

**KAJIAN DATA KLIMATOLOGI ANALISIS UDARA ATAS
UNTUK PRAKIRAAN FENOMENA ANGIN KENCANG DI
SITE PENGAMATAN BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA
PADA PERIODE TRANSISI**

*STUDY OF UPPER AIR ANALYSIS CLIMATOLOGY DATA
FOR PREDICTING GUST WIND PHENOMENON AT THE
SOEKARNO-HATTA AIRPORT OBSERVATION SITE IN THE
TRANSITION PERIOD*

Soni Soeharsono^{1,*}

¹⁾Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta, Bandar Udara Soekarno-Hatta
Gedung 611 (Tower) Tangerang, 15126

*Email: soni.soeharsono@bmkq.go.id

ABSTRAK

Fenomena gusty yang terjadi di sekitar wilayah bandara dan di wilayah vicinity bandara Soekarno-Hatta berdampak pada berkurangnya efficiency operasional penerbangan pesawat komersil, melalui manuver go around pesawat, untuk mengantisipasi dari dampak angin kencang tersebut terhadap pesawat, tuntutan safety operasional penerbangan, hal ini terlihat dari data pilot report terjadinya fenomena go around akibat fenomena angin kencang pada periode transisi musim. Perlunya peningkatan akurasi data prakiraan angin kencang dari otoritas meteorologi bandara Soekarno-Hatta untuk mengantisipasi dari dampak angin kencang tersebut, antara lain dengan menerapkan indeks-indeks labilitas dari wilayah lintang menengah yang perlunya untuk divalidasi pada nilai threshold lokal dengan merangkum data klimatologi dari fenomena kasus yang akan ditelaah. Dalam tulisan ini diambil dari kriteria Miller tipe I "loaded gun". Indeks-indeks labilitas kriteria untuk thunderstorm disertai gusty dirangkum dari tahun 2016 s.d. 2022 menjadi set threshold klimatologi, valid untuk memprediksi fenomena thunderstorm rain disertai gusty pada tahun 2023 s.d. 2024

Kata Kunci: *threshold, indeks labilitas, gusty*

ABSTRACT

The gusty phenomenon that occurs around the airport area and in the Soekarno-Hatta airport area has an impact on reducing the operational efficiency of commercial aircraft flights, through aircraft go around maneuvers, to anticipate the impact of strong winds on aircraft, demands for flight operational safety, this can be seen from pilot report data on the occurrence of the go around phenomenon due to the strong wind phenomenon during the season transition period. There is a need to increase the accuracy of strong wind forecast data from the Soekarno-Hatta airport meteorological authority to anticipate the impact of these strong winds, including by applying lability indices from mid-latitude regions which need to be validated on local threshold values by summarizing climatological data from case phenomena. will be reviewed. In this paper it is taken from

the Miller type I "loaded gun" criteria. The criteria liability indices for thunderstorms accompanied by gusty are summarized from 2016 to 2016. 2022 is a valid climatological threshold set for predicting thunderstorm rain accompanied by gusty phenomena in 2023 to 2023. 2024.

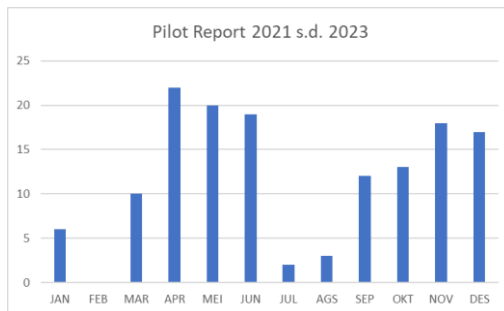
Keyword: threshold, liability index, gusty

1. Pendahuluan

Safety dan *efficiency* merupakan tuntutan dalam aktivitas penerbangan pesawat komersil termaktub dalam regulasi ICAO Annex 3 "Meteorological service for international air navigation" [5], berisi tentang pentingnya peran data meteorologi, baik aktual maupun prakiraan untuk *take off* dan *landing* pesawat di landasan pacu. Berdasarkan data prakiraan cuaca bandara *aerodrome forecast* atau TAF yang didiseminasi oleh Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta untuk data prakiraan cuaca bandara, diverifikasi dengan data aktual saat kejadian fenomena yang dilaporkan pada data observasi cuaca bandara, memiliki persentase ketepatan prakiraan *gusty* yang perlu untuk ditingkatkan. Sedangkan data prakiraan cuaca bandara TAF yang memuat prakiraan fenomena meteorologi di bandara berguna untuk menentukan perencanaan bagi pilot penerbang untuk membuat *preflight planning* untuk penerbangan internasional yang menempuh perjalanan dengan waktu yang cukup panjang dibandingkan dengan rute domestik. Data TAF yang memiliki range waktu prakiraan 30 jam dan diperbarui setiap 6 jam, masuk dalam kategori *very short-range weather forecasting*. Data prakiraan *gusty* juga dikeluarkan pada rentang waktu *now*

casting (0 s.d. 2 jam) yang didistribusikan dalam bentuk laporan *aerodrome warning* dan *trend type landing forecast* [7], berisikan data yang meliputi periode akan dimulai terjadi dan akan berakhir fenomena cuaca signifikan, setelah diverifikasi oleh sensor AWOS dan data *gusty* laporan METAR, perlu untuk ditingkatkan akurasiya. Berdasarkan data *pilot report* (pirep) pada Gambar 1, tahun 2021 s.d. 2023 kasus *go around* pesawat akibat fenomena angin kencang (*gusty*), banyak terjadi pada bulan-bulan di masa transisi musim, yaitu periode maret, april dan mei serta september, oktober dan november. Hal ini tentu menjadi perhatian bagi pihak otoritas meteorologi Soekarno-Hatta yang berpartisipasi dalam kegiatan penerbangan secara *safety* dan *efficiency*, wajib memberikan akurasi data sebaik mungkin untuk mengantisipasi fenomena angin kencang yang mengakibatkan *go around* pesawat terbang. Pilot penerbang saat melakukan *go around* untuk mendapatkan *safety* dalam penerbangan tentunya membutuhkan bahan bakar lebih, seperti pesawat Airbus A320, yang dikonfirmasi oleh pilot penerbang jenis tersebut dari salah satu maskapai swasta, pada suatu presentasi workshop, untuk sekali melakukan manuver *go around* di atas wilayah sekitar bandara Soekarno-Hatta membutuhkan 700-

liter bahan bakar. Hal ini seharusnya dapat diantisipasi untuk memenuhi tuntutan dan mendukung kegiatan *safety* dan *efficiency* kegiatan penerbangan secara bersamaan.



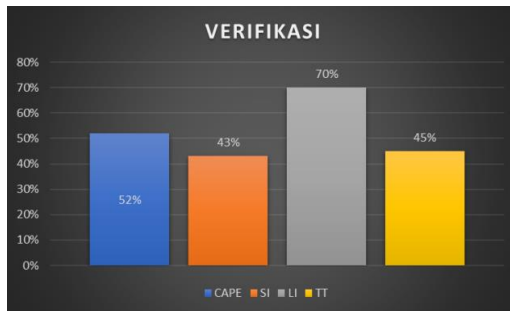
Gambar 1. Data *Pilot Report* 2021 s.d. 2023

Perlunya metode untuk menaksir kondisi atmosfer yang berpeluang akan menghasilkan fenomena angin kencang secara akurat, dibutuhkan untuk mendukung kegiatan operasional penerbangan pesawat secara *safety* dan *efficiency*. Namun hingga saat ini penulis belum menemukan kajian skala nasional yang membahas metode prediksi cuaca berpotensi menghasilkan fenomena angin kencang di wilayah Indonesia, kecuali pada rentang *now casting* (0 s.d. 2 jam) dengan menggunakan metode analisis penginderaan jarak jauh dengan piranti radar doppler [10][12]. Radar doppler ini lazim digunakan di *site* pengamatan cuaca penerbangan sebagai peralatan pendukung untuk pembuatan *trend type landing forecast* yang disertakan dengan pelaporan cuaca rutin penerbangan atau untuk pembuatan *aerodrome warning*, seperti yang di rinci dalam intruksi kerja ISO 9001, 2015-Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta. Data pengamatan yang dapat mendukung

analisis atmosfer dalam rentang *very short range weather forecasting*, diantaranya dengan menggunakan data analisis sandi TEMP. Data sandi TEMP merupakan data primer yang dihasilkan dari pengamatan dengan menggunakan wahana transmiter radiosounding, memerlukan diagram Skew TlogP sebagai data sekunder untuk menerjemahkan kondisi atmosfer yang akan berlangsung selama beberapa jam kedepan, apakah stabil atau tidak stabil. Beberapa indeks ketidak-stabilan (*labilitas*) atmosfer yang populer digunakan dalam kajian di wilayah lintang menengah digunakan [1], seperti yang dilakukan oleh Robert C. Miller yang menggunakan analisis profil radiosounding skew TlogP tipe 1 "*Loaded gun*" dapat menaksir potensi pembentukan cuaca buruk yang dapat menghasilkan fenomena angin kencang, ditandai dengan nilai-nilai indeks seperti; *showalter index* dan *lifted index* semakin mengecil nilainya, total-total index dan CAPE index yang semakin besar, terdapat intrusi udara kering dilapisan atmosfer menengah serta atmosfer yang lembab ($RH > 60\%$) di bagian troposfer bawah dengan ketebalan 150hPa [6] [10]. Indeks-indeks tersebut telah diadaptasi dalam buku manual *aeronautical meteorological forecaster* BMKG untuk pelaksanaan uji kompetensi para prakirawan di lingkungan kerja Stasiun Meteorologi penerbangan untuk mendapatkan sertifikasi kerja sebagai prakirawan.

Penulis mencoba menekankan bahwa indeks-indeks tersebut merupakan produk kajian dari wilayah lintang menengah, sehingga perlu adanya

realibilitas, dalam artian bahwa, produk tersebut secara valid dapat ditetapkan sebagai acuan untuk membuat prakiraan di wilayah lintang rendah seperti Indonesia yang belum penulis dapatkan kajian indeks tersebut di tingkat nasional.



Gambar 2. Data verifikasi indeks labilitas 2011 s.d. 2017

Berdasarkan gambar 2 data verifikasi indeks-indeks labilitas tersebut dengan menggunakan acuan nilai ambang batas atau *threshold* di dalam buku panduan manual untuk uji kompetensi forecaster Stasiun Meteorologi penerbangan diantaranya indeks CAPE dengan nilai < 1000 J/kg memiliki energi kurang, $1000 \leq \text{CAPE} \leq 2500$ energi besar, $\text{CAPE} > 2500$ memiliki energi sangat besar. Showalter *index* (SI) dengan rentang $0 \leq \text{SI} \leq 3$ berpotensi shower, $-3 \leq \text{SI} \leq 0$ berpotensi thunderstorm, $-6 \leq \text{SI} \leq -3$ berpotensi thunderstorm hebat. *Lifted index* (LI) dengan rentang $-2 \leq \text{LI} \leq 0$ memiliki kondisi labil, $-6 \leq \text{LI} \leq -2$ memiliki kondisi atmosfer labil dan berpotensi thunderstorm. $\text{LI} < -6$ memiliki kondisi sangat labil. Total-total index (TT) dengan rentang nilai 45 s.d. 50 menjelaskan potensi konvektif kuat dan berpotensi menghasilkan fenomena petir atau lightning dalam skop luasan lokal. TT indeks dengan rentang 51 s.d. 56

berpotensi atau mengindikasikan kemungkinan *lightning* meluas. TT indeks dengan nilai > 56 mengindikasikan potensi pembentukan lightning semakin merata atau meluas hingga cuaca buruk [7][13]. Setelah diverifikasi dengan kondisi aktual cuaca sinoptik dengan eksistensi *thunderstorm rain* (TSRA) di wilayah sekitar *site* pengamatan udara atas radiosounding bandar udara Soekarno-Hatta memiliki prosentase nilai ketepatan berurutan dengan nilai CAPE 52%, SI 43%, LI 70% dan TT 45% (gambar 2). Nilai prosentase demikian tersebut menurut penulis kurang untuk mendukung akurasi data prakiraan di stasiun meteorologi Soekarno-Hatta untuk mengantisipasi cuaca buruk seperti thunderstorm yang disertai *gusty*, yang dapat mengurangi *safety* dan *efficiency* kegiatan operasional pesawat.

Beberapa kajian wilayah lintang menengah menggunakan data sekunder udara atas, sebagai data dasar klimatologi, seperti data analisis indeks-indeks labilitas yang dirangkum atau dikumpulkan dari studi kasus kejadian cuaca signifikan tertentu selama periode puluhan tahun, dijadikan sebagai nilai *threshold* rujukan di wilayah spesifik domain analisis lokal dari penggunaan data-data analisis tersebut [2][4][9].

Melalui tulisan ini penulis hendak mengkaji dengan membuat *threshold* nilai dari studi kasus selama beberapa tahun yang dapat memvalidasi dari potensi pembentukan thunderstorm disertai

gusty mendarat, pada periode waktu transisi musim atau peralihan musim yang banyak menghasilkan fenomena *go around* di *site* pengamatan cuaca bandar udara Soekarno-Hatta.

2. Metode Penelitian

Stasiun meteorologi Soekarno-Hatta terletak di wilayah administrasi provinsi Banten, sebagai stasiun *basic* yang melakukan kegiatan operasional udara atas memiliki data historis yang cukup panjang sejak pembangunannya pada tahun 90-an. Pengamatan radiosounding dilaksanakan dua kali dalam sehari pada pukul 00 dan 12 UTC.



Gambar 3. Peta Provinsi Banten.

Data hasil pengamatan radiosounding sebagai data primer dalam bentuk sandi TEMP diolah dengan menggunakan aplikasi pengolah data radiosounding RAOB 6.6, menghasilkan data sekunder profil sounding diagram *skew TlogP* dan nilai-nilai berbagai indeks labilitas atmosfer yang mengacu pada tipe sounding Miller tipe I "*loaded gun*", seperti CAPE, Showalter Index, *Lifted index* beserta total-total *index*. Data intrusi udara kering penulis gunakan nilai *downdraft* CAPE (DCAPE), diambil dari pengolahan data sandi TEMP yang diolah dengan menggunakan aplikasi RAOB 6.6

menggunakan perhitungan integrasi suhu bola basah atau menggunakan nilai suhu potensial virtual yang nilai keduanya identik dari lapisan *level of free convection* (LFC) hingga ketinggian 500 hPa [3][8].

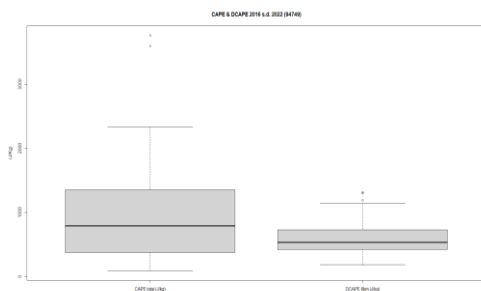
Kondisi atmosfer dengan udara lembab penulis gunakan data dari nilai perhitungan *total precipitable water* (TPW) [14], menggunakan aplikasi RAOB 6.6. Data indeks labilitas tersebut penulis rangkum semenjak tahun 2016 s.d. 2022 dengan kondisi aktual *thunderstorm rain* di wilayah sekitar bandara (0 s.d. 8 km) dan wilayah vicinity bandara (8 s.d. 16 km), karena fenomena *gusty* yang pernah terpantau oleh piranti radar doppler dan ditangkap oleh sensor anemometer AWOS dan sensor tunggal anemometer LLWAS, dapat menempuh pergerakan sejauh 40 km dari sumber awan konvektif [11].

Metode penelitian yang penulis paparkan dalam tulisan ini menggunakan pendekatan secara kuantitatif, menggunakan data historis studi kasus untuk memprediksi cuaca dengan probabilitas fenomena serupa yang dikaji selama rentang 2016 s.d. 2022, dan memvalidasi nilai *threshold* itu. Data *gusty* selama periode 2016 s.d. 2022 dilihat dari data METAR dan SPECI yang berisi posisi awan *thunderstorm* dari bandara di bagian *supplementary information* dan *present weather* serta perbedaan angin *gusty* dengan angin rerata beberapa jam sebelum dan sesudahnya, untuk membedakan fenomena *gusty* dari awan *thunderstorm* atau bukan.

Keseluruhan data indeks labilitas selama tahun 2016 s.d. 2022 penulis olah secara statistik menggunakan diagram *boxplot* dan *whisker* untuk melihat simpangan nilainya atau sebagai set *threshold* klimatologi baru yang akan digunakan untuk memprediksi fenomena *thunderstorm rain* disertai *gusty* selama periode tahun 2023 s.d. 2024.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengelompokan set data klimatologi menjadi *threshold* nilai yang dirangkum dengan diagram *boxplot* dan *whisker* antara lain berisi nilai-nilai sebagai berikut:

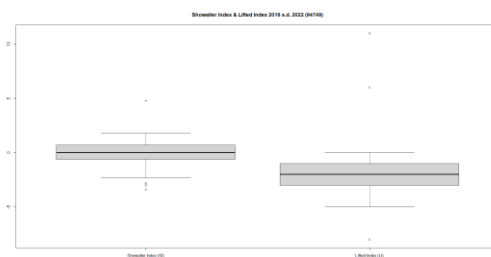


Gambar 4. Diagram *boxplot* dan *whisker* indeks CAPE (kiri) dan DCAPE (kanan) tahun 2016 s.d. 2022.

Gambar 4 diagram *boxplot* *whisker* index CAPE menunjukkan simpangan nilai yang dikelompokkan dengan nilai median sebesar 791 J/kg, selanjutnya nilai kuartil atas 1349 J/kg, nilai kuartil bawah CAPE 374 J/kg, nilai maksimum CAPE adalah 2328 J/kg serta nilai minimum CAPE 91 J/kg. Nilai CAPE < 1000 J/kg dalam manual *aeronautical meteorological forecaster* BMKG menyatakan bahwa, energi kurang untuk pembentukan *thunderstorm*, namun data di lapangan dari studi kasus, mencatat analisis nilai median, kuartil bawah

dan minimum CAPE tersebut dapat menghasilkan *thunderstorm rain* yang disertai dengan fenomena *gusty*.

Selanjutnya set *threshold* klimatologi yang dapat menaksir intrusi udara kering dengan menggunakan indeks DCAPE memiliki simpangan nilai antara lain dengan nilai median DCAPE sebesar 531 J/kg, nilai kuartil atas DCAPE bernilai 729 J/kg, nilai kuartil bawah indeks DCAPE memiliki nilai sebesar 425 J/kg, nilai maksimum DCAPE sebesar 1142 J/kg dan selebihnya minimum DCAPE bernilai 183 J/kg. Hal tersebut memiliki kisaran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan besaran nilai DCAPE yang digunakan di wilayah lintang menengah untuk menaksir potensi angin kencang [14].

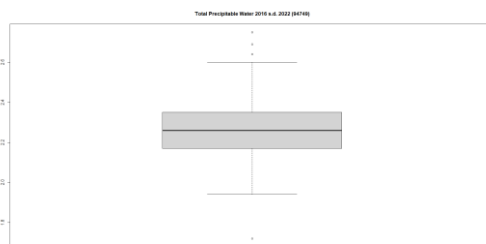


Gambar 5. Diagram *boxplot* dan *whisker* indeks SI dan LI tahun 2016 s.d. 2022.

Berdasarkan gambar 5 di atas yang memuat beberapa diagram *boxplot* *whisker* seperti indeks SI rentang tahun 2016 s/d 2022 menampilkan set *threshold* median bernilai 0.0, kemudian kuartil atas dengan nilai 0.7, berikutnya nilai kuartil bawah terdapat nilai -0.6, nilai maksimum bernilai 1.8 serta nilai minimumnya terdapat -2.3. Jika set simpangan nilai tersebut yang telah dirangkum meliputi fenomena *thunderstorm rain* disertai *gusty* disandingkan dengan

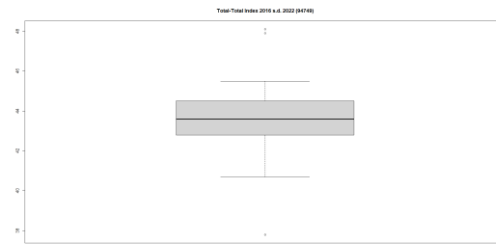
rujukan dari manual *aeronautical meteorological forecaster* terdapat perbedaan nilai.

Nilai set *threshold* klimatologi indeks labilitas LI *thunderstorm rain gusty* pada periode tahun 2016 s/d 2022 pada gambar 5, memiliki rentang atau variasi nilai yang diurutkan memiliki besaran nilai median adalah -2, selanjutnya nilai kuartil atas indeks ini memiliki nilai -1. Besaran nilai kuartil bawah memiliki besaran -3. Nilai maksimum dari set klimatologi memiliki besaran 0, serta untuk minimum terdapat besaran -5.



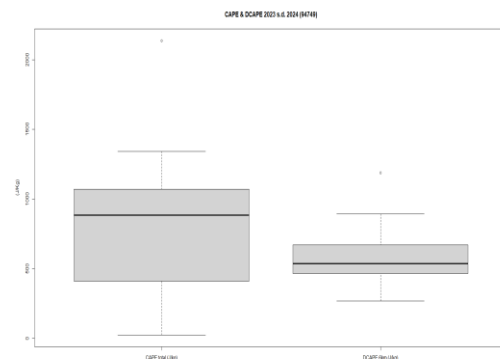
Gambar 6. Diagram *boxplot* dan *whisker* Total Precipitable Water tahun 2016 s.d. 2022.

Data set *threshold* nilai *total precipitable water* (TPW) pada gambar 6, *thunderstorm rain gusty*, terangkum selama tahun 2016 s/d 2022, memiliki besaran nilai-nilai meliputi, nilai median TPW sebesar 2.26, selanjutnya besaran nilai kuartil atas TPW adalah 2.35. Kemudian nilai kuartil bawah TPW terdapat 2.17. Besaran nilai maksimum TPW adalah 2.6, serta nilai minimum TPW adalah 1.94.



Gambar 7. Diagram *boxplot* dan *whisker* indeks Total-Total tahun 2016 s.d. 2022.

Berdasarkan gambar 7 yang berisis set klimatologi indeks Total-Total selama perhitungan dari tahun 2016 s/d 2022 berisis data studi kasus fenomena *thunderstorm rain* yang di rangkum memiliki nilai median-nya adalah 43.6, kemudian nilai kuartil atas adalah 44.5, selanjutnya nilai kuartil bawah adalah 42.8, setelahnya terdapat nilai maksimum-nya adalah sebesar 45.5, serta nilai minimum terdapat sebesar 40.7.

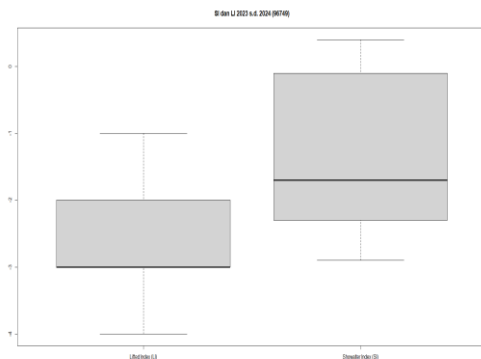


Gambar 8. Diagram *boxplot* dan *whisker* indeks CAPE (kiri) dan DCAPE (kanan) tahun 2023 s.d. 2024.

Perhitungan studi kasus kejadian dalam periode terdekat dengan saat ini nilai indeks CAPE selama tahun 2023 s/d 2024 fenomena *thunderstorm rain* disertai *gusty* pada gambar 8, memiliki hasil nilai untuk memvalidasi set *threshold* klimatologi 2016 s.d. 2022 dengan karakter nilai median adalah 884 J/kg. Perhitungan

nilai kuartil atas indeks CAPE 1070 J/kg, nilai kuartil bawah indeks CAPE 410 J/kg, nilai maksimum indeks CAPE 1343 J/kg dan nilai minimum dari set rentang nilai studi kasus gusty dari TSRA adalah 24 J/kg.

Berdasarkan gambar 8 set simpangan nilai studi kasus fenomena *thunderstorm rain* disertai *gusty* yang berisi nilai indeks DCAPE 2023 s/d 2024, memiliki kriteria nilai median-nya adalah 536 J/kg, kemudian terdapat nilai kuartil atas-nya adalah 670 J/kg. Nilai perhitungan diagram *boxplot whisker* DCAPE terdapat nilai kuartil bawah adalah 464 J/kg. Perhitungan nilai maksimum set simpangan fenomena gusty adalah 893 J/kg, selanjutnya terdapat nilai minimum set simpangan nilai DCAPE adalah 267 J/kg.

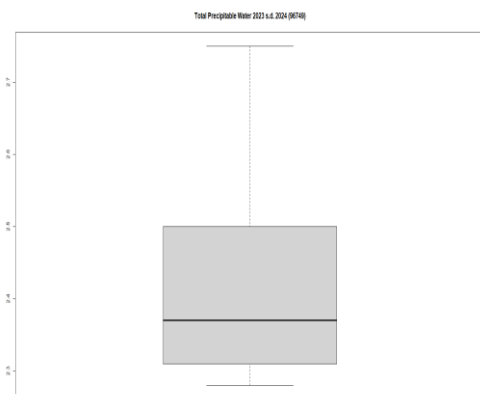


Gambar 9. Diagram boxplot dan whisker indeks LI (kiri), SI (tengah) tahun 2023 s.d. 2024.

Gambar 9 di atas yang berisi set simpangan nilai indeks SI pada rentang tahun 2023 s/d 2024 memiliki nilai median SI adalah -1.7, perhitungan dari kuartil atas nilai SI adalah -0.1. Pada gambar 9 dari set simpangan nilai indeks SI memiliki nilai kuartil bawah sebesar -2.3. Setelahnya terlihat pada gambar 9

terdapat nilai maksimum set simpangan nilai indeks SI sebesar 0.4, kemudian nilai minimum dari set simpangan nilai indeks SI adalah -2.9.

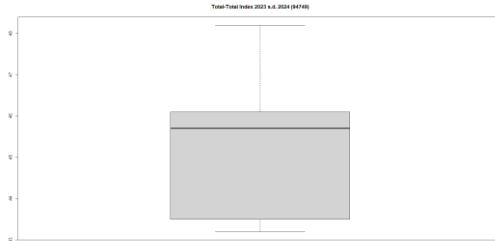
Perhitungan indeks LI studi kasus *thunderstorm rain* disertai *gusty* selama kasus kejadian antara tahun 2023 s/d 2024 pada gambar 9, memiliki nilai median adalah -3. Setelahnya dari perhitungan terdapat nilai kuartil atas dari indeks LI sebesar -2. Pada gambar tersebut pun terdapat nilai kuartil bawah dari perhitungan selama periode tahun tersebut memiliki besaran -3. Set simpangan nilai indeks LI pada gambar 9 memiliki nilai maksimum adalah -1, serta nilai minimum dari set simpangan nilai indeks LI adalah sebesar -4.



Gambar 10. Diagram boxplot dan whisker TPW tahun 2023 s.d. 2024.

Uap air yang direpresentasikan oleh perhitungan nilai indeks TPW pada gambar 10, selama tahun 2023 s/d 2024 pada kasus *thunderstorm rain gusty* dengan set simpangan nilai TPW memiliki nilai median-nya adalah 2.37, kemudian nilai kuartil atas indeks TPW adalah 2.50. Nilai kuartil bawah indeks TPW bernilai

2.31, nilai maksimum set tersebut adalah 2.75, serta nilai minimum set simpangan nilai TPW adalah sebesar 2.28.



Gambar 11. Diagram boxplot dan whisker indeks Total-Total tahun 2023 s.d. 2024.

Perhitungan indeks total-total selama tahun 2023 s/d 2024 studi kasus *thunderstorm rain gusty* pada gambar 11, memiliki set simpangan nilai yang telah dirangkum dengan nilai median adalah 45.7. Perhitungan nilai kuartil atas set simpangan nilai TT indeks adalah 46.1, kemudian nilai kuartil bawah set simpangan TT indeks adalah 43.5, setelahnya nilai maksimum diagram *boxplot whisker* TT indeks adalah 48.2, serta terakhir nilai minimum set simpangan TT indeks adalah sebesar 43.2.

4. Kesimpulan

Setelah pengelompokan nilai set *threshold* klimatologi indeks-indeks labilitas dari kasus fenomena *thunderstorm rain* disertai *gusty* selama tahun 2016 s.d. 2022 memiliki nilai yang lebih tinggi antara nilai maksimum dan minimumnya dibandingkan dengan set *threshold* yang diterapkan pada manual *aeronautical meteorological forecaster* untuk uji kompetensi. Nilai set simpangan kasus *thunderstorm rain* disertai *gusty* pada tahun 2023 s.d. 2024 masih dalam batas lingkup

dari nilai set *threshold* klimatologi 2016 s.d. 2022, hal tersebut menandakan bahwa batasan set *threshold* klimatologi 2016 s.d. 2022 valid digunakan untuk memprediksi kasus kejadian *thunderstorm rain* disertai *gusty* pada tahun 2023 s.d. 2024.

5. Saran

Semakin panjang periode waktu rangkuman nilai set *threshold* dari studi kasus *thunderstorm rain* yang disertai *gusty*, semakin baik dan tiap kejadian terbaru fenomena tersebut ditambahkan kedalam nilai set *threshold* klimatologi menjadi satu set simpangan *threshold* klimatologi terbaru untuk memprediksi fenomena serupa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- [1] Brooks, H.E., Lee, J.W. and Craven, J.P., (2003b). The spatial distribution of severe thunderstorm and tornado environments from global reanalysis data. *Atmospheric Research*, 67–68, 73–94.
- [2] Bunkers, Matthew J., (2002). Vertical wind shear associated with left-moving supercells. *Wea. Forecasting*, 17, 845–855.
- [3] Holleman, Iwan (2001) Estimation of the maximum velocity of convective wind gust.
- [4] Klimowski, Brian A. dan Matthew J. Bunkers, (2002). Comment on “Satellite Observation of a Severe Supercell Thunderstorm on 24 July 2000 Made during the

- Goes-11 Science Test". NOAA/NWS Weather Forecast Office, Rapid City, South Dakota.
- [5] Meteorological Service for International Air Navigation-Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation. (2007). International Civil Aviation Organization.
- [6] Miller, Robert C. (1972). Note on Analysis and Severe-Storm Forecasting Procedures of The Air Force Global Weather Central. United State Airforce. USA.
- [7] Modul Uji Kompetensi Forecaster Meteorologi Penerbangan Versi 02, (2015). BMKG, Jakarta.
- [8] Overview of downward convective available potential energy (DCAPE), NWS Louisville, KY.
- [9] Rasmussen, Erik N., and D.O. Blanchard, (1998). A baseline climatology of soundingderived supercell and tornado forecast parameters. *Wea. Forecasting*, 13, 1148-1164.
- [10] Skew T Mastery (<http://www.meted.ucar.eduhttps://www.meted.ucar.edu/mesoprim/skewt/navmenu.php?tab=4&page=3-2-3&type=flash>) diakses 15 Januari 2022.
- [11] Soeharsono, Soni (2022). "Kajian Angin Kencang pada Kasus Pesawat Go Around di Site Pengamatan Cuaca Runway Timur Bandar Udara Soekarno-Hatta". *Buletin Met Aero Vol 5 No 11, 2022-ISSN 2684-7299*. Tangerang.
- [12] Wardoyo, Eko (2015). Pengantar Aplikasi Radar Cuaca.
- [13] Wirjohamidjojo, Soerjadi dan Yunus S. Swarinoto (2010). Analisis dan Penaksiran Hasil Analisa Cuaca Sinoptik. Jakarta.
- [14] Y. Viswanaham (1981). The Relationship Between Total Precipitable Water and Surface Dew Point. Instituto de Pesquisas Espaciais, conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnologico, Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, Brazil.