

ANALISIS AMBANG BATAS INDEKS CAPE DAN *TOTAL TOTALS INDEX* TERHADAP KEJADIAN AWAN KUMULONIMBUS DAN *THUNDERSTORM* DI BANDARA INTERNASIONAL MINANGKABAU

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains



**Oleh:
INDAH YOSEVA EFFENDI
21034062/2021**

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

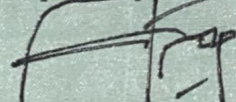
PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS AMBANG BATAS INDEKS CAPE DAN *TOTAL TOTALS* INDEX TERHADAP KEJADIAN AWAN KUMULONIMBUS DAN *THUNDERSTORM* DI BANDARA INTERNASIONAL MINANGKABAU

Nama : Indah Yoseva Effendi
NIM : 21034062
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

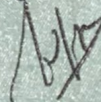
Padang, 06 Agustus 2025

Mengetahui :
Kepala Departemen Fisika



Prof. Asrizal, M.Si
19660603 199203 1 001

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dr. Nofi Yendri Sudiar, S.Si., M.Si
19781110 200604 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Indah Yoseva Effendi
NIM : 21034062
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS AMBANG BATAS INDEKS CAPE DAN *TOTAL TOTALS* INDEX TERHADAP KEJADIAN AWAN KUMULONIMBUS DAN *THUNDERSTORM* DI BANDARA INTERNASIONAL MINANGKABAU

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 06 Agustus 2025

Tim Penguji

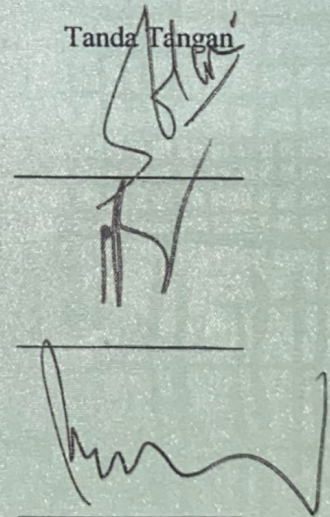
Nama

Tanda Tangan

Nama : Dr. Nofi Yendri Sudiar, S.Si., M.Si

Anggota : Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si

Anggota : Dr. Harman Amir, S.Si., M.Si

The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The first signature is for Dr. Nofi Yendri Sudiar, the second for Prof. Dr. Ratnawulan, and the third for Dr. Harman Amir.

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Yoseva Effendi
NIM/TM : 21034062/2021
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: “Analisis Ambang Batas Indeks CAPE dan *Total Totals Index* Terhadap Kejadian Awan Kumulonimbus dan Badai Guntur di Bandara Internasional Minangkabau” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Indah Yoseva Effendi

NIM. 21034062

ANALISIS AMBANG BATAS INDEKS CAPE DAN *TOTAL TOTALS INDEX* TERHADAP KEJADIAN AWAN KUMULONIMBUS DAN *THUNDERSTORM* DI BANDARA INTERNASIONAL MINANGKABAU

Indah Yoseva Effendi

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di garis khatulistiwa dan didominasi oleh wilayah lautan, sehingga pola cuaca dan iklimnya sangat dipengaruhi oleh interaksi laut dan atmosfer. Kondisi ini menyebabkan aktivitas konvektif tinggi yang memicu pertumbuhan awan kumulonimbus (Cb) dan kejadian *thunderstorm*, terutama di wilayah yang memiliki topografi kompleks seperti Sumatera Barat. Bandara Internasional Minangkabau (BIM) yang terletak di pesisir Sumatera Barat mengalami gangguan operasional akibat fenomena cuaca ekstrem tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ambang batas indeks *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total Totals Index* yang sesuai dengan kondisi lokal terhadap kejadian Cb dan TS. Data yang digunakan meliputi hasil radiosonde dan pengamatan sinoptik periode 2019–2023, serta data verifikasi tahun 2024. Pengolahan dilakukan menggunakan metode Sturges, dan verifikasi ambang batas dengan metode dikotomi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ambang batas indeks CAPE dan TT bervariasi setiap musim, yaitu pada musim DJF CAPE = 1610–2679 J/kg dan TT = 44.6–46.9, musim MAM CAPE = 495–1885 J/kg dan TT = 43.5–45.6, musim JJA CAPE = 513–1587 J/kg dan TT = 44.5–47.4, serta musim SON CAPE = 949–1753 J/kg dan TT = 44.0–46.0. Indeks CAPE digunakan untuk mengidentifikasi potensi kejadian awan kumulonimbus (Cb), sedangkan indeks TT digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya *thunderstorm*. Verifikasi menunjukkan ambang batas baru ini efektif dalam mendeteksi potensi cuaca konvektif, sehingga dapat digunakan untuk mendukung keselamatan penerbangan di wilayah tersebut.

Kata kunci: CAPE, *Total Totals Index*, awan kumulonimbus, *thunderstorm*, Bandara Internasional Minangkabau, ambang batas, metode *Sturges*

ANALYSIS OF CAPE INDEX AND TOTAL INDEX THRESHOLDS TOWARDS CUMULONIMBUS CLOUD AND THUNDERSTORM EVENTS AT MINANGKABAU INTERNATIONAL AIRPORT

Indah Yoseva Effendi

ABSTRACT

Indonesia is the largest archipelagic country in the world, located along the equator and dominated by oceanic areas, making its weather and climate patterns heavily influenced by ocean-atmosphere interactions. This condition leads to high convective activity, triggering the development of cumulonimbus (Cb) clouds and the occurrence of thunderstorms, especially in regions with complex topography such as West Sumatra. Minangkabau International Airport (BIM), located along the coast of West Sumatra, often experiences operational disruptions due to these extreme weather phenomena.

This study aims to determine the threshold values of the Convective Available Potential Energy (CAPE) and Total Totals Index (TT) that are appropriate to local conditions for identifying the occurrence of Cb clouds and thunderstorms. The data used includes radiosonde and synoptic observations from 2019 to 2023, with verification data from 2024. Data processing was carried out using the Sturges method, while threshold verification was conducted using the dichotomous method.

The results show that the threshold values of CAPE and TT vary by season: in DJF, CAPE = 1610–2679 J/kg and TT = 44.6–46.9; in MAM, CAPE = 495–1885 J/kg and TT = 43.5–45.6; in JJA, CAPE = 513–1587 J/kg and TT = 44.5–47.4; and in SON, CAPE = 949–1753 J/kg and TT = 44.0–46.0. CAPE is used to identify the potential for cumulonimbus (Cb) cloud development, while TT is used to predict the likelihood of thunderstorms. The verification results show that these new threshold values are effective in detecting convective weather potential and can be used to support aviation safety in the area.

Keywords: CAPE, Total Totals Index, cumulonimbus cloud, thunderstorm, Minangkabau International Airport, threshold, Sturges method

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-nya, sehingga skripsi dengan judul “Analisis Ambang Batas Indeks CAPE dan *Total Totals Index* Terhadap Kejadian Awan Kumulonimbus dan *Thunderstorm* di Bandara Internasional Minangkabau” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam mendapatkan gelar sarjana fisika. Penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun dan membantu.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Nofi Yendri Sudiar, M.Si selaku Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, dan tenaga serta kesabaran untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si dan Bapak Dr. Harman Amir, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran kepada penulis untuk perbaikan penulisan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si selaku Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu memberikan arahan kepada penulis selama perkuliahan.
4. Bapak Prof Dr. Asrizal, M.Si selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Dr. Harman Amir, S.Si selaku Kepala Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Staf Pengajar dan Karyawan Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Keluarga yang senantiasa memberi motivasi kepada penulis terutama kepada orang tua yang selalu mendoakan penulis.
8. Teman-teman Konsentrasi Bidang Kajian (KBK) Geofisika 2023.
9. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
10. Seseorang yang spesial yang selalu mensupport dan menemani penulis dalam penulisan skripsi ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan ini.

Padang, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	7
A. Awan kumulonimbus	7
B. Badai Guntur (<i>thunderstorm</i>).....	11
C. Konsep Stabilitas Atmosfer	15
D. Dinamika Atmosfer	20
E. Pengamatan Udara Permukaan	24
F. Penyandian data synop.....	29
G. Radiosonde.....	31
H. Rawinsonde Observation program (RAOB)	34
I. Metode <i>Sturges</i>	35
J. Metode Dikotomi	35
K. Penelitian yang Relevan.....	36
L. Kerangka Berfikir.....	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	42
A. Jenis Penelitian.....	42
B. Daerah Penelitian	42
C. Variabel Penelitian	43

D. Data Penelitian	44
E. Teknik Pengumpulan Data.....	45
F. Teknik Pengolahan Data	46
G. Teknik Interpretasi Data.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Hasil	53
1. Frekuensi Kejadian Awan Kumulonimbus dan Thunderstorm Tahun 2019-2023 Per Periode Musiman	53
2. Ambang Batas Baru Indeks Stabilitas Menggunakan Metode <i>Sturges</i>	54
3. Verifikasi Indeks CAPE dan TT terhadap Kejadian Awan Kumulonimbus dan <i>Thunderstorm</i>	67
B. Pembahasan.....	74
BAB V PENUTUP.....	82
A. Kesimpulan	82
B. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriterion Nilai Indeks <i>Convective Available Potential Energy</i> (CAPE)	18
Tabel 2. 2 Kriteria nilai <i>Total Totals Index</i> (TT)	19
Tabel 3. 1 Tabel kontingensi 2x2	50
Tabel 4. 1 Interval CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode DJF	55
Tabel 4. 2 Interval Indeks TT Kejadian Thunderstorm Periode DJF	56
Tabel 4. 3 Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode MAM	57
Tabel 4. 4 Interval Indeks TT Kejadian Thunderstorm Periode MAM	58
Tabel 4. 5 Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode JJA	59
Tabel 4. 6 Interval Indeks TT Kejadian Thunderstorm Periode JJA	61
Tabel 4. 7 Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode SON	62
Tabel 4. 8 Interval Indeks TT Kejadian Thunderstorm Periode SON	63
Tabel 4. 9 Perbandingan Interval Indeks Stabilitas Dengan Metode Sturges Dan Ambang Batas Lama (ABL)	65
Tabel 4. 10 Nilai Ambang Batas Indeks Stabilitas dengan Metode Sturges Dan Ambang Batas Lama (ABL)	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahap pertumbuhan (<i>cumulus stage</i>)	8
Gambar 2. 2 Tahap dewasa (<i>mature stage</i>).....	9
Gambar 2. 3 Tahap mati (<i>dissipating stage</i>)	10
Gambar 2. 4 Tahap pembentukan badai guntur	12
Gambar 2. 5 CAPE pada diagram Skew-T	18
Gambar 2. 6 Daerah cakupan radiosonde (S. wirjohamidjojo et,al, 2010)	32
Gambar 2. 7 Balon Radiosonde	33
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Bandara Internasional Minangkabau	42
Gambar 4. 1 Grafik frekuensi kejadian awan kumulonimbus dan <i>thunderstorm</i> per periode selama lima tahun	53
Gambar 4. 2 Grafik Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode DJF	55
Gambar 4. 3 Grafik Interval Indeks TT Kejadian <i>Thunderstorm</i> Periode DJF	56
Gambar 4. 4 Grafik Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode MAM	57
Gambar 4. 5 Grafik Interval Indeks TT Kejadian <i>Thunderstorm</i> Periode MAM .	58
Gambar 4. 6 Grafik Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode JJA	60
Gambar 4. 7 Grafik Interval Indeks TT Kejadian <i>Thunderstorm</i> Periode JJA	61
Gambar 4. 8 Grafik Interval Indeks CAPE Kejadian Awan Kumulonimbus Periode SON	62
Gambar 4. 9 Grafik Interval Indeks TT Kejadian <i>Thunderstorm</i> Periode SON ...	64
Gambar 4. 10 Grafik Verifikasi ambang batas indeks CAPE pada kejadian awan kumulonimbus.....	69
Gambar 4. 11 Grafik verifikasi ambang batas indeks TT terhadap kejadian <i>thunderstorm</i>	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Nilai Indeks CAPE pada Kejadian Awan Kumulonimbus per Musim di Bandara Internasional Minangkabau (2019–2023)	89
Lampiran 2. Data Nilai <i>Total Totals Index</i> pada Kejadian <i>Thunderstorm</i> per Musim di Bandara Internasional Minangkabau (2019–2023)	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di garis khatulistiwa yang didominasi oleh lautan sekitar 70%, sehingga sistem cuaca dan iklim di Indonesia sebagian besar dipengaruhi oleh interaksi antara lautan dan atmosfer (Sulistiyono et al, 2024).. Posisi geografis ini menjadikan Indonesia menerima surplus radiasi matahari yang mendorong aktivitas konvektif yang tinggi serta menciptakan kondisi cuaca kompleks (Rusdin, et al, 2023). Selain itu, karakteristik tiap daerah di wilayah Indonesia yang berbeda juga akan berdampak pada ketidakseragaman antara cuaca di daerah yang satu dan yang lainnya. Fenomena cuaca buruk akibat hidrometeorologis semakin meningkat dari tahun ke tahun, yang dapat memicu berbagai bencana alam, termasuk gangguan terhadap keselamatan penerbangan (Zamzami dan Hendrawati, 2011).

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang dilintasi oleh garis khatulistiwa. Secara geografis, Sumatera Barat berbatasan dengan Samudera Hindia di sebelah barat dengan luas daratan 42.297,30 km² dan perairan laut seluas 186.580 km². Keberagaman bentang alamnya menyebabkan kondisi atmosfer yang bervariasi dan berpotensi mendukung pertumbuhan awan konvektif (Nugraha et al, 2017).

Bandara Internasional Minangkabau terletak di Kabupaten Padang Pariaman di wilayah pesisir Sumatera Barat, mengalami gangguan operasional akibat fenomena cuaca ekstrem (Mugihono, et al. 2023). Secara

astronomis, Bandara Internasional Minangkabau berada di sekitar khatulistiwa, terletak pada koordinat 00°47'12" Lintang Selatan sampai dengan 100°16'50" Bujur Timur, Kondisi geografis ini menyebabkan bandara rentan terhadap pengaruh cuaca ekstrem yang berasal dari laut, seperti pertumbuhan awan konvektif yang dapat menyebabkan *thunderstorm* dan hujan lebat. Selain itu, keberadaan perbukitan di sebelah timur bandara turut berkontribusi terhadap pola angin lokal yang dapat memengaruhi stabilitas atmosfer dan dinamika cuaca di sekitar *aerodrome*. Wilayah sekitar garis khatulistiwa memiliki potensi pertumbuhan awan-awan konvektif yang kuat. Ketika dengan bertemu udara panas dari daratan, dapat memicu ketidakstabilan atmosfer yang mengarah terjadinya cuaca buruk (Wicaksono,A, 2013).

Dalam dunia penerbangan, keselamatan menjadi prioritas utama, terutama saat *take-off*, *landing*, dan selama perjalanan yang dipengaruhi oleh berbagai unsur cuaca seperti angin, jarak pandang, tekanan, awan kumulonimbus (Cb), *ceiling*, dan suhu (Handoyo, 2011). Menurut data BMKG, pada bulan musim basah terdapat 215 per jam kejadian awan kumulonimbus dan 218 per jam kejadian *thunderstorm*. Keberadaan awan Cb dan *thunderstorm* menjadi faktor penting dalam menentukan kelancaran serta keamanan operasional penerbangan karena dapat menyebabkan cuaca ekstrem seperti *thunderstorm*, *downburst*, dan turbulensi (Sari, et al, 2022). Berdasarkan Peraturan KBMKG Nomor 9 Tahun 2010, unsur-unsur meteorologi, termasuk kondisi cuaca dan awan, harus diperhatikan dalam operasional penerbangan di wilayah *aerodrome* bandara.

Fenomena awan Cb yang disertai *thunderstorm* menyebabkan gangguan penerbangan seperti *return to base*, *divert*, *go-around*, dan *holding*, yang berdampak pada keterlambatan jadwal serta meningkatkan risiko operasional (Rusdin, A, et al, 2023). Berdasarkan data dari PT Angkasa Pura II (Persero) BIM, pada tahun 2020 menunjukkan bahwa dari total 6.134 kedatangan (*arrival*) di BIM, terdapat 1.703 keterlambatan, dan dari 6.130 keberangkatan (*departure*), terdapat 1.693 keterlambatan. Salah satu penyebabnya adalah kondisi cuaca buruk.

Pertumbuhan awan-awan konvektif seperti kumulonimbus sangat erat kaitannya dengan stabilitas atmosfer. Stabilitas atmosfer adalah salah satu faktor kunci dalam pembentukan awan-awan konvektif yang sering menyebabkan cuaca buruk (Kusumawardani, et al, 2022). Salah satu metode untuk menentukan ketidakstabilan atmosfer adalah melalui analisis indeks stabilitas yang didapat dari hasil pengamatan Radiosonde seperti TT (*Total Totals Index*) dan CAPE (*Convective Available Potential Energy*) (Putri, et al, 2016). Analisis CAPE bermanfaat untuk memprediksi pertumbuhan awan-awan konvektif seperti awan kumulonimbus dan *Total Totals Index* untuk memprediksi kejadian *thunderstorm* (Hariansah, A., 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (M. Budiarti, et al, 2012) terkait terjadinya badai guntur di wilayah Cengkereng Banten periode 2000-2009, menunjukkan bahwa badai guntur sudah banyak terjadi pada interval menengah yaitu 42-46 untuk indeks *Total Totals Index* (TT) dan K-Indeks badai guntur banyak terjadi pada interval 29-37, serta indeks SWEAT badai guntur sudah banyak terjadi pada interval 135-239. Penelitian lain juga telah

meneliti prediksi terjadinya awan kumulonimbus dan Thunderstorm dengan indeks CAPE dan K-Indeks di wilayah Surabaya pada periode 2010-2014, bahwa untuk metode CAPE kejadian awan kumulonimbus sudah terjadi pada interval 0-752 J/kg dengan presentase terkecil 43% terus meningkat hingga 100%. Fenomena badai guntur terjadi pada nilai K-indeks lebih besar dari 18,9 dengan presentase kejadian KI tiap interval hanya mencapai maksimum 50% (Putra et al, 2016).

Beberapa penelitian tersebut telah meneliti dengan indeks yang berbeda, Penulis ingin mengetahui ambang batas indeks stabilitas terhadap kejadian awan kumulonimbus dan *thunderstorm* dengan indeks CAPE dan *Total Totals Index* di wilayah Bandara Internasional Minangkabau. Penelitian ini dilakukan analisis data radiosonde tahun 2019-2023. Penelitian ini juga dapat membantu prakirawan dalam memprediksi cuaca jangka pendek pada periode DJF (Desember-Januari-Februari), MAM (Maret-April-Mei), JJA (Juni-Juli-Agustus), dan SON (September-Oktober-November), demi meningkatkan keselamatan operasional penerbangan di wilayah tersebut.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan identifikasi masalah yaitu, penelitian terkait indeks stabilitas cuaca telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia, namun ambang batas terjadinya awan kumulonimbus dan *thunderstorm* menggunakan indeks *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total Totals Index* di wilayah Bandara Internasional Minangkabau periode DJF, MAM, JJA, SON tahun 2019-2023 belum diketahui secara spesifik.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian adalah wilayah Bandara Internasional Minangkabau dengan pusat titik koordinat 00°47'12" Lintang Selatan sampai dengan 100°16'50" Bujur Timur.
2. Data observasi udara atas menggunakan peluncuran radiosonde, untuk mengetahui nilai indeks dari stabilitas atmosfer pada kejadian awan kumulonimbus dan *thunderstorm*.
3. Penelitian ini hanya menggunakan indeks *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total-Totals Index*.
4. Data observasi udara permukaan yaitu data hasil pengamatan sinoptik keadaan cuaca dan jenis awan pada periode 2019-2023 yang digunakan untuk mempresentasikan kondisi permukaan yang dapat mempengaruhi keadaan atmosfer.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu berapa nilai ambang batas *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total-Totals Index* yang sesuai dengan kondisi di Bandara Internasional Minangkabau Padang Pariaman terhadap kejadian awan kumulonimbus dan *thunderstorm* periode DJF, MAM, JJA, SON selama tahun 2019-2023.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu menentukan nilai ambang batas *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total-Totals Index* yang

sesuai dengan kondisi cuaca di Bandara Internasional Minangkabau terhadap kejadian awan kumulonimbus dan *Thunderstorm* periode DJF, MAM, JJA, SON selama tahun 2019-2023.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ambang batas terjadinya awan kumulonimbus dan *Thunderstorm* di Bandara Internasional Minangkabau pada periode DJF, MAM, JJA, SON tahun 2019-2023.
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya memahami cuaca ekstrem, sehingga dapat mempersiapkan mitigasi bencana.
3. Memberikan kontribusi data sekunder dalam bidang Meteorologi dan Klimatologi sehingga dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya.
4. Penelitian sebagai salah satu syarat dapat memenuhi gelar sarjana Fisika dari Universitas Negeri Padang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap data udara atas dan observasi cuaca permukaan di Bandara Internasional Minangkabau selama periode 2019-2013, dapat disimpulkan bahwa nilai ambang batas *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *Total Totals Index* (TT) yang sesuai dengan kondisi cuaca lokal terhadap kejadian awan kumulonimbus dan *thunderstorm* bervariasi setiap musimnya. Ambang batas CAPE untuk kejadian awan kumulonimbus berada pada kisaran 1609-2679 J/kg (DJF), 495-1885 J/kg (MAM), 513-1587 J/kg (JJA), dan 949-1753 J/kg (SON). Sedangkan ambang batas Total Totals Index (TT) untuk kejadian *thunderstorm* berada pada kisaran 44.6-46.9 (DJF), 43.5-45.6 (MAM), 44.5-47.4 (JJA), dan 44-46 (SON). Ambang batas yang diperoleh telah diverifikasi dengan data tahun 2024 dan menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi kejadian awan kumulonimbus dan *thunderstorm*, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam prakiraan cuaca jangka pendek di wilayah Bandara Internasional Minangkabau untuk mendukung keselamatan operasional penerbangan.

B. Saran

1. Bagi prakirawan cuaca, hasil ambang batas indeks stabilitas ini dapat digunakan sebagai acuan dalam prakiraan jangka pendek untuk meningkatkan akurasi prediksi potensi terjadinya awan kumulonimbus dan *thunderstorm*.

2. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan indeks labilitas lainnya seperti K-Index, Lifted Index, atau SWEAT, dan memperluas cakupan wilayah untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kondisi atmosfer di wilayah tropis.
3. Data observasi yang hilang pada bulan Oktober–November 2024 sebaiknya dilengkapi atau diganti dengan data pembanding lain agar hasil verifikasi lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- A. C. Andi, (2013). "Penggunaan Metode Sweat dan K Index Untuk Memprediksi Guntur di Atas Kota Pekanbaru," Scribd
- A. Marinaki, M. Spikiotopoulos dan M. H, (2006). "Evaluation of Atmospheric Instability Indices in Greece," *Advances in Geosciences*, vol. VII, hal. 131-135.
- A. Nugraha, Y. Satria dan R. Adriat, (2021). "Analisis Potensi Terjadinya *Thunderstorm* Menggunakan Metode SWEAT di Stasiun Meteorologi Supadio," *Prima Fisika*, vol. XI, hal. 51-66.
- Ahrens, C. (2009), *Meteorology Today : An Introduction To Weather, Climate, And The Environment*, Brooks/Cole, Belmont.
- Ahrens, C. D. (2023). *Meteorology today an introduction to weather, climate, and the environment*.
- Al Mughozali, S., Firdianto, P. U., & Irawan, A. M. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 65-69.
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23, 1435-1452.
- Allaby, M. (2007), *Encyclopedia of Weather and Climate (Revised Edition)*, Facts on File, New York.
- Bangsawan, L. O., & Tjasyono, H. K. B. (2015). Kajian Ambang Batas Indeks Stabilitas Udara Terkait Kejadian Hujan Lebat Dan Badai Guntur Di Makasar.
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). *Atmosphere, weather and climate*. Routledge.
- BMKG (2020). Kondisi Musim dan Anomali Cuaca di Indonesia. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- BMKG, 2010, Peraturan KBMKG No. Kep. 9 Tahun 2010 tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, Jakarta.
- CIMO (2014) WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation WMO-No. 8-the CIMO Guide, 2014, [online] Available: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>.
- Climate4life. (2020). Mengenal awan Cumulonimbus (CB) penyebab terjadinya puting beliung, hujan es, angin kencang serta petir dan kilat. Diakses dari <https://www.climate4life.com>
- COMET, 2014, Skew-T Mastery, <https://www.meted.ucar.edu/meso/prim/skewt/navmenu.php?tab=2&page=5.0.0&type=flash>, diakses tanggal 11 Januari 2019.
- D. Syaifullah, "Hubungan Antara Indeks-Indeks Data Rawinsonde dengan Peluang Pertumbuhan Awan dan Hujan," *Jurnal IPTEK Iklim dan Cuaca*, vol. II, hal. 37-41, 1998.
- E. Research Services, *User Guide & Technical Manual RAOB Versi 7.0*, 1994.
- F. A. Maslakhah, (2021). "Kontribusi Indeks Ketidakstabilan Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Bulan Januari 2015 di Juanda Surabaya,".

- Haby,J.(2006).Skew–T:alookatPW. <http://www.theweatherprediction.com/habyhnts2/>, diakses 1 April 2015
- Hariansah, A., 2016, Penentuan Nilai Ambang Indeks Stabilitas Udara Untuk Kejadian Awan Kumulonimbus dan *Thunderstorm* di Stasiun Meteorologi Hasanuddin - Maros, Skripsi, Program Sarjana Terapan Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- Holton, J.R. (2004). An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press.
- Kholiviana, P. A., Ruhiat, Y., & Saefullah, A. (2022). Analisis Vertical Wind Shear Pada Pertumbuhan Awan Cumulonimbus Di Wilayah Kabupaten Tangerang. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 3(1), 17-23.
- Kurnia, U., Sugiyanto, D., & Tauladani, R. (2018). Analisis Potensi Terjadinya *Thunderstorm* Menggunakan Metode SWEAT di Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda Potential Analysis of *Thunderstorm* Occurrence Using SWEAT Method at Meteorology Station Sultan Iskandar Muda.
- Kusumawardani, N., & Azani, A. A. (2022). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Kota Bitung:(Studi Kasus Tahun 2020-2021). *Jurnal Widya Climago*, 4(1).
- Lubis, S. W., Hagos, S., Hermawan, E., Respati, M. R., Ridho, A., Muhammad, F. R., ... & Siswanto, S. (2022). Record-Breaking Precipitation in Indonesia's Capital Jakarta in January 2020 Linked to the Northerly Surge, Equatorial Waves, and MJO. *Authorea Preprints*.
- Lutgens, F. K., dan Turback, E. J., (2013). *The Atmosphere : an Introduction to Meteorology* 12th edition, Pearson, Amerika.
- Lutgens, F.K., & Tarbuck, E.J. (2013). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*. Pearson.
- M. Budiarti, M. Muslim danY. Ilhamsyah, "Studi Indeks Stabilitas Udara Terhadap Prediksi Kejadian Badai Guntur (*Thunderstorm*) di Wilayah Stasiun Meteorologi Cengkareng Banten," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 13, hal. 111-117, 2012.
- M. Syaifullah, (2016) "Analisis Kondisi Udara Atas Wilayah Indonesia," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 18, hal. 1-12.
- M. Chaeran dan Harcici,(2020). "Pedoman Menentukan Daerah Cuaca Buruk Bagi Para Nahkoda," vol. I, hal. 116-121.
- M. Kanedi, (2014)."Tanda Awal Hujan Badai dan Cara Menghindari Bahayanya," 4 April 2017. [Online].
- Mugihono, D. Y., Nuryanto, D. E., & Septiadi, D. (2023). Studi Pola Awan Cumulonimbus di Indonesia pada Musim Basah (Desember sd Februari). *Warta Penelitian Perhubungan*, 35(1), 59-66.
- Mulyadi, Z., Usrah, I., & Andang, A. (2023). Perencanaan Sistem Proteksi Penangkal Petir di Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 4(2).
- Nugraha, Y. (2017). Analisis Stabilitas Atmosfer Menggunakan Convective Available Potential Energy (CAPE) Terhadap Terjadinya Hujan di Padang (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- NWS, 2016, Life Cycle of a *Thunderstorm*, NOAA, <https://www.weather.gov/jetstream/life> , diakses tanggal 10 Januari 2019.

- O.A. M dan Z. S. Aldaithan, (2017), “Keadaan Stabilitas dan Ketidakstabilan Atmosfer serta Pengaruhnya Terhadap Kualitas Udara,” *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, vol. 6, hal. 74-79.
- Peraturan Kepala Badan Meteorologi dan Geofisika Nomor: SK.38/KT.104/KB/BMG-2006, bulan januari 2006, tentang Tata Cara Tetap Pelaksanaan Pengamatan, Penyandian, Pelaporan dan Pengarsipan Data Meteorologi Permukaan;
- Prasetyo, B., & Pusparini, N. (2019). Respon curah hujan sulawesi terhadap El Niño Modoki. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 20(1), 21-29.
- Prasita, V. D., & KIsnarti, E. A. (2019). Pemodelan Hidrodinamika Muara Sungai, Studi Kasus: Muara Sungai Porong.
- Pratiwi, S. I., (2017), Penentuan Indeks Stabilitas Signifikan dalam Kasus Hujan Sangat Lebat di Kota Padang, Skripsi, Program Sarjana Terapan Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- Primohadi Syahputra, B., Mulya, A., Tinggi Meteorologi Klimatologi Geofisika, S.,Perhubungan, J., Meteorologi BMKG Pondok Betung, K., & Selatan, B.-T. (n.d.). Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIBA 2022. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/d>
- Putra, R., Zakir, A., Permata, C., Aiqiu, L., & Azzahra, A. (2016). Penentuan Ambang Batas Cape Dan K Indeks Terhadap Prediksi Awan Cumulonimbus Dan Badai Guntur Di Surabaya Periode 2010-2014. *Prosiding Anomali Cuaca Dan Iklim Sebagai Peluang Dan Tantangan*, 96-108.
- Putri, R.J.A., dan Pratama, B.E. (2016), “Penentuan Nilai Ambang Batas Indeks Stabilitas Saat Kejadian Badai Guntur Di Wilayah Merauke”, *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)*.
- R. Rogers dan S. M. L.,(2017), “*A Short Course in Cloud Physics and Edition Pergamon Press*,” *Fundamentals of Atmospheric Physics and Academic Press San Diego*, vol. 61.
- Ratnam, M. V., Santhi, Y. D., Rajeevan, M., & Rao, S. V. B. (2013). *Diurnal variability of stability indices observed using radiosonde observations over a tropical station: Comparison with microwave radiometer measurements. Atmospheric Research*, 124, 21-33.
- Rusdin, A. A., Palloan, P., Subaer, S., & Prasetyo, A. (2023). Uji Akurasi Ambang Batas Indeks Stabilitas Atmosfer terhadap Pembentukan *Thunderstorm* dan Awan *Cumulonimbus* di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin. *Jurnal Fisika Unand*, 12(2), 269-275.
- S. Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta, *Sistem Pengisian dan Pelepasan Balon Atmosfer Otomatis*, vol. III, Tangerang, 2020.
- S. Meteorologi Kelas I Kualanamu, “Pengamatan Meteorologi Menggunakan Radiosonde,” 10 September 2018.
- Sari, Y. N., Ginanjar, I., & Darmawan, G. (2022). Peramalan Kecepatan Angin di Bandara Internasional Minangkabau Menggunakan Metode Artificial Neural Network. *BIAStatistics Journal of Statistics Theory and Application*, 2022(1), Stat2-Stat2.
- Scott dan A. Ailene. (2013), “*The Intertropical Convergence Zone Over The Middle East And North Africa : Detection and Trends*,” *King Abdullah University of Science and Technology*, Thuwal. Kingdom of Saudi Arabia.

- Showalter, A.K. (1953), "A Stability Index for *Thunderstorm* Forecasting", Bulletin American Meteorological Society, Vol. 34 No. 6, pp. 250–252.
- Soejitno (1973). Dasar-dasar Pengamatan Meteorologi Permukaan. AMG. Jakarta
- Sturges, H.A., 1926, *The Choice of A Class Interval*, *Journal of The American Statistical Association*, Vol. 21 No. 153 Mar., 1926, *The American Statistical Association*, Washington, D. C.
- Sugihartati, F. (2020), "Penentuan Ambang Batas Baru Indeks Stabilitas Terhadap Prediksi Kejadian Awan *Cumulonimbus* Dan Badai Guntur Di Wilayah Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta",
- Sulistiyono, A., & Samiaji, B. I. (2024). The Influence of Indonesian Throughflow on the Dynamics of Climate and Waters in the Indonesian Region. *Journal of Climate Change Society*, 2(2).
- Syaifullah, M. D. (2011). Potensi atmosfer dalam pembentukan awan konvektif pada pelaksanaan teknologi modifikasi cuaca di DAS Kotopanjang dan DAS Singkarak 2010. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 12(1), 9-16.
- Tjasyono, B. (2012), *Mikrofisika Awan Dan Hujan*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Tjasyono, H. K. B., 2007, *Mikrofisika Awan dan Hujan*, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Tjasyono, H. K. B., 2008, *Meteorologi Terapan*, ITB, Bandung.
- V. Yazus, (2023) "Analisis Kinerja Indeks Termodinamika dan Parameter Atmosfer Saat Kejadian *Thunderstorm* dan non-*Thunderstorm* di Istanbul, Turki".
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey* (Vol. 92). Elsevier.
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey* (Vol. 92). Elsevier.
- WICAKSONO, A. (2013). Analisa Cuaca Ekstrim Di Parigi Moutong (Studi Kasus Hujan Lebat Tanggal 8 Februari 2006 Dan Tanggal 25 Agustus 2012). Akademi Meteorologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (3rd ed.). Academic Press.
- Wilks, D.S. (2006) *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 2nd Edition, Academic Press, London.
- Wirjohamidjojo, S. and Swarinoto, Y. (2013), *Meteorologi Sinoptik (Analisis Dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y. S. (2010). *Analisis dan Penaksiran Hasil Analisa Cuaca Sinoptik*.
- Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y. S. (2014). *Indeks dan peredaran atmosfer tropik*. Puslitbang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Yuwono, A., Prijambada, I. D., Kusumandari, A., Marwasta, D., Santosa, D. H., Nurjani, E., ... & Suarna, U. (2024). *Gerakan Aksi Proklamasi Indonesia 2020-2030*. UGM PRESS.
- Zahroh, N. F., Dewi, N. W. S. P., & Harsanti, D. (2017). Indeks Labilitas Udara Untuk Memprediksi Kejadian Badai Guntur pada Puncak Musim Hujan Tahun 2016. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), 9-15.

- Zakir, A., Sulistya, W., & Khotimah, M. K. (2010). Perspektif operasional cuaca tropis. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Zuliandry, M. I. R., Muttaqin, F., & Haryanto, Y. D. (2023). Identifikasi Awan Konvektif Dan Analisis Kondisi Atmosfer Kejadian Hujan Menggunakan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Probolinggo 08 Maret 2021). Jurnal Material dan Energi Indonesia, 13(01), 01-15.