

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Transportasi udara merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga konektivitas di seluruh wilayah Republik Indonesia yang berbentuk kepulauan. Indonesia memiliki jaringan bandara yang luas, dengan lebih dari 230 bandara yang tersebar di seluruh negeri (DitjendHubud, 2022). Untuk bandara sipil, Bandara Soekarno-Hatta di Tangerang, Banten adalah yang terbesar dan menjadi gerbang utama untuk penerbangan baik domestik maupun internasional. Adapun untuk bandara militer (*enclave sipil*), Bandara Halim Perdanakusuma Jakarta, yang juga sebagai pangkalan TNI AU (*Air Force Base*) merupakan bandara militer utama karena merupakan akses utama bagi tamu-tamu kenegaraan selevel kepala negara (VIP/VVIP).

Operasional transportasi udara baik penerbangan sipil maupun militer menuntut standar keselamatan yang tinggi dikarenakan berhubungan dengan nyawa manusia yang tidak bisa dinilai dengan materi dan juga pertahanan negara. Sektor transportasi juga masuk kedalam kategori sektor strategis, dimana jika terdapat gangguan pada sektor ini dapat menyebabkan kerugian dan dampak yang serius terhadap kepentingan umum, pelayanan publik, pertahanan dan keamanan, serta ekonomi nasional (Biro Hukum dan Komunikasi Publik BSSN, 2023).

Dalam sudut pandang militer, bandar udara yang umumnya dikenal sebagai pangkalan udara memainkan peran krusial dalam mendukung pengembangan kekuatan udara (*air power*) yang menciptakan konfigurasi pertahanan dalam suatu kerangka pertahanan. Pangkalan udara berfungsi sebagai pusat kekuatan untuk armada udara, yang melibatkan landasan pacu, fasilitas penerbangan, dan fasilitas pendukung penerbangan guna membentuk kekuatan udara yang mendukung operasi penerbangan (Ridwan Y *et al.*, n.d.).

Setidaknya ada dua hal yang menurut penulis masih menjadi tantangan yang cukup serius dalam dunia transportasi udara Indonesia, yaitu : aspek keselamatan dan keamanan, serta ketidakpastian terhadap kondisi cuaca.

Insiden keselamatan penerbangan, seperti kecelakaan dan masalah teknis, telah menimbulkan keprihatinan dalam beberapa tahun terakhir. Adapun tantangan lainnya adalah aspek ketidakpastian cuaca, geografi Indonesia yang beragam sering kali menyebabkan ketidakpastian cuaca, yang dapat mengganggu operasi penerbangan dan menyebabkan keterlambatan.

Dalam artikel "*Jet Crash Adds to Long List of Aviation Disaster in Indonesia*" pada media Bloomberg, menyebutkan bahwa ada dua aspek utama penyebab kecelakaan pesawat di Indonesia , yaitu : cuaca buruk dan komunikasi (Thea Fathanah, 2021). Adapun John M. Collins dalam buku *Military Geography* menyatakan bahwa *thunderstorm* dari awan cumulonimbus yang menjulang tinggi, menimbulkan hambatan serius bagi pesawat militer yang sedang menjalankan misi penting di masa perang (Collins *et al.*, n.d.).

Berikut beberapa insiden yang pernah terjadi dalam transportasi udara di Indonesia dan diluar wilayah Indonesia. Pada tanggal 30 November 2004, pesawat Lion Air jenis MD-82 dengan nomor penerbangan JT 538 tergelincir di Bandar Udara Adi Sumarmo, Solo, Jawa Tengah. Waktu kejadian sekitar pukul 18.15 WIB, dalam kondisi cuaca buruk. Dalam insiden tersebut, pesawat membawa 156 penumpang, dengan 23 penumpang mengalami kecelakaan fatal dan 61 lainnya mengalami luka-luka. Menurut Rusdi Kirana, yang menjabat sebagai Direktur Utama Lion Air pada saat itu, pesawat Lion Air MD-82 dikonfirmasi dalam kondisi yang memenuhi standar untuk penerbangan. Kecelakaan terjadi akibat adanya kondisi cuaca yang buruk saat pesawat hendak mendarat, meskipun pesawat sudah berada dalam posisi yang tepat untuk pendaratan. Angin kencang dari belakang pesawat menyebabkan pesawat terus meluncur dan

terdorong keluar sejauh 100 meter dari landasan pacu. Menurut informasi yang diterima, pesawat mendarat dalam kondisi badai petir. Diduga, pesawat tidak dapat mendarat dengan baik karena adanya genangan air di landasan, yang disebut sebagai *hydro planning*. Akibatnya, pesawat tidak dapat dihentikan dengan sempurna (Vina Fadhrotul Mukaromah, 2019).

Pada tanggal 21 Januari 2014, kembali sebuah pesawat Lion Air tujuan Surabaya menuju Kupang melakukan pendaratan darurat di Bandara Internasional Ngurah Rai Bali karena cuaca buruk. Pesawat bernomor penerbangan JT-629 itu rencananya lepas landas dari Surabaya pada pukul 13.00 WITA, tiba di Kupang pada pukul 15.50 WITA, dan terakhir mendarat di Bali pada pukul 17.00 WITA. Menurut para penumpang, awak kapal menghubungi mereka untuk melakukan pendaratan darurat di Pulau Dewata itu karena hujan lebat dan angin kencang sejak awal penerbangan (Wira Suryantala, 2014).

Pada tanggal 15 Maret 2013, Dua pesawat mengalami kerusakan yang cukup parah saat tertimpa peralatan *ramp* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Tangerang. Airbus A320 (N620SC dari GECAS) dengan Boeing 737-500 (PK-GGA dari Garuda) yang diparkir di seberang hanggar No. 3 di area pemeliharaan. Satu bagian ekor pesawat yang sedang melakukan perawatan melintasi *ramp*, menabrak badan pesawat dibagian kiri A320 tepat di depan akar sayap. *Dock* lainnya menghantam Boeing 737 di sisi kanan bagian hidung. Terjadi fenomena *thunderstorm* selama insiden tersebut berlangsung (ASN, 2013).

Pada tanggal 6 April 2009, terjadi kecelakaan pesawat Fokker 27 yang dimiliki oleh TNI AU di Lanud Husein Sastranegara, Bandung, Jawa Barat. Pesawat, yang mengangkut enam awak, sedang melakukan misi penerjunan. Sebelum mengalami kecelakaan, pesawat menabrak hanggar ACS yang dimiliki oleh PT Dirgantara Indonesia, mengakibatkan terjadinya kebakaran. Pada peristiwa ini, 24 orang meninggal dunia. Penyebab kecelakaan disebabkan oleh kondisi cuaca yang buruk (Salmah Muslimah, 2016).

Pada tanggal 2 Agustus 1985, Delta Airlines 191 jatuh di dekat Bandara Internasional Dallas/Fort Worth. Kecelakaan tersebut menyebabkan 137 kematian dan merupakan salah satu kecelakaan penerbangan terburuk di Amerika Serikat. Angin kencang yang berembus tanpa peringatan membuat pesawat itu oleng dan tak terkontrol. Disaat yang bersamaan terjadi juga badai. Setelah dilakukan berbagai investigasi yang panjang, Komite Nasional Keamanan Penerbangan Amerika Serikat menyimpulkan bahwa badai tersebut disebabkan oleh awan mikrobust. Pada masa itu, meskipun efek angin samping telah diketahui oleh penerbang, awan mikrobust jarang dipelajari dan para pilot belum punya banyak pengetahuan tentang ini, faktor lainnya adalah belum adanya kerja sama yang solid dari menara kontrol, badan meteorologi, serta maskapai penerbangan (Arie Mega Prastiwi, 2015).

Pada tanggal 22 Oktober 2022, terjadi insiden di Bandara Internasional Cebu, Filipina, di mana pesawat Korean Air Lines Airbus SE A330, yang membawa 173 orang, mengalami kejadian tergelincir saat melakukan upaya pendaratan. Pesawat yang sedang dalam perjalanan dari Seoul ke Cebu telah berputar diatas aerodrome dan telah dua kali melakukan upaya pendaratan dalam kondisi cuaca yang buruk sebelum akhirnya tergelincir melewati *runway*. Menurut pernyataan maskapai, tidak ada korban luka, dan seluruh penumpang dievakuasi dengan selamat (Muhaimin, 2022).

Ada dua fakta menarik yang dapat diambil dari beberapa insiden penerbangan diatas yaitu: pertama, kondisi cuaca saat kejadian berlangsung adalah saat terjadinya hujan dan *thunderstorm*. Kedua, area kejadian adalah di dalam *aerodrome*. Hal ini menunjukkan bahwasanya faktor cuaca mempunyai andil yang cukup besar dalam operasional penerbangan. Badan Kebijakan Transportasi Kementerian Perhubungan Republik Indonesia bahkan dalam suatu kajiannya menyebutkan bahwa aktifitas operasional penerbangan berkorelasi erat dengan kondisi iklim dan cuaca. Kedua kondisi tersebut dapat memberikan dampak baik dari aspek

ekonomis maupun dari aspek keselamatan operasional penerbangan (Bakertrans.2021).

Ada banyak kejadian insiden penerbangan lainnya yang menunjukkan relasi antara faktor cuaca dan operasional penerbangan. Untuk itu, Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (International Civil Aviation Organization/ICAO) mempersyaratkan adanya unit meteorologi di setiap bandar udara yang melayani penerbangan sipil komersial baik penumpang ataupun cargo. Tujuannya untuk memberikan layanan informasi cuaca/meteorologi penerbangan yang dapat menunjang keselamatan operasional penerbangan.

Unit meteorologi yang ada di suatu bandar udara dinamakan sebagai Stasiun Meteorologi Penerbangan (Bakertrans.dephub.go.id, 2021). Informasi meteorologi penerbangan yang disediakan oleh stasiun meteorologi penerbangan dapat membantu pengguna jasa penerbangan dalam hal :

- a. Merencanakan rute dan jadwal penerbangan yang optimal dan efisien sesuai dengan kondisi cuaca yang diharapkan.
- b. Mengambil keputusan yang tepat dan cepat jika terjadi perubahan cuaca yang tidak terduga atau berbahaya selama penerbangan.
- c. Menghindari atau mengurangi risiko terjadinya kecelakaan atau insiden penerbangan akibat cuaca buruk atau fenomena cuaca khusus.
- d. Menjaga kenyamanan dan kepuasan penumpang dan kru penerbangan selama penerbangan.

Adapun bentuk informasi meteorologi penerbangan yang disediakan oleh stasiun meteorologi penerbangan salah satunya adalah prakiraan cuaca jangka pendek atau *Terminal Aerodrome Forecast* (TAF) yang berlaku untuk 12 jam sampai 30 jam ke depan di bandara atau *aerodrome* tertentu yang meliputi parameter-parameter cuaca antara lain : arah dan

kecepatan angin, visibility, jenis dan tinggi awan, dan fenomena cuaca khusus yang diharapkan terjadi (Pusmetbang BMKG, 2023).

Cuaca buruk merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihindari, yang dapat dilakukan oleh manusia adalah beradaptasi terhadap kondisi cuaca tersebut. Fenomena cuaca buruk yang sering terjadi di kebanyakan area *aerodrome* wilayah Indonesia adalah hujan dan *thunderstorm*.

Melakukan analisa terhadap kondisi atmosfer lapisan atas dapat dijadikan sebagai metode untuk memprediksi kemungkinan terjadinya hujan dan *thunderstorm*. Analisa terhadap kondisi atmosfer lapisan atas dimulai dengan melakukan observasi aerologi yang bernama observasi Radiosonde.

Radiosonde adalah instrument observasi aerologi yang dilepaskan ke atmosfer dengan menggunakan balon udara yang berisi gas helium atau hydrogen dilengkapi dengan sensor temperatur, kelembapan dan GPS untuk mengukur beberapa parameter cuaca, antara lain : temperatur, kelembapan udara, tekanan udara, serta arah dan kecepatan angin dari permukaan hingga lapisan atas atmosfer (mencapai ketinggian sekitar 18 – 30km). Alat ini juga memiliki pemancar untuk mengirim data hasil pengukuran ke *receiver* yang ada di stasiun pengamatannya (Meteorologi Penerbangan, n.d.).

Beberapa penelitian sebelumnya terkait parameter yang diperoleh dari Radiosonde banyak digunakan untuk melihat potensi kondisi cuaca ke depan diantaranya dari Mayangwulan (2011) tentang potensi kejadian badai guntur berdasarkan kelembapan udara, labilitas udara dan mekanisme pengangkatan di wilayah Biak, Papua (Mayangwulan, 2011) dan Syaifullah (2011) yang wilayah penelitiannya di Tabing, Padang, Sumatera Barat yang menyimpulkan bahwa jika indeks labilitas pada hari tersebut cukup baik maka peluang terjadinya presipitasi akan semakin besar (Syaifullah, 2011).

Sebelum teknologi berkembang pesat seperti saat ini, data hasil observasi Radiosonde di plot secara manual dikertas diagram termodinamik. Umumnya yang di plot adalah suhu, titik embun, dan angin

pada setiap lapisan. Dengan melakukan plotting data, akan dihasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara fungsi ketinggian dan waktu dari parameter yang diplot. Informasi tentang sifat-sifat fisik dari unsur cuaca di lapisan atas area observasi dapat diperoleh dari grafik atau diagram yang dihasilkan. Dengan menetapkan nilai-nilai batas rujukan, dapat dilakukan penaksiran, penilaian, pemberian peringatan (*warning*), dan prakiraan terkait cuaca mendatang atau kejadian yang terkait dengan cuaca dan udara pada lapisan atas (Soerjadi Wirjohamidjojo & Yunus Swarinoto, 2013).

Seiring dengan perkembangan zaman, saat ini telah ada perangkat lunak yang dibuat untuk mengolah data hasil observasi Radiosonde secara otomatis, yaitu aplikasi RAOB (Rawinsonde Observation Programs) (Eosonde Research Services, n.d.). RAOB akan mengolah data hasil observasi lalu menampilkannya dalam suatu *display* yang berisi plot interaktif dalam bentuk diagram T-Skew / Log P, emagram, tephigram, hodograph serta *cross-section*, disamping itu juga RAOB mampu menghitung indeks labilitas atmosfer yang dapat dijadikan sebagai dasar memprakirakan adanya potensi fenomena cuaca yang akan terjadi dalam rentang waktu 12 jam kedepan.

*Output* RAOB merupakan data dalam bentuk grafis dan angka terhadap kondisi stabilitas atmosfer lapisan atas pada area observasinya. Adapun penyampaian informasi prakiraan cuaca bergantung kepada prakirawan meteorologi (*forecaster*) yang berdinis saat itu dalam menginterpretasi data RAOB tersebut.

*Skill*, *knowledge*, dan jam terbang atau pengalaman akan berpengaruh terhadap interpretasi data RAOB oleh seorang *forecaster*. Sehingga data yang sama bisa jadi menghasilkan interpretasi yang berbeda-beda. Hal ini tentunya harus dihindari, khususnya untuk *forecaster* yang berdinis di Stasiun Meteorologi Penerbangan. *Aerodrome Forecast* yang dibuat oleh seorang *forecaster* akan mempengaruhi proses bisnis seluruh *stakeholder* dalam operasional penerbangan. Terlebih untuk

bandara *enclave* sipil seperti Halim Perdanakusuma, karena selain melayani penerbangan sipil komersial juga melayani operasional militer seperti : *take off/landing* tamu VVIP dari negara lain, *marshaling area* pasukan terjun Brigif 17, *lock base* BNPB dalam penanggulangan bencana, *alternate aerodrome* untuk Bandara Soekarno-Hatta, dan lokasi penyelamatan Presiden RI apabila terjadi *chaos* (Ichsan Emerald Alamsyah, 2014).

Diperlukan suatu metode yang lebih objektif dan dapat mengurangi atau menghilangkan unsur subjektifitas dalam menginterpretasi data RAOB pada pembuatan prakiraan cuaca. Kehadiran *machine learning* dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif solusinya. Pada dasarnya *machine learning* digunakan untuk menggantikan manusia dalam mengambil keputusan. Karena *machine learning* tidak memiliki perasaan dan emosi, maka keputusan yang diambil berdasarkan data yang diolah, kemudian data tersebut akan diekstraksi pengetahuannya dan didapatkan hasil yang sesuai. Energi manusia memiliki batas dan emosi manusia terkadang tidak stabil sehingga akan berpengaruh terhadap kesimpulan yang dihasilkan oleh manusia tersebut (Irwansyah Saputra, n.d. 2022).

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan *machine learning* untuk memprediksi fenomena cuaca dengan data Radiosonde sebagai datasetnya telah dilakukan oleh para peneliti baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri dengan hasil tingkat akurasi yang beragam.

Penelitian oleh R.M. Putra dkk tentang *cumulonimbus cloud prediction based on machine learning approach using radiosonde data* di Bandara Djuanda, Surabaya berhasil dilakukan dengan tingkat akurasi hingga 72% pada model tanpa menggunakan indeks CAPE ( *Convective Available Potential Energy*) dan 80% saat menggunakan indeks CAPE. Secara umum prediksi keberadaan awan cumulonimbus menggunakan pendekatan *machine learning* memiliki kualitas prediksi yang baik, terutama ketika menggunakan data masukan berupa indeks *Showalter Index* (SI),

*Lifted Index* (LI), *K Index* (KI), *Total-totals Index* (TT) dan CAPE (Putra et al., 2021).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Abdul Akbar, tentang prediksi potensi pertumbuhan awan cumulonimbus menggunakan ANN (*Artificial Neural Network*) dan ANN-GWO (*Grey Wolf Optimization*) di Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta Tangerang juga dengan dataset berupa data Radiosonde. Pada penelitian ini model prediksi potensi pertumbuhan awan cumulonimbus menggunakan ANN dan ANN-GWO hasilnya cukup baik dalam memprediksi terjadinya potensi pertumbuhan awan cumulonimbus di wilayah Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta Tangerang. Model terbaik ditunjukkan dengan model ANN-GWO dengan rentang prediksi 6 jam kedepan serta menggunakan data input indeks Radiosonde SI, LI, TT, CAPE, SWEAT. Hasil akurasi yang diperoleh yaitu 89.6 % dengan nilai MSE 0.071 serta koefisien korelasi sebesar 0.86 (Universitas Indonesia, N.D.).

Penelitian dari luar Indonesia pernah dilakukan oleh Agostino Manzato (2005), menggunakan data Radiosonde dan data kejadian petir untuk memprediksi kejadian petir dalam periode 6 jam kedepan dari jam pengamatan Radiosonde. Penelitian ini menggunakan model ANN metode regresi linier. Data pengamatan diambil selama 7 tahun. Masalah yang diselesaikan dalam penelitian ini yaitu adanya *overfitting*, masalah yang banyak terjadi pada banyak kasus penggunaan metode ANN akibat banyak jumlah input dan jumlah node yang digunakan pada *hidden layer*. Penelitian ini menunjukkan kinerja model ANN yang sangat baik, yaitu nilai *Mean Square Error* (MSE) sebesar 0.031 (Manzato, 2005).

Dari penelitian sebelumnya yang telah dipaparkan, penulis belum menemukan ada penelitian yang menggunakan algoritma *machine learning random forest* untuk memprediksi hujan dan *thunderstorm* dengan menggunakan data Radiosonde untuk wilayah Indonesia. Padahal algoritma *random forest* memiliki kelebihan dapat digunakan untuk kegiatan klasifikasi dan regresi dan juga bisa mereduksi *overfitting* dengan teknik

*bagging* (Irwansyah Saputra, 2022). Penulis juga belum menemukan adanya *Graphical User Interface* (GUI) yang *user-friendly*, yang memungkinkan pengguna, terutama personel meteorologi di bandara sipil dan militer, untuk dengan mudah mengakses, memahami, dan memanfaatkan model prediksi hujan dan *thunderstorm* berbasis algoritma *machine learning random forest* yang telah dikembangkan.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah penulis paparkan, penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “Prediksi Hujan dan *Thunderstorm* Dengan Algoritma *Machine Learning Random Forest* Berbasis Data Radiosonde untuk Pembuatan *Aerodrome Forecast* di Bandara Sipil dan Militer”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian yang ada pada bagian latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merancang, mengembangkan, dan menguji sebuah metode yang dapat meningkatkan akurasi prediksi hujan dan *thunderstorm* dalam konteks pembuatan *aerodrome forecast* di bandara sipil dan militer dengan algoritma *machine learning random forest* ?
- b. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sebuah *Graphical User Interface* (GUI) yang *user-friendly*, yang memungkinkan pengguna, terutama personel meteorologi di bandara sipil dan militer, untuk dengan mudah mengakses, memahami, dan memanfaatkan model prediksi hujan dan *thunderstorm* berbasis algoritma *machine learning random forest* yang telah dikembangkan ?

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah yang menjadi ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

- a. *Aerodrome Forecast* meliputi prediksi dari beberapa unsur cuaca tertentu, yaitu : arah dan kecepatan angin, visibility, kondisi cuaca, jumlah awan dan tinggi dasar awannya. Pada penelitian ini unsur cuaca yang diprediksi dibatasi pada kondisi cuaca yang meliputi prediksi potensi terjadinya hujan dan *thunderstorm*.
- b. Prediksi potensi hujan dan *thunderstorm* menggunakan data indeks labilitas atmosfer hasil pengamatan Radiosonde yaitu : *CAPE, K-Index, Cross Total Index, Vertical Total Index, Lifted Index*, dan *Showalter Index* yang diambil dari observasi setiap 12 jam sekali, pada jam 00.00 dan 12.00 UTC (*Universal Time Coordinated*).
- c. Data Radiosonde yang digunakan merupakan hasil observasi di wilayah Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta, Tangerang-Banten dalam periode tahun 2013 – 2022 (sepuluh tahun).
- d. Data hujan atau *thunderstorm* diambil dari pelaporan METAR setiap 30 menit dari Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta.
- e. Lingkup area *aerodrome forecast* di Bandara Soekarno-Hatta dan Halim Perdanakusuma.
- f. Waktu penelitian yaitu pada bulan Agustus 2023 hingga Januari 2024.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan dengan rumusan masalah yang ada di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Merancang, mengembangkan, dan menguji metode prediksi hujan dan *thunderstorm* menggunakan algoritma *machine learning random forest* dengan fokus pada peningkatan akurasi prediksi dalam konteks pembuatan *aerodrome forecast* di bandara sipil dan militer.

- b. Merancang, mengimplementasikan, dan menguji sebuah GUI yang *user-friendly*, yang memungkinkan personel meteorologi di bandara sipil dan militer untuk dengan mudah mengakses, memahami, dan memanfaatkan model prediksi hujan dan *thunderstorm* berbasis algoritma *machine learning random forest* yang telah dikembangkan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah:

- a. Dapat memberikan alternatif metode analisis yang lebih obyektif dan akurat bagi *forecaster* di Stasiun Meteorologi Penerbangan dalam menganalisis data Radiosonde untuk memprediksi potensi terjadinya hujan dan *thunderstorm* dalam pembuatan *aerodrome forecast*.
- b. Membantu perencanaan operasi militer yang melibatkan operasional penerbangan.
- c. Membantu perencanaan operasional penerbangan sipil.
- d. Kontribusi secara aktif bagi pemenuhan kewajiban memberikan bimbingan teknis kegiatan operasional meteorologi di Bandar Udara *Enclave* Sipil sebagaimana tertuang dalam Perjanjian Kerja Sama antara BMKG dan TNI AU.
- e. Kontribusi terhadap penelitian dan literatur ilmiah. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru tentang prediksi hujan dan *thunderstorm* untuk keperluan pembuatan *aerodrome forecast* menggunakan algoritma *machine learning random forest* dari data radiosonde. Temuan penelitian dapat dijadikan referensi bagi penelitian di masa depan.