kejadian hujan dikarenakan studi kasus yang dimuat dalam penelitian hanya beberapa kejadian yang menunjukkan hujan disertai badai guntur.

Daftar Pustaka

- [1] Tjasyono, H.K.B., *Klimatologi*, 2014. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [2] Nuryanto, D.E., *Aktifitas Konvektif di Atas Benua Maritim Indonesia dan Keterkaitannya dengan Variabilitas Iklim Regional dan Lokal*, 2011, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Nurlatifah, S., *Pemanfaatan Data Satelit Cuaca MTSAT Untuk Estimasi Curah Hujan di Stasiun Meteorologi Tegal dan Stasiun Meteorologi Citeko*, Tugas Akhir, 2011, Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

- [4] Mayangwulan, D., Wiratmo, J., Siregar, P.M., *Potensi Kejadian Badai Guntur Berdasarkan Parameter Kelembapan, Labilitas Udara dan Mekanisme Pengangkatan (Studi Kasus: Di Bandar Udara Frans Kaisiepo Biak)*, Jurnal Sains Dirgantara, Vol. 8, No. 2, 2011, Hal. 139-156.
- [5] Ratnam, M. V., Santhi, Y.D., Rajeevan, M., Rao, S.V.B., *Diurnal Variability of Stability Indices Observed Using Radiosonde Observations over a Tropical Station: Comparison with Microwave Radiometer Measurements*, Atmospheric Research, Vol. 124, 2013, Hal. 21-33.
- [6] Budiarti, M., Muslim, M., Ilhamsyah, Y., *Studi Indeks Stabilitas Udara Terhadap Prediksi Kejadian Badai Guntur (Thunderstorm) di Wilayah Stasiun Meteorologi Cengkareng Banten*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, Vol. 13, No. 2, 2012, Hal. 111-117.