

Analisis *Tailwind* Penyebab *Go-Around* pada 38 Bandara di Indonesia dalam Periode Januari-Februari 2020

Achmad Fahrudin Rais^{*1}, Bambang Wijayanto², Erika Meinovelis³

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika^{1,2,3}

Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran, Jakarta, Indonesia

E-mail: *achmad.rais@bmkg.go.id

Diterima: 19 Mei 2020, disetujui: 23 November 2020, diterbitkan *online*: 31 Desember 2020

Abstrak

Studi ini berfokus pada analisis *tailwind* penyebab *go-around* pada 38 bandara di Indonesia dalam periode Januari-Februari 2020. Dalam studi ini dilakukan perbandingan *tailwind* laporan pilot, *tailwind* observasi permukaan (10 m), dan *tailwind* pada ketinggian 1000 ft untuk mengetahui akurasi *tailwind* yang dilaporkan oleh pilot. Literatur menyebutkan bahwa angin kecepatan tinggi di troposfer bawah berkaitan dengan *wind gust* yang berasal dari awan *cumulonimbus* (Cb). Dengan dasar tersebut maka dilakukan analisis perbandingan laporan pilot terhadap keberadaan awan Cb sampai sejauh 40 km dari *runway in use* dengan menggunakan kombinasi kriteria *brightness temperature difference* (BTD) kanal IR1-IR2 dan *brightness temperature* (BT) kanal IR1 citra satelit Himawari-8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tailwind* laporan pilot lebih besar daripada *tailwind* angin permukaan dan 1000 ft, serta kebanyakan *tailwind* laporan pilot tersebut berkaitan dengan potensi *wind gust* yang muncul dari awan Cb baik di sekitar atau di luar *runway*.

Kata kunci: *Cumulonimbus*, *go-around*, *tailwind*, *wind gust*.

Abstract

An Analysis of Go-Around-Causing Tailwind at 38 Airports in Indonesia in the Period of January-February 2020: This study focused on analyzing the tailwind that causing go-around at 38 airports in Indonesia in the period of January to February 2020. We made a tailwind comparison of the pilot report, surface observation (10 m), and observation of 1000 ft to determine the accuracy of the tailwind reported by the pilot. The literature stated that high-speed winds in the lower troposphere were related to wind gust coming from cumulonimbus (Cb) clouds, so we compared pilot report to the presence of Cb clouds as far as 40 km from the runway in use by using a combination of brightness temperature difference (BTD) IR1-IR2 channels and brightness temperature (BT) IR1 channel of Himawari-8 satellite imagery. The results showed that the tailwind of the pilot report was larger than the tailwind of surface and 1000 ft observations and most of the tailwind was related to the potential wind gust that emerged from the Cb clouds either around or outside the runway.

Keywords: *Cumulonimbus*, *go-around*, *tailwind*, *wind gust*.

1. Pendahuluan

Aktivitas penerbangan sipil di Indonesia terus berkembang. Jumlah pergerakan pesawat mengalami peningkatan dari 317.104 pada tahun 2014 menjadi 541.966 pada tahun 2018 [1]. Jumlah trafik juga mengalami peningkatan dari 111.000/bulan pada tahun 2014 menjadi 220.587/bulan pada tahun 2018 [2]. Pesatnya peningkatan tersebut tentunya juga memperbesar tingkat resiko kecelakaan, sehingga kajian yang berkaitan dengan tingkat keselamatan penerbangan terus diperlukan.

Go-around adalah tindakan yang penting untuk keselamatan dalam penerbangan. Studi menunjukkan bahwa sebanyak 54% potensi kecelakaan pesawat dapat dicegah dengan melakukan *go-around* [3]. *Go-around* adalah tindakan kru udara untuk tidak melanjutkan *approach/landing* dan mengikuti prosedur untuk melakukan *approach* lain atau mengalihkan ke bandara lain [4]. *Go-around* dapat disebabkan oleh

tailwind dengan kecepatan lebih besar dari 10 kt [3]. Berdasarkan tipe pesawat, nilai minimal *tailwind* untuk melakukan *go-around* adalah 10 kt secara umum, kecuali untuk tipe 146-200 dengan nilai minimal 5 kt [5]. *Tailwind* adalah komponen kecepatan angin yang dihitung berdasarkan proyeksi kecepatan angin terhadap arah *runway in use* [6], sehingga pesawat mengalami dorongan saat *landing*.

Angin dengan kecepatan tinggi pada *lower troposphere* di Indonesia biasanya diakibatkan oleh *wind gust* dari awan *cumulonimbus* (Cb) [7][8][9]. Keberadaan *wind gust* ini bisa menjauhi lokasi awal awan Cb yang diperlihatkan oleh *signature*-nya [10], dengan jarak yang bisa mencapai puluhan kilometer [11]. Selain itu, di Indonesia juga terdapat *westerly wind burst* yang bisa menyebabkan angin dengan kecepatan tinggi di Sumatera [12] dan siklus diurnal yang dapat menyebabkan angin >10 m/s [13].

Pada penelitian *tailwind* di Indonesia, Perdana dan Putra [14] serta Alfuady dkk. [15] meneliti *tailwind*

tanpa menyebutkan *runway in use*, sehingga *tailwind* yang dianalisis bisa menjadi *headwind*. Sedangkan Fadholi [16] hanya menggunakan *runway 34 (RW34)* yang bisa saja menjadi *headwind* untuk RW16. Untuk menutupi kekurangan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini *runway in use* menjadi hal yang diperhatikan. Secara keseluruhan, kajian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab *tailwind* di bandara se-Indonesia pada periode Januari-Februari 2020 berdasarkan laporan *go-around* oleh pilot.

2. Metodologi

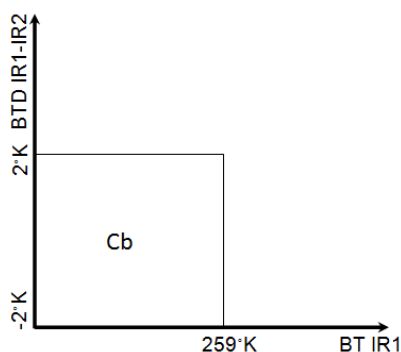
Data laporan pilot didapatkan dari tabulasi 230 laporan *go-around* akibat *tailwind* periode Januari-Februari 2020 oleh AirNav Indonesia di 38 bandara di Indonesia. Laporan tersebut memuat waktu kejadian *go-around*, *runway in use*, dan *tailwind* yang dilaporkan pilot. Studi juga menggunakan data angin permukaan dan laporan awan Cb secara visual dalam METAR dan SPECI, data angin 1000 ft, dan data citra satelit Himawari-8 kanal IR1 dan IR2 dengan resolusi 4 km. Periode semua data tersebut adalah Januari-Februari 2020.

Untuk mendapatkan *tailwind*, dilakukan perhitungan dengan rumus [6]:

$$Tw = -ff * \cos(ddd - rrr) \quad (1)$$

Tw adalah *tailwind* (kt), ff adalah kecepatan angin (kt), ddd adalah arah angin (derajat) dan rrr adalah arah *runway in use* (derajat). Angin yang digunakan adalah angin permukaan (10 m) dan angin 1000 ft. *Tailwind* tersebut kemudian akan dibandingkan dengan laporan pilot dalam *scatter plot diagram*.

Pada studi terdahulu, angin dengan kecepatan tinggi di Indonesia umumnya diakibatkan oleh *wind gust* dari awan Cb, baik sel awan Cb di sekitar *runway* ataupun jauh di luar *runway*. Jarak maksimal yang digunakan untuk awan Cb di sekitar *runway* adalah radius 4 km dari koordinat karena menyesuaikan dengan resolusi Himawari-8, dan di luar *runway* adalah 40 km sesuai dengan jarak paling jauh



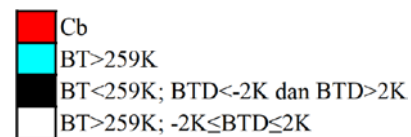
Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 1. Ilustrasi *threshold* Cb dengan citra satelit Himawari-8



Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 2. Tampilan software SATAID



Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 3. Ilustrasi *threshold* Cb dengan citra satelit Himawari-8

berdasarkan penelitian Wakimoto [17]. Jarak 40 km dihitung pada arah membelakangi *runway in use* sehingga memungkinkan *wind gust* yang terbentuk menjadi *tailwind*. Keberadaan awan Cb di sekitar *runway* didasarkan laporan visual dalam METAR dan SPECI serta identifikasi objektif dengan citra satelit Himawari-8. Sementara itu, keberadaan awan Cb berjarak maksimal 40 km dari *runway* didasarkan pada citra satelit Himawari-8. Identifikasi objektif tersebut berdasarkan nilai *threshold brightness temperature difference* (BTD) kanal IR1-IR2 yang bernilai -2°K sampai 2°K [18] dan batas maksimal *brightness temperature* (BT) kanal IR sebesar 259°K [19] seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pengolahan data kanal-kanal satelit tersebut menggunakan SATAID (Gambar 2). Pewarnaan piksel sesuai Gambar 3 dan lokasi area sekitar *runway* (radius 4 km) ditandai dengan lingkaran ungu.

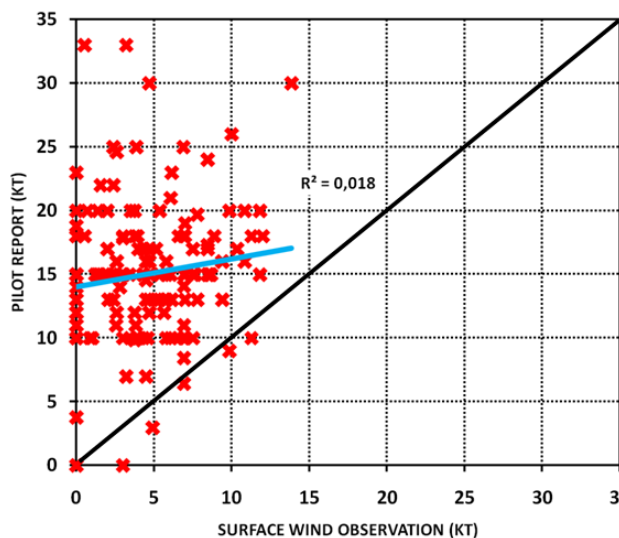
3. Hasil dan Pembahasan

Selama periode laporan *go-around*, ada empat bandara di mana pilot paling banyak melakukan *go-around* akibat *tailwind*, yaitu Bandara Internasional Ahmad Yani/WAHS (35 kali), Bandara Komodo/WATO (28 kali), Bandara Internasional Adisucipto/WAHH (20 kali), dan Bandara Supadio/WIOO (15 kali). Banyaknya kasus pada 4 bandara tersebut belum tentu menandakan tingkat kerawanan *tailwind* yang tinggi di bandara-bandara tersebut, tetapi bisa jadi terdapat *tailwind* saat pesawat tidak sedang dalam fase *approach* maupun *landing* atau pesawat yang *landing* pada *runway* di mana angin yang berhembus menjadi *headwind* pada bandara lain. Sebanyak 77% laporan *go-around* akibat

tailwind terjadi pada 04-14 UTC. Kecepatan *tailwind* paling tinggi yang dilaporkan pilot adalah 33 kt.

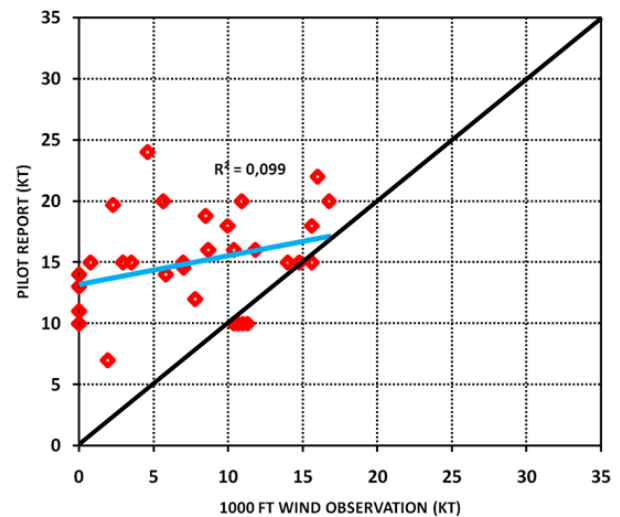
Hal yang terkadang dilakukan oleh pilot adalah membandingkan *tailwind* indikator di pesawat dengan *tailwind* observasi di permukaan. Padahal kecepatan angin tersebut bisa saja berbeda dan perbedaan inilah yang membentuk *windshear*. Jika petugas meteorologi menerima laporan pilot tersebut, maka petugas meteorologi akan menerbitkan *windshear warning* [20]. Gambar 3 menunjukkan bahwa umumnya observasi *tailwind* permukaan lebih kecil daripada *tailwind* laporan pilot karena sebagian besar nilai berada di sebelah kiri garis hitam. Garis korelasi linier (biru) juga berada di sebelah kiri garis hitam dengan nilai R^2 hanya mencapai 0,018. Hanya 6,5% *tailwind* ≥ 10 kt dari laporan pilot yang sesuai dengan *tailwind* observasi permukaan. Meskipun kecepatan *tailwind* observasi di permukaan lebih kecil daripada *tailwind* laporan pilot, tetapi *tailwind* observasi di permukaan ≥ 3 kt mampu menunjukkan *tailwind* laporan pilot ≥ 10 kt sebanyak 67,5%.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa *tailwind* yang dilaporkan pilot lebih besar dari pada observasi angin 1000 ft (kebanyakan nilai di sebelah kiri garis hitam). Garis korelasi linier (biru) juga berada di bagian kiri garis hitam. Hanya sebagian kecil *tailwind* laporan pilot yang bernilai sama dengan observasi *tailwind* 1000 ft (di sekitar garis hitam). Nilai R^2 antara keduanya juga bernilai sangat kecil, yaitu 0,099. Dengan *threshold tailwind* 10 kt, *tailwind* laporan pilot memiliki akurasi 40,6%. Karakteristik lebih tingginya kecepatan angin sensor pesawat terhadap data observasi angin udara atas juga dikemukakan dalam penelitian Schwartz dan Benjamin [21].



Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 3. Grafik scatter plot antara observasi *tailwind* permukaan dengan *tailwind* laporan pilot. Garis biru adalah garis korelasi linier dan garis hitam adalah garis korelasi linear ideal ($R^2 = 1$)



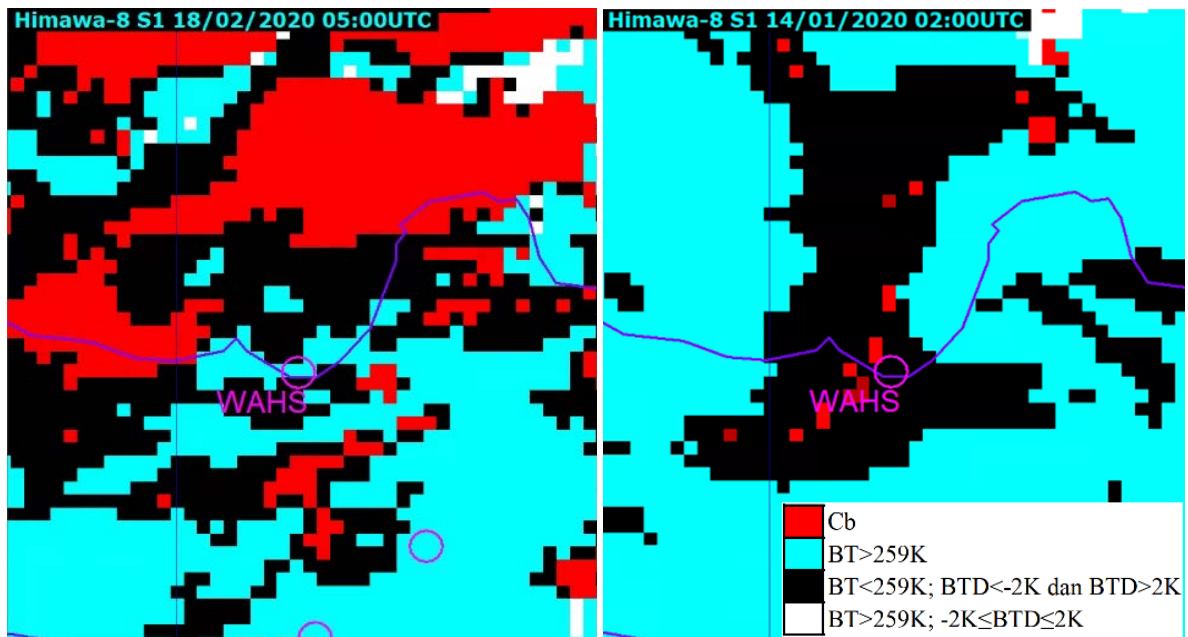
Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 4. Sama dengan Gambar 2, tetapi yang dibandingkan adalah *tailwind* laporan pilot terhadap *tailwind* observasi 1000 ft.

Pada Tabel 1, laporan *go-around* akibat *tailwind* di WAHS terkait dengan awan Cb di sekitar *runway* sebanyak 71,4% dan awan Cb di luar *runway* sebanyak 5,7%. *Runway in use* pada bandara ini adalah RW13. Salah satu kasus awan Cb terlihat di sekitar *runway* (Gambar 5 sebelah kiri) dan awan Cb di sebelah barat laut *runway* (Gambar 5 sebelah kanan). Pada kedua gambar tersebut tampak jelas bahwa awan Cb (piksel merah) berada di sekitar *runway* dan sebelah barat laut RW13 pada jarak 31 km. Berbeda dengan WAHS, awan Cb terkait *tailwind* yang menyebabkan *go-around* di sekitar RW17 sebanyak 25% dan di luar RW17 sebanyak 32,1% di WATO. Pada Gambar 6, salah satu kasus awan Cb terpantau jelas di sekitar RW17 (kiri) dan awan Cb di sebelah barat laut RW17 (kanan) pada jarak 32 km. Di WAHH, 30% kasus *go-around* akibat *tailwind* terkait dengan awan Cb di sekitar RW09 dan 25% kasus terkait dengan awan Cb di sebelah barat RW09. Ada 45% laporan *go-around* akibat *tailwind* yang tidak berkaitan dengan awan Cb. Pada Gambar 7, salah satu kasus *tailwind* terkait awan Cb tampak terlihat jelas baik awan Cb di sekitar RW09 (kiri) dan awan Cb di sebelah barat RW09 (kanan) pada jarak 32 km. Di WIOO, hampir semua laporan *go-around* akibat *tailwind* berkaitan dengan awan Cb yang totalnya sebanyak 93,3%. Secara rinci, Tabel 1. Persentase keberadaan Cb di sekitar *runway* (*radius* 4 km) dan di luar *runway* (*radius* 40 km) pada 4 bandara terbanyak dilaporkan *go-around*

Bandara	Cb di sekitar <i>runway</i>	Cb di luar <i>runway</i>
WAHS	71,4%	5,7%
WATO	25%	32,1%
WAHH	30%	25%
WIOO	73,3%	20%

Sumber: hasil olahan, 2020

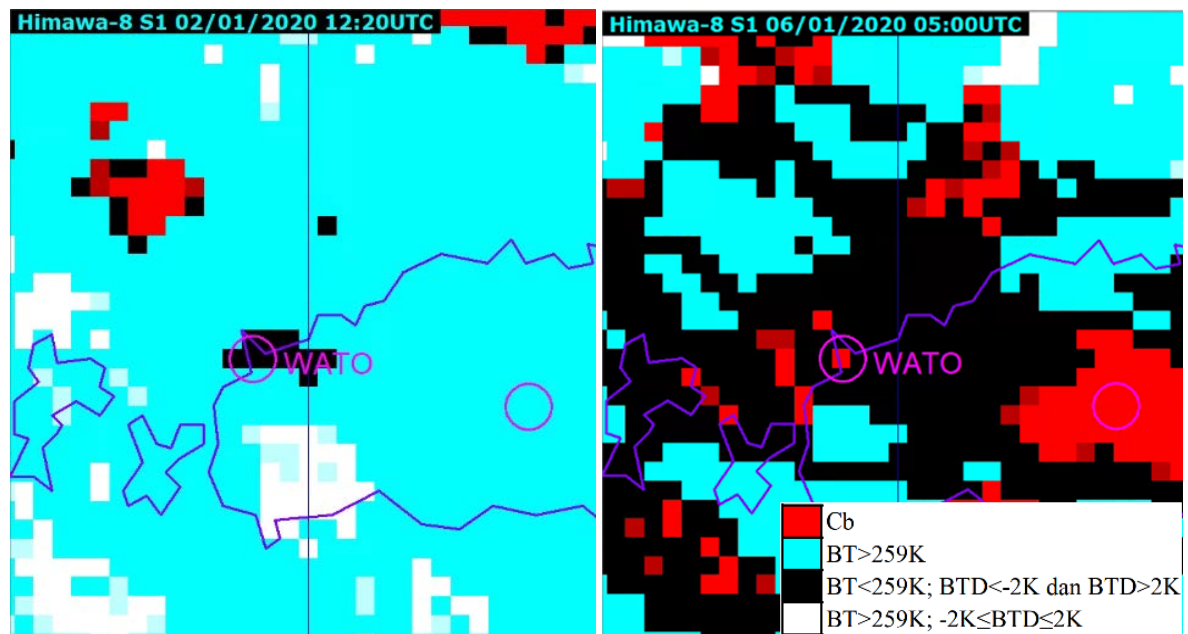


Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 5. Distribusi spasial awan Cb (merah) di sebelah barat laut (kiri) dan di sekitar RW13 WAHS (kanan). Lingkaran ungu menandakan area radius 4 km dari *runway*.

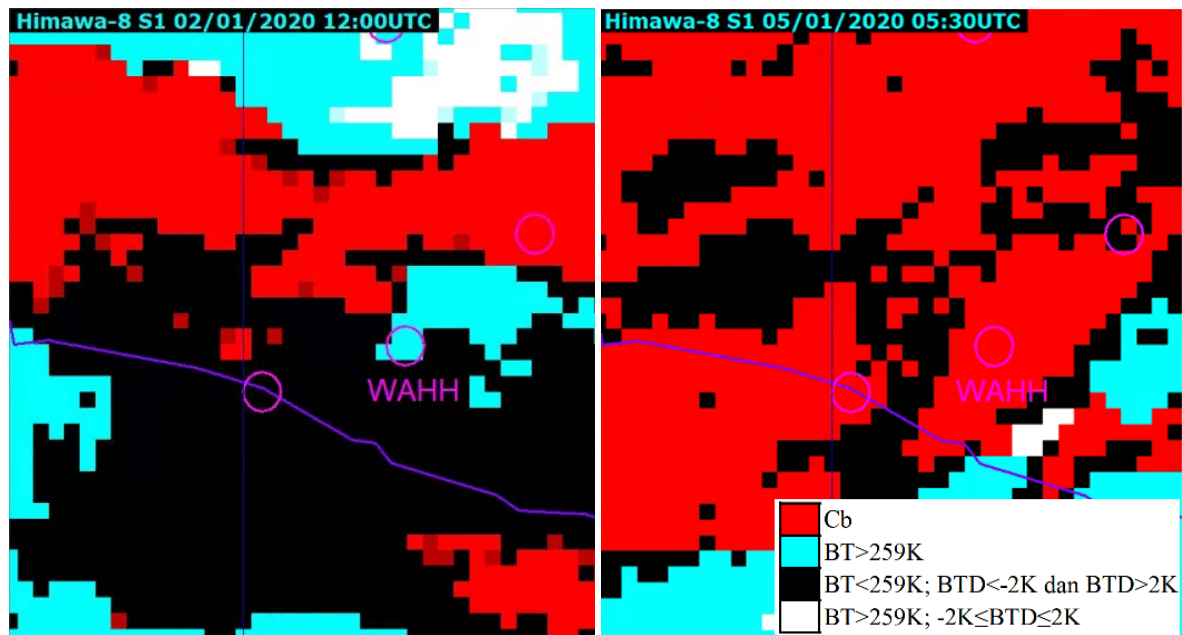
73,3% terkait dengan awan Cb di sekitar RW15 dan 20% terkait dengan awan Cb di sebelah barat laut RW15. Gambar 8 menunjukkan dengan jelas keberadaan awan Cb di sekitar (kiri) dan di 35 km sebelah barat laut (kanan) RW15 WIOO pada salah satu kasus *go-around* akibat *tailwind*. Secara umum, pada 38 bandara di Indonesia, awan Cb yang berada

di sekitar *runway* sebanyak 46,7% sedangkan yang berada di luar *runway* sebanyak 28,7%. Hanya 24,6% laporan *go-around* akibat *tailwind* yang tidak berkaitan dengan awan Cb. Pengaruh awan Cb pada *tailwind* juga diperlihatkan pada penelitian Tse dkk. [22] di Bandara Internasional Hongkong.



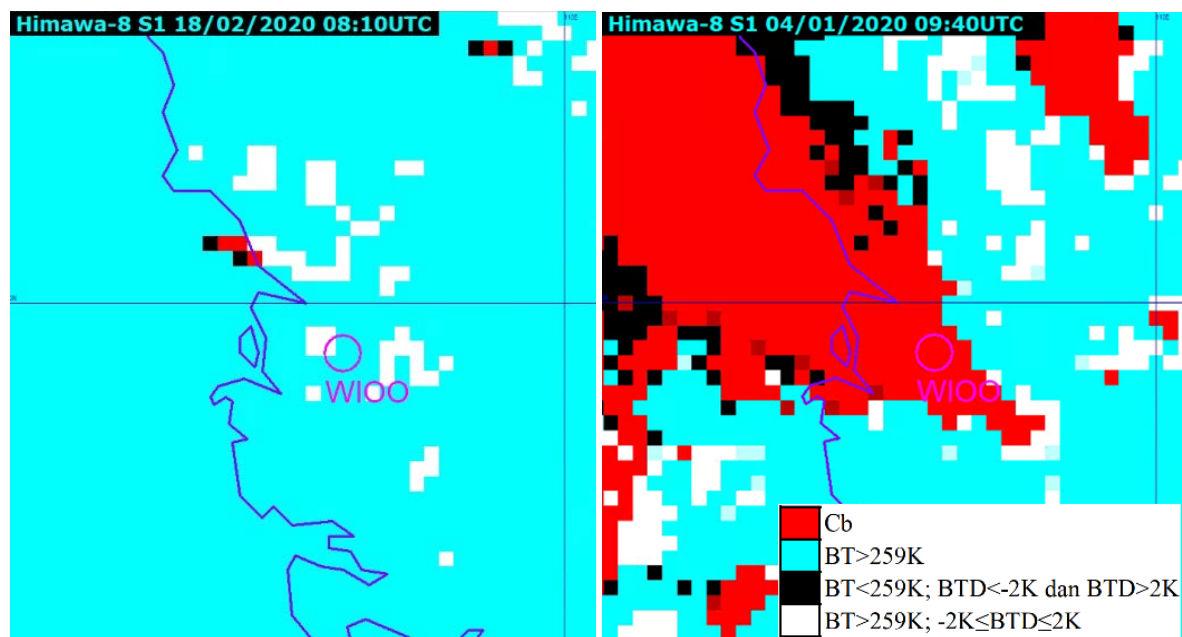
Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 6. Distribusi spasial awan Cb (merah) di sebelah barat laut (kiri) dan di sekitar RW17 WATO (kanan). Lingkaran ungu menandakan area radius 4 km dari *runway*.



Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 7. Distribusi spasial awan Cb (merah) di sebelah barat laut (kiri) dan di sekitar RW09 WAHH (kanan). Lingkaran ungu menandakan area radius 4 km dari *runway*.



Sumber: hasil olahan, 2020

Gambar 8. Distribusi spasial awan Cb (merah) di sebelah barat laut (kiri) dan di sekitar RW13 WIOO (kanan). Lingkaran ungu menandakan area radius 4 km dari *runway*.

4. Kesimpulan

Laporan *go-around* akibat *tailwind* periode Januari-Februari 2020 dianalisis dalam tulisan ini dengan membandingkan *tailwind* laporan pilot dengan data observasi *tailwind* ketinggian permukaan dan 1000 ft serta menganalisis keberadaan dan jarak awan Cb yang terdeteksi dari kombinasi kanal-kanal satelit Himawari-8. Hasil menunjukkan bahwa *tailwind* angin permukaan ≥ 3 kt bisa menjadi indikator *tailwind* ≥ 10 kt pada ketinggian saat *approach*, meskipun terdapat perbedaan kecepatan *tailwind* di permukaan dan

ketinggian saat *approach*. Selain itu, kecepatan *tailwind* pada pesawat saat *approach* lebih besar dari nilai observasi *tailwind* 1000 ft dan kebanyakan *tailwind* yang dialami pesawat terkait dengan potensi *wind gust* yang muncul dari awan Cb baik di sekitar *runway* atau di luar *runway* sampai dengan jarak 40 km.

Dalam menghindari *tailwind* yang menyebabkan *go-around*, pilot sebaiknya memperhatikan *tailwind* yang terdeteksi di permukaan saat akan melakukan *approach* atau *landing* meskipun nilainya tidak sama dengan indikator *tailwind* di pesawat. Untuk kajian selanjutnya, diperlukan studi lebih dalam yang

melibatkan data observasi dan pemodelan atmosfer terhadap cuaca pada area radius 40 km dari *runway* untuk mengetahui mekanisme dan prediksi aktivitas awan Cb yang menghasilkan *tailwind*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pusat Meteorologi Penerbangan BMKG, Pusat Meteorologi Publik BMKG, dan AirNav Indonesia atas penyediaan data yang diperlukan dalam kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Pustikom, *Statistik Perhubungan Buku I 2018*. Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2018.
- [2] Indonesia National Air Carriers Association, *Menjelang Setengah Abad Industri Penerbangan Nasional INACA*. Jakarta: Indonesia National Air Carriers Association, 2019.
- [3] T. Blajev, "Final Report to Flight Safety Foundation Go-Around Decision-Making and Execution Project," 2017.
- [4] "Elevator - SKYbrary Aviation Safety," *Flight Safety Foundation*, 2019. https://www.skybrary.aero/index.php/Go_Around (accessed Sep. 07, 2020).
- [5] G. W. H. van Es and A. K. Karwal, "Safety aspects of tailwind operations," *Flight Safety Foundation*, 2001. <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1148.pdf> (accessed Dec. 23, 2020).
- [6] ICAO, "AERODROME METEOROLOGICAL OBSERVATION AND FORECAST STUDY GROUP (AMOFSG) NINTH MEETING," Canada, Sep. 2011.
- [7] L. F. and T. H. Muzayyanah, "Interpretasi Radar Cuaca sebagai Kajian Puting Beliung dan Angin Kencang Wilayah Jawa Timur (Studi Kasus Sidoarjo, Bangkalan Dan Pasuruan)," *STMKG*, 2020. <https://perpus.stmkg.ac.id/view-pdf.php?id=401>.
- [8] S. and S. T. P. Mujiasih, "Identifikasi Echo Radar Potensi Angin Kencang Wilayah Kuta Selatan Bali," 2016.
- [9] I. K. M. dan W. N. P. Satriyabawa, "Analisis Kejadian Puting Beliung di Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya menggunakan Citra Radar Cuaca dan Model WRF-ARW (Studi Kasus Tanggal 4 Februari 2016)," 2016.
- [10] R. Yunita, "'Deteksi Gust Front Signature Menggunakan Radar Doppler di Stamet Syamsudin Noor Banjarmasin (Studi Kasus 21 April 2016)," 2016.
- [11] A. A. A. dan N. J. T. Nugraha, "Simulation of Wind Gust - Producing Thunderstorm Outflow over Mahakam Block Using WRF." the 2017 International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation., 2017.
- [12] T. H. SETO et al., "Observational Study on Westerly Wind Burst over Sumatra, Indonesia by the Equatorial Atmosphere Radar," *J. Meteorol. Soc. Japan*, 2006, doi: 10.2151/jmsj.84a.95.
- [13] M. D. Yamanaka, "Physical climatology of Indonesian maritime continent: An outline to comprehend observational studies," *Atmospheric Research*. 2016, doi: 10.1016/j.atmosres.2016.03.017.
- [14] Y. H. and I. D. G. A. P. Perdana, "Kejadian Crosswind di Landasan Pacu Bandara Supadio Pontianak Tahun 2016." presented on Seminar Nasional Iptek Penerbangan dan Antariksa XXI 2017, 2017.
- [15] I. J. A. S. and B. W. Y. Alfuady, N., "Analisis Komponen Angin Permukaan di Landasan Pacu Bandara Douw Aturure-Nabire." presented on Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya 2017, 2017.
- [16] A. Fadholi, "Analisis Komponen Angin Landas Pacu (Runway) Bandara Depati Amir Pangkalpinang," *Statistika*, 2013.
- [17] R. M. Wakimoto, "The life cycle of thunderstorm gust fronts as viewed with Doppler radar and rawinsonde data," *Mon. Weather Rev.*, no. 110(8), pp. 1060–1082, 1982, doi: 10.1175/1520-0493(1982)110<1060:TLCOTG>2.0.CO;2.
- [18] D. P. Y. Suseno and T. J. Yamada, "Two-dimensional, threshold-based cloud type classification using mtsat data," *Remote Sens. Lett.*, 2012, doi: 10.1080/2150704X.2012.698320.
- [19] A. Hamada, N. Nishi, H. Kida, M. Shiotani, and S. Iwasaki, "CLOUD TYPE CLASSIFICATION BY GMS-5 INFRARED SPLIT-WINDOW MEASUREMENTS WITH MILLIMETER-WAVE RADAR AND TRMM OBSERVATIONS IN THE TROPICS," in *Proceedings of the 2nd TRMM International Science Conference*, 2004, pp. 4–7, Accessed: Dec. 23, 2020. [Online]. <http://www-clim.kugi.kyoto-u.ac.jp/hamada/pdf/trmm2nd.pdf>.
- [20] International Civil Aviation Organization, "Meteorological Service for International Air Navigation," *Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation*, 2013. <http://www.icao.int>.
- [21] B. Schwartz and S. G. Benjamin, "A comparison of temperature and wind measurements from ACARS-equipped aircraft and rawinsondes," *Weather Forecast.*, 1995, doi: 10.1175/1520-0434(1995)010<0528:ACOTAW>2.0.CO;2.
- [22] S. M. Tse, P. W. Chan, and W. K. Wong, "A case study of missed approach of aircraft due to tailwind associated with thunderstorms," *Meteorol. Appl.*, 2014, doi: 10.1002/met.1296.