



BMKG

BULETIN

MET AERO

Aviation Safety Start From The Weather

ISSN 2684-7299
VOL. 07 NO. 04 2024
EDISI 59

AEROWATCH

PROFIL CUACA

APRIL 2024

PRAKIRAAN CUACA

MEI 2024

AEROSearch

**PEMODELAN NUMERIK HUJAN SANGAT LEBAT
DI BANDARA SOEKARNO-HATTA MENGGUNAKAN
WRF-ARW
(STUDI KASUS 21 MARET 2024)**

AEROCOM

APA ITU

DOWNBURST?

AERONEWS

AUDIT INTERNAL ISO 9001:2015

INFO SIGMET

**SEBARAN LETUSAN GUNUNG RUANG
YANG MENCAPAI FIR JAKARTA**

AEROTECH

DATALOGGER



Diterbitkan oleh
**STASIUN METEOROLOGI KELAS I
SOEKARNO-HATTA**

Pelindung

Kepala Stasiun Meteorologi

Penasehat

Koordinator Bidang Observasi
Koordinator Bidang Data dan Informasi
Kepala Sub. Bag. Tata Usaha

Pemimpin Redaksi

Reyvaldo Tristyanto

Sekretaris Redaksi

M. Donny Anggoro

Bendahara

Rahmatia Dewi A.

Editor

Nur Fadilah Safaruddin
Eko Trisantoro Nurcahyono
Umi Sa'adah
Reyvaldo Tristyanto
Yesi Ratnasari

Design dan Layout

Eria Wahdatun Nangimah
Anisa Puteri Erika
Heriyanto Wicaksono

Anggota

Edy Miswanto
Muhammad Hidayat
Yuli Ernani
Ai Nuryani
Finkan Danitasari
Abdul Akbar
Muhammad Fachrurrozi
Nur Fadilah Safaruddin
Zakiah Munawaroh
Eria Wahdatun Nangimah
Yesi Ratnasari
Kadek Ari Sudama
M. Ikko Safrilda Maulana

Produksi dan Distribusi

Tukijo
Andre Febriansyah
Citra Kusmardani
Rahmatullah Akbar
Fajar Yulitradiastanto

DARI

REDAKSI

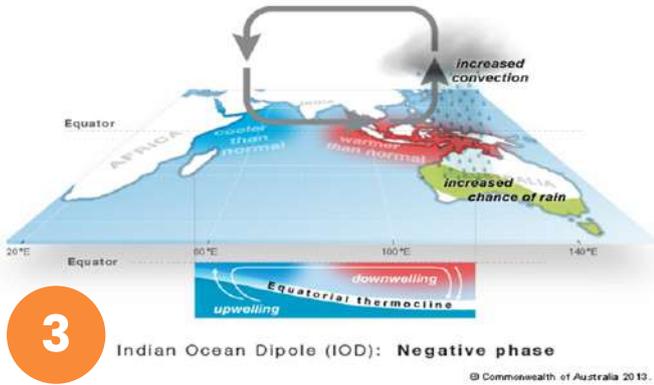
Bulan Pergantian Musim

Secara klimatologis, Bulan Mei merupakan bulan dimana musim berganti atau musim peralihan terjadi. Kondisi cuaca terlihat mulai berganti dari musim penghujan menuju musim kemarau. Hal ini terlihat dari parameter-parameter cuaca yang diamati.

Cuaca menjadi sangat penting karena cuaca merupakan faktor yang mendukung kelancaran kegiatan manusia setiap harinya. Adaptasi yang baik akan membuat kita lebih siap dalam merencanakan agenda kedepan. Oleh karena itu, dalam buletin terbitan ini kami membuat prakiraan cuaca bulan Mei dalam rubrik aerowatch sebagai bahan pertimbangan para pembaca. Kami juga membuat rangkuman profil cuaca Bulan April dan kejadian cuaca yang terekam dalam informasi cuaca penerbangan SIGMET.

Dalam rubrik aerocom mengulas *downburst*, sedangkan rubrik aerotech membahas perkembangan *datalogger*. Dalam rubrik aerosearch menyaikan hasil permodelan numerik pada saat kejadian hujan lebat di Bandar Udara Soekarno-Hatta. Somoga buletin ini dapat menambah wawasan para pembaca.

DAFTAR ISI



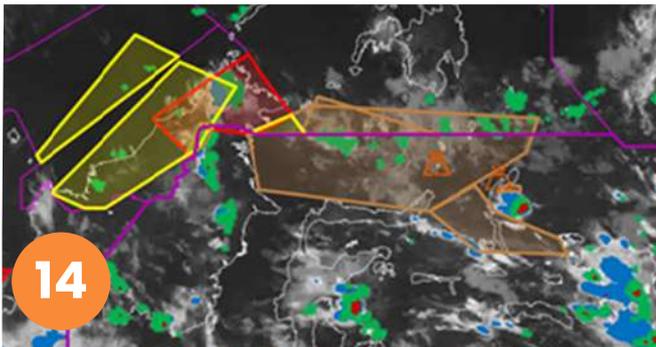
AEROWATCH

PROFIL CUACA BULAN APRIL 2024 DAN AERODROME CLIMATOLOGICAL SUMMARY BULAN MEI STASIUN METEOROLOGI SOEKARNO-HATTA

3

PRAKIRAAN CUACA BULAN MEI 2024

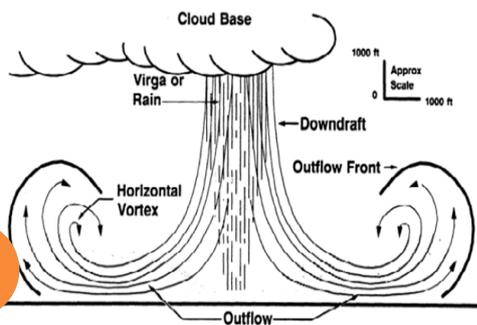
9



INFO SIGMET

LETUSAN GUNUNG RUANG YANG MENCAIPI FIR JAKARTA DAN RINGKASAN INFORMASI SIGMET PADA BULAN APRIL 2024

14



AEROCOM

APA ITU DOWNBURST?

16



AEROTECH

MENINJAU LEBIH DALAM DATALOGGER

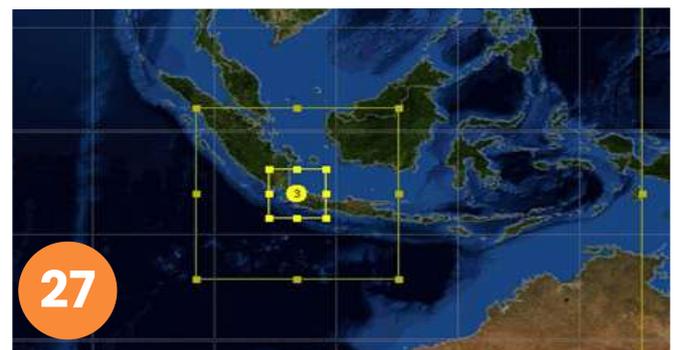
19



AERONEWS

AUDIT INTERNAL ISO 9001:2015 STASIUN METEOROLOGI SOEKARNO-HATTA

24



AEROSEARCH

Pemodelan Numerik Hujan Sangat Lebat di Bandara Soekarno-Hatta Menggunakan WRF-ARW (Studi Kasus: 21 Maret 2024)

27

Profil Cuaca Bulan April 2024 dan Aerodrome Climatological Summary Bulan Mei Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta

Buletin MetAero menyajikan informasi profil cuaca bulan April 2024 dan *Aerodrome Climatological Summary* (ACS) bulan Mei selama 10 tahun terakhir. Profil cuaca menggambarkan rangkuman kondisi cuaca yang terdiri dari profil arah dan kecepatan angin, *visibilty* harian, curah hujan, temperatur udara, tekanan udara, kelembapan udara hingga ringkasan kondisi cuaca signifikan yang terjadi di wilayah Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Sedangkan ACS memberikan informasi kondisi angin, *visibility*, serta temperatur udara yang terjadi pada bulan Mei periode tahun 2014 hingga 2023 sehingga dapat menjadi pertimbangan operasional penerbangan dalam bulan Mei tahun 2024.

PROFIL CUACA BULAN APRIL 2024

1. ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

Profil arah dan kecepatan angin bulan April 2024 menunjukkan arah angin dominan dari selatan hingga barat daya dan terdapat variasi angin dari arah timur laut yang memiliki kecepatan cukup signifikan. Kecepatan angin rata-rata bulan April adalah 4 knot dengan nilai maksimum mencapai 16 knot. Profil arah angin menunjukkan angin baratan mulai melemah namun masih memiliki intensitas cukup banyak, sedangkan angin timuran mulai menguat dan memiliki kecepatan yang cukup signifikan. Berikut adalah gambar profil arah dan



Gambar Profil Arah dan Kecepatan Angin Bulan April 2024

kecepatan angin bulan April 2024 yang disajikan dalam bentuk *windrose* dan di-*overlay* dengan peta Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

2. VISIBILITY

Informasi *Visibility* menjadi salah satu komponen penting bagi penerbangan, utamanya dalam kegiatan *take-off* dan *landing*. *Visibility* merupakan jarak pandang horizontal atau mendatar yang dapat dilihat dengan mata dan diinterpretasikan dalam ukuran jarak. Profil *visibility* harian bulan April menunjukkan grafik kondisi *visibility* yang terjadi setiap jam. Kondisi rata-rata nilai *visibility* pada bulan April, yaitu **7 km**. Nilai *visibility* maksimum bulan ini umumnya 10 km yang terjadi hampir setiap hari pada siang hari. Sedangkan untuk nilai *visibility* minimum, yaitu 2,5 km yang terjadi pada tanggal 1, 23, dan 26 April 2024. Kondisi nilai minimum *visibility* ini dihasilkan oleh kondisi udara



Gambar Profil Visibility Harian bulan April 2024

kabur yang pekat pada dini hari hingga pagi hari. Berikut profil rata-rata *visibility* harian yang terjadi pada bulan April 2024.

3. CURAH HUJAN

Profil curah hujan pada bulan April 2024 menunjukkan jumlah curah hujan terukur adalah **112,3 mm**. Adapun total hari hujan selama bulan April adalah sebanyak 14 hari. Kondisi ini menunjukkan nilai curah hujan masih cukup tinggi karena bulan April merupakan periode peralihan dari musim hujan ke musim kemarau. Distribusi nilai curah hujan pada dasarian I, dasarian II, dan dasarian III berturut-turut adalah 2,7 mm, 68,3 mm dan 41,3 mm. Berikut adalah profil curah hujan bulan April 2024.

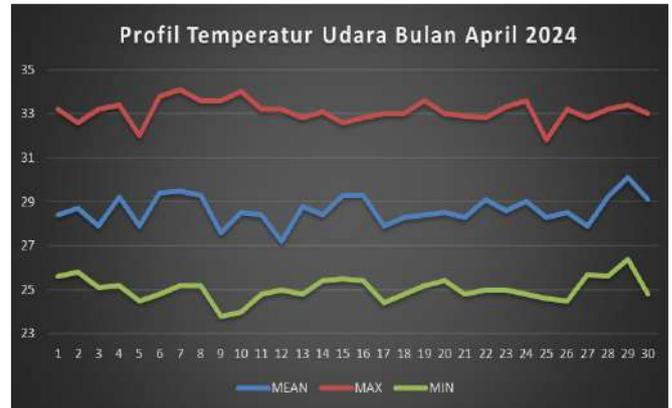


Gambar Profil Curah Hujan Bulan April 2024

4. TEMPERATUR UDARA

Profil temperatur udara menggambarkan grafik temperatur udara rata-rata, minimum dan maksimum selama satu bulan. Nilai temperatur

udara rata-rata selama bulan April sebesar **28,6°C**. Nilai temperatur udara maksimum pada bulan April mencapai 34,1°C yang terjadi pada tanggal 7 April 2024. Sedangkan nilai temperatur udara minimum bulan April sebesar 23,8°C yang terjadi pada tanggal 9 April 2024. Berikut adalah profil temperatur udara bulan April 2024.



Gambar Profil Temperatur Udara bulan April 2024

5. TEKANAN UDARA

Tekanan udara memiliki karakteristik berbanding terbalik dengan temperatur udara, dimana semakin besar temperatur udara, maka tekanan udara semakin rendah. Kondisi sebaliknya, semakin rendah temperatur udara, maka semakin besar tekanan udara. Profil tekanan udara bulan April 2024 menunjukkan nilai rata-rata tekanan udara pada bulan ini sebesar **1007,5 mb**. Nilai tekanan udara maksimum pada bulan April 2024 mencapai 1011,1 mb yang terjadi pada tanggal 14 April 2024. Sedangkan nilai tekanan udara minimum bulan ini tercatat sebesar 1003,6 mb yang terjadi pada tanggal 7 April 2024. Berikut adalah grafik profil

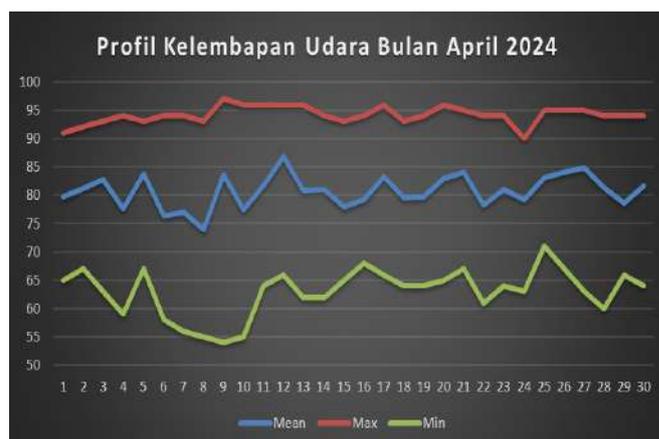


Gambar Profil Tekanan Udara bulan April 2024

tekanan udara bulan April 2024.

6. KELEMBAPAN UDARA

Kelembapan udara merupakan kandungan uap air dalam sebuah parcel udara yang terdapat di suatu wilayah. Profil kelembapan udara bulan April 2024 menunjukkan nilai kelembapan udara rata-rata sebesar **80,7%**. Nilai kelembapan udara maksimum bulan April sebesar 97% yang terjadi pada tanggal 9 April 2024. Adapun nilai kelembapan udara minimum terjadi pada tanggal yang sama, yaitu 9 April 2024 dan tercatat sebesar 54%. Berikut adalah grafik profil kelembapan udara bulan April 2024.



Gambar Profil Kelembapan Udara bulan April 2024

7. KONDISI CUACA YANG MEMPENGARUHI PENERBANGAN

Kondisi cuaca merupakan gambaran keadaan udara yang terjadi di suatu wilayah pada waktu tertentu. Dalam dunia penerbangan kondisi cuaca menjadi salah satu komponen penting dalam kegiatan *take-off* dan *landing* yang penting untuk diketahui serta dapat menunjang informasi pada saat *en-route*. Berikut adalah ringkasan kondisi cuaca yang mempengaruhi penerbangan di wilayah Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang terjadi pada bulan April 2024.

Tabel Rangkuman Kondisi Cuaca bulan April 2024

TGL	PAGI HARI (07.00-12.00 WIB)	SIANG HARI (13.00-18.00 WIB)	MALAM HARI (19.00-24.00 WIB)	DINI HARI (01.00-06.00 WIB)	RAIN (mm)
1	-	Lightning	HZ	HZ	0
2	HZ	Lightning	HZ	HZ	0
3	HZ	Lightning	-	HZ	0
4	HZ	Lightning	HZ	HZ	0
5	-RA	-RA	HZ	HZ	1,6
6	HZ	-	Lightning	-	0
7	-	-	Lightning	HZ	0
8	-	-	-	-	0
9	-	-TSRA	-RA	BR	1,1
10	-	Lightning	-	-	0
11	-	-	Lightning	TSRA	14,2
12	HZ	TSRA	BR	BR	6,6
13	-	-	TSRA	BR	19,1
14	-	-	-	Lightning	0
15	-	-	-	-	0
16	-	-	-	-	0

17	HZ	-TSRA	Lightning	HZ	5,2
18	HZ	-	Lightning	HZ	0
19	-	TS	-	HZ	0
20	HZ	-	TSRA	TSRA	23,2
21	-RA	-	-	HZ	0
22	HZ	TS	-RA	HZ	0
23	-RA	-	-	HZ	0
24	HZ	-	Lightning	Lightning	0
25	-	-	Lightning	-RA	1,4
26	HZ	-	TSRA	Lightning	17,1
27	-RA	-	-RA	-RA	2,8
28	-	-	-	HZ	0
29	-	-	-	HZ	0
30	HZ	Lightning	TSRA	Lightning	20,0

Dari tabel kondisi cuaca menunjukkan keadaan cuaca cukup bervariasi pada bulan April 2024. Kondisi dini hari hingga pagi hari didominasi oleh udara kabur (HZ), kemudian fenomena hujan terjadi selama 14 hari dan terdapat fenomena *lightning* yang terjadi cukup banyak di semua waktu baik pagi, siang, malam hingga dini hari.

AERODROME CLIMATOLOGICAL SUMMARY BULAN MEI

1. ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

Aerodrome Climatological Summary (ACS) arah dan kecepatan angin bulan Mei menyajikan data arah dan kecepatan angin dalam bentuk windrose selama 10 tahun terakhir (2014 – 2023). Data ACS ini dapat menjadi pedoman informasi kegiatan *take-off* dan *landing* selama bulan Mei 2024. ACS arah dan kecepatan angin menunjukkan angin dominan cukup bervariasi, yaitu bertiup dari arah timur laut hingga timur dan dari arah

selatan hingga barat daya. Adapun kecepatan angin rata-rata sepanjang hari sebesar 4,6 knot dengan kecepatan angin maksimum mencapai **19 knot**. Variasi angin timuran sudah mulai menguat dengan kecepatan angin signifikan sedangkan angin baratan masih memiliki intensitas cukup sering dengan kecepatan yang mulai melemah. Berdasarkan kondisi tersebut perlu diwaspadai peluang terjadinya angin kencang selama bulan Mei yang dapat membahayakan *take-off* dan *landing*. Berdasarkan data selama 10 tahun juga terdapat potensi *crosswind* sebesar 13% dengan kecepatan di atas 5 knot. Berikut disamping adalah gambar ACS angin bulan Mei periode 10 tahun terakhir.

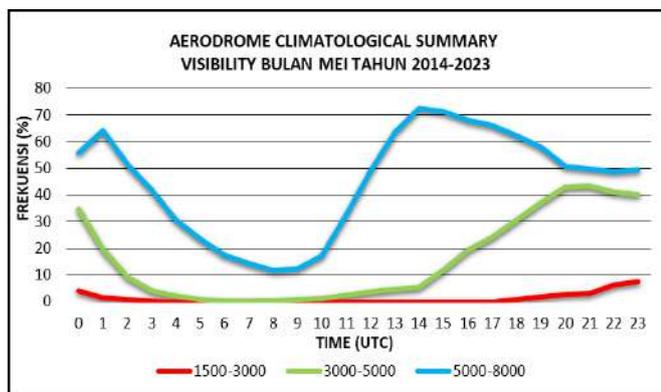


Gambar ACS Arah dan Kecepatan Angin bulan Mei Periode 2014 - 2023

2. VISIBILITY

Visibility merupakan jarak pandang mendatar yang menggambarkan kondisi kejernihan udara di permukaan suatu wilayah. *Visibility* menjadi salah satu komponen penting dalam transportasi penerbangan karena memberikan informasi jarak

pandang terhadap penerbang dalam melakukan kegiatan penerbangan, khususnya *take-off* dan *landing*. ACS visibility pada bulan Mei selama 10 tahun terakhir (2014-2023) menunjukkan kondisi visibility dominan berada pada kisaran 5000 - 8000 meter dengan rata-rata persentase sebesar **45%**. Kondisi ini didominasi terjadi pada malam hingga dini hari, yaitu kondisi cuaca saat udara kabur (*haze*) pada pukul 14-17 UTC yang memiliki persentase di atas 65%. Sedangkan kondisi *visibility* dengan kisaran 3000 – 5000 meter terjadi dengan persentase sebesar 16% dan dominan terjadi pada pukul 20-23 UTC yang memiliki persentase di atas 40%. Adapun kondisi *visibility* < 3000 meter terjadi dengan presentase 1,3%. Kondisi *visibility* di bawah 3000 meter dipengaruhi kondisi cuaca yang umumnya terjadi udara kabur dan beberapa kali pada kondisi fenomena hujan sedang hingga lebat. Berikut adalah grafik ACS *visibility* bulan Mei periode 10 tahun terakhir.

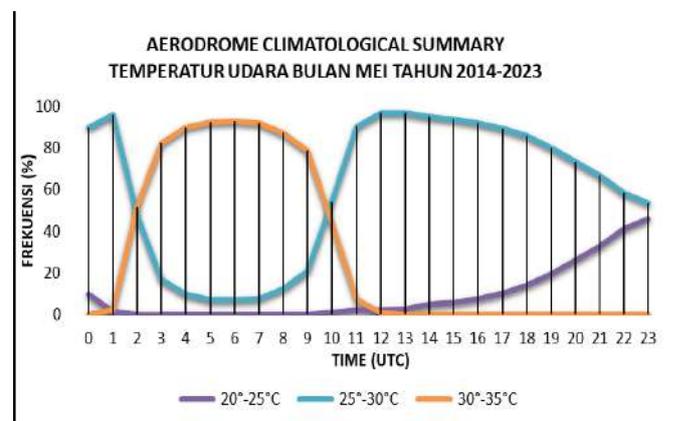


Gambar ACS Visibility bulan Mei Periode 2014-2023

3. TEMPERATUR UDARA

Posisi matahari berdasarkan gerak semu matahari saat bulan Mei adalah di belahan bumi utara (BBU), hal ini tentunya berpengaruh terhadap kondisi temperatur udara di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. ACS temperatur udara disajikan untuk memberi gambaran kondisi umum temperatur udara bulan Mei 2024 berdasarkan data 10 tahun terakhir. Temperatur udara pada bulan Mei didominasi pada rentang nilai 25°C hingga 30°C yang mencapai rata-rata persentase sebesar **60%**.

Kondisi tersebut dominan terjadi pada pukul 12-14 UTC dan 01 UTC yang memiliki persentase di atas 95%. Temperatur udara dengan rentang nilai 30°C hingga 35°C memiliki persentase sebesar 30% dengan persentase tertinggi di atas 90% dominan terjadi pada pukul 04-07 UTC. Sedangkan temperatur udara pada rentang 20°C hingga 25°C memiliki persentase rata-rata 10% dan dominan terjadi pada pukul 22-23 UTC dengan persentase di atas 40%. Berikut ACS temperatur udara bulan Mei periode 2014 hingga 2023. [rozi]



Gambar ACS Temperatur Udara bulan Mei Periode 2014-2023



KONDISI CUACA EKSTREM DAN KESIMPULAN CUACA APRIL 2024

STASIUN METEOROLOGI SOEKARNO -HATTA

Kriteria Cuaca Ekstrem



CH

> 20 mm/jam
> 50 mm/hari
> 400 mm/bulan



Angin

> 25 Knot



T Min

< 17°C



RH

< 40 %



T Max

> 35°C

Cuaca
Ekstrem

NIHIL

Kesimpulan

Suhu & Kelembapan Udara



34,1°C



97 %



23,8 °C



54 %



AVG

28,6 °C



80,7 %

Kecepatan Angin Max



16 Knot

Tekanan Udara



1007,5 mb



1011,1 mb



1003,6 mb

Hujan

Hari Hujan

14 Hari



Curah Hujan

112,3 mm

Prakiraan Cuaca Bulan Mei 2024

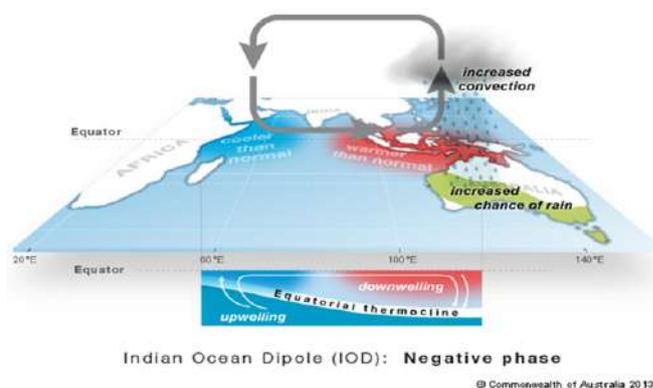
Secara klimatologis pada Bulan Mei sebagian besar wilayah Indonesia sudah memasuki musim peralihan menuju musim kemarau termasuk di kawasan Bandara Soekarno-Hatta dan sekitarnya. Untuk mengetahui prakiraan cuaca periode satu bulan yang termasuk prakiraan musim maka diperlukan analisis kondisi faktor global. Letak wilayah Indonesia yang secara geografis berada di daerah tropis dan sebagian besar wilayahnya yang terdiri dari lautan, sehingga kondisi cuacanya sangat dipengaruhi oleh adanya interaksi antara atmosfer dan laut. Untuk itu, menarik untuk dilakukan analisis kondisi faktor global yang mempengaruhi cuaca di Indonesia sebagai berikut.

Dipole Mode atau IOD (Indian Ocean Dipole)

Indian Ocean Dipole atau *Dipole Mode* merupakan fenomena interaksi atmosfer dan laut di wilayah Samudra Hindia yang dapat digunakan untuk mendeteksi gejala akan memanasnya suhu muka laut dari kondisi normalnya di sepanjang Ekuator Samudra Hindia khususnya di sebelah selatan India yang diikuti dengan menurunnya suhu muka laut di perairan Indonesia di wilayah pantai barat Sumatera. Fenomena ini dapat diketahui dengan menghitung perbedaan anomali suhu permukaan laut Samudra Hindia tropis bagian barat (50°E-70°E, 10°S-10°N) dengan Samudra Hindia tropis bagian timur (90°E-120°E, 10°S-ekuator).

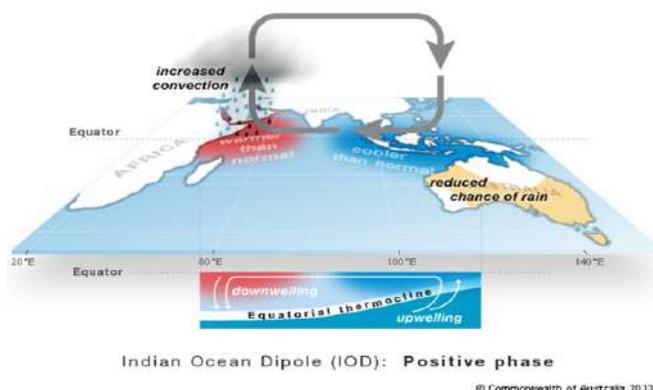
IOD memiliki 3 fase yaitu bernilai negatif, positif dan bernilai netral. IOD bernilai negatif pada gambar 1 menunjukkan adanya aliran masa udara dari wilayah Samudra Hindia bagian Barat ke wilayah Samudra Hindia bagian timur yang lebih hangat, sehingga ikut berkontribusi dalam pembentukan awan dan bertambahnya intensitas curah hujan di

wilayah Indonesia.



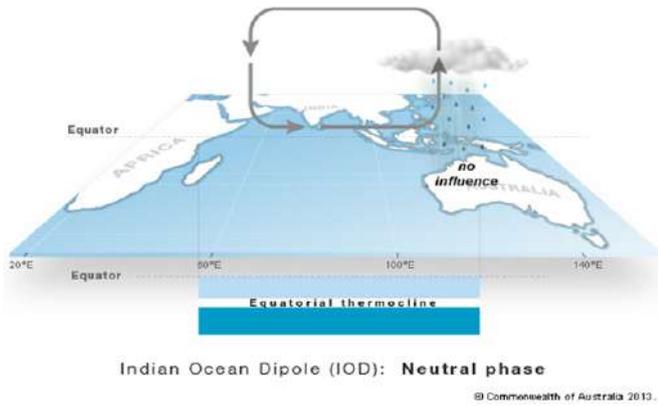
Gambar 1. Fase IOD Negatif (sumber : BOM Australia)

IOD bernilai positif pada gambar 2 menunjukkan adanya aliran massa udara dari Samudra Hindia bagian timur ke wilayah Samudra Hindia Bagian Barat yang lebih hangat. Hal ini menyebabkan berkurangnya pembentukan awan dan menurunnya intensitas curah hujan di wilayah Indonesia.



Gambar 2. Fase IOD Positif (sumber : BOM Australia)

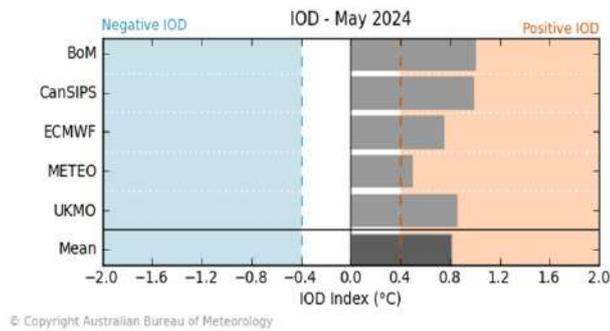
Pada gambar 3 saat IOD bernilai netral maka aliran massa udara dari Samudra Pasifik akan melewati pulau-pulau di Indonesia dan menghasilkan kondisi lautan di Australia Bagian Barat menjadi tetap hangat sehingga massa udara yang naik di atas wilayah ini membentuk awan-awan hujan di bagian Barat cekungan Samudra Hindia serta menghasilkan aktifitas Angin Baratan di sepanjang garis khatulistiwa.



Gambar 3. Skema IOD bernilai Netral (sumber : BOM Australia)

umumnya bersesuaian dengan menguatnya angin pasat timur yang bertiup di sepanjang Samudra Pasifik sehingga meningkatnya massa air hangat yang menuju Pasifik Barat dan berdampak pada peningkatan curah hujan di Indonesia

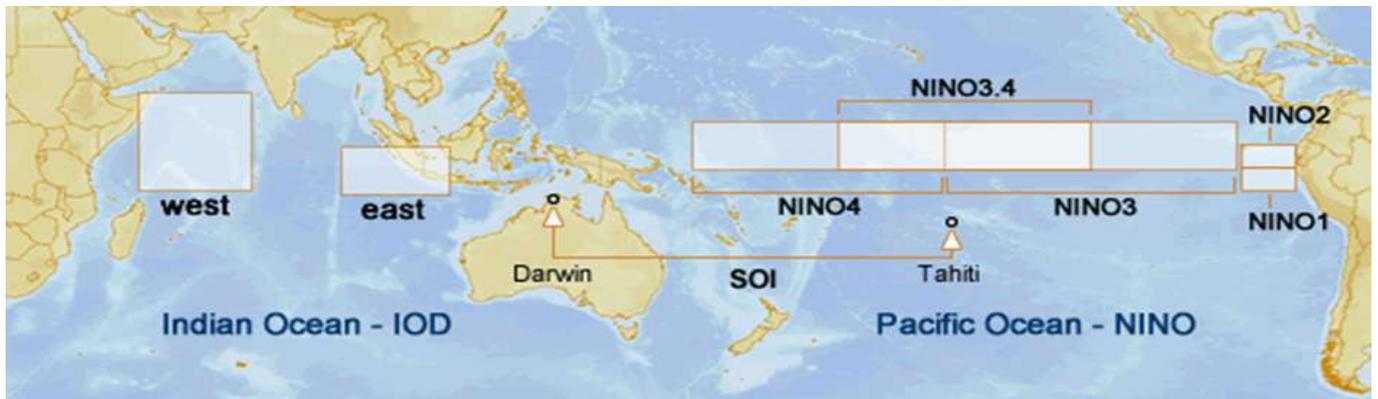
Pada saat El Nino nilai suhu permukaan laut di daerah NINO 3 dan NINO 3.4 memiliki nilai $>+0.80^{\circ}\text{C}$ dari suhu permukaan laut rata-ratanya. Sedangkan pada saat La Nina nilai udara permukaan laut di daerah NINO 3 dan NINO 3.4 bernilai $<-0.80^{\circ}\text{C}$ dari suhu permukaan laut rata-ratanya.



Gambar 4. Grafik Prakiraan Rata-Rata nilai indeks IOD di bulan Mei 2024 (sumber : BOM Australia)

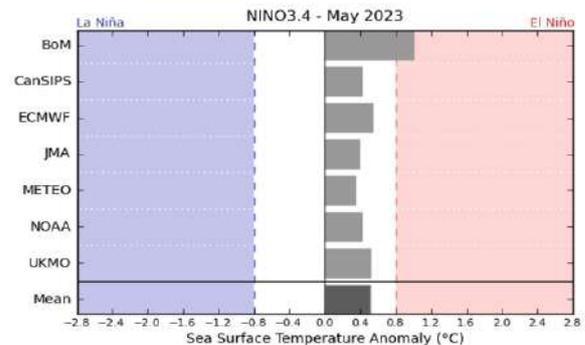
Pada gambar 6 dapat dilihat hasil dari perhitungan prakiraan hampir semua Model Internasional NWP (*Numerical Weather Prediction*) menunjukkan bahwa Indeks NINO 3.4 untuk bulan Mei 2024 berada pada fase netral atau tidak mempengaruhi kondisi cuaca umum global yang terjadi. Hanya model dari BOM saja yang menunjukkan fase El Nino.

Southern Oscillation Index (SOI) merupakan parameter yang juga dapat digunakan untuk



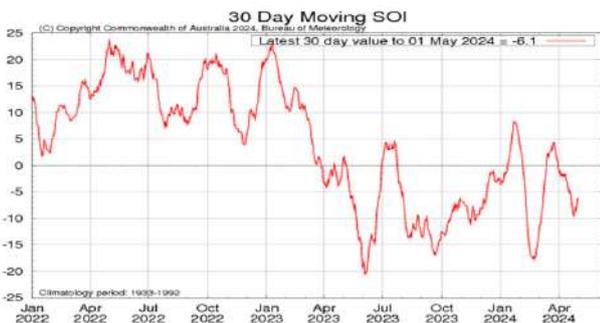
Gambar 5. Lokasi Wilayah NINO dan IOD (sumber : BOM Australia)

Pada El Nino dan La Nina merupakan suatu fenomena penyimpangan iklim global yang terjadi di permukaan air laut Pasifik bagian timur dan tengah (gambar 5). El Nino terjadi ketika suhu di permukaan air laut Pasifik bagian timur dan tengah lebih hangat dari rata-ratanya, sehingga mengakibatkan berkurangnya curah hujan di wilayah Indonesia. Sedangkan La Nina terjadi ketika suhu permukaan laut Pasifik bagian timur dan tengah lebih dingin dari rata-ratanya. Fenomena La Nina pada



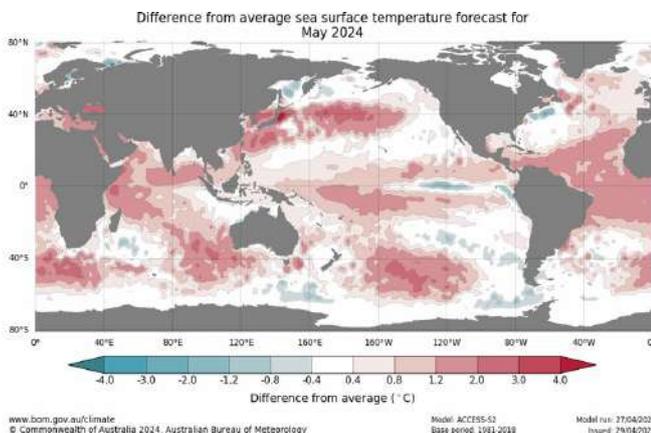
Gambar 6. Nilai Prakiraan Indeks NINO 3.4 untuk Bulan Mei 2024 (sumber : BOM Australia)

mengidentifikasi terjadinya fenomena El Nino atau La Nina yang dinilai dari perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti. Nilai SOI < -7 mengindikasikan terjadinya El Nino, sedangkan nilai SOI $> +7$ mengindikasikan terjadinya La Nina. Pergerakan nilai SOI 30 hari terakhir memasuki awal bulan Mei 2024 menunjukkan nilai -6.1 dan memiliki kecenderungan semakin meningkat. Berdasarkan gambar 7 nilai SOI sedang berada di awal fase netral atau tidak mempengaruhi kondisi cuaca umum global yang terjadi.



Gambar 7 . Nilai SOI 30 hari terakhir (sumber : BOM Australia)

Keadaan Suhu Muka Laut



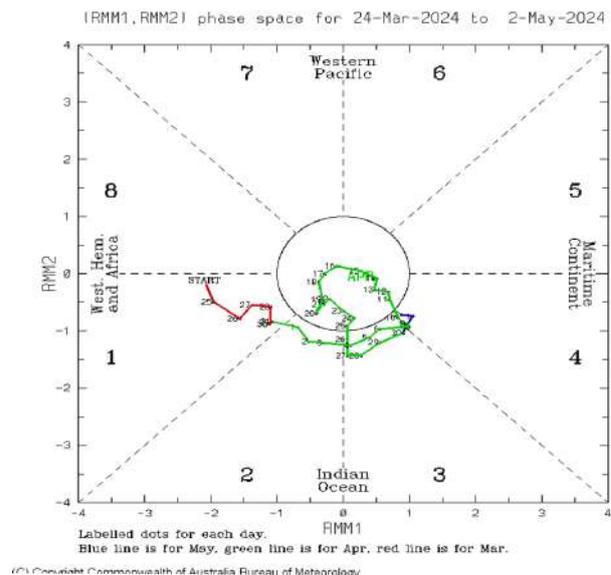
Gambar 8. Prakiraan anomali Suhu Muka Laut Bulan Mei 2024 (sumber : BOM Australia)

Anomali suhu muka laut bernilai positif menunjukkan bahwa suhu muka laut bernilai lebih tinggi dari rata - ratanya yang mendukung terjadinya peningkatan pertumbuhan awan dan meningkatnya intensitas curah hujan di wilayah tersebut. Sementara, jika bernilai negatif menunjukkan bahwa suhu muka laut bernilai lebih rendah dari rata-ratanya yang mengakibatkan terjadinya

penurunan pertumbuhan awan dan menurunnya intensitas curah hujan di wilayah tersebut. Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa prakiraan anomali suhu muka laut bulan Mei 2024 bernilai positif di perairan utara Jawa yang bernilai antara $+0.4^{\circ}\text{C}$ s/d $+0.8^{\circ}\text{C}$ yang akan mendukung dalam peningkatan uap air dan intensitas curah hujan di wilayah Banten termasuk Bandara Soekarno-Hatta.

Fenomena MJO

MJO (*Madden Jullian Oscillation*) merupakan gangguan cuaca di wilayah tropis yang bergerak ke arah timur dalam jangka waktu 30 – 60 hari. MJO terdiri dari 8 fase yang dapat diketahui dengan melihat diagram fase monitoring MJO yang dikeluarkan oleh *Bureau of Meteorology Australia* (Badan Meteorologi Australia). Pada tiap fase MJO memiliki dampak pada wilayah yg berbeda.



Gambar 9. Diagram Fase MJO (sumber : BOM Australia)

MJO berdampak di wilayah Indonesia apabila nilai indeks MJO berada pada fase 3,4,5 dan dinyatakan lemah apabila berada dalam lingkaran. Berdasarkan Gambar 9 posisi MJO pada tanggal 2 Mei 2024 berada pada kuadran 4. Keadaan ini menunjukkan prakiraan fenomena MJO pada fase aktif atau mendukung pada pembentukan awan-awan konvektif di wilayah Indonesia.

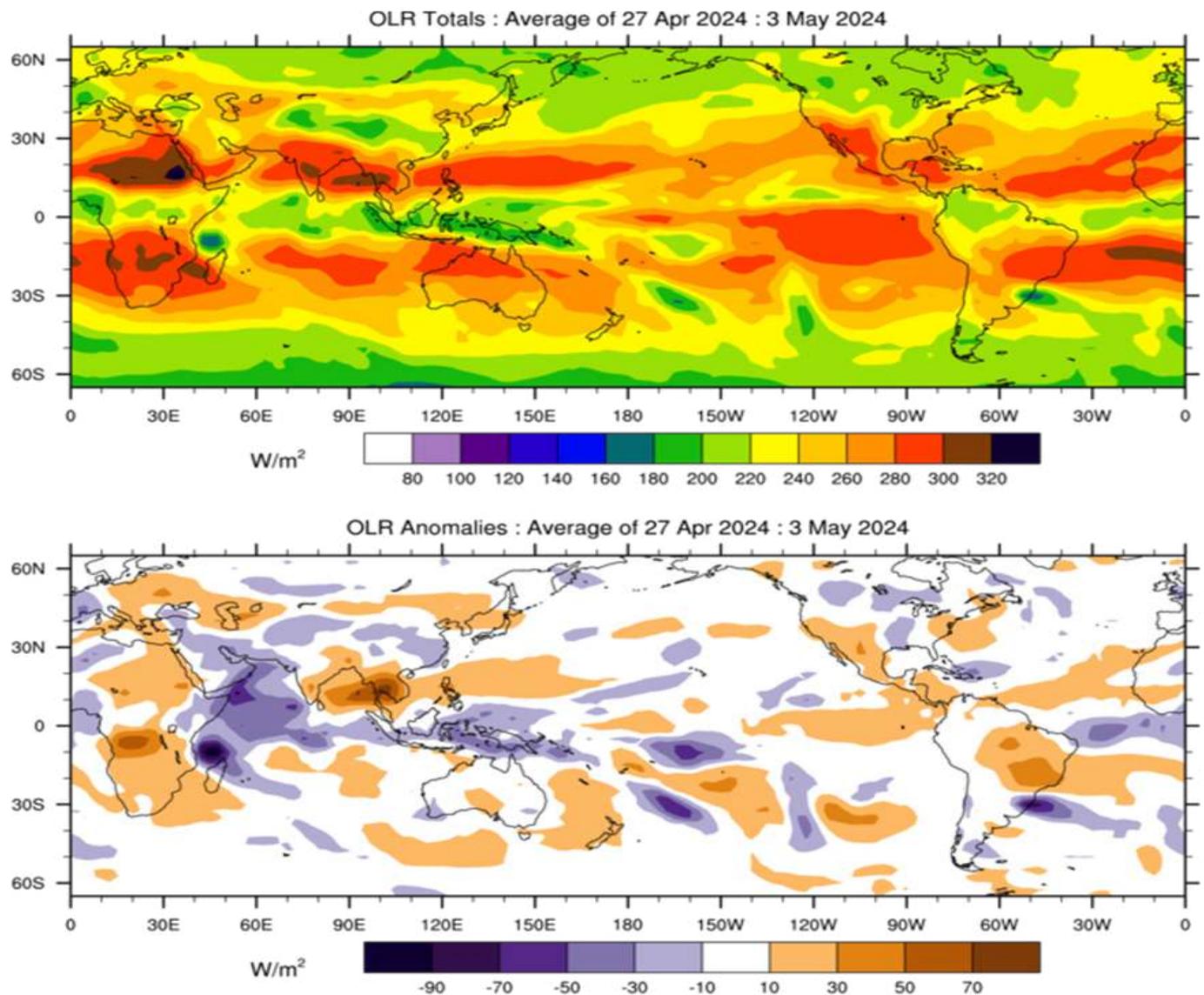
Kondisi OLR

OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) dapat

digunakan untuk mendeteksi adanya tutupan awan berdasarkan radiasi gelombang panjang yang dipancarkan dari bumi kembali ke angkasa. Semakin tinggi nilai indeks OLR mengindikasikan terdapat sedikitnya tutupan awan pada daerah tersebut dan sebaliknya semakin rendah nilai indeks OLR mengindikasikan terdapat banyaknya tutupan awan pada daerah tersebut. Dari Gambar 10 (OLR total 3 hari terakhir) terlihat bahwa nilai indeks OLR pada awal Bulan Mei 2024 di sekitar Pulau Jawa bagian barat berkisar antara 180 W/m² hingga 220 W/m². Nilai OLR ini menunjukkan masih adanya tutupan awan yang terdapat di wilayah tersebut termasuk Bandara Soekarno-Hatta.

Sedangkan jika pada citra anomali OLR

berwarna ungu yang menunjukkan nilai negatif, mengidentifikasi radiasi balik yang diterima atmosfer dari bumi bernilai lebih kecil dari rata-rata karena adanya halangan di atmosfer yang diasosiasikan dengan banyaknya awan akibat sistem konvektif menguat. Sebaliknya, warna coklat pada citra anomali OLR menunjukkan nilai positif dan mengidentifikasi radiasi balik yang diterima atmosfer dari bumi bernilai lebih besar dari rata-ratanya karena tidak ada atau sedikitnya jumlah awan di atmosfer. Berdasarkan Gambar 10 (anomali OLR) wilayah Pulau Jawa bagian barat memiliki nilai anomali OLR netral menuju negatif yang mengindikasikan masih adanya tutupan awan di wilayah tersebut.



(C) Copyright Commonwealth of Australia 2024. Bureau of Meteorology

Gambar Lokasi Wilayah NINO dan IOD (sumber : BOM Australia)

Kesimpulan

Dari hasil analisis diatas, pada Bulan Mei 2024 wilayah Indonesia khususnya kawasan Bandara Soekarno-Hatta masih berada pada musim peralihan menuju musim kemarau. Hal ini sesuai dengan nilai IOD yang berada pada fase positif, nilai index NINO 3.4 dan SOI yang netral menuju El Nino. Namun, fenomena MJO yang aktif dan masih hangatnya suhu muka laut merupakan kondisi yang mendukung adanya potensi pertumbuhan awan konvektif di wilayah Pulau Jawa khususnya di wilayah Bandara Soekarno-Hatta

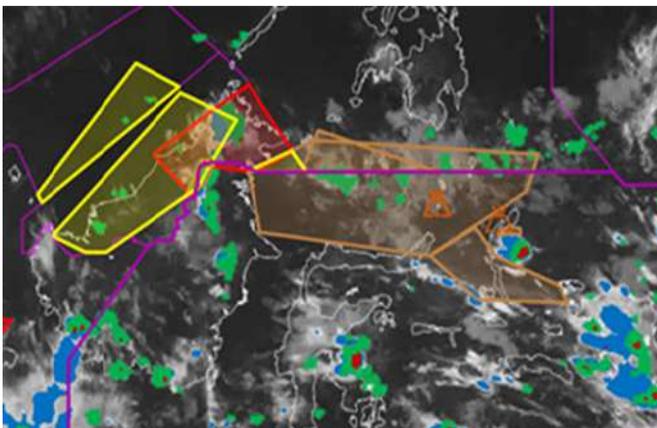
dan sekitarnya. Hal ini juga ditunjukkan dengan masih adanya tutupan awan dalam periode 7 hari terakhir walaupun tidak signifikan. Sehingga pada bulan Mei 2024 wilayah Bandara Soekarno-Hatta diperkirakan sudah memasuki musim peralihan menuju musim kemarau. Namun, masyarakat khususnya pengguna jasa penerbangan harus tetap waspada adanya potensi hujan disertai kilat/petir dan angin kencang dari pertumbuhan awan *Cumulonimbus* dalam durasi waktu yang singkat (kurang dari 2 jam) yang dapat membahayakan kegiatan penerbangan. [ainy]



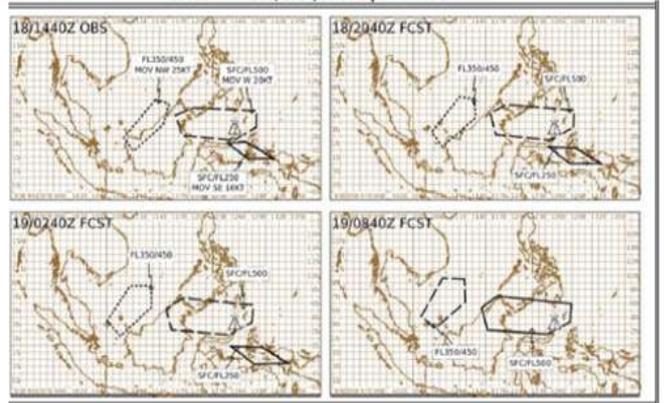
INFO SIGMET

SEBARAN LETUSAN GUNUNG RUANG YANG MENCAPAI FIR JAKARTA

Gunung Ruang yang terletak di Provinsi Sulawesi Utara meletus pada tanggal 17 dan 30 April 2024. Efek dari sebaran debu letusan gunung tersebut menyebabkan ditutupnya Bandar Udara Sam Ratulangi Manado pada tanggal 18 hingga 22 April 2024 serta tanggal 30 April 2024 hingga 02 Mei 2024. Letusan Gunung Ruang juga menyebar hingga melewati batas FIR yakni ke wilayah FIR Jakarta, FIR Singapura, FIR Malaysia dan sekitarnya. MWO Ujung Pandang (WAAA) selaku penanggung jawab wilayah FIR lokasi dari Gunung Ruang melakukan koordinasi dengan wilayah yang terkena sebaran dari debu letusan Gunung Ruang tersebut. Koordinasi ini sangat diperlukan dalam proses pembuatan sigmet VA sehingga informasi dan dampak dari debu letusan gunung berapi terhadap keselamatan penerbangan dapat diterima oleh pihak terkait dengan cepat dan tepat. Terlihat pada Gambar 1. Poligon berwarna kuning merupakan SIGMET WV di wilayah FIR Jakarta dan FIR Malaysia yang menunjukkan luasan sebaran debu letusan Gunung Ruang.



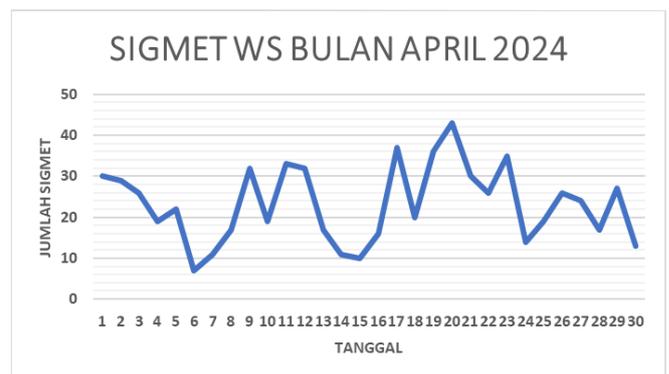
Gambar 1. Sebaran letusan Gunung Ruang yang melewati batas FIR WAAA (sumber: JMA)



Gambar 2. Sebaran letusan Gunung Ruang yang melewati batas FIR WAAA (sumber: VAAC Darwin)

RINGKASAN BERITA SIGMET BULAN APRIL 2024

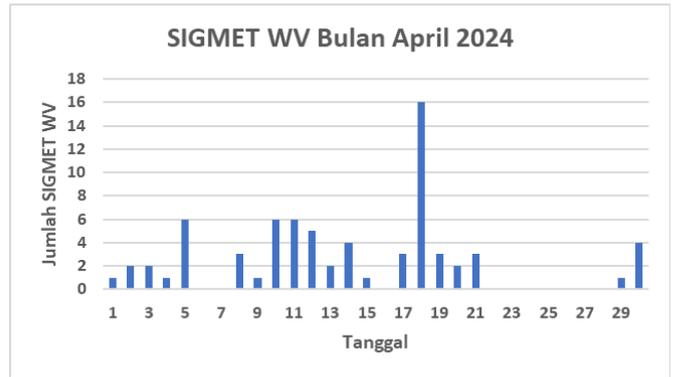
Pada bulan April 2024 berdasarkan Gambar 3, jumlah SIGMET Fenomena Cuaca Signifikan Lainnya (WS) yang terjadi cukup fluktuatif, dimana puncaknya terjadi pada tanggal 17 dan 20 April 2024 sebanyak 37 dan 43 buah SIGMET WS.



Gambar 3. Jumlah SIGMET Fenomena Cuaca Signifikan Lainnya (WS) Bulan April 2024 di FIR Jakarta

Berdasarkan Gambar 4, jumlah SIGMET letusan abu vulkanik pada bulan April 2024 di FIR Jakarta seluruhnya terjadi dikarenakan letusan Gunung Marapi di Sumatera Barat. Terdapat

beberapa tanggal yang tidak terdapat SIGMET WV. Pada tanggal 18 April 2024 menjadi puncak jumlah SIGMET WV terbanyak yakni sebanyak 16 buah. Selain Gunung Marapi, MWO Jakarta juga membuat SIGMET WV dari Gunung Ruang yang sebarannya hingga ke wilayah FIR Jakarta. [carine]



Gambar 4. Jumlah SIGMET Letusan Abu Vulkanik (WV) Bulan April 2024 di FIR Jakarta

FAKTA PERUBAHAN IKLIM NYATA TERJADI DI INDONESIA

- ### 1. FENOMENA KENAIKAN SUHU

Apabila konsentrasi CO₂ terus meningkat, dikhawatirkan pada akhir abad 21 kenaikan suhu akan mencapai 3,5 - 4 derajat celcius.
- ### 2. SALJU YANG TAK LAGI ABADI

Dampak nyata dari kenaikan suhu terlihat dari mencairnya es di puncak Jaya Wijaya.
- ### 3. KEBERADAAN PULAU-PULAU KECIL TERANCAM

Salah satu bukti dari terjadinya perubahan iklim, yaitu kenaikan permukaan air laut yang menyebabkan pulau-pulau kecil ini tergenang hingga tenggelam.
- ### 4. PERIODE ULANG ANOMALI LA NINA & EL NINO SEMAKIN SINGKAT

El Nino dan La Nina terjadi setiap 2-3 tahun sekali, dari yang awalnya 5-7 tahun sekali.
- ### 5. TERJADINYA PENINGKATAN KONSENTRASI CO₂

Indonesia mengalami peningkatan konsentrasi CO₂ dari 372ppm menjadi 413ppm.
- ### 6. FREKUENSI, INTENSITAS DAN DURASI GUAGA EKSTREM MAKIN MENINGKAT

Jika konsentrasi CO₂ mencapai 450ppm, dikhawatirkan intensitas cuaca ekstrem akan semakin melonjak.

#AyoKenaliCuaca
#GenerasiPeduliIklim
#AirUntukMasaDepan
#HariMeteorologiDunia73

BMKG | www.bmkg.go.id | @InfoBMKG | Copyright | Humas BMKG

Sumber : <https://stageofsaumlaki.web.id/kondisi-bumi-kan-mengkhawatirkan-bmkg-ajak-masyarakat-kontribusi-tahan-ajau-perubahan-iklim/>

APA ITU **DOWNBURST**?

DEFINISI DAN KLASIFIKASI

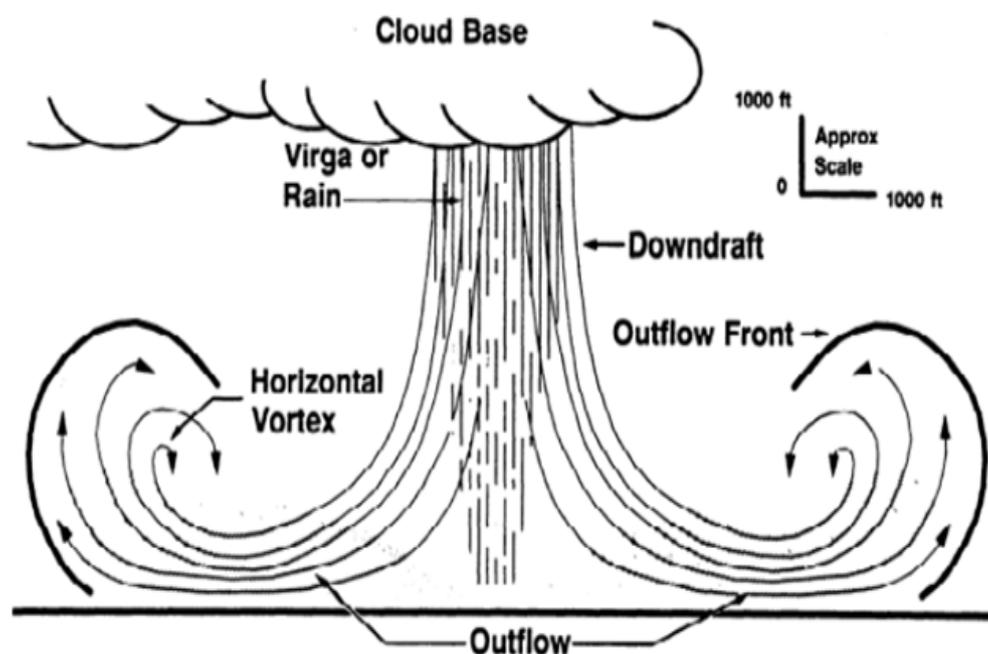
Downburst merupakan *downdraft* (aliran udara kebawah) yang sangat intens, kuat, dan lokal dari sel awan konvektif (Cumulonimbus) yang menyebar ke segala arah ketika menghantam tanah (Gambar 1) (FAA, 2008; Glickman, 2000; Ratnasari, 2022). Berdasarkan diameter wilayah terdampak, *downburst* diklasifikasikan menjadi (Rinehart, 2010; Wakimoto, 2001):

- **Microburst:** diameter outflow (aliran keluar ketika menghantam tanah) ≤ 4 km dengan periode 2-5 menit. Microburst memicu terbentuknya tailwind dan low level wind shear (LLWS) berbahaya yang dapat mengurangi performa pesawat.
- **Macroburst:** diameter outflow (aliran keluar ketika menghantam tanah) > 4 km dengan periode 5-20 menit. Macroburst intens memiliki dampak yang sangat merusak dan dampaknya setara dengan dampak

tornado dengan skala Fujita F3 (kecepatan angin 254 – 332 km/jam dengan kerusakan parah seperti hancurnya atap dan dinding eksterior dan/atau interior dari rumah-rumah yang dibangun dengan baik, tumbangnya semua pohon, terlemparnya kendaraan, dan terbalik atau tergulingnya kereta ke samping (Fujita, 1981)).

Sedangkan berdasarkan karakteristik presipitasi, *downburst* dapat dibedakan menjadi (Rinehart, 2010; Wakimoto, 2001; Fujita, 1990):

- ♦ **Wet microburst:** *microburst* yang disertai presipitasi dengan curah hujan > 0.25 mm dan memiliki *echo reflectivity* > 35 dBZ di radar cuaca.
- ♦ **Dry microburst:** *microburst* yang disertai virga (presipitasi yang menguap sebelum sampai di permukaan) dengan curah hujan < 0.25 mm dan memiliki *echo reflectivity* < 35 dBZ di radar cuaca.



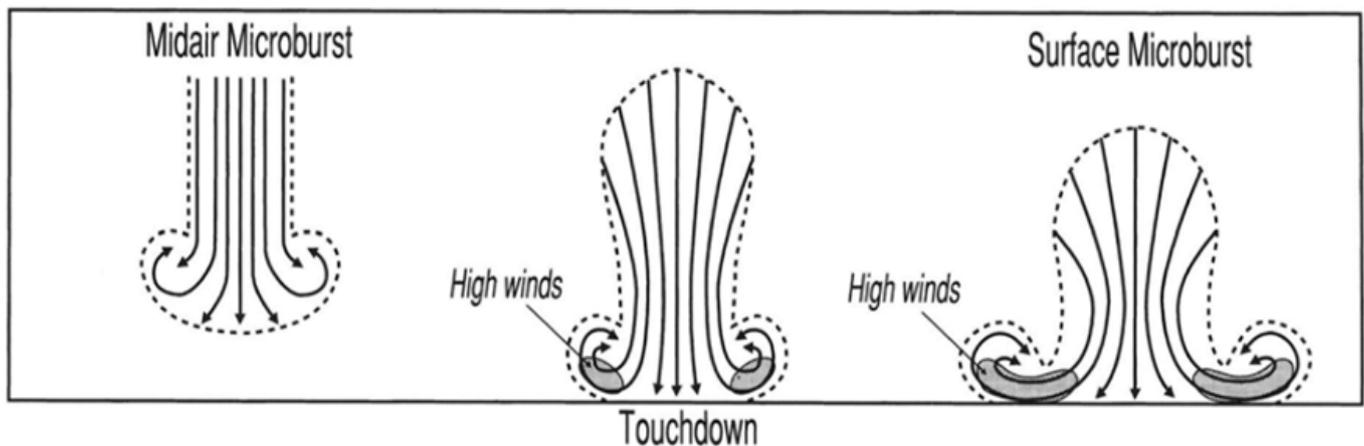
Gambar 1. Struktur *outflow downburst* (FAA, 1988).

PENYEBAB

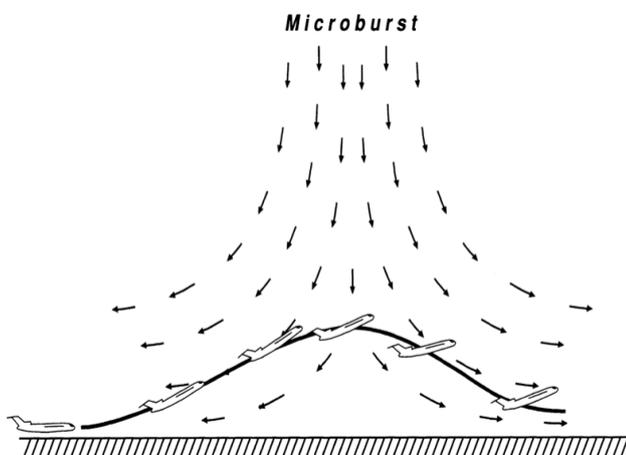
Penyebab terbentuknya *downburst* adalah sel awan konvektif (Cumulonimbus) (FAA, 2008 dan Glickman, 2000). Pada fase matang, awan Cumulonimbus menghasilkan *downdraft* (aliran ke bawah) yang sangat intens, kuat, dan lokal yang umumnya disertai presipitasi dalam bentuk hujan, hujan es, atau virga. Ketika *downdraft* ini menghantam permukaan, alirannya akan menyebar keluar secara horizontal ke segala arah dan membentuk *downburst*. Secara umum perkembangan *downburst* dibagi menjadi 3 tahap yaitu *midair microburst* (*downburst* belum mencapai permukaan), *touchdown* (*downburst* telah sampai dan menghantam permukaan), dan *surface microburst* (*downburst* telah menghantam permukaan dan menyebar ke segala arah) (Wakimoto, 2001 dan Fujita, 1985) (Gambar 2).

DAMPAK TERHADAP PENERBANGAN

Downburst memiliki dampak yang sangat membahayakan penerbangan khususnya pada fase *take off* dan *landing* karena berkurangnya ketinggian, kecepatan, dan gaya angkat pesawat secara tiba-tiba (Gambar 3) (Wakimoto, 2001). Pada saat menghadapi *downburst*, mula-mula pesawat akan mendapatkan *headwind* kuat yang mendorong pilot untuk mengurangi energi mesin. Namun ketika pesawat melintasi sisi lain *downburst*, *headwind* tersebut akan berubah menjadi *tailwind* dan kecepatan udara di atas sayap pesawat akan hilang. Kondisi ini memicu hilangnya gaya angkat, kecepatan, dan ketinggian pesawat secara tiba-tiba yang berujung pada hilangnya kendali pesawat (Ratnasari, 2018). Pesawat berpotensi mengalami kecelakaan (*runway excursion*) maupun gangguan rute dan jadwal penerbangan seperti *delay*, *go around*, *divert*, dan *return to base* (RTB).



Gambar 2. Model konseptual perkembangan *downburst* (Wakimoto, 2001 dan Fujita, 1985).



Gambar 3. Skema dampak *downburst* terhadap penerbangan (Wakimoto, 2001).

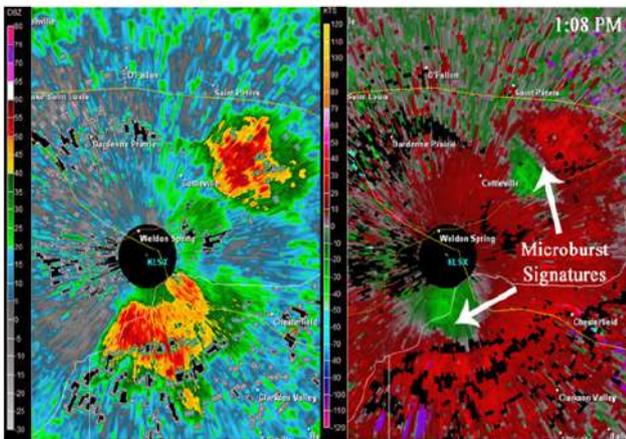
CARA DETEKSI

Downburst berhasil dideteksi dengan baik menggunakan sensor angin maupun radar cuaca Doppler melalui pola yang terbentuk. Berdasarkan sensor angin, *downburst* dapat terlihat melalui perbedaan kecepatan angin ≥ 10 m/s antar sisi *outflow*-nya (Ahrens, 2016). Sedangkan dari radar cuaca, pola yang terbentuk diantaranya:

- ◆ *Echo* berbentuk kail atau *spearhead echo* akibat pergerakan cepat pada sebagian sel awan (Gambar 4) (Fujita dan Byers, 1977).

- ◆ Konvergensi pada lapisan menengah atau *mid-altitude radial convergence* (MARC) yang mengindikasikan *downburst* kuat (Schmocker dkk., 1996).
- ◆ Penurunan inti *reflectivity* akibat dominasi *downdraft* (Roberts dan Wilson, 1989).
- ◆ Divergensi *outflow downburst* pada elevasi bawah (Gambar 4) (Wardoyo, 2017; Rinehart, 2010; Wilson dan Wakimoto, 2001; Wilson dkk., 1980).

Namun beberapa pola sulit dideteksi akibat limitasi dari radar cuaca, contohnya pola MARC yang terbentuk tegak lurus dengan *beam* radar cuaca (Schmocker dkk., 1996). Selain itu, tidak adanya presipitasi saat *dry microburst* berdampak pada sulitnya pendeteksian, karena radar hanya memanfaatkan *clear air echo* atau *echo* pada cuaca cerah yang berasal dari burung, serangga, debu, sampah, dan partikulat lain di atmosfer (Ratnasari, 2018 dan Rinehart, 2010). [yes]



Gambar 4. Pola downburst pada radar cuaca Doppler yang berupa spearhead echo (kiri) dan divergensi outflow pada elevasi bawah (kanan) (NWS, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, D. C. (2016): *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*, Eleventh Edition, Cengage Learning Publishing, Boston.
- Federal Aviation Administration (1988): *Pilot wind shear guide*, AC No 00-54, U.S Department of Transportation, 01 – 02.
- Federal Aviation Administration (2008): *Wind shear*, FAA-P-8740-40, U.S Department of Transportation, 02 – 04.

- Fujita, T. T. dan Byers, H. R. (1977): Spearhead echo and downburst in the crash of an airliner, *Monthly Weather Review*, **105**, 129 – 146.
- Fujita, T. T. (1981): Tornadoes and downburst in the context of generalized planetary scales, *Journal of Atmospheric Sciences*, **38**, 1511 – 1534.
- Fujita, T. T. (1985): *The downburst*, SMRP Research Paper 210, University of Chicago, 122 [NTIS PB-148880].
- Fujita, T. T. (1990): Downburst: meteorological features and wind field characteristics, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **36**, 75 – 86.
- Glickman, T. S. (2000): *Glossary of meteorology*, Second Edition, American Meteorological Society, Boston.
- National Weather Service (2019): *Severe Weather from June 04 2019*. Gambar diunduh pada tanggal 23 April 2024 melalui: https://www.weather.gov/mpx/SevereWeather_June04_2019.
- Ratnasari, Y. (2018): *Validasi efektivitas alert wind shear pada LLWAS di bandara Internasional Soekarno-Hatta menggunakan data pilot report, radar doppler, dan automated weather observing system (AWOS)*, Skripsi Program Sarjana, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Ratnasari, Y. (2022): *Kajian low level wind shear (LLWS) di bandara Internasional Soekarno-hatta periode 2015 – 2019 memanfaatkan data radar cuaca doppler*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Rinehart, R. E. (2010): *Radar for meteorologist*, Fifth Edition, Rinehart Publications, New York.
- Roberts, R. D. dan Wilson, J. W. (1989): A proposed microburst nowcasting procedure using single-Doppler radar, *Journal of Applied Meteorology*, **28**, 285 – 303.
- Schmocker, G.K., Przybylinski, R.W., and Lin, Y.J. (1996): Forecasting the initial onset of damaging downburst winds associated with a Mesoscale Convective System (MCS) using the Mid-Altitude Radial Convergence (MARC) signature, *American Meteorological Society 15th Conference on Weather Analysis and Forecasting*, Norfolk VA, 306-311.
- Wakimoto, R. M. (2001): Convectively driven high wind events, *Meteorological Monograph*, **28**, 255 – 298.
- Wardoyo, E. (2017): *Radar meteorology*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Wilson, J., Carbone, R., Baynton, H., dan Serafin, R. (1980): Operational application of meteorological doppler radar, *Bulletin of the American Meteorological Society*, **61**, 1154 – 1168.
- Wilson, J. W. dan Wakimoto, R. M. (2001): The discovery of the downburst: T. T. Fujita's Contribution, *Bulletin of the American Meteorological Society*, **82**, 49 – 62.

Meninjau Lebih Dalam *Datalogger*



Gambar 1. *Datalogger CR3000*
(sumber: inmtn.com/campbell_scientific_loggers.html)

Dalam era di mana pengumpulan dan analisis data menjadi kunci untuk pengambilan keputusan yang efektif di berbagai bidang, teknologi *datalogger* telah menjadi komponen yang sangat penting. *Datalogger* merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk merekam data dari berbagai sensor atau sumber lainnya secara terus-menerus atau berkala selama periode waktu tertentu. Dengan kemampuan untuk merekam data dari lingkungan fisik, seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan banyak lagi, *datalogger* memberikan informasi yang berharga untuk pemantauan, analisis, dan pengelolaan sistem secara efisien.

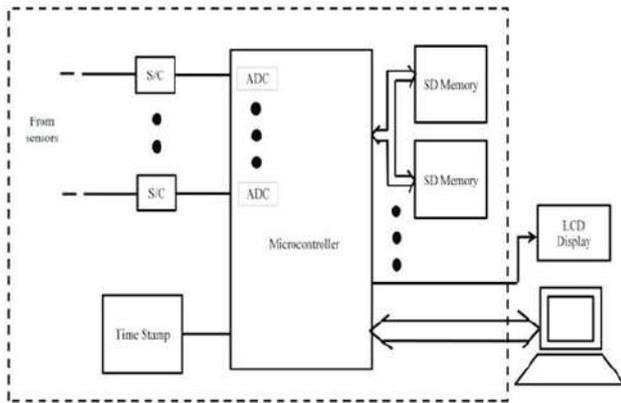
Seiring dengan kemajuan teknologi, *datalogger* telah mengalami perkembangan yang signifikan dari waktu ke waktu. Awalnya, *datalogger* mungkin hanya mampu merekam data sederhana dengan kapasitas penyimpanan yang terbatas. Namun,

seiring dengan kemajuan dalam desain sirkuit terpadu, penyimpanan data, dan komunikasi nirkabel, *datalogger* modern dapat mengumpulkan, menyimpan, dan mentransfer data dalam berbagai lingkungan dan kondisi operasional.

Salah satu keunggulan utama dari *datalogger* adalah kemampuannya untuk bekerja secara mandiri dengan sedikit atau tanpa intervensi manusia. Ini memungkinkan penggunaannya dalam lingkungan yang sulit dijangkau atau berbahaya bagi manusia. Misalnya, dalam pemantauan lingkungan di daerah terpencil, atau dalam pengawasan jaringan perpipaan di bawah tanah.

Selain itu, *datalogger* juga digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti manufaktur, energi, pertanian, dan lingkungan. Dengan mengumpulkan data secara terus-menerus

dari berbagai proses dan sistem, *datalogger* membantu meningkatkan efisiensi operasional, mengidentifikasi masalah potensial, dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat waktu.



Gambar 2. Diagram blok *datalogger* secara umum
(sumber:www.researchgate.net)

Prinsip kerja

Prinsip kerja *datalogger* secara detail melibatkan beberapa tahapan utama yang terjadi dalam proses pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan data. Ilustrasi blok diagram dari datalogger tampak pada gambar 2. Berikut adalah rangkuman tentang prinsip kerja *datalogger*:

- 1. Pengumpulan Data:** *Datalogger* bekerja dengan mengumpulkan data dari berbagai sensor atau sumber lainnya. Sensor ini bisa beragam, tergantung pada aplikasi dan tujuan pengukuran. Misalnya, sensor suhu, kelembaban, tekanan, aliran, cahaya, dan banyak lagi. Dalam beberapa kasus, *datalogger* juga dapat menerima input dari perangkat tambahan seperti kamera atau GPS.
- 2. Konversi Analog ke Digital:** Sebagian besar sensor menghasilkan sinyal analog, tetapi datalogger umumnya menggunakan konverter analog-ke-digital (ADC) untuk mengubah sinyal analog menjadi format digital yang dapat diproses oleh perangkat elektronik. ADC mengukur tegangan atau arus yang dihasilkan oleh sensor dan mengonversinya menjadi nilai digital yang sesuai.
- 3. Penyimpanan Data:** Data yang dikonversi ke format digital kemudian disimpan dalam memori *datalogger*. Memori ini bisa berupa berbagai jenis, termasuk *flash memory* atau kartu SD. Kapasitas penyimpanan dapat bervariasi tergantung pada model dan spesifikasi *datalogger*. Beberapa model mungkin memiliki penyimpanan internal yang cukup besar, sementara yang lain mungkin memungkinkan ekspansi melalui kartu memori atau koneksi ke sistem penyimpanan eksternal.
- 4. Manajemen Data:** *Datalogger* biasanya dilengkapi dengan perangkat lunak pengelolaan data yang memungkinkan pengguna untuk mengatur pengaturan pengambilan data, menetapkan interval pengambilan sampel, mengatur alarm, dan melakukan fungsi lainnya terkait manajemen data. Perangkat lunak ini juga memfasilitasi transfer data dari datalogger ke komputer atau sistem lainnya untuk analisis lebih lanjut.
- 5. Pengiriman Data:** Beberapa *datalogger* dilengkapi dengan kemampuan untuk mentransfer data secara nirkabel melalui *Bluetooth*, *Wi-Fi*, atau protokol lainnya. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data secara *real-time* atau secara berkala dari jarak jauh tanpa perlu mengambil fisik *datalogger* itu sendiri.
- 6. Pemantauan dan Analisis:** Setelah data dikumpulkan dan disimpan, *datalogger* dapat digunakan untuk pemantauan langsung atau analisis data lebih lanjut. Pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara *real-time* atau menganalisis data historis untuk mendeteksi tren, pola, atau anomali yang

dapat memberikan wawasan berharga untuk pengambilan keputusan.

Prinsip kerja datalogger ini memberikan dasar bagi berbagai aplikasi yang melibatkan pemantauan dan pengukuran data di berbagai bidang, termasuk lingkungan, industri, pertanian, dan penelitian ilmiah. Dengan evolusi teknologi, *datalogger* menjadi semakin canggih dan dapat diintegrasikan dengan sistem yang lebih kompleks untuk memenuhi kebutuhan pengguna secara lebih efektif.

Jenis-jenis datalogger

Datalogger hadir dalam berbagai jenis dan konfigurasi, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang beragam dari berbagai aplikasi. Berikut adalah beberapa jenis *datalogger* yang umum digunakan:

1. ***Datalogger Portabel:*** *Datalogger* portabel biasanya dirancang dalam bentuk yang ringkas dan mudah dibawa. Mereka cocok untuk aplikasi lapangan di mana mobilitas dan fleksibilitas diperlukan. *Datalogger* portabel sering digunakan untuk pemantauan lingkungan, penelitian lapangan, dan pengujian onsite.
2. ***Datalogger Terpadu:*** *Datalogger* terpadu menggabungkan fungsi datalogger dengan sensor atau perangkat pengukuran tertentu dalam satu unit. Ini mengurangi kebutuhan akan perangkat eksternal tambahan dan memudahkan instalasi dan penggunaan. Contoh termasuk *datalogger* dengan sensor suhu dan kelembaban terintegrasi untuk aplikasi pemantauan lingkungan.
3. ***Datalogger Modular:*** *Datalogger* modular terdiri dari unit inti yang dapat dihubungkan dengan berbagai modul sensor atau ekstensi sesuai kebutuhan. Ini memungkinkan

pengguna untuk menyesuaikan konfigurasi *datalogger* sesuai dengan aplikasi spesifik mereka. *Datalogger* modular sering digunakan dalam aplikasi industri dan penelitian yang memerlukan pengukuran multi-parameter.

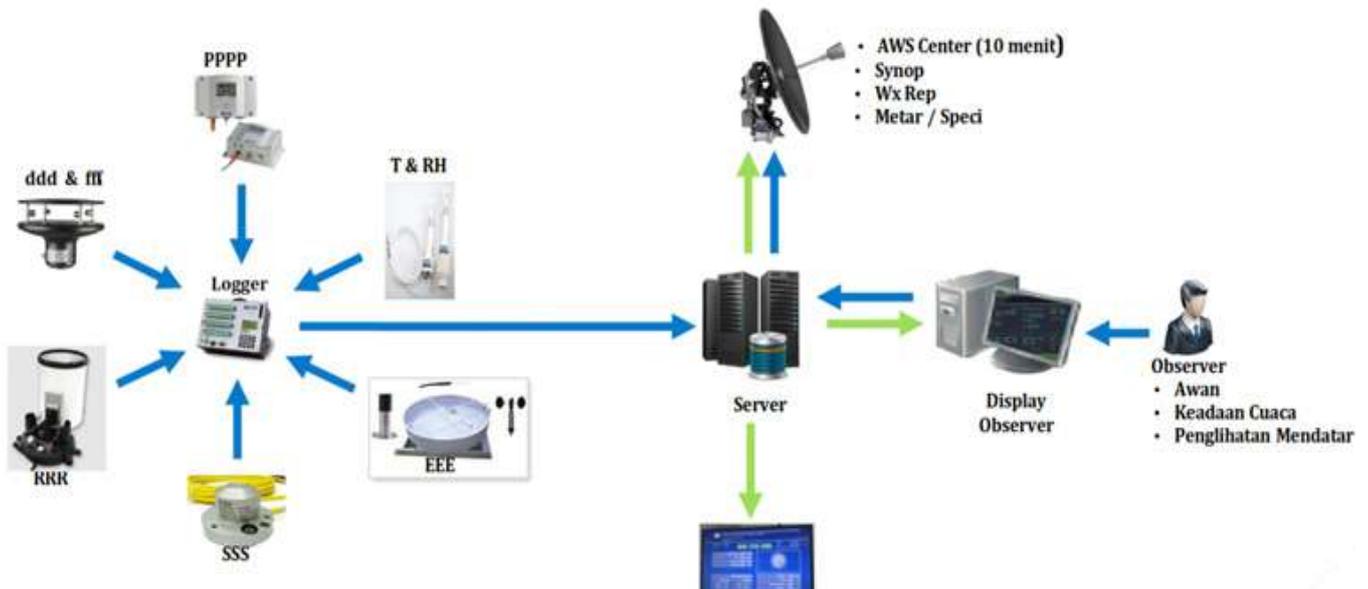
4. ***Datalogger Berbasis Web:*** *Datalogger* berbasis web memanfaatkan konektivitas internet untuk mentransfer data secara langsung ke *server* web atau *cloud*. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data secara *real-time* dari mana saja dengan koneksi internet. *Datalogger* berbasis web sering digunakan dalam aplikasi pemantauan jarak jauh dan sistem pemantauan otomatis.
5. ***Datalogger Nirkabel:*** *Datalogger* nirkabel menggunakan teknologi nirkabel seperti *Bluetooth*, *Wi-Fi*, atau radio frekuensi untuk mentransfer data tanpa kabel fisik. Mereka cocok untuk aplikasi di mana instalasi kabel sulit atau mahal. *Datalogger* nirkabel sering digunakan dalam pemantauan lingkungan, pemantauan cuaca, dan aplikasi industri.
6. ***Datalogger Berbasis Kartu Memori:*** *Datalogger* berbasis kartu memori menggunakan kartu memori seperti kartu SD atau kartu *microSD* untuk menyimpan data. Mereka cocok untuk aplikasi di mana kapasitas penyimpanan yang besar diperlukan atau ketika transfer data offline diinginkan. *Datalogger* berbasis kartu memori sering digunakan dalam aplikasi lapangan dan pemantauan jarak jauh.
7. ***Datalogger Kecil:*** *Datalogger* kecil dirancang dalam ukuran yang sangat kecil untuk aplikasi di mana ruang terbatas. Mereka sering digunakan dalam pengukuran miniatur atau aplikasi yang memerlukan instalasi yang tidak terlihat.

Datalogger kecil sering digunakan dalam penelitian biologis, pemantauan hewan liar, dan aplikasi medis.

Setiap jenis *datalogger* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pemilihan jenis yang tepat tergantung pada kebutuhan aplikasi spesifik.

Implementasi *datalogger* pada *Automatic Weather Station (AWS)*

Datalogger memiliki beragam aplikasi yang penting dalam *Automatic Weather Stations (AWS)*, memainkan peran kunci dalam mengumpulkan, merekam, dan menyimpan data cuaca dari berbagai sensor yang terpasang di stasiun tersebut. Sistem peralatan AWS Digitalisasi dapat dilihat pada gambar 3 dimana terdapat peran penting dari *datalogger*.



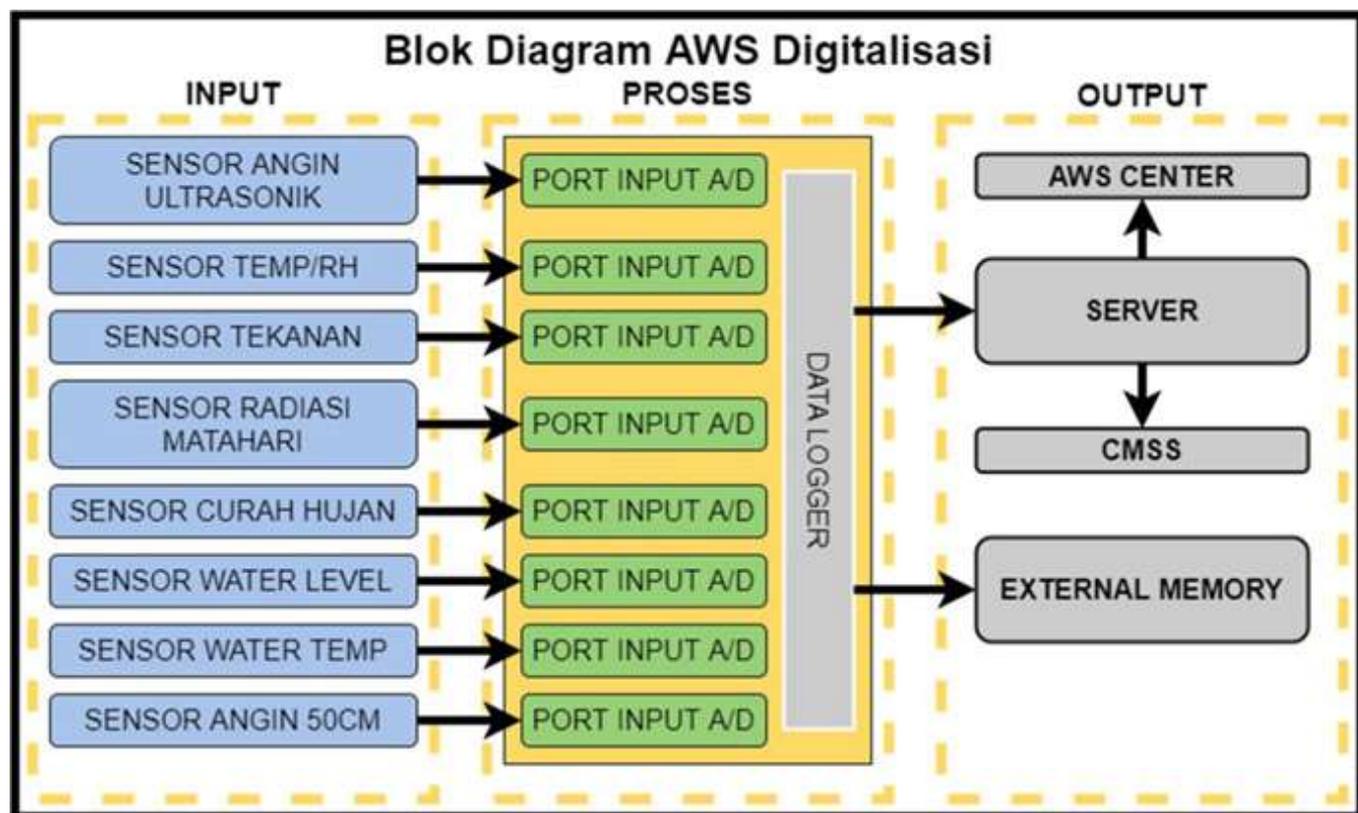
Gambar 3. Peran *datalogger* pada sistem peralatan pada AWS digitalisasi

Berikut adalah beberapa aplikasi utama *datalogger* dalam AWS:

1. **Pengumpulan Data Cuaca:** *Datalogger* mengambil data dari sensor cuaca yang terpasang di AWS, seperti sensor suhu, kelembaban udara, tekanan atmosfer, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan seperti pada blok diagram gambar 4. Data ini dikonversi menjadi format digital dan disimpan dalam memori *datalogger*.
2. **Penyimpanan Data:** *Datalogger* memiliki kapasitas penyimpanan yang memadai untuk menyimpan data cuaca dalam jangka waktu tertentu. Data historis yang disimpan dapat digunakan untuk analisis tren cuaca, pemodelan iklim, dan tujuan penelitian lainnya.
3. **Pengaturan Interval Pengambilan Sampel:** *Datalogger* memungkinkan pengguna untuk mengatur interval pengambilan sampel untuk sensor cuaca. Ini memungkinkan pengguna untuk mengukur parameter cuaca dengan resolusi yang sesuai dengan kebutuhan mereka, misalnya, pengambilan data setiap 5 menit atau setiap jam.
4. **Manajemen Energi:** AWS sering beroperasi di lokasi yang tidak terjangkau oleh sumber daya listrik konvensional. *Datalogger* harus dirancang dengan pengelolaan energi yang efisien, termasuk kemampuan untuk beroperasi dengan daya rendah atau menggunakan sumber energi alternatif seperti panel surya atau baterai.

5. **Komunikasi Data:** Beberapa *datalogger* dilengkapi dengan kemampuan untuk mentransfer data secara nirkabel melalui jaringan seluler, *Wi-Fi*, atau radio frekuensi. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data cuaca secara real-time dari jarak jauh dan mengambil tindakan yang diperlukan berdasarkan informasi yang diberikan.
6. **Pemantauan Jarak Jauh:** *Datalogger* dapat diakses dan dikonfigurasi secara remote melalui jaringan komunikasi. Ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pemeliharaan yang efisien tanpa perlu kehadiran fisik di lokasi stasiun cuaca.
7. **Integrasi dengan Sistem Pemantauan Cuaca:** *Datalogger* dalam AWS sering terintegrasi dengan sistem pemantauan cuaca yang lebih besar, seperti sistem nasional atau regional. Data cuaca dari berbagai stasiun dapat dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan untuk pemodelan cuaca jangka pendek dan panjang.

Melalui implementasi ini, datalogger menjadi komponen vital dalam operasi *Automatic Weather Stations*, membantu dalam pengumpulan data cuaca yang akurat dan dapat diandalkan untuk berbagai tujuan, mulai dari pemantauan lingkungan hingga peramalan cuaca.



Gambar 4. Blok Diagram AWS Digitalisasi

AUDIT INTERNAL ISO 9001:2015

STASIUN METEOROLOGI KELAS I SOEKARNO-HATTA



Gambar Audit Internal ISO Pimpinan Stasiun

Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta sebagai penyedia layanan meteorologi penerbangan di Bandar Udara Soekarno Hatta melaksanakan manajemen mutu yang sesuai dengan standar ISO 9001:2015. Manajemen mutu merupakan bagian penting yang perlu dimiliki bagi lembaga, instansi, atau unit layanan yang memproduksi sebuah barang ataupun jasa. Standar dalam manajemen mutu berguna untuk menjamin barang atau jasa yang dihasilkan telah diproduksi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

ISO 9001:2015 adalah standar yang diakui secara global untuk sistem manajemen mutu.

Penerapan ISO 9001:2015 dapat memberikan banyak manfaat bagi organisasi, termasuk peningkatan kepuasan pelanggan, efisiensi, dan kredibilitas. Tujuan Utama ISO 9001:2015 adalah membantu organisasi dalam meningkatkan kepuasan pelanggan dengan memastikan bahwa produk dan layanan mereka secara konsisten memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. Selain itu juga untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi dengan menerapkan proses yang terdokumentasi dan terstandarisasi. Kemudian mengurangi risiko dengan mengidentifikasi dan mengelola potensi masalah secara proaktif. Dan pada akhirnya dapat meningkatkan reputasi dan kredibilitas organisasi di pasar global.

Setiap harinya selama 24 jam Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta menyediakan informasi meteorologi untuk mendukung keselamatan dan kenyamanan di Bandar Udara Soekarno Hatta. Bukan hanya berfokus pada keluaran informasi meteorologinya, namun juga Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta memperhatikan proses pembuatan hingga diseminasi informasi meteorologi. Panduan kerja berupa instruksi kerja dibuat agar kualitas layanan meteorologi cuaca untuk penerbangan tetap sesuai dengan standar dan berkelanjutan. Oleh karena itu, ISO 9001:2015 merupakan salah satu upaya kontrol terhadap kualitas layanan meteorologi cuaca untuk penerbangan.

Dalam waktu satu tahun Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta melakukan satu kali audit internal ISO 9001:2015. Audit internal ISO 9001:2015 tahun 2024 dilaksanakan pada tanggal 24 April 2024. Auditor merupakan para staf Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta yang telah melalui pelatihan auditor ISO 9001:2015. Audit dilaksanakan ke beberapa bagian antara lain pimpinan stasiun, komite mutu ISO 9001:2015,

kelompok tata usaha, kelompok kerja observasi yang terdiri dari unit observasi dan unit teknisi, kelompok kerja data dan informasi yang terdiri dari unit analisa dan prakiraan dan unit pengolahan data. Audit dilaksanakan dalam waktu 1 hari. Audit internal dimaksudkan untuk memastikan proses dalam layanan meteorologi untuk penerbangan berjalan sesuai dengan standar dan instruksi kerja yang telah dibuat. Jika dari hasil audit tersebut terdapat temuan nantinya akan ditindak lanjuti pada rapat tinjauan manajemen.

Aktualisasi ISO 9001:2015 dilakukan untuk menjaga kualitas barang dan jasa yang digunakan untuk mendukung layanan meteorologi untuk penerbangan. Dalam penerapannya Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta membuat standar operasional prosedur yang jelas sehingga dapat dijadikan pedoman dalam bekerja. Pegawai yang bekerja harus berkompeten sesuai dengan bidangnya untuk menghindari ketidaksihinggaan dan infrastruktur pendukung berfungsi dengan baik. Untuk mendapatkan standar ISO 9001:2015 perlu dilakukan audit baik eksternal maupun internal. [eria]



Gambar Audit Internal ISO Unit Observasi



Gambar Audit Internal ISO bagian Tata Usaha



Gambar Audit Internal ISO Unit Pengolahan Data



Gambar Audit Internal ISO Unit Teknisi



Gambar Audit Internal ISO Unit Analisa dan Prakiraan

Pemodelan Numerik Hujan Sangat Lebat di Bandara Soekarno-Hatta Menggunakan WRF-ARW (Studi Kasus: 21 Maret 2024)

Muhammad Ikko Safrilda Maulana¹

¹⁾ Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno-Hatta, Bandar Udara Soekarno-Hatta

Gedung Amos 725 Tangerang, 15126

^{*)} Email: maulanaikko@gmail.com

ABSTRAK

Estimasi curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit cuaca, citra radar cuaca, dan model cuaca numerik WRF-ARW (Weather Research Forecasting-Advance Research). Penggunaan model cuaca numerik WRF melibatkan pendekatan proses fisis dan skala gerak atmosfer yang diimplementasikan dengan parameterisasi. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan fenomena hujan lebat yang terjadi di Bandara Soekarno-Hatta pada tanggal 21-22 Maret 2024 menggunakan model cuaca numerik WRF. Hasil luaran model WRF menunjukkan waktu kejadian hujan yang cenderung baik, namun kurang dalam menunjukkan performa perhitungan dan estimasi dari intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan tersebut cenderung underestimate dibandingkan dengan data pengamatan.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan berita Kompas.com hujan lebat telah terjadi di lingkungan Bandara Soekarno-Hatta pada tanggal 21 Maret 2024 dini hari hingga 22 Maret 2024 pagi hari. Hujan lebat tersebut menimbulkan dampak banjir di beberapa tempat termasuk jalan tol menuju arah Bandara Soekarno-Hatta. Akibat banjir tersebut, lalu lintas mengalami kemacetan. Tinggi genangan air di jalan tersebut mencapai 20 cm [1]. Berdasarkan hujan yang terjadi tanggal 22 Maret 2024 dini hari, kejadian hujan tersebut merupakan jenis hujan kategori sangat lebat dengan jumlah curah hujan terukur dalam 6 jam mencapai 125 mm [2]. Dampak lain yang ditimbulkan dari hujan sangat lebat ini yaitu berkurangnya jarak pandang mendatar yang dapat mengganggu aktivitas penerbangan.

Menurut BMKG, terdapat beberapa klasifikasi hujan berdasarkan jumlah curah hujan yang dihasilkan diantaranya yaitu hujan dengan intensitas ringan, sedang, lebat, sangat lebat, dan ekstrem. Hujan dengan intensitas sangat lebat

dapat dikategorikan dengan jumlah curah hujan terukur paling sedikit 100 milimeter (mm) selama 24 jam, atau lebih dari 20 mm/jam.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan satu-satunya lembaga pemerintah yang berhak dan wajib melaksanakan penyelenggaraan meteorologi, klimatologi, dan geofisika [3]. Salah satu tugas pokok dan fungsi BMKG yaitu mendiseminasikan informasi peringatan dini cuaca ekstrem untuk keperluan antisipasi dan/ atau mitigasi bencana, bentuk partisipasi BMKG dalam mendukung pencegahan dan penanggulangan bencana di Indonesia tertuang dalam Perka BMKG No. 009 Tahun 2010 tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem yang mandatnya berupa diseminasi informasi meteorologi yang cepat, tepat, akurat, luas, dan mudah dipahami serta dapat dipertanggungjawabkan [4]. Dalam prakiraan cuaca terdapat beberapa metode, diantaranya penginderaan jauh dan metode numerik. Oleh

karena itu, tujuan penelitian ini yaitu untuk memodelkan fenomena hujan lebat yang terjadi di Bandara Soekarno-Hatta pada tanggal 21-22 Maret 2024 menggunakan model numerik WRF (*Weather Research Forecasting*) sebagai bagian dari diseminasi informasi cuaca.

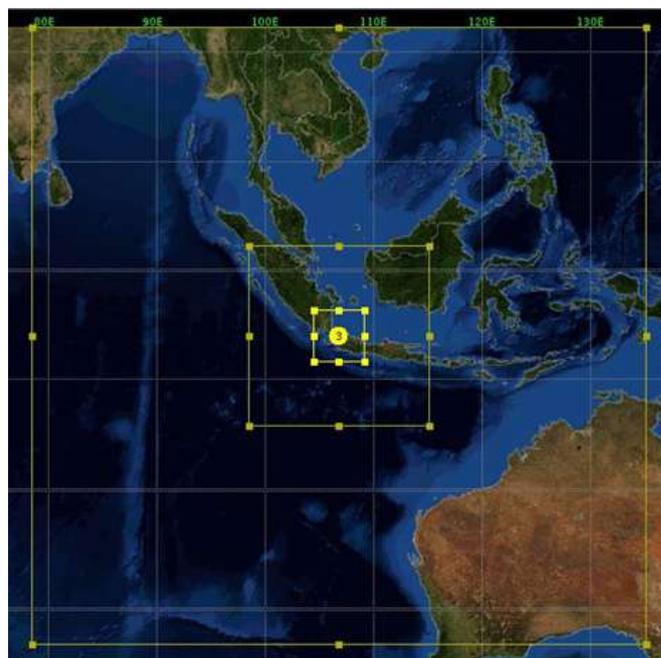
Pemodelan numerik WRF merupakan sistem model atmosfer yang dirancang untuk penelitian dan operasional prediksi cuaca numerik yang dikembangkan mulai tahun 1990. Perkembangan model WRF salah satunya yaitu *Advance Research WRF* (WRF-ARW) yang komponen utamanya meliputi *WRF-preprocessing system*, *WRF data assimilation* (WRFDA), *ARW dynamic solver*, *ARW post-processing* dan *data visualization* [5]. Dalam proses *running* pemodelan WRF terdapat beberapa proses fisis dan skala gerak atmosfer yang diperhitungkan dengan parameterisasi. Parameterisasi tersebut meliputi parameterisasi mikrofisik, *cumulus*, *planetary boundary layer*, *land-surface model*, dan radiasi. Adanya parameterisasi ini menjadikan perhitungan fisis dan skala gerak atmosfer dapat dimodelkan dengan baik [6].

2. METODE PENELITIAN

Pemodelan hujan sangat lebat menggunakan model WRF pada tanggal 21 Maret 2024 pukul 00.00 UTC hingga 22 Maret 2024 pukul 00 UTC dilakukan dengan input data *Final Analysis* (FNL) sebagai kondisi awal model yang diperoleh dari laman <https://rda.ucar.edu/> dengan format .grib2. Resolusi spasial data input yaitu $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ dengan resolusi temporal 6 jam. Data yang digunakan yaitu pada pukul 00, 06, 12, dan 18 UTC.

Selanjutnya, data verifikator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data pengamatan sinoptik dari AWS Digi dan form Me-48 Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta. Penelitian ini hanya membandingkan hasil luaran model numerik WRF pada parameter jumlah curah hujan per jam dengan hasil yang tercatat pada pengamatan AWS Digi dan data synop Me-48 sehingga dapat dilakukan

perhitungan korelasinya dan dapat diketahui seberapa besar akurasi dari luaran model numerik cuaca.



Gambar 1. Domain penelitian

Proses *nesting* model digunakan tiga domain, namun yang dianalisis dalam pemodelan ini hanya Domain 3 (Gambar 1) yang memiliki resolusi spasial paling halus yaitu 6 km. Konfigurasi model WRF ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu analisis model dilakukan pada pukul 06.00-00.00 UTC, hal ini dikarenakan pada 6 jam pertama digunakan sebagai *spin-up time* dan resolusi temporal model yaitu 1 jam atau 60 menit. *Spin-up time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh model cuaca numerik untuk mencapai kondisi stabil [6].

Setelah proses *running* model selesai, dilanjutkan dengan tahapan *post-processing* dan selanjutnya dilakukan proses *data visualization* hasil model menggunakan aplikasi GrADS untuk dibandingkan dan diverifikasi dengan curah hujan terukur/pengamatan. Proses verifikasi menggunakan metode statistik yang diolah dengan aplikasi Microsoft Excel. Perhitungan statistik yang digunakan yaitu *Root Mean Square Error*, *Pearson Correlation*, dan *Mean Bias Error* (MBE).

Tabel 1. Konfigurasi model WRF

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Resolusi spasial	60 km	20 km	6 km
Resolusi temporal	180 menit	60 menit	60 menit
Time step	360 detik	360 detik	360 detik
Parameterisasi mikrofisik	WSM6		
Parameterisasi kumulatif	New Tiedtke Scheme		
Parameterisasi PBL	Yonsei University Scheme		
Parameterisasi Radiasi Gelombang Pendek	RRTMG		
Parameterisasi Radiasi Gelombang Panjang	RRTMG		

Penelitian ini hanya dibatasi waktu penelitian yang dianalisis dari model yaitu pada pukul 19.00-00.00 UTC atau pukul 02.00-07.00 WIB pada tanggal 21 Maret 2024. Koordinat spasial lokasi analisis terletak pada 106.3-107.0°BT dan -6.5°LS hingga -5.8°LS. Skema parameterisasi yang terlampir pada Tabel 1 merupakan skema yang diperoleh dari BMKG pusat dengan pengaturan tanpa asimilasi data permukaan dan udara atas. Sehingga hasil akurasi yang didapatkan pada pemodelan ini masih perlu kajian lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data sebaran spasial jumlah curah hujan per jam pada Gambar 2 menunjukkan hujan sudah terjadi mulai pukul 02.00 WIB atau 19.00 UTC dengan intensitas sangat ringan senilai 3 mm/jam. Selanjutnya hujan berangsur meningkat menjadi 5-7 mm/jam pada pukul 05.00 WIB atau 22.00 UTC. Puncak hujan tertinggi yang dimodelkan terjadi pada pukul 07.00 WIB atau 00.00 UTC.

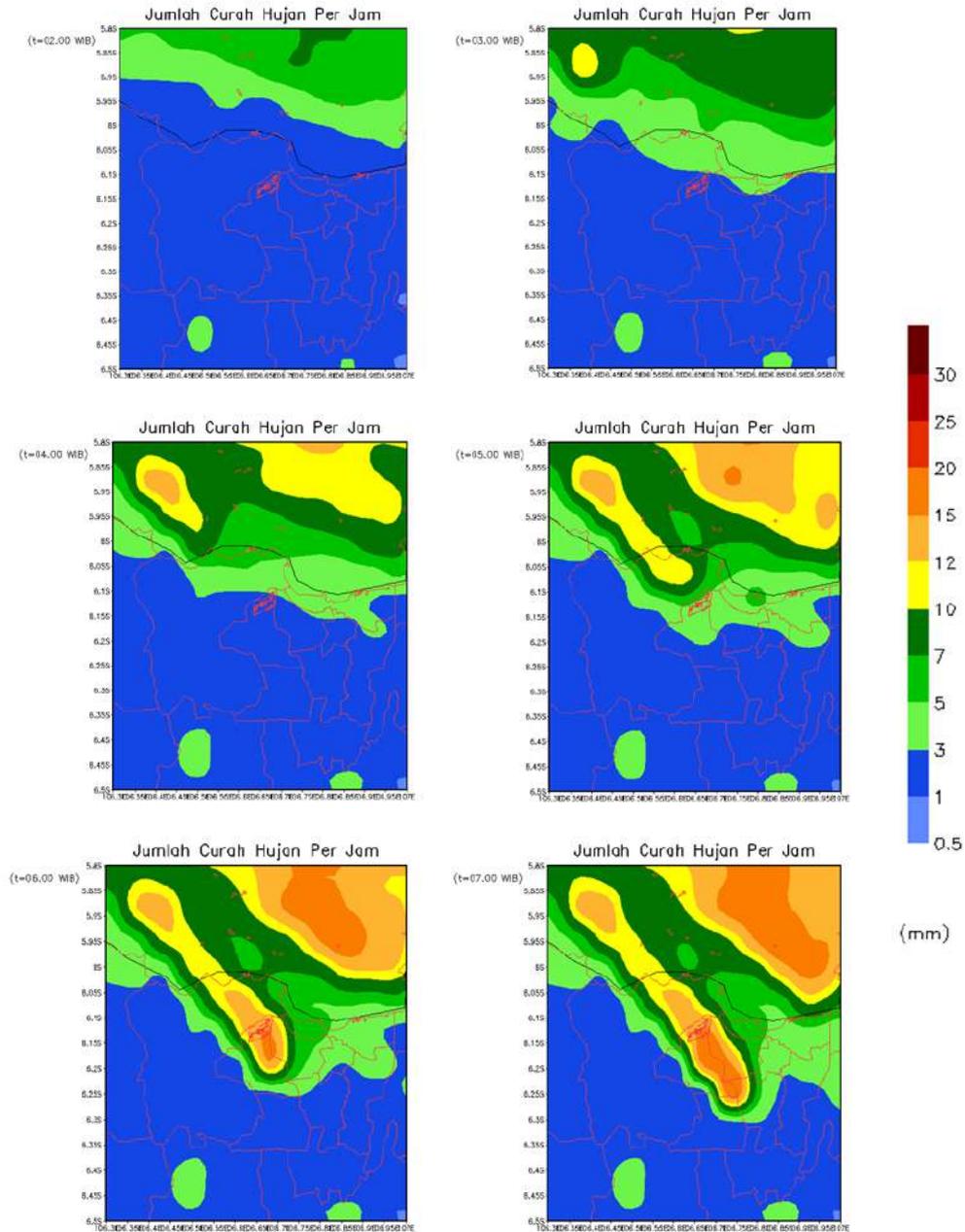
Jika dibandingkan dengan data pengamatan dari AWS Digi yang terlampir pada Tabel 2, hujan terjadi mulai pukul 02.00 WIB atau pukul 19.00 UTC dengan nilai 8,2 mm/jam dan berangsur

meningkat mencapai 111,6 mm pada pukul 22.00 UTC atau 05.00 WIB. Puncak hujan yang tercatat pada sensor AWS Digi terjadi pada pukul 00.00 UTC dengan nilai 139,4 mm per 6 jam pengamatan.

Perbandingan hasil luaran model numerik WRF yang dimodelkan terdapat kesamaan waktu kejadian hujan di mana hujan sama-sama terjadi mulai pukul 19.00 UTC atau 02.00 WIB dan puncak terjadi hujan terjadi pukul 00.00 UTC atau 07.00 WIB. Namun, jika dibandingkan berdasarkan intensitas hujannya, model WRF menunjukkan nilai yang *underestimate* atau di bawah nilai hujan yang tercatat pada sensor AWS Digi.

Tabel 2. Data curah hujan AWS Digi

Waktu (UTC)	Akumulasi Curah Hujan (mm)	Jumlah Curah Hujan (mm)
19:00:00	8,2	8,2
20:00:00	18,2	10
21:00:00	54,6	36,4
22:00:00	111,6	57
23:00:00	139,2	27,6
24:00:00	139,4	0,2



Gambar 2. Hasil luaran model WRF pada parameter sebaran hujan dan jumlah curah hujan per jam.

CURAH HUJAN PERIODE 3 JAM (21 - M a r e t - 2024)									
JAM	03	06	09	12	15	18	21	24	JUML
RAIN	0	x	0	0	0	0	54.6	70.4	125.0

Gambar 3. Jumlah curah hujan periode 3 jam dari data synop

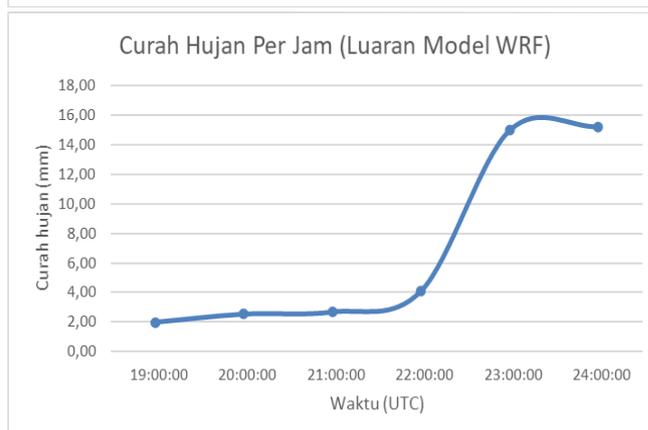
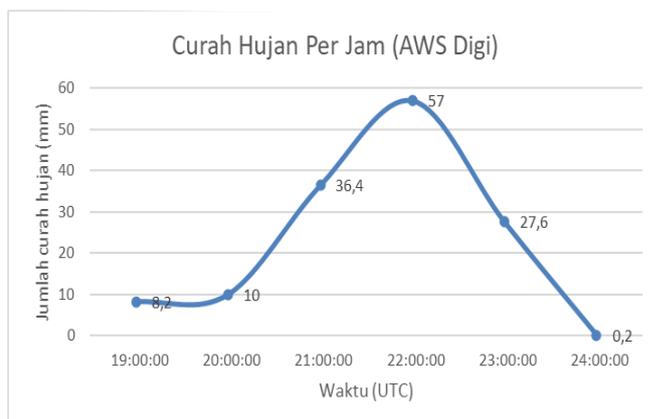
Tabel 3. Ringkasan kondisi cuaca pada tanggal 21 Maret 2024 berdasarkan data synop Me-48

Waktu	Kondisi Cuaca
19.00	<i>Lightning</i>
20.00	<i>Moderate Rain</i>
21.00	<i>Moderate TSRA</i>
22.00	<i>Moderate TSRA</i>
23.00	<i>Slight Rain</i>
24.00	<i>Haze</i>

Jumlah curah hujan yang ditakar manual dengan penakar hujan tipe OBS pada Gambar 3 menunjukkan nilai tertinggi pada pukul 00.00 UTC dengan nilai 70,4 mm per 3 jam dan jumlah total curah hujan harian tercatat mencapai 125 mm/hari. Meskipun dalam data *synop* hanya terdapat jumlah akumulasi curah hujan periode 3 jam, dapat dilihat waktu kejadian hujan di stasiun pengamatan mulai terjadi pukul 20.00 UTC atau 03.00 WIB (Tabel 3).

Jika dibandingkan nilai penakaran hujan manual dan yang tercatat oleh sensor AWS Digi terdapat perbedaan nilai 14,4 mm, hal ini dikarenakan perbedaan cara kerja perhitungan alat yang menggunakan *typing bucket* (Gambar 4). Kesalahan pengukuran yang mungkin terjadi pada alat *tipping bucket* adalah kesalahan mekanik, kesalahan elektronik, kesalahan resolusi, dan kesalahan adhesi [7] sehingga perlu dilakukan pengecekan lebih lanjut mengenai hasil perhitungan yang berbeda antara penakar hujan manual tipe OBS dan AWS Digi.

Hasil verifikasi dari estimasi nilai curah hujan luaran model WRF ditunjukkan pada Tabel 4 di mana nilai RMSE 27,13 yang merepresentasikan penyimpangan model, korelasi senilai -0,26 yang



Gambar 4. Grafik jumlah curah hujan per jam AWS Digi dan luaran model WRF

Tabel 4. Hasil verifikasi statistik luaran model WRF dengan data pengamatan curah hujan AWS Digi

Waktu	Curah Hujan AWS Digi	Curah Hujan Model	MBE-i Curah Hujan model & AWS Digi
19:00:00	8,2	1,98	1,98
20:00:00	10	2,53	2,53
21:00:00	36,4	2,67	2,67
22:00:00	57	4,10	4,10
23:00:00	27,6	14,97	14,97
24:00:00	0,2	15,21	15,21
Korelasi Pearson		-0,26	
RMSE		27,13	
MBE		6,91	

menunjukkan hubungan lemah terbalik antar data, serta nilai MBE 6,91 yang merepresentasikan nilai positif 6,91. Hasil verifikasi statistik tersebut menunjukkan bahwa performa hasil luaran model khususnya dalam estimasi jumlah curah hujan cenderung masih kurang baik dimana hasil yang ditunjukkan *underestimate* atau di bawah nilai sebenarnya.

4. KESIMPULAN

Secara umum model WRF mampu memodelkan fenomena hujan dengan baik terutama waktu kejadian hujan yang sama dengan data pengamatan, namun intensitas curah hujan yang dihasilkan oleh model masih kurang menunjukkan performa yang baik atau *underestimate* sehingga masih perlu kajian lebih lanjut jika akan diterapkan untuk operasional prakiraan cuaca. Saran yang diajukan penulis yaitu dilakukan penambahan teknik asimilasi data dengan model numerik WRF, baik data pengamatan udara permukaan dan udara atas agar hasil luaran model dapat lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Kompas.com, "Hujan Deras, Tol Bandara Soekarno-Hatta Banjir hingga 40 Cm," Kompas.com, Jakarta, 2024.
- [2] M. F. & N. F. Safaruddin, "Analisis Kondisi Atmosfer pada Kejadian Hujan Lebat di Bandara Soekarno-Hatta (Studi Kasus Tanggal 22 Maret 2024)," *Buletin MetAero*, vol. 9, n° 03, p. 27, 2024.
- [3] BMKG, Undang-Undang No 31 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Jakarta: BMKG, 2009.
- [4] BMKG, Peraturan Kepala BMKG No. 009 tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, Jakarta: BMKG, 2010.
- [5] W. Wang, C. Bruyere, M. D., J. Dudhia, D. G., M. K., K. W., M. C., H.-C. L. L., J. M., S. R., X. Zhang, J. B., D. Munoz-Esperanza, B. R., S. Ha e K. F., "*WRF-ARW Version 4.0 User's Guide*," NCAR, USA, 2018.
- [6] D. J. Stensrud, *Parameterization Schemes, Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models*, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [7] M. S. D. C. & L. S. B. W. Yoga Alif Kurnia Utama, "Analisis Ketidakpastian Pengukuran Sensor Curah Hujan Tipe Tipping Bucket," *TELEKONTRAN*, vol. 10, n° 1, 2022.



BMKG

ISSN 2684-7299



9 772684 729591

**STASIUN METEOROLOGI KELAS I SOEKARNO-HATTA
BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA GEDUNG 725 (AMOS)-TANGERANG**