

Analysis of Payload Capacity Improvement of Airbus A320 Aircraft at Radin Inten II International Airport Lampung Using an Improve Climb Approach

Indro Lukito¹, Cyrilus Sukaca Budiono², Agung Prakoso³, Eko Poerwanto⁴, Benedictus Mardwianta⁵

^{1,2,3}Program Studi Aeronautika, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

⁴Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

⁵Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

Article Info

Article history:

Received December 5, 2024

Accepted January 31, 2025

Published January 14, 2026

Keywords:

Payload

Airbus

Climb

Airport

Capacity

ABSTRACT

This study investigates the improvement of payload capacity of the Airbus A320 aircraft at Radin Inten II International Airport, Lampung, using an Improved Climb performance approach. The proposed approach focuses on optimizing the aircraft climb profile to enhance payload capability under operational constraints associated with airport elevation and variable meteorological conditions. Aircraft performance data analysis and flight simulations are conducted by incorporating key parameters such as wind speed, ambient temperature, and engine thrust settings. The simulation results demonstrate that the application of the Improved Climb approach enables an increase in payload capacity of up to 3% without compromising safety margins. This improvement contributes to more efficient flight scheduling, increased passenger and cargo capacity, and enhanced operational efficiency at Radin Inten II International Airport. The findings provide practical insights for airlines and airport operators seeking to optimize aircraft performance in constrained operational environments



Corresponding Author:

Cyrilus Sukaca Budiono,
Program Studi Aeronautika,
Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto,
Jalan Majapahit, Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta.
Email: *sukococustom@gmail.com

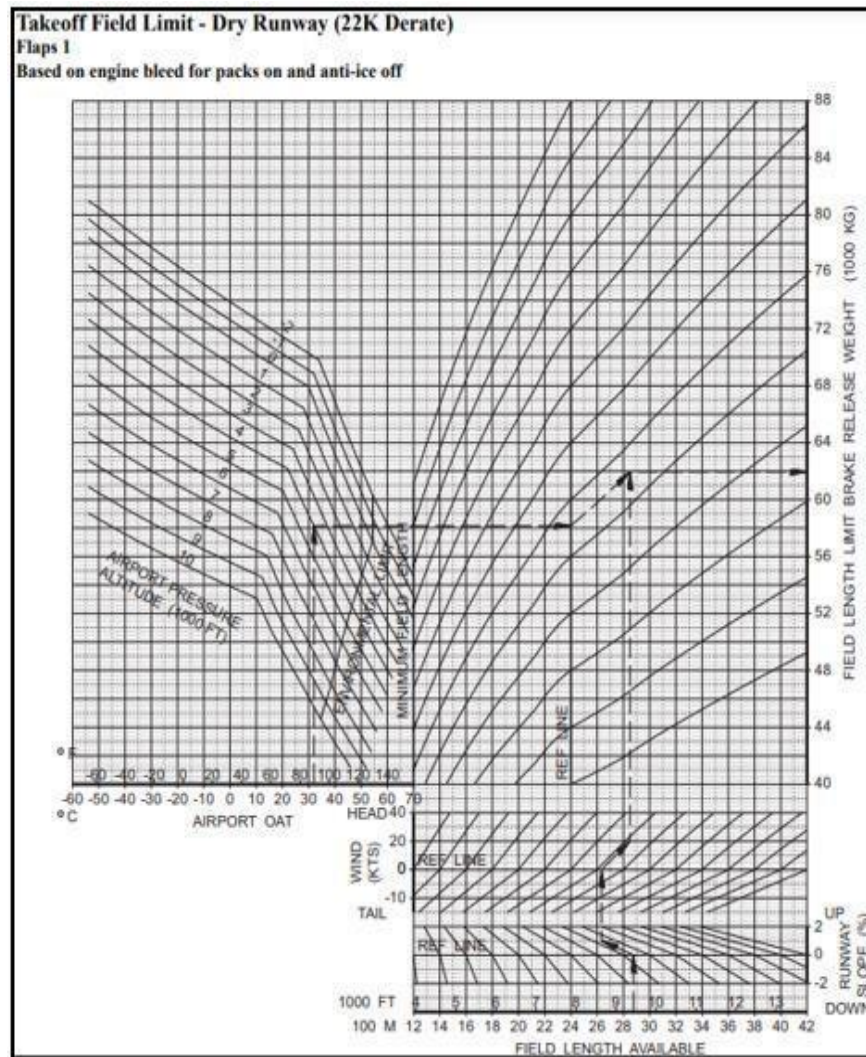
1. PENGANTAR

Ketika pesawat harus terbang jauh dengan jumlah bahan bakar yang banyak, hal ini dapat membatasi kapasitas muatan pesawat. Namun, di sisi lain, kebutuhan akan muatan yang banyak di masa depan sangat mungkin terjadi. Oleh karena itu, maskapai penerbangan di masa depan tentunya akan mempertimbangkan cara untuk meningkatkan kapasitas muatan pesawat dengan mempertahankan jumlah bahan bakar yang cukup [1,2]. Dalam meningkatkan kapasitas muat pesawat, perlu diperhatikan aspek- aspek kemampuan pesawat agar muatan tidak melebihi kapasitas yang ditetapkan. Hal ini sangat penting untuk menjaga keselamatan penerbangan. Untuk pesawat Airbus A320, terdapat metode *improve climb*. Metode ini digunakan jika dalam suatu situasi dimana pesawat itu harus menambah bebannya diatas *Take off climb limit* ataupun *take off filed limit* pada pesawat tersebut, tetapi masih berada di bawah *maximum take off weight* (MTOW) yang telah ditentukan oleh manufaktur. Metoda *improve climb* juga mempertimbangkan kondisi udara (kecepatan angin dan temperatur) dan panjang landasan pada bandar udara tersebut. Hasil perhitungan penambahan beban dengan metode *improve climb* ini akan berbeda jika dibandingkan dengan perhitungan di bandar udara lainnya, meskipun pesawat yang digunakan sama[3,4]. *Brake Release Weight* (BRW) adalah berat pesawat saat pesawat berapa pada ujung *runway*, sesaat sebelum melakukan *takeoff* dan kunci rem roda telah dilepas. Berat maksimum pesawat dalam pengertian BRW yang dibatasi oleh panjang landasan disebut dengan *takeoff weight limited by field length*[5,6]. Kemampuan *take off weight* dengan panjang landasan yang ada juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan *runway* yaitu berupa permukaan *runway* yang kering (*dry runway*) dan kondisi permukaan *runway* yang basah (*wet runway*) sesuai dengan sertifikasi teknis kelaikan udara[7,8]. Panjang bidang yang tersedia adalah sepanjang *runway* dalam kondisi permukaan aspal (*asphalt*) hingga pesawat

mengalami *lift off* dan mencapai ketinggian terbang 35 feet. Untuk menentukan BRW yang dibatasi oleh *fieldlength* perlu memperhatikan unsur-unsur yang membatasinya yaitu:

- 1 Panjang landasan (*runway field length*)
- 2 Kemiringan *runway* (*runway slope*)
- 3 Pengaruh kecepatan angin (*wind effect*)
- 4 Suhu udara luar *Outside Air Temperature* (OAT)
- 5 *Airport pressure altitude*

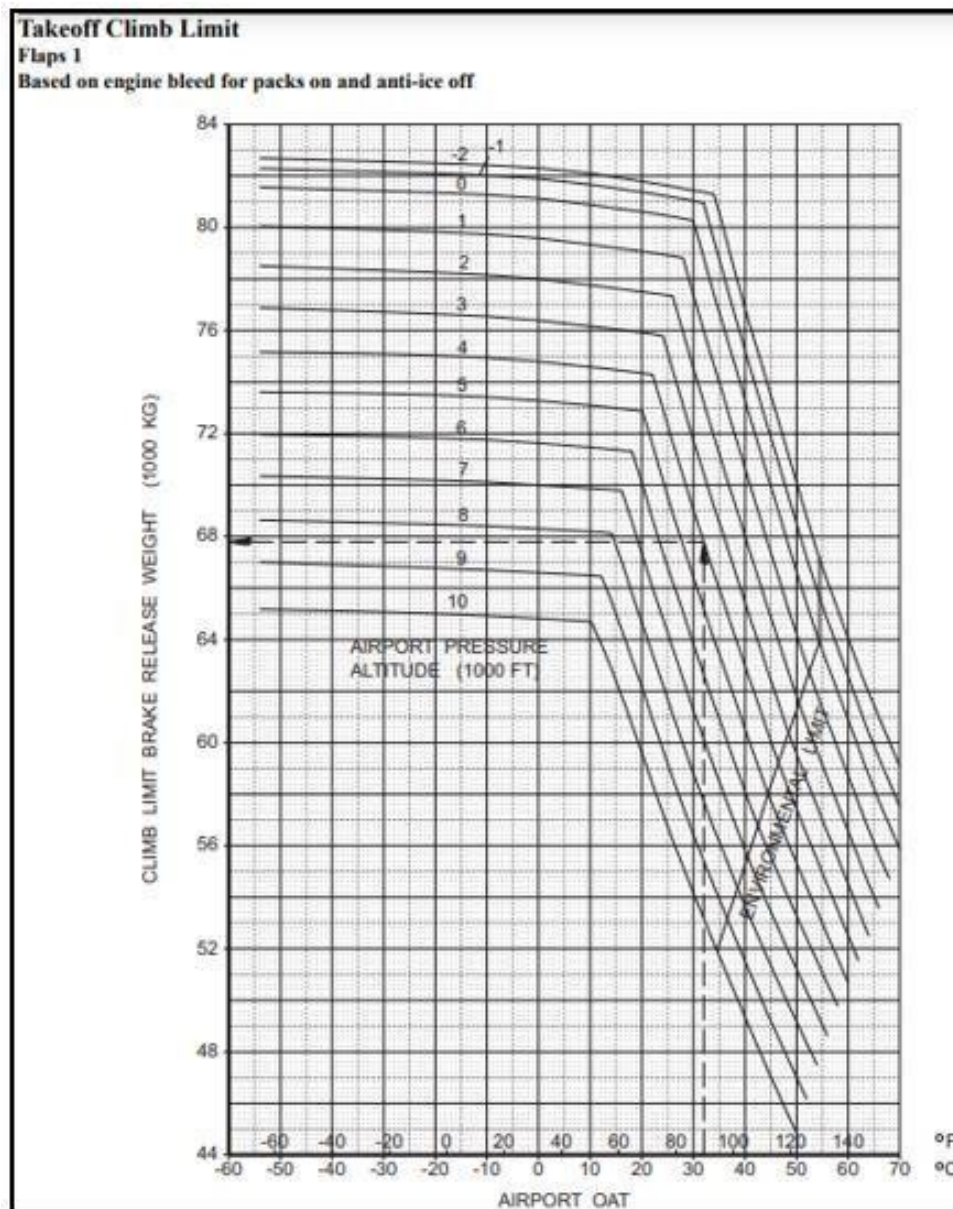
Gambar 2.1 Grafik TOW limited by field length



Sumber: *Flight Planning and Performance Manual* (FPPM)

Berat pesawat saat *takeoff* yang dibatasi oleh target performa menanjak (*climb*) dengan *standard performa climb* yang telah ditentukan disebut dengan *TOW limited by climb* atau *takeoff climb limit*[9,10]. Faktor yang mempengaruhi *take off weight* yang dibatasi oleh *climb* adalah:

1. Suhu udara luar *Outside Air Temperature* (OAT)
2. *Airport pressure altitude*



Gambar 2.2 Grafik TOW limited by Climb
 Sumber: *Flight Planning and Performance Manual (FPPM) A320*

2. METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan dua cara, yaitu observasi lapangan dan wawancara. Observasi lapangan dalam hal ini berupa observasi pengamatan karakteristik *runway* dan melihat actual data penerbangan, observasi lapangan juga dilakukan di AirNav, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang mempunyai kompetensi Untuk menjawab pertanyaan yang nantinya akan menjadi sumber pembahasan dalam kajian ini. Data yang didapat berupa Data kondisi *runway* yang teramati di Bandar Udara Internasional Radin Inten II Lampung, Data karakteristik cuaca per periode dalam pengamatan berupa OAT, tekanan udara dan data angin di BMKG. Data operasi penerbangan berdasarkan rute penerbangan yang ada di Bandar Udara Internasional Radin Inten II Lampung[11,12].

Langkah selanjutnya adalah menentukan *Maximum Takeoff Weight* berdasarkan grafik FPPM dengan menggunakan kategori *Maximum Takeoff Weight Limited by Field Length*, *Maximum Takeoff Weight Limited by Climb Segment*, dan *Maximum Takeoff Weight Limited by Obstacle*. Setelah itu melakukan penghitungan perencanaan terbang untuk mendapatkan beberapa bahan bakar yang harus dibawa untuk masing – masing *destination* berdasarkan ketinggian terbang yang dipakai oleh beberapa maskapai penerbangan, dan

menghitung kapasitas muat pesawat berdasarkan pada MTOW pada periode waktu (*Day* dan *Afternoon*) dan *destination*. Semakin terbangnya berbeda dan *destination* berbeda maka *pay load*nya berbeda. Setelah mendapatkan hasil perhitungan diatas, maka analisa *improve climb* dilakukan dengan menganalisis perbedaan antara MTOW *limited by field length*, MTOW *limited by climb segment* dan MTOW *limited by obstacle* yang dijadikan referensi melalui grafik FPPM untuk menentukan berapa penambahan *takeoff* yang bisa dilakukan. Nilai MTOW *limited by field length* harus lebih besar dari pada nilai MTOW *limited by climb*. Selisih dari nilai MTOW *limited by field length* dikurangi nilai MTOW *limited by climb segment* yang menjadi referensi untuk menentukan berapa nilai *improve climb* dengan menggunakan FPPM grafik *improve climb*. Setelah didapatkan nilai *maximum takeoff weight* baru dilakukan penghitungan *allowable load*. Selanjutnya akan didapatkan beberapa nilai muatan tambahan yang bisa ditambahkan kedalam pesawat. Penghitungan *allowable load* dilakukan dua kali yaitu penghitungan *allowable load* sebelum *improve climb* dan penghitungan *allowable load* sesudah *improve climb*[13].

3. HASIL DAN ANALISIS

Besar muatan ditentukan pada *maximum take off weight* (MTOW), *maximum landing weight* (MLDW), dan *maximum zero fuel weight* (MZFW). Dengan mengacu pula pada berat pesawat saat sebelum dimuat, Dalam dunia penerbangan sipil berat pesawat sebelum dimuat disebut *dry operating weight* (DOW).

3.1. Menentukan MTOW Mengacu Pada *Runway Weight Chart* (RWC)

Nilai *maximum take-off weight* ini sebagai nilai dari kemampuan *take-off* pesawat A320 family sebagai referensi berat pesawat yang dibatasi oleh *Field* dan *Climb limited* tertera dalam data RWC yang diperlihatkan pada tabel 3.1. tabel tersebut memberikan batasan berat pesawat berdasarkan temperatur, kecepatan angin, dan defleksi flap.

Tabel 3.1 *Runway Weight Chart* Bandara Radin Inten II *Runway 14 Dry*

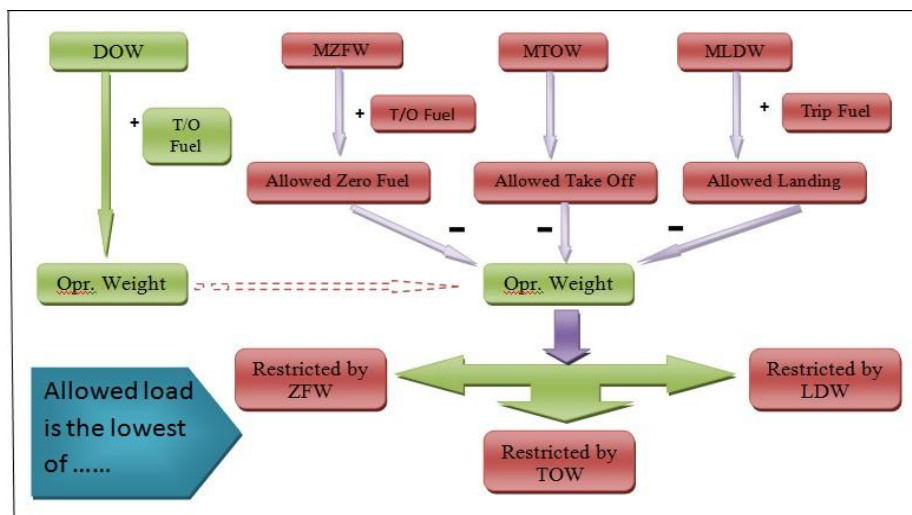
OAT °C	RUNWAY LENGTH LIMITED TOW (LBS)								CLIMB LIMIT
	TAIL WIND KT S		ZERO WIND	HEAD WIND KT S					
	10	5		10	20	30			
40	945	965	984	989	994	1004	1159		
39	952	972	991	996	1001	1011	1168		
38	959	979	998	1003	1008	1018	1178		
37	965	985	1005	1010	1015	1026	1187		
36	972	992	1012	1017	1022	1033	1197		
35	979	999	1019	1024	1029	1040	1206		
34	985	1005	1025	1030	1035	1046	1214		
33	991	1012	1031	1036	1042	1053	1222		
32	998	1018	1038	1043	1048	1059	1230		
31	1004	1025	1044	1049	1055	1066	1238		
30	1010	1031	1050	1055	1061	1072	1246		
29	1010	1031	1050	1056	1061	1073	1247		
28	1011	1032	1051	1056	1062	1073	1248		
27	1011	1032	1051	1057	1062	1074	1249		
26	1012	1033	1052	1057	1063	1074	1250		
25	1012	1033	1052	1058	1063	1075	1251		

Pada tabel 3.1 menunjukan berat maksimum pesawat saat *take off* dengan defleksi flap sebesar 5°. Lajur kiri menunjukkan variasi OAT Bandara Radin Inten II dari 25°C hingga kemungkinan suhu maksimum Makassar di OAT bernilai 40°C. Berat maksimum pesawat saat *take off* yang dibatasi oleh *field* bervariasi menurut variasi arah dan kecepatan angin mulai dari *Tail wind* 5 knot dan 10 knot, kondisi tidak ada angin atau *calm* hingga kondisi *head wind* dengan variasi kecepatan angin 10 knots, 20 knots dan 30 knots. Pada data tersebut juga terdapat performa terbang dengan batasan *take-off weight* yang didasarkan pada kemampuan *second segment* saat *take off* dan *climb* atau disebut dengan *Climb limit*. Contoh Pembacaan Data, Nilai MTOW untuk *Runway 14 Dry* dengan *Temperature* 29 dan *Wind Calm*. Untuk hasil *allowed take off weight* A320 Family dengan menggunakan RW-14 *outside air temperature* 29°C dan *zero wind* adalah 105,000 lbs atau $(105,000 / 2.2046) \text{ kg} = 47,628 \text{ kg}$ untuk batasan *runway field length*. Untuk hasil *allowed take off weight* dibatasi oleh *climb limit segment* adalah sebesar 125,100 lbs

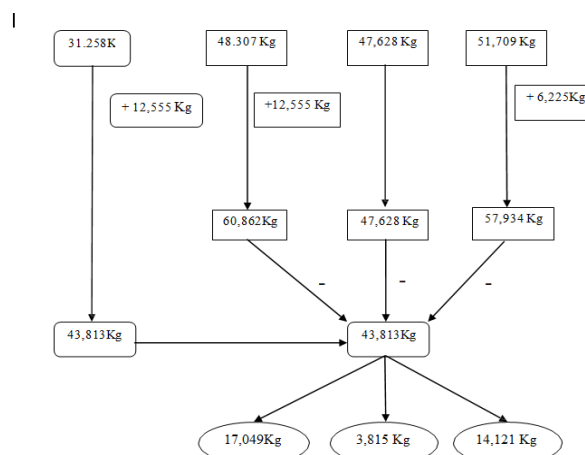
atau $(125,100/2.2046) \text{ Kg} = 56,745 \text{ Kg}$. Dari dua batasan diatas yang digunakan untuk *take-off* normal adalah yang bernilai terkecil sehingga untuk *runway* 14 *dry* yang dipakai untuk nilai batasan MTOW adalah nilai yang dibatasi oleh *field* sebesar **47,628 Kg**.

3.2. Menentukan *Allowed load*

Perhitungan kapasitas muat pesawat diawali dengan menentukan berat pesawat dalam DOW + T/O Fuel menghasilkan nilai *operating weight*. DOW adalah berat pesawat yang siap di pakai untuk terbang termasuk didalamnya segala perlengkapan teknis awak pesawat dan perbekalannya. DOW tidak termasuk didalamnya jumlah bahan bakar yang dipakai selama penerbangan. T/O fuel adalah jumlah bahan bakar pesawat saat pesawat berada pada posisi *line up* di ujung *runway* untuk mengawali *take off*. Menghitung *Allowed Zero Fuel* yang dihasilkan dari penjumlahan Maximum Zero Fuel Weight (MZFW) + T/O fuel. MZFW adalah nilai berat maksimum struktur pesawat dalam batas kelaikan yang dibatasi oleh kekuatan struktur rangka pesawat. *Allowed take off* adalah didapatkan dari besar nilai batas struktur pesawat dalam *maximum take off weight*. MTOW didasarkan pada batasan *field*, *brake energy limit*, *obstacle* dan *tire speed*. Menghitung *allowed landing* yang didapatkan dari penjumlahan nilai struktur *maximum landing weight* + *trip fuel*. *Maximum landing weight structure* didasarkan pada *field landing*, *approach climb*, *tire speed* dan *landing gear structure*. *Trip fuel* merupakan nilai dari berat bahan bakar pesawat yang digunakan untuk penerbangan dari bandara asal menuju bandara tujuan. Selanjutnya mencari nilai yang terkecil dari *allowed ZFW*, *allowed TOW*, dan *allowed LDW* untuk dikurangkan dengan *operating weight*. Hasil pengurangan ini lah yang dijadikan sebagai nilai kapasitas muat pesawat. Gambar 3.2 menunjukkan tabel beban pada pesawat terbang. Sedangkan Gambar 3.3 merupakan hasil perhitungan beban pesawat



Gambar 3.2. Beban Pesawat terbang
Sumber : Data diolah



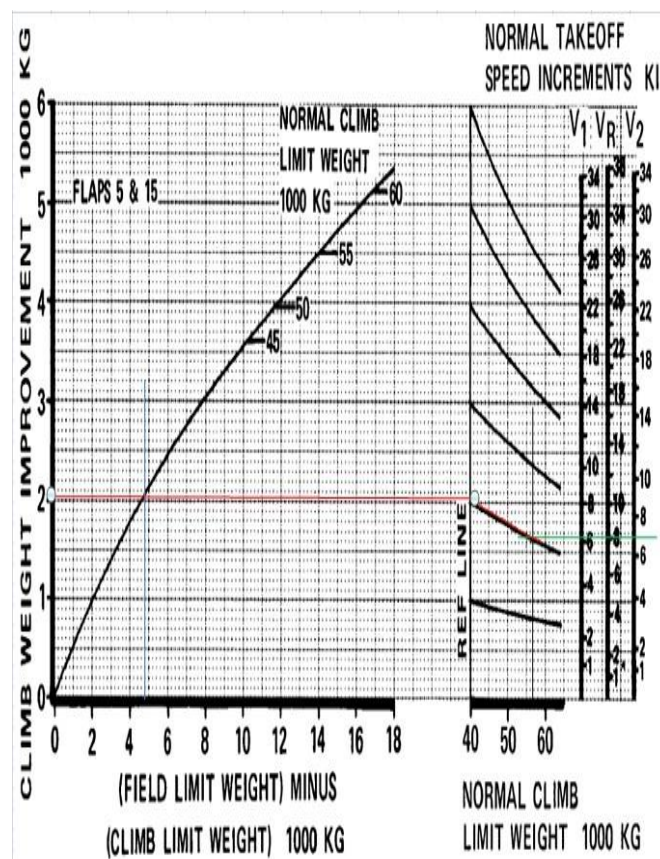
Gambar 3.3 Beban Pesawat terbang

3.3. Perhitungan *Improved Climb*

Mengacu FPPM *Boeing 737-300* permasalahan yang terjadi di Merpati Nusantara berupa terbatasnya kapasitas muat pesawat dibanding dengan kebutuhan muatan yang harus diangkut bisa di solusikan dengan upaya *improved climb*. *Improved climb* secara prinsip adalah teknik meningkatkan kemampuan pesawat dengan memanfaatkan sisa panjang landasan yang masih tersedia yaitu dengan menunda pencapaian kecepatan pesawat atau *reaching speed* pada jarak yang lebih jauh, dengan catatan masih tetap tersedia sisa panjang landasan yang cukup untuk pesawat melakukan *decelerasi* saat pesawat mengalami *rejected take-off* hingga berhenti di ujung landasan dengan selamat.

Sistem penentuan besarnya penambahan muatan dilakukan dengan memanfaatkan grafik *improved climb performance* yaitu memanfaatkan selisih penambahan *climb limit* terhadap *field limit* pada masing-masing suhu kondisi dimana pesawat akan terbang. Teknik penentuan penambahan muatan dengan metode grafis diuraikan melalui contoh kasus berikut ini :

Bandar udara Rajin Inten II pesawat *A320* terbang dari *runway 32* pada *temperature 29:c*, didapatkan data dari RWC sebagai berikut: *Take-off weight* yang dibatasi *climb limit* sebesar 56.600 kg *Take-Off weight* yang dibatasi oleh *field limit* adalah 61.335 Kg. Selisih dari take-off field limited dan climb limited sebesar 4.735 Kg



Gambar 3.1 : Grafik *Improved Climb Weight* OAT 29:C Zero Wind.
(Sumber : Data Diolah)

Dari gambar diatas yang telah didapatkan dalam menentukan *improved climb weight* *A320 family* untuk RW-32 adalah sebesar 2,041 Kg, penambahan *climbing weight* juga berpengaruh pada penambahan kecepatan atau *speed* pada pesawat, sebesar +6.27 , +8.093, +7.017.

Untuk melakukan *improved climb* seperti cara diatas, hanya bisa dilakukan pada *runway 31*, untuk *runway 13* tidak dapat dilakukan, dari data RWC yang telah diolah didapatkan hasil untuk *take-off filed limit* yang dibatasi *field* bernilai lebih kecil dibandingkan dengan nilai *take-off weight* yang dibatasi *climb limit*, sedangkan untuk persyaratan melakukan *imporved climb* adalah nilai *take-off weight* yang dibatasi *field lenght* harus lebih besar dibandingkan *take-off weight* yang dibatasi *climb limit*. Dengan proses yang sama seperti contoh kasus diatas, hasil untuk *imporved climb* pada pesawat *Boeing 737-300* untuk kondisi

OAT bervariasi mulai dari 25°C sampai kondisi suhu tertinggi di Makassar 33°C. Untuk *Flaps 5* dengan Kondisi *Zero Wind*, *Head Wind 10 Knots*, dan *Head Wind 20 Knots*. Di bawah ini adalah hasil dari *climb weight improvement* pada *flaps 5* untuk kondisi *zero wind*, dan *head wind*. Ditampilkan dalam tabel 3.2, 3.3 dan 3.4 berikut ini .

Table 3.2 *Climb Weight Improvement Flaps 5 Zero Wind*

FLAPS 5	ZERO WIND			
OAT	T/O FIELD LIMIT KG	T/O CLIMB LIMIT KG	DELTA WEIGHT LIMIT KG	CLIMB WEIGHT IMPROVEMENT KG
25°C	61,533 Kg	56,745 Kg	4,808 Kg	2,080 Kg
26°C	61,499 Kg	56,709 Kg	4,790 Kg	2,066 Kg
27°C	61,444 Kg	56,672 Kg	4,772 Kg	2,053 Kg
28°C	61,390 Kg	56,636 Kg	4,754 Kg	2,047 Kg
29°C	61,335 Kg	56,600 Kg	4,736 Kg	2,041 Kg
30°C	61,281 Kg	56,564 Kg	4,717 Kg	2,031 Kg
31°C	61,018 Kg	56,119 Kg	4,899 Kg	2,131 Kg
32°C	60,755 Kg	55,674 Kg	5,090 Kg	2,161 Kg
33°C	60,492 Kg	55,230 Kg	5,262 Kg	2,262 Kg

Table 3.3 *Climb Weight Improvement Flaps 5 Head Wind 10 Knots*

FLAPS 5	HEAD WIND 10 KNOTS			
OAT	T/O FIELD LIMIT KG	T/O CLIMB LIMIT KG	DELTA WEIGHT LIMIT KG	CLIMB WEIGHT IMPROVEMENT KG
25°C	63,005 Kg	56,745 Kg	6,260 Kg	2,546 Kg
26°C	62,887 Kg	56,709 Kg	6,178 Kg	2,516 Kg
27°C	62,769 Kg	56,672 Kg	6,096 Kg	2,500 Kg
28°C	62,651 Kg	56,636 Kg	6,015 Kg	2,467 Kg
29°C	62,533 Kg	56,600 Kg	5,933 Kg	2,434 Kg
30°C	62,415 Kg	56,564 Kg	5,851 Kg	2,408 Kg
31°C	62,143 Kg	56,119 Kg	6,024 Kg	2,464 Kg
32°C	61,871 Kg	55,674 Kg	6,196 Kg	2,513 Kg
33°C	61,598 Kg	55,230 Kg	6,369 Kg	2,573 Kg

(Sumber : Data Diolah)

Table 3.4 *Climb Weight Improvement Flaps 5 Head Wind 20 Knots*

FLAPS 5	HEAD WIND 20 KNOTS			
OAT	T/O FIELD LIMIT KG	T/O CLIMB LIMIT KG	DELTA WEIGHT LIMIT KG	CLIMB WEIGHT IMPROVEMENT KG
25°C	63,912 Kg	56,745 Kg	7,167 Kg	2,800 Kg
26°C	63,812 Kg	56,709 Kg	7,103 Kg	2,790 Kg
27°C	63,712 Kg	56,672 Kg	7,040 Kg	2,767 Kg
28°C	63,612 Kg	56,636 Kg	6,976 Kg	2,747 Kg
29°C	63,513 Kg	56,600 Kg	6,913 Kg	2,731 Kg
30°C	63,413 Kg	56,564 Kg	6,849 Kg	2,711 Kg
31°C	63,177 Kg	56,119 Kg	7,058 Kg	2,771 Kg
32°C	62,941 Kg	55,674 Kg	7,267 Kg	2,816 Kg
33°C	62,705 Kg	55,230 Kg	7,475 Kg	2,900 Kg

4. KESIMPULAN

Improve climb dilakukan sebagai upaya menambah kemampuan daya muat pesawat B737-300 dimana kebutuhan muatan yang akan diangkut lebih besar dari kapasitas muat normalnya. Fungsi *improve climb* diatas dilakukan didasarkan atas pemenuhan persyaratan teknis pelaksanaan *improve climb* dan disarankan pula atas pertimbangan pilot yang bertugas pada saat itu. kapasitas muatan pesawat dapat ditingkatkan hingga 3% tanpa mengorbankan faktor keselamatan. Hal ini membuka peluang untuk meningkatkan jumlah penumpang dan kargo yang dapat dilayani oleh bandara tersebut. Keputusan penerbang menjadi penentu akhir bisa atau tidaknya *improve climb* dilakukan dengan alasan penerbang atau pilot yang bertugas saat itu memahami kondisi teknis terakhir pesawat, kesiapan mental pribadi serta fenomena cuaca terkini saat pesawat akan dilakukan *improve climb*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MingZhu Hou, Tingyu Zhao, Ke Wang, "Analysis on the Influence of Improved Climb on Take-off Weight Limit of Domestic Civil Aircraft," *IEEE 3rd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, vol. 3, no. 10 December 2021, p. 83, 2021.
- [2] Sam Peeters, Guglielmo Guastalla, "Analysis of vertical flight efficiency during climb and descent," Eurocontrol, Brussels, 2017.
- [3] Djoko Widagdo, Dini Shafarini, "Analisa Jumlah Bahan Bakar dan Biaya Uplift Fuel pada Maskapai Garuda Indonesia Rute Kualanamu-Soekarno Hatta di Bandar Udara Kualanamu Medan," *Jurnal Manajemen Dirgantara*, vol. 11, no. Juli 2018, p. 16, 2018.
- [4] M. B. Indrawan, "Studi Kinerja Runway 3 dan Pengaruh Adanya Crossing Taxiway Terhadap Kapasitas Runway 2 di Bandara Internasional Soekarno-Hatta," Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2020.
- [5] M. M. A. Perdana, "Penggunaan Teknik Terbang Improve Climb Pada Pesawat Boeing 737-800NG Maskapai Garuda Indonesia dan Boeing 737-900ER Maskapai Lion Air Untuk rute Surabaya-Kupang," Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta, 2018.
- [6] Prisilia Junianti Mapeda, Sisca V. Pandey, Lucia G.J. Lamentik, "Analisis Kapasitas Landasan Pacu (Runway) Pada Bandar Udara International Sam Latulangi Manado," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. Januari 2020, p. 83, 2020.
- [7] Fajar Harry Kurniawan, "Determination of Weight and Balance on The Boeing 737 and Airbus A320," *Jurnal Vortex Vol 2*, No 2 tahun 2021 p.119-128
- [8] Aldri Nasaifal, "The Feasibility Analysis of Boeing 737-500 Operation at Aceh Malikussaleh Airport," *Jurnal Vortex Vol 2*, No 2 tahun 2021 p.109-118
- [9] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2021). *Data Bandara Internasional Radin Inten II*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [10] Kurniawan, D., & Siregar, R. (2020). Analisis Kinerja Pendakian Pesawat Jet Komersial pada Bandar Udara dengan Topografi Kompleks. *Jurnal Teknik Dirgantara*, 12(2), 145–153.
- [11] Pratama, R. A. (2022). Optimalisasi Rute dan Beban Pesawat dengan Metode Climb Performance. *Jurnal Transportasi Udara Nasional*, 8(1), 50–60.
- [12] Widodo, A., & Nurhadi, B. (2021). Studi Kapasitas Bandara dan Dampaknya terhadap Operasional Penerbangan. *Jurnal Manajemen Transportasi*, 9(3), 210–220.
- [13] Airbus S.A.S. (2020). *Airbus A320 Aircraft Characteristics – Airport and Maintenance Planning*. Retrieved from <https://www.airbus.com>