

KAJIAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS TERHADAP INDIKATOR STABILITAS ATMOSFER SEBAGAI DASAR PRAKIRAAN CUACA PENERBANGAN DI ACEH

Nasyithah Az-Zahra Lubis

Sta. Met. Kelas I Sultan Iskandar Muda - Banda Aceh

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Accepted April 7, 2024

Keywords:

Radiosonde, Atmospheric Stability Index, Analytic Hierarchy Process (AHP)

Kata Kunci:

Radiosonde, Indeks Stabilitas Atmosfer, Analisis Hirarki Proses (AHP)

ABSTRAK

Indikator stabilitas atmosfer menunjukkan apakah kondisi udara lapisan atas berpotensi ekstrem atau tidak. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan indikator stabilitas atmosfer di provinsi Aceh dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan data radiosonde tahun 2020 hingga 2023 dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator stabilitas atmosfer mempunyai bobot variasi dalam menentukan potensi kejadian cuaca ekstrem. Urutan indikator kestabilan atmosfer adalah *Lifted Index* (LI), *Convective Available Potential Energy* (CAPE), *Convective Inhibition* (CIN), *Total Totals Index* (TT), *Severe Weather Threat Index* (SWEAT), K Index (KI), dan *Showalter Index* (SI). Berdasarkan nilai bobot, dapat diartikan sebagai indikator prioritas yang digunakan dalam menentukan potensi kejadian cuaca ekstrem di Aceh. Kami merekomendasikan penerapan AHP pada penelitian ini digunakan untuk memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sistem informasi peringatan dini cuaca penerbangan.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Correspondent Writer

Nasyithah Az-Zahra Lubis

Sta. Met. Kelas I Sultan Iskandar Muda - Banda Aceh

Email: nasyithah.lubis@bmkg.go.id

1. PENDAHULUAN

Provinsi Aceh dikenal sebagai daerah ekuatorial dan daerah pertumbuhan awan konvektif yang memicu terjadinya gangguan di atmosfer [1]. Aktivitas awan konvektif menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya hujan disertai badai guntur/ hujan ekstrem [2]. Kejadian hujan dan badai guntur dapat berdampak pada aktivitas manusia, seperti aktivitas lalu lintas udara atau penerbangan. Ketepatan prakiraan potensi hujan dan badai menjadi salah satu upaya pengurangan risiko bencana hidrometeorologi bagi lalu lintas udara [3].

Stabilitas atmosfer diketahui sebagai faktor penting yang mempengaruhi kondisi cuaca di suatu wilayah. Pemahaman yang baik tentang stabilitas atmosfer menjadi kunci dalam pengambilan keputusan terkait cuaca penerbangan, pemantauan cuaca, dan berbagai kegiatan lainnya yang terkait dengan lingkungan udara [2]. Terdapat beberapa indikator stabilitas atmosfer digunakan untuk mengukur dan memprediksi kecenderungan terjadinya cuaca ekstrem, termasuk badai petir, hujan

lebat, dan turbulensi udara seperti seperti LI, CAPE, CIN, TT, SWEAT, KI, dan SI [4], [5]. Oleh karena itu, analisis indikator stabilitas atmosfer menjadi penting dalam mendukung sistem pemantauan cuaca penerbangan di Aceh.

Penelitian dengan topik kajian stabilitas atmosfer telah banyak dikembangkan. Topik kajian stabilitas atmosfer, diantaranya mengidentifikasi keterkaitan indikator stabilitas atmosfer dengan hujan ekstrem [6], [7], [8], [9], hujan es [10], dan cuaca penerbangan [1], [11]. Keseluruhan penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa nilai indeks KI, TT dan SWEAT baik digunakan untuk memprediksi kejadian hujan dan badai guntur. Selain itu, kajian dengan topik stabilitas atmosfer juga meliputi kajian kebencanaan seperti sebaran abu vulkanik, banjir, longsor, puting beliung dan kejadian petir (Ajeng dkk., 2022; Akbar & Mulya, 2021; Idhar dkk., 2023; Mulyana, 2019; Nugroho & Muzaki, 2021; suwignyo Prasetyo dkk., 2020; S. Prasetyo dkk., 2020; Saputra, 2022; Saragih dkk., 2020; Simangkulangit & Saragih, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, pemanfaatan data atau indikator stabilitas atmosfer digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara data dan kejadian yang telah terjadi. Sementara, kebutuhan informasi cuaca saat ini jika dikaitkan dengan upaya pengurangan risiko bencana hidrometeorologi adalah informasi peringatan dini bencana hidrometeorologis yang efektif dan efisien [3], [20].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah kekosongan dari topik kajian stabilitas atmosfer, yakni mengkaji indikator stabilitas atmosfer sebagai dasar pengambi keputusan dengan membuat klasifikasi nilai indikator stabilitas atmosfer. Pendekatan analisis klasifikasi nilai indikator stabilitas atmosfer dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) [21], [22]. Penerapan AHP pada penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih baik dalam mengelola sistem informasi peringatan dini cuaca penerbangan lebih efektif di masa mendatang.

2. METHODS

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data radiosonde periode tahun 2020 sampai dengan tahun 2023. Data tersebut diperoleh dari *database* Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Iskandar Muda Banda Aceh. Data radiosonde diseleksi untuk menghasilkan nilai-nilai indikator stabilitas atmosfer seperti LI, CAPE, CIN, TT, SWEAT, KI, dan SI. Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian ini (Gambar 1), antara lain (1) Pengumpulan data, (2) Penyeleksian data untuk menghasilkan nilai-nilai indikator stabilitas atmosfer, (3) analisis matriks perbandingan AHP untuk menghasilkan nilai bobot dari tiap indikator stabilitas atmosfer, dan (4) membuat klasifikasi sistem pengambil keputusan prakiraan cuaca penerbangan.

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang dikembangkan oleh ahli matematika Thomas L. Saaty [21], [22], [27]. AHP memungkinkan pengambil keputusan untuk menyelesaikan masalah kompleks dengan memperhitungkan berbagai faktor yang relevan dan menilai prioritas atau bobot relatif dari setiap faktor tersebut.

Prinsip dasar dari AHP adalah memecah masalah pengambilan keputusan menjadi beberapa tahapan hirarkis, yang terdiri dari elemen-elemen yang saling terkait. Dalam setiap tahapan, pengambil keputusan diminta untuk melakukan perbandingan relatif antara pasangan elemen menggunakan skala perbandingan [21], [22], [27] pada Tabel 1

Tabel 1. Skala perbandingan relatif antar elemen (indikator)

Skala	Uraian
1	dinilai memiliki pengaruh sama
3	dinilai sedikit lebih menentukan
5	dinilai menentukan
7	dinilai lebih menentukan
9	dinilai sangat lebih menentukan
2, 4, 6, 8	dinilai tidak saling menentukan/mempengaruhi

Pada penelitian ini indikator stabilitas atmosfer yakni LI, CAPE, CIN, TT, SWEAT, KI, dan SI. Selanjutnya, seperti pada Tabel 2, setiap indikator utama dinilai berdasarkan klasifikasi kriteria sebagai komponen indikator alternatif penilaian [1], [4], [5], [7].

Tabel 2. Indikator utama dan indikator alternatif yang saling terkait dalam analisis AHP *Lifted Index (LI)*:

Klasifikasi	Kriteria
$LI > 0$	Stabilitas yang sangat stabil (atmosfer sangat stabil)
$0 < LI < -2$	Stabilitas stabil hingga lemah (atmosfer stabil hingga sedikit tidak stabil)
$-2 < LI < -6$	Stabilitas moderat hingga tidak stabil (atmosfer moderat hingga cukup tidak stabil)
$LI < -6$	Stabilitas sangat tidak stabil (atmosfer sangat tidak stabil)

Showalter Index (SI):

Klasifikasi	Kriteria
$SI > -2$	Stabilitas yang sangat stabil (atmosfer sangat stabil)
$0 < SI < -2$	Stabilitas stabil hingga lemah (atmosfer stabil hingga sedikit tidak stabil)
$-2 < SI < -6$	Stabilitas moderat hingga tidak stabil (atmosfer moderat hingga cukup tidak stabil)
$SI < -6$	Stabilitas sangat tidak stabil (atmosfer sangat tidak stabil).

K Index (KI):

Klasifikasi	Kriteria
$K \text{ Index} < 20$	Stabilitas yang sangat stabil (atmosfer sangat stabil).
$20 < K \text{ Index} < 30$	Stabilitas stabil hingga lemah (atmosfer stabil hingga sedikit tidak stabil).
$30 < K \text{ Index} < 40$	Stabilitas moderat hingga tidak stabil (atmosfer moderat hingga cukup tidak stabil).
$K \text{ Index} > 40$	Stabilitas sangat tidak stabil (atmosfer sangat tidak stabil).

Convective Available Potential Energy (CAPE):

Klasifikasi	Kriteria
$CAPE < 1000 \text{ J/kg}$	Potensial konvektif rendah (atmosfer kurang potensial untuk konveksi).
$1000 \text{ J/kg} < CAPE < 2500 \text{ J/kg}$	Potensial konvektif sedang (atmosfer memiliki potensial untuk konveksi).
$CAPE > 2500 \text{ J/kg}$	Potensial konvektif tinggi (atmosfer sangat potensial untuk konveksi).

Convective Inhibition (CIN)

Klasifikasi	Kriteria
CIN > -100 J/kg	Hambatan konvektif rendah (hambatan untuk konveksi relatif rendah).
-100 J/kg < CIN < -250 J/kg	Hambatan konvektif moderat (hambatan untuk konveksi cukup signifikan).
CIN < -250 J/kg	Hambatan konvektif tinggi (hambatan untuk konveksi tinggi).

Total Totals Index (TT):

Klasifikasi	Kriteria
TT < 40	Stabilitas yang sangat stabil (atmosfer sangat stabil).
40 < TT < 45	Stabilitas stabil hingga lemah (atmosfer stabil hingga sedikit tidak stabil).
45 < TT < 50	Stabilitas moderat hingga tidak stabil (atmosfer moderat hingga cukup tidak stabil).
TT > 50	Stabilitas sangat tidak stabil (atmosfer sangat tidak stabil).

Severe Weather Threat Index (SWEAT)

Klasifikasi	Kriteria
SWEAT < 200	Potensi cuaca ekstrem rendah.
200 < SWEAT < 300	Potensi cuaca ekstrem sedang.
SWEAT > 300	Potensi cuaca ekstrem tinggi.

Penilaian bobot didasarkan pada skala prioritas urutan indikator stabilitas atmosfer yang dihasilkan dari koresponden ahli. Koresponden ahli dalam hal ini adalah prakirawan yang tersertifikasi dalam uji kompetensi forecaster. Tahapan berikutnya adalah menghitung nilai Consistency Index (CI), Index Ratio (RI), dan Consistency Ratio (CR), menggunakan persamaan 4 dan 5.

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

dengan, λ_{\max} jumlah dari nilai rata-rata pembobotan tiap indikator dan RI adalah nilai indeks yang telah ditetapkan berdasarkan jumlah indikator data. Dalam hal ini, ada 7 (tujuh) indikator yang digunakan sehingga RI adalah 1,32 [27]. CR merupakan hasil pembagian CI dengan RI dan nilainya bervariasi dari 0 hingga 1. Nilai CR di atas 0,1 memerlukan pertimbangan ulang matriks keputusan untuk setiap peringkat faktor yang tidak konsisten [28].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis diperlihatkan pada Tabel 3, yang menunjukkan bahwa indikator stabilitas atmosfer memiliki peranan atau pengaruh yang berbeda antara satu indikator dengan indikator lainnya. Perbedaan pengaruh menunjukkan bahwa kontribusi relatif setiap indikator dalam menentukan stabilitas atmosfer dan potensi kejadian cuaca ekstrem.

Sebagai contoh, pada indikator TT memiliki nilai pengaruh paling tinggi daripada indikator lainnya. Kondisi ini dianggap bahwa indikator TT lebih menentukan dalam mengidentifikasi potensi hujan atau badai. Umumnya, indikator TT pada stabilitas atmosfer digunakan untuk menentukan sebuah kejadian Thunderstorm. Dipenelitian sebelumnya, indeks TT memiliki pengaruh yang *moderate* hingga sangat kuat dalam mengindikasikan suatu kejadian hujan ataupun hujan disertai badai guntur [6], [11].

Tahapan berikut, setelah diketahui nilai atau skala perbandingan antar setiap indikator, analisis menghasilkan nilai bobot untuk setiap indikator. Nilai bobot, seperti diperlihatkan pada Tabel 4, menghasilkan nilai bobot berturut-turut dari yang terbesar hingga terkecil yakni TT, CAPE, SI, SWEAT, KI, LI, dan CIN. Urutan indikator stabilitas atmosfer berdasarkan nilai bobot dapat diartikan juga sebagai prioritas indikator yang digunakan dalam menentukan potensi kejadian cuaca buruk untuk penerbangan di Aceh.

Tabel 3. Matriks perbandingan indikator

X	LI	KI	CAPE	CIN	TT	SI	SWEAT
LI	1	0.50	0.25	1.00	0.20	0.33	0.50
KI	2	1	0.50	2.00	0.40	0.67	1.00
CAPE	4	2	1	4	0.80	1.33	2.00
CIN	1	0.5	0.3	1.0	0.2	0.3	0.5
TT	5	2.5	1.3	5.0	1.0	1.7	2.5
SI	3	1.5	0.8	3.0	0.6	1.0	1.5
SWEAT	2	1	0.5	2.0	0.4	0.7	1.0

Tabel 4. Matriks nilai bobot indikator

X	LI	KI	CAPE	CIN	TT	SI	SWEAT	Bobot	λ
LI	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.08
KI	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.99
CAPE	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.99
CIN	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.08
TT	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	1.01
SI	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1.02
SWEAT	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.99

Penentuan bobot mengarahkan sistem pengambil keputusan untuk menghasilkan keputusan yang lebih tepat dan respons yang lebih efektif terhadap situasi cuaca yang mungkin terjadi. Selain itu, konsistensi dalam penilaian perbandingan relatif antara indikator menunjukkan bahwa matriks perbandingan relatif yang digunakan memiliki konsistensi yang memadai, dengan nilai CR sebesar 0,02 (Tabel 5). Hal ini menegaskan keandalan dan validitas dari bobot relatif yang diperoleh, memastikan bahwa pengambilan keputusan didasarkan pada informasi yang konsisten dan dapat diandalkan. Dengan demikian, hasil analisis memberikan gambaran strategi prakiraan cuaca yang lebih efektif dan respons yang lebih adaptif terhadap kondisi cuaca yang berubah-ubah, sebagaimana dituliskan pada persamaan 6. Dengan, nilai total indikator stabilitas atmosfer ≥ 2 atau mendekati 2 berpeluang mengakibatkan terjadinya hujan dengan intensitas lebat ($CH > 50$ mm).

Tabel 5. Matriks koefisien konsistensi keterkaitan antara nilai perbandingan dan nilai bobot indikator

Parameter kontrol	Nilai
CI	0.026
RI	1.32
CR	0.02

Total nilai Indikator

$$\begin{aligned} \text{Stabilitas Atmosfer} = & (0,06 \times \text{nilai LI}) + (0,28 \times \text{nilai TT}) \\ & + (0,17 \times \text{nilai SI}) + (0,06 \times \text{nilai CIN}) \\ & + (0,11 \times \text{nilai K indeks}) + (0,22 \times \text{nilai CAPE}) \\ & + (0,11 \times \text{nilai SWEAT}) \end{aligned} \quad (6)$$

4. KESIMPULAN

Metode AHP membantu dalam menetapkan bobot relatif yang tepat untuk setiap indikator, sehingga memungkinkan pengambil keputusan untuk lebih efektif mengantisipasi dan merespons potensi kejadian cuaca ekstrem. Indikator TT memiliki nilai pengaruh paling tinggi daripada indikator lainnya sehingga indikator TT lebih menentukan dalam mengidentifikasi potensi hujan atau badai. Nilai bobot berturut-turut dari yang terbesar hingga terkecil yakni TT, CAPE, SI, SWEAT, KI, LI, CIN diartikan sebagai prioritas indikator yang digunakan dalam menentukan potensi kejadian

cuaca ekstrem di Aceh. Pemanfaatan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan pemahaman tentang stabilitas atmosfer dan penggunaannya dalam prakiraan cuaca yang lebih akurat.

Identifikasi penilaian indikator stabilitas atmosfer berdasarkan kondisi lokal permukaan memungkinkan adanya perbedaan prioritas indikator. Oleh karena itu, penerapan AHP pada indikator stabilitas atmosfer dapat digunakan di berbasis kondisi lokal wilayah akan menghasilkan sistem pengambil keputusan prakiraan cuaca yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] M. Djazim dan M. D. Syaifullah, "Analisis Kondisi Udara Atas Wilayah Indonesia," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 18, no. 1, hlm. 1–12, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://weather.uwyo.edu/>
- [2] Rahmat Gernowo dan Dwi Purwantoro Sasongko, "Tropical convective cloud growth models for hydrometeorological disaster mitigation in Indonesia," *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, vol. 6, no. 2, hlm. 114–120, Feb 2021, doi: 10.30574/gjeta.2021.6.2.0022.
- [3] A. Taufan Maulana dan A. Andriansyah, "Mitigasi Bencana di Indonesia," *COMSERVA : Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 3, no. 10, hlm. 3996–4012, Feb 2024, doi: 10.59141/comserva.v3i10.1213.
- [4] S. Prasetyo, I. S. Maulana, dan A. Zakir, "Tinjauan Meteorologis Pada Fenomena Hujan Lebat Penyebab Banjir (Studi Kasus: Cilacap, 16-17 November 2020 Dan Kendal, 19 November 2020)," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 10, no. 01, hlm. 37–48, 2020.
- [5] E. Fibriantika, D. Mayangwulan, B. M. Klimatologi, dan G. Ji, "Analisis Spasial Indeks Stabilitas Udara Di Indonesia," 2020. [Daring]. Tersedia pada: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.
- [6] A. Azizah Azani dan N. Kusumawardani, "Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Kota Bitung (Studi Kasus Tahun 2020-2021)," 2022.
- [7] B. Primohadi Syahputra, A. Mulya, S. Tinggi Meteorologi Klimatologi Geofisika, J. Perhubungan, K. Meteorologi BMKG Pondok Betung, dan B.-T. Selatan, "Analisis korelasi rank spearman dan regresi linier nilai indeks stabilitas atmosfer dan suhu puncak awan citra satelit himawari-8 IR," dalam *Seminar Nasional MIPA UNIBA*, 2022, hlm. 293–300. [Daring]. Tersedia pada: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/d>
- [8] Iu Muthmainati Fu dkk., "Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Bogor," dalam *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2018*, 2018.
- [9] M. O. R. Hutagalung, "Analisis Kejadian Hujan Lebat Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus Kab. Bolaang Mongondow Utara, 4 Maret 2020)," *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, vol. 3, no. 2, hlm. 33, Feb 2022, doi: 10.31851/jupiter.v3i2.6995.
- [10] suwignyo Prasetyo, I. Rumahorbo, U. Hidayat, dan N. Sagita, "Analisis kondisi atmosfer pada kejadian hujan es," dalam *Seminar Nasional Kahuripan*, 2020.
- [11] N. Lubis, A. A. Hasibuan, dan D. C. Siregar, "Kajian Stabilitas Atmosfer di Bandara Sultan Iskandar Muda Banda Aceh," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 10, no. 01, hlm. 01–09, 2020.
- [12] H. Akbar dan A. Mulya, "Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 dalam Analisis Kondisi Atmosfer Terhadap Kejadian Banjir di Kabupaten Minahasa Tenggara, 20 September 2021," dalam *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 2021, hlm. 49–54.
- [13] D. Ajeng dkk., "Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Ekstrem (Studi Kasus Banjir Di Tangerang Selatan 7 November 2021)," *Buletin MKG*, vol. 2, no. 2, hlm. 1–10, 2022.
- [14] A. D. Nugroho dan N. H. Muzaki, "Kajian Kondisi Atmosfer Dan Laut Saat Kejadian Siklon Tropis Seroja," dalam *Seminar Nasional Geografi-UGM*, 2021, hlm. 87–104.
- [15] E. Mulyana, "Konvergensi Atmosfer Lapisan Bawah Dan Hubungannya Dengan Hujan Ekstrem (Studi Kasus: Banjir Cirebon 15 Februari 2017)," *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol. 20, no. 1, hlm. 23–29, 2019.
- [16] A. Saputra, "Analisis Kondisi Cuaca Saat Terjadi Angin Kencang (Puting Beliung) Di Desa Panaragan Kec. Tulang Bawang Tengah (Studi Kasus Tanggal 02 April 2022)," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 2022, [Daring]. Tersedia pada: www.kompas.tv.
- [17] R. W. Saragih, A. S. Asmita, dan A. Rahmawaty, "Analisis Kondisi Atmosfer, Indeks Labilitas, dan Citra Satelit saat Kejadian Puting Beliung di Pontianak, Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020)," *Jurnal Fisika*, vol. 10, no. 2, hlm. 67–71, 2020.
- [18] J. Idhar, J. Muhammad, Y. F. Yosafat, dan D. Haryanto, "Analisis Thunderstorm Berdasarkan Nilai Indeks Labilitas Atmosfer Data Radiosonde Dan Citra Satelit Himawari-8 Pada Kejadian Hujan Lebat Dan Banjir Di Jakarta," *Digital Journal of Information Technology and Communication*, vol. 3, no. 2, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.com>.

- [19] C. W. Simangkulangit dan I. Saragih, "Profil Vertikal Stabilitas Atmosfer Ketika Sebaran Abu Vulkanik Gunung Sinabung di Sekitar Bandara Kualanamu," *Jurnal Meteorologi, Klimatologi, Geofisika, dan Instrumentasi*, vol. 1, no. 1, hlm. 40–47, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.physan.id/index.php/mkgip40Journalhomepage>:<https://journal.physan.id/index.php/mkgip40>
- [20] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Peraturan BNPB No 7 Tahun 2022*-. 2022.
- [21] T. L. Saaty dan L. G. Vargas, "Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process," dalam *International Series in Operations Research and Management Science*, vol. 175, dalam International Series in Operations Research & Management Science, vol. 175. , Boston, MA: Springer US, 2012, hlm. 1–341. doi: 10.1007/978-1-4614-3597-6.
- [22] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," 200M.
- [23] R. L. Thompson, R. Edwards, J. A. Hart, K. L. Elmore, dan P. Markowski, "Close Proximity Soundings within Supercell Environments Obtained from the Rapid Update Cycle," Norman, Oklahoma, Des 2003.
- [24] D. Syaifullah, "Potensi Atmosfer Dalam Pembentukan Awan Konvektif Pada Pelaksanaan Teknologi Modifikasi Cuaca di DAS Kotopanjang dan DAS Singkarak 2010," *Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol. 12, hlm. 9–16, 2011.
- [25] W. Qordowi, S. I. Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jl Perhubungan No, P. Betung, P. Aren, P. Betung, dan T. Selatan, "Analisis Kondisi Atmosfer Terkait Kejadian Banjirmenggunakan Data Radiosonde Dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Sungailiat, Kabupaten Bangka Tanggal 12 Februari 2018)," dalam *Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*, 2018. [Daring]. Tersedia pada: www.bangkapos.com
- [26] K. Riemann-Campe, K. Fraedrich, dan F. Lunkeit, "Global climatology of Convective Available Potential Energy (CAPE) and Convective Inhibition (CIN) in ERA-40 reanalysis," *Atmos Res*, vol. 93, no. 1–3, hlm. 534–545, Jul 2009, doi: 10.1016/j.atmosres.2008.09.037.
- [27] T. L. Saaty, "The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation," 1980, *McGraw-Hill, New York London*.
- [28] H. R. Pourghasemi, B. Pradhan, dan C. Gokceoglu, "Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran," *Natural Hazards*, vol. 63, no. 2, hlm. 965–996, Sep 2012, doi: 10.1007/s11069-012-0217-2.