



# Analisis Perhitungan Weight And Balance pada Loadsheets dalam Menunjang Keselamatan Penerbangan pada Maskapai Air Asia di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung

Egya Shafa Dwi R1<sup>1</sup> & Hodi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

Korespondensi penulis: [shafaegya56@gmail.com](mailto:shafaegya56@gmail.com)

**Abstract.** *The importance of calculating weight and balance on an aircraft to support flight safety is something that must be done by service providers. Mistakes in calculating weight distribution can cause overloads that risk endangering the safety of passengers, crew, and the aircraft itself. This study was conducted at AirAsia Airlines with a focus on the Airbus A320 aircraft at Husein Sastranegara Airport, Bandung. The study used a quantitative method with primary and secondary data collection. Primary data was collected through direct observation in the field, while secondary data was obtained from documents, journals, and related literature. This study analyzed data related to aircraft weight, fuel, passengers, baggage, and cargo to calculate weight and balance on the loadsheets. The results of this study indicate that calculating weight and balance on loadsheets is an important process in ensuring flight safety. Steps involving calculating the weight of passengers, baggage, cargo, fuel, and the distribution of the aircraft's center of gravity ensure that the aircraft operates within the safe limits set by the manufacturer. Based on the analysis of passenger, baggage, cargo, and fuel data, the Zero Fuel Weight (ZFW) was 60,516 kg, Takeoff Weight (TOW) was 67,516 kg, and Landing Weight (LW) was 62,516 kg. All of these parameters are within the specified safe limits. Load management on an Air Asia A320 aircraft when overloading requires special attention to parameters such as Maximum Takeoff Weight (MTOW), Maximum Landing Weight (MLW), and Maximum Landing Weight (MZFW). If an overload occurs, as recorded on the fourth day in Hold 5, the solution that can be taken is to reduce the cargo load on that Hold. For the situation on the fifth day, where the Landing Weight (LW) exceeds the MTOW, the right step is to reduce the amount of fuel.*

**Keywords:** *Loadsheets, Weight and Balance, Aviation Safety.*

**Abstrak.** Pentingnya perhitungan weight and balance pada pesawat untuk menunjang keselamatan penerbangan merupakan hal yang harus dilakukan oleh penyedia jasa. Kesalahan dalam menghitung distribusi berat dapat menyebabkan kelebihan beban (overload) yang berisiko membahayakan keselamatan penumpang, awak pesawat, dan pesawat itu sendiri. Penelitian ini dilakukan di Maskapai AirAsia dengan fokus pada pesawat Airbus A320 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen, jurnal, dan literatur terkait. Penelitian ini menganalisis data terkait berat pesawat, bahan bakar, penumpang, bagasi, dan kargo untuk menghitung weight and balance pada loadsheet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan weight and balance pada loadsheets merupakan proses penting dalam menjamin keselamatan penerbangan. Langkah-langkah yang melibatkan penghitungan berat penumpang, bagasi, kargo, bahan bakar, serta distribusi pusat gravitasi pesawat memastikan bahwa pesawat beroperasi dalam batas aman yang ditetapkan oleh pabrikan. Berdasarkan analisis data penumpang, bagasi, kargo, dan bahan bakar, diperoleh Zero Fuel Weight (ZFW) sebesar 60.516 kg, Takeoff Weight (TOW) sebesar 67.516 kg, dan Landing Weight (LW) sebesar 62.516 kg. Semua parameter tersebut berada dalam batas aman yang ditentukan. Pengaturan muatan pada pesawat Air Asia A320 ketika terjadi kelebihan muatan (overload) memerlukan perhatian khusus terhadap parameter seperti Maximum Takeoff Weight (MTOW), Maximum Landing Weight (MLW), dan Maximum Landing Weight (MZFW). Jika terjadi overload, seperti yang tercatat pada hari keempat di Hold 5, solusi yang dapat diambil adalah mengurangi muatan kargo pada Hold tersebut. Untuk situasi di hari kelima, di mana Landing Weight (LW) melebihi MTOW, langkah yang tepat adalah mengurangi jumlah bahan bakar.

**Kata kunci:** Loadsheets, Weight and Balance, Keselamatan Penerbangan.

## 1. LATAR BELAKANG

Indonesia sebagai negara kepulauan dan pertumbuhan ekonominya yang terus berkembang pesat, memiliki beberapa transportasi dan jasa pengangkutan pilihan. Semakin majunya perkembangan di bidang transportasi, maka semakin banyak transportasi yang dapat

dipilih oleh masyarakat untuk mempermudah perjalanan jauh yang akan ditempuh. Salah satunya jenis transportasi yang dapat digunakan yaitu pesawat udara, dikarenakan pesawat udara merupakan alat transportasi yang cepat serta efisien (Firdaus, 2022)

Sejalan dengan peningkatan penggunaannya maka semakin banyak yang membuka maskapai penerbangan baru atau hanya sekedar menambah rute baru. Banyak maskapai-maskapai penerbangan yang menambahkan armada pesawatnya baik untuk berbagai type. Hal ini ialah sebagai satu dari berbagai usaha perusahaan penerbangan dalam menaikkan kinerja yang dihasilkannya tersebut. Perusahaan penerbangan saat ini saling berkompetisi dalam menaikkan kinerja yang dihasilkannya, kinerja yang dimaksud ialah menyediakan layanan yang paling baik pada para pengguna jasanya. Pelayanan yang baik ini tentunya berimplikasi terhadap kepuasan pelanggannya. Dengan adanya upaya dalam penambahan rute baru dan penambahan armada pesawat dengan berbagai type, hal ini disebabkan karena terbatasnya daya angkut pesawat itu sendiri (Nurchaya, 2019)

Menurut Kurniawan, (2021) menjelaskan loadsheet merupakan dokumen pesawat udara yang wajib dibuat oleh stasion keberangkatan. Dokumen tersebut berupa perhitungan distribusi untuk menentukan weight and balance sesuai dengan type pesawat yang dikerjakan dan berisi tentang perhitungan jumlah berat atau muatan keseluruhan pesawat untuk mengetahui titik CG (center of gravity) pada zero fuel weight, take off maupun landing sehingga pesawat berada pada kondisi weight and balance. Perhitungan weight and balance sebuah pesawat yang dilakukan secara akurat sesuai standar yang ditetapkan oleh IATA (International Air Transport Association) merupakan prioritas utama terhadap keamanan pesawat dan keselamatan penumpang serta pesawat itu sendiri selama melakukan penerbangan. Perhitungan CG dilakukan oleh bagian Load Control baik itu secara manual menggunakan rumus-rumus yang telah ada ataupun menggunakan software secara komputerisasi.

Perhitungan keseimbangan berat pesawat atau weight and balance tidak akan terlaksana jika tidak adanya faktor pendukung. Maka dari itu weight and balance disini memiliki arti, weight adalah ukuran dan daya tarik gravitasi bumi terhadap benda material. Kekuatan gravitasi berpengaruh pada massa pesawat, sedangkan beban pesawat tergantung pada beban pesawat dan jumlah muatan. Balance atau keseimbangan mengacu pada posisi CG dari sebuah pesawat. Ini merupakan hal yang terpenting bagi keamanan dan kenyamanan selama penerbangan. Yang dimaksud balance adalah titik pusat antara bagian depan (forward) dan belakang (after) pesawat dimana posisi CG harus terletak seimbang (Firdaus, 2022)

Dalam melakukan perhitungan ini sangatlah diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan pada hasil akhirnya, jika perhitungan weight and balance tidak dihitung dengan

benar akan mengakibatkan berbagai permasalahan khususnya terkait beban pesawat. Salah satu contoh masalah yang diakibatkan kesalahan perhitungan yaitu terjadinya kelebihan beban pesawat (overload). Beban pesawat yang melebihi batas ketentuan (overload) dapat membahayakan penumpang yang menggunakan jasa transportasi ini serta awak kabin crew pesawat udara (Utama, 2018)

Salah satu permasalahan overload yang ditemukan penulis selama observasi di lapangan yaitu beban pesawat melebihi standar ketahanan beban landasan pacu. Jika kelebihan beban pesawat (overload) ini melebihi standar ketahanan beban landasan pacu pada Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung, akan mengakibatkan landasan pacu itu akan mengalami kerusakan secara bertahap. Oleh sebab itu, berat dan keseimbangan pesawat sangatlah perlu diperhatikan pada waktu pesawat kondisi terbang. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keseimbangan pesawat yaitu titik modifikasi pesawat, penumpang maupun bagasi (Utama, 2018).

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Bandar Udara**

Bandar Udara menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan menjelaskan bahwa Bandar udara adalah kawasan di darat dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Sedangkan menurut Annex 14 tentang Aerodrome Volume II Tahun 2009, menjelaskan bahwa Bandar udara adalah suatu daerah tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi, dan peralatan) yang dimaksudkan untuk digunakan baik seluruhnya maupun sebagian untuk kedatangan, keberangkatan, dan pergerakan di darat dari pesawat udara.

### **Maskapai Penerbangan**

Air Asia didirikan pada tahun 1993, penghubung Bandar Udara Internasional Kuala Lumpur. Kota focus Air Asia ini yaitu Bandar Udara Internasional Kota Kinabalu, Bandar Udara Internasional Kuching, Bandar Udara Internasional Pulau Pinang dan Bandar Udara Internasional Sultan Ismail dengan jumlah moda 51. Berhad beroperasi sebagai Air Asia adalah sebuah maskapai penerbangan berbiaya murah yang berpusat di Bandar Udara Internasional Kuala Lumpur. Air Asia sendiri adalah maskapai penerbangan berbiaya murah yang berpusat di Bandar Udara Internasional Kuala Lumpur. Air Asia sendiri adalah maskapai swasta terbesar

di Malaysia. Dengan rute Indonesia, Arab Saudi, Jepang, Malaysia, Thailand, Singapura, dan Vietnam, serta rute carter menuju China dan Hongkong. Pesawat Air Asia ini menggunakan tipe pesawat Airbus A320 adalah pesawat penumpang komersial pertama jarak dekat sampai menengah dengan system kendali fly-by-wire digital, yaitu pilot mengendalikan pesawat melalui sinyal elektronik dan bukan secara mekanik (Amelia, 2022).

### **Keselamatan Penerbangan**

Keselamatan adalah suatu keadaan aman, dalam suatu kondisi yang aman secara fisik, spiritual, pekerjaan, psikologis, ataupun Pendidikan dan terhindar dari ancaman yang dapat merugikan diri.

### **Loadsheet**

Loadsheet merupakan dokumen pesawat udara yang wajib dibuat oleh stasiun keberangkatan. Dokumen tersebut berupa perhitungan distribusi untuk menentukan weight and balance sesuai dengan type pesawat yang dikerjakan dan berisi tentang perhitungan jumlah berat atau muatan keseluruhan pesawat untuk mengetahui titik CG (center of gravity) pada zero fuel weight, take off maupun landing sehingga pesawat berada pada kondisi weight and balance. Perhitungan weight and balance sebuah pesawat yang dilakukan secara akurat sesuai standar yang ditetapkan oleh IATA (International Air Transport Association) merupakan prioritas utama terhadap keamanan pesawat dan keselamatan penumpang serta pesawat itu sendiri selama melakukan penerbangan. Perhitungan CG dilakukan oleh bagian Load Control baik itu secara manual menggunakan rumus-rumus yang telah ada ataupun menggunakan software secara komputerisasi.

### **Weight and Balance**

Weight adalah ukuran dan daya tarik gravitasi bumi terhadap benda material. Kekuatan gravitasi berpengaruh pada massa pesawat, sedangkan beban pesawat tergantung pada beban pesawat dan jumlah muatan. Sedangkan Balance adalah titik pusat antara bagian depan (forward) dan belakang (after) pesawat dimana posisi CG harus terletak seimbang. Balance atau keseimbangan mengacu pada posisi CG dari sebuah pesawat. Ini merupakan hal yang terpenting bagi keamanan dan kenyamanan selama penerbangan

## **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Maskapai AirAsia dengan fokus pada pesawat Airbus A320 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen, jurnal, dan literatur

terkait. Penelitian ini menganalisis data terkait berat pesawat, bahan bakar, penumpang, bagasi, dan kargo untuk menghitung weight and balance pada loadsheet.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Paparan Data

Pada penelitian ini pengumpulan dan penyajian informasi dasar mengenai pesawat dan rute penerbangan tertentu. Dalam konteks ini, data umum yang dimaksud mencakup detail tentang satu jenis pesawat yang digunakan, serta informasi spesifik mengenai satu rute penerbangan yang dilayani. Jadwal keberangkatan difokuskan pada periode satu minggu, yang memungkinkan analisis frekuensi penerbangan, waktu keberangkatan, dan kemungkinan pola perjalanan. Data ini penting untuk memahami operasional penerbangan, efisiensi, dan pemanfaatan armada dalam jangka waktu tertentu. Berikut data terkait :

Tabel 1. Data Umum Pesawat dan Penerbangan

Jenis	Keterangan
Maskapai	Airasia
Pesawat	Airbus A320
Nomor Penerbangan	QZ 753
Rute	BDO - BPN

Sumber : Maskapai Air Asia

Tabel 2. Ketentuan Maskapai

Jenis	Keterangan
Dry Operating Weight (DOW)	42.716 kg
<i>Maximum Takeoff Weight</i> (MTOW)	73.500 kg
<i>Maximum Landing Weight</i> (MLW)	66.600 kg
<i>Maximum Zero Fuel Weight</i> (MZFW)	62.500 kg

Sumber : SOP

Ket :

DOW: Berat kosong pesawat ditambahkan dengan barang – barang yang dibutuhkan selama penerbangan.

MTOW : Berat maksimum yang diizinkan untuk pesawat saat lepas landas.

MLW : Berat maksimum yang diizinkan untuk pesawat saat mendarat.

MZFW : Berat maksimum pesawat tanpa bahan bakar.

Berdasarkan tabel 2. diketahui Dry Operating Weight (DOW) yang ditentukan oleh maskapai Air Asia sebesar 42.716 kg, Maximum Takeoff Weight (MTOW) sebesar 73.500 kg, Maximum Landing Weight (MLW) sebesar 66.600 kg, dan Maximum Zero Fuel Weight (MZFW) sebesar 62.500 kg. Angka ini didapatkan dari ketentuan yang telah ditetapkan oleh maskapai Air Asia, ketentuan ini menjadi acuan dalam pembuatan Loadsheet dan perhitungan Weight and Balance.

Selain data yang telah didapatkan dari maskapai Air Asia, penelitian akan dibantu dengan data yang telah disiapkan untuk memudahkan dalam pembuatan Loadsheet nantinya. Data ini akan dipakai mulai rumusan masalah pertama hingga rumusan masalah kedua, hal ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan yang ada di dalamnya dan memfokus satu data saja. Berikut data yang diperlukan :

Tabel 3. Data pada perhitungan Loadsheet

<b>Jenis</b>	<b>Keterangan</b>
<b>Berat Penumpang</b>	
Total Penumpang	180 orang
Rata-rata berat per penumpang dewasa	70 kg
Rata-rata berat per penumpang anak-anak	40 kg
Rata-rata berat per penumpang bayi	10 kg
<b>Berat Bagasi</b>	
Rata-rata berat bagasi terdaftar per penumpang	10 - 20 kg
<b>Berat Kargo</b>	
Total berat kargo	2.500 kg
<b>Berat Bahan Bakar</b>	
Total bahan bakar	7.000 kg
Bahan bakar Cadangan	1.000 kg
Bahan bakar perjalanan	5.500 kg
Bahan bakar untuk taxi	500 kg
<b>Berat Kosong Pesawat</b>	

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 1. dan Tabel 2. dan 3. mengenai pesawat, konfigurasi penerbangan, dan data pada perhitungan Loadsheet mengenai berbagai elemen yang akan mempengaruhi berat dan keseimbangan pesawat sebelum penerbangan maskapai

AirAsia, langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan perhitungan Weight and Balance pada Loadsheet. Proses ini sangat penting untuk memastikan keselamatan penerbangan, terutama di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Dengan menganalisis berat pesawat, Maximum Takeoff Weight (MTOW), Maximum Landing Weight (MLW), dan parameter lainnya, penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa distribusi beban berada dalam batas yang aman. Hal ini akan membantu mengoptimalkan kinerja pesawat selama penerbangan, serta meminimalkan risiko yang dapat mengancam keselamatan penumpang dan awak pesawat.

### **Pembahasan**

Loadsheet adalah dokumen penting dalam industri penerbangan yang berfungsi untuk mencatat dan menganalisis distribusi beban pesawat sebelum penerbangan. Dokumen ini mencakup informasi tentang berat total pesawat, jumlah penumpang, bagasi, dan kargo, serta bagaimana semua elemen tersebut tersebar di dalam pesawat. Tujuan utama dari Loadsheet adalah untuk memastikan bahwa pesawat beroperasi dalam batas-batas yang aman, baik dari segi berat maupun keseimbangan.

Pada penelitian ini pembahasan bertujuan untuk memberikan informasi berupa deskripsi dan hasil yang didapatkan dari proses penelitian. Penelitian dilakukan untuk mengetahui mengenai perhitungan Weight and Balance pada Loadsheet dalam menunjang keselamatan penerbangan pada maskapai Airasia dan pengaturan muatan apabila pesawat Airasia mengalami kelebihan muatan (overload) di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.

### **Bagaimana Perhitungan Weight and Balance pada Loadsheet dalam Menunjang Keselamatan Penerbangan Pada Maskapai Air Asia Di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung?**

Proses pembuatan loadsheet (lembar muatan pesawat) merupakan bagian penting dalam operasi penerbangan yang berfungsi untuk memastikan bahwa distribusi berat dan keseimbangan pesawat sudah sesuai dengan batas yang diizinkan, demi keselamatan penerbangan. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan Weight and Balance dalam Loadsheet :

#### **a. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data pada perhitungan Weight and Balance dalam Loadsheet, penyusunan Loadsheet adalah langkah awal yang krusial dalam proses perhitungan ini dikarenakan perhitungan Weight and Balance terdapat di dalam pembuatan Loadsheet. Tahap ini melibatkan pengumpulan informasi lengkap dan akurat mengenai berbagai elemen yang akan mempengaruhi berat dan keseimbangan pesawat sebelum penerbangan. Berikut adalah

beberapa komponen utama yang biasanya dikumpulkan:

- Jumlah Berat Penumpang dalam pembuatan Loadsheets merujuk pada total berat semua penumpang yang terdaftar untuk penerbangan.

Tabel 4. Data Jumlah Berat Penumpang

Jenis	Jumlah
Total Penumpang	180 orang (Dewasa)
Rata-rata berat per penumpang dewasa	75 kg
Total berat penumpang	= 180 x 75 kg = 13.500 kg

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Total berat penumpang dihitung dengan mengalikan jumlah penumpang (180 orang) dengan rata-rata berat per penumpang (70 kg), dan hasil total berat penumpang adalah 13.500 kg.

- Jumlah Berat Bagasi dalam pembuatan Loadsheets.

Tabel 5. Data Jumlah Berat Bagasi

Jenis	Jumlah
Rata-rata berat bagasi terdaftar per penumpang	10 kg
Total berat bagasi	= 180 x 10 kg = 1.800 kg
<b>Distribusi Bagasi</b>	
Hold 1	1.800 kg

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa total berat bagasi terdaftar dihitung dengan mengalikan jumlah penumpang (180 orang) dengan rata-rata berat bagasi per penumpang (10 kg), dan hasil dari total berat bagasi terdaftar adalah 1.800 kg dengan pendistribusian ke dalam Hold 1.



- Jumlah Berat Kargo dalam pembuatan Loadsheets merujuk pada total berat semua muatan kargo yang diangkut oleh pesawat.

Tabel 6. Data Jumlah Berat Kargo

Jenis	Jumlah
Total berat kargo	2.500 kg
<b>Distribusi Kargo</b>	
<i>Hold 1</i>	-
<i>Hold 3</i>	1.250 kg
<i>Hold 4</i>	-
<i>Hold 5</i>	1.250 kg

Sumber : Peneliti 2024

Total berat kargo yang diangkut adalah 2.500 kg. Perhitungan ini tidak memerlukan langkah tambahan karena berat kargo sudah ditentukan. Hasilnya, total berat kargo adalah 2.500 kg dengan pendistribusian ke dalam Hold 3 sebesar 1.250 kg dan hold 5 sebesar 1.250 kg

- Pada tahap selanjutnya dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan pengumpulan data terkait kebutuhan bahan bakar. Bahan bakar yang diperlukan untuk penerbangan dari Bandara Husein Sastranegara (BDO) ke Bandara Internasional Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan (BPN) dengan perkiraan cuaca baik akan diuraikan sebagai berikut.

Tabel 7. Data Jumlah Bahan Bakar Yang di Muat

Jenis	Jumlah
Total bahan bakar	7.000 kg
Bahan bakar Cadangan	1.000 kg
Bahan bakar perjalanan	5.500 kg
Bahan bakar untuk taxi	500 kg

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Total bahan bakar dihitung dengan menjumlahkan 3 komponen utama: bahan bakar cadangan sebesar 1.500, bahan bakar untk perjalanan sebesar 1.500 kg, dan bahan bakar untuk taxi sebesar 500 kg. Dengan menjumlahkan semua komponen tersebut, didapatkan total bahan bakar

sebesar 7.000 kg. Hasil akhir menunjukkan bahwa total bahan bakar yang diperlukan adalah 7.000 kg.

- Jumlah Berat Kosong Pesawat (Dry Operating Weight/DOW) adalah berat kosong pesawat ditambah ditambahkan dengan barang – barang yang dibutuhkan selama penerbangan dan jumlah kru pesawat beserta barang bawaan.

Tabel 8. Data Jumlah Berat Kosong Pesawat

Jenis	Jumlah
DOW (Berat Kosong Pesawat)	42.716 kg

Berat kosong pesawat (DOW) adalah berat pesawat tanpa muatan, penumpang, atau bahan bakar. Dalam hal ini, berat kosong pesawat ditentukan sebesar 42.716 kg. Hasilnya menunjukkan bahwa DOW pesawat adalah 42.716 kg.

#### b. Langkah – Langkah Perhitungan Weight

Langkah-langkah perhitungan Weight and Balance, dimulai dari perhitungan Weight dalam pembuatan Loadsheet adalah proses sistematis yang memastikan bahwa semua data terkait berat yang ada di dalam pesawat dicatat dengan akurat untuk mendukung keselamatan penerbangan. Berikut adalah langkah-langkah tersebut:

- Menghitung Zero Fuel Weight (ZFW)

$$\begin{aligned} \text{Menghitung Zero Fuel Weight (ZFW):} \\ \text{ZFW} &= \text{DOW} + \text{Berat Penumpang} + \text{Berat Bagasi} + \text{Berat} \\ \text{ZFW} &= 42.716 \text{ kg} + 13.500 \text{ kg} + 1.800 \text{ kg} + 2.500 \text{ kg} \\ \text{ZFW} &= \underline{60.516 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Zero Fuel Weight (ZFW) adalah berat total pesawat tanpa bahan bakar, berat pesawat yang termasuk muatan, penumpang, dan kargo. Dihitung sebagai berikut:

Zero Fuel Weight (ZFW) dihitung dengan menjumlahkan beberapa komponen, yaitu berat kosong pesawat (DOW), berat penumpang, berat bagasi, dan berat kargo. Dalam perhitungan ini, DOW sebesar 42.716 kg ditambahkan dengan berat penumpang sebesar 13.500 kg, berat bagasi sebesar 1.800 kg, dan berat kargo sebesar 2.500 kg. Dengan demikian, hasil perhitungan menunjukkan bahwa ZFW adalah 60.516 kg.

- Menghitung Takeoff Weight (TOW)

Takeoff Weight (TOW) adalah berat pesawat saat lepas landas, termasuk bahan bakar. Dihitung sebagai berikut:

**Menghitung Takeoff Weight (TOW) :**

$$\text{TOW} = \text{ZFW} + \text{Berat Bahan Bakar}$$

$$\text{TOW} = 60.516 \text{ kg} + 7.000 \text{ kg}$$

$$\text{TOW} = \underline{67.516 \text{ kg}}$$

Takeoff Weight (TOW) dihitung dengan menjumlahkan Zero Fuel Weight (ZFW) dan berat bahan bakar. Dalam perhitungan ini, ZFW sebesar 60.516 kg ditambahkan dengan berat bahan bakar sebesar 7.000 kg. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa TOW adalah 67.516 kg.

- Menghitung Landing Weight (LW)

Landing Weight (LW) adalah berat pesawat saat mendarat, setelah bahan bakar digunakan selama penerbangan. Bahan bakar yang digunakan selama penerbangan adalah 8.000 kg.

**Menghitung Landing Weight (LW):**

$$\text{LW} = \text{TOW} - \text{Bahan Bakar yang Digunakan}$$

$$\text{LW} = 67.516 \text{ kg} - 5.000 \text{ kg}$$

$$\text{LW} = \underline{62.516 \text{ kg}}$$

Landing Weight (LW) dihitung dengan mengurangi bahan bakar yang digunakan dari Takeoff Weight (TOW). Dalam perhitungan ini, TOW sebesar 67.516 kg dikurangi dengan bahan bakar yang digunakan sebesar 7.000 kg. Hasilnya, Landing Weight (LW) adalah 62.516 kg.

Loadsheets adalah dokumen penting dalam operasi penerbangan yang mencatat semua informasi terkait beban pesawat, termasuk total berat, distribusi beban, dan pusat gravitasi. Loadsheets membantu memastikan bahwa pesawat memenuhi batas berat dan keseimbangan yang ditentukan oleh pabrikan, yang sangat penting untuk keselamatan dan kinerja penerbangan. Dokumen ini mencakup rincian tentang berat penumpang, bagasi, kargo, dan bahan bakar.. Berikut contoh hasil dari perhitungan loadsheet.

Tabel 9. Form Final Loadsheet

LOADSHEET	
Pesawat	Airbus A320
Tanggal Penerbangan	25 September 2024
Rute	BDO - BPN
Dry Operating Weight	42.716 kg
Penumpang	180 x 75 = 13.500 kg

Bagasi	1.800 kg
Kargo	2.500 kg
<i>Zero Fuel Weight (ZFW)</i>	60.516 kg
<i>Maximum Zero Fuel Weight</i>	62.500 kg
Bahan Bakar	7.000
<i>Takeoff Weight (TOW)</i>	67.516 kg
<i>Maximum Takeoff Weight (TOW)</i>	73.500 kg
<i>Landing Weight (LW)</i>	62.516 kg
<i>Maximum Landing Weight (LW)</i>	66.500 kg

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan Tabel 4.9 terkait form final loadsheet menunjukkan hasil final loadsheet untuk penerbangan Airbus A320 pada tanggal 25 September 2024 menunjukkan bahwa semua parameter berada dalam batas aman. Zero Fuel Weight (ZFW) tercatat sebesar 60.516 kg, yang berada di bawah Maximum Zero Fuel Weight (MZFW) sebesar 62.500 kg, memastikan pesawat tidak melebihi kapasitas beban yang diperbolehkan tanpa bahan bakar. Takeoff Weight (TOW) sebesar 67.516 kg juga berada di bawah Maximum Takeoff Weight (MTOW) sebesar 73.500 kg, menjamin pesawat dapat lepas landas dengan aman. Landing Weight (LW) tercatat 62.516 kg, yang di bawah Maximum Landing Weight (MLW) 66.500 kg, menunjukkan keamanan untuk mendarat. Dengan demikian, semua parameter ini menegaskan bahwa pesawat siap untuk terbang dengan efisien dan aman.

Jika dari 3 parameter itu lebih besar dari berat maximum yang diperbolehkan, maka akan terjadi kendala selama penerbangan. Berikut akibat jika Zero Fuel Weight (ZFW), Takeoff Weight (TOW), Landing Weight (LW) lebih besar dari dari berat maximum yang telah ditentukan maskapai Air Asia:

- Zero Fuel Weight Lebih Besar Dari Maximum Zero Fuel Weight  
Pesawat tidak dapat beroperasi dengan aman, Struktur pesawat mungkin tidak dapat untuk menahan beban berlebih yang akan mengakibatkan kegagalan struktural. Efisiensi bahan bakar akan terganggu, serta dapat memperlambat waktu reaksi pesawat.
- Takeoff Weight Lebih Besar Dari Maximum Takeoff Weight  
Pesawat tidak akan memiliki performa yang cukup untuk lepas landas, jarak lepas landas akan lebih panjang.

- Landing Weight Lebih Besar Dari Maximum Landing Weight

Pesawat akan mengalami risiko kecelakaan saat mendarat, termasuk kemungkinan kerusakan pada gear pendaratan. Serta juga akan mempengaruhi jarak pendaratan lebih panjang yang akan menyebabkan pesawat tidak dapat mendarat dengan aman di landasan yang tersedia.

Hal ini didukung oleh observasi selama satu minggu pada rute ini, yang menunjukkan bahwa semua parameter beban, termasuk Zero Fuel Weight, Takeoff Weight, Landing Weight tetap berada dalam batas aman.

Tabel 10. Hasil Pengamatan Mingguan

Hari	Hasil Pengamatan
Hari pertama	Aman
Hari kedua	Aman
Hari ketiga	Aman
Hari keempat	Aman
Hari kelima	LW di atas MLW
Hari keenam	Aman
Hari ketujuh	Aman

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan hasil pengamatan dari tujuh kali pengamatan, ada dua perhitungan loadsheet yang tidak aman, yaitu pada hari ke-5. Pada hari tersebut, terlihat bahwa berat pesawat saat akan landing melebihi batas Maximum Landing Weight (MLW), yang dapat berisiko terhadap keselamatan penerbangan. Penyebab terjadinya permasalahan ini disebabkan 2 hal, penyebab pertama jumlah muatan yang dinaikkan ke pesawat terlalu banyak, penyebab kedua jumlah fuel saat pengisian terlalu banyak tidak sesuai dengan jarak yang akan ditempuh. Hasil ini menunjukkan bahwa pesawat perlu mengurangi beban, baik dari bahan bakar maupun kargo. Jika pesawat masih berada di ground, maka perlalu dilakukan penurunan sejumlah kargo dari pesawat. Tetapi jika pesawat sudah berada di udara maka pesawat perlu mengurangi jumlah fuel dengan cara melakukan holding untuk memastikan bahwa berat saat mendarat tidak melebihi batas yang ditentukan. Tindakan ini penting untuk menjaga kinerja pesawat dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan penerbangan.

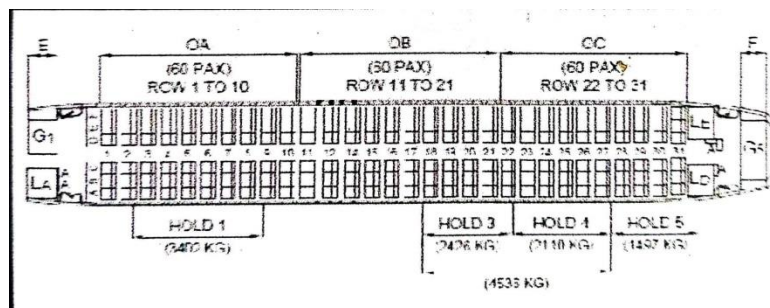
**c. Perhitungan Balance**

Setelah menentukan data yang diperlukan dan melakukan serangkaian perhitungan,

termasuk menghitung Zero Fuel Weight (ZFW), Takeoff Weight (TOW), Landing Weight (LW)), serta memperoleh hasil dari final loadsheet, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan Balance pada Loadsheet. Proses ini penting untuk menganalisis distribusi beban di pesawat guna memastikan bahwa semua parameter berada dalam batas aman dan seimbang yang ditetapkan oleh maskapai. Sebelum melakukan perhitungan Balance, data yang telah didapatkan pada penjelasannya sebelumnya di ubah menjadi nilai index unit setiap data. Nilai index unit pada Perhitungan Balance adalah sebagai berikut:

- Nilai Index Unit Penumpang

Nilai index unit penumpang dipisah menjadi 3 zona berdasarkan posisi kursi penumpang, zona depan (OA) berjumlah 60 penumpang, zona tengah (OB) berjumlah 60 penumpang, dan zona belakang (OC) berjumlah 60 penumpang.



Gambar 1. Layout zona kursi penumpang, Sumber : Peneliti 2024

- Zona Depan (OA) sebanyak 60 penumpang.
- Zona Tengah (OB) sebanyak 60 penumpang.
- Zona Belakang (OC) sebanyak 60 penumpang.

Jumlah penumpang setiap zona ini akan diubah ke dalam bentuk nilai index unit dengan menggunakan tabel passenger index.

PASSENGER INDEX TABLE														
CABIN OA				CABIN OB				CABIN OC						
PAX NO	INDEX UNIT	PAX NO	INDEX UNIT	PAX NO	INDEX UNIT	PAX NO	INDEX UNIT	PAX NO	INDEX UNIT	PAX NO	INDEX UNIT			
1	0	38	-39	-19	1	-6	0	1	-2	+1	32	-33	+20	
2	-3	-1	40	-41	-20	7	-20	+1	3	-4	+2	34	+21	
4	-5	-2	42	-43	-21	21	-34	+2	5	-3	35	-36	+22	
6	-7	-3	44	-45	-22	35	-47	+3	6	-7	+4	37	-38	+23
8	-9	-4	46	-47	-23	48	-60	+4	8	-	+5	39	+24	
10	-11	-5	48	-49	-24				9	-10	+6	40	-41	+25
12	-13	-6	50	-51	-25				11	-12	+7	42	+26	
14	-15	-7	52	-53	-26				13	-	+8	43	-44	+27
16	-17	-8	54	-55	-27				14	-15	+9	45	-46	+28
18	-19	-9	56	-57	-28				16	-17	+10	47	+29	
20	-21	-10	58	-59	-29				18	-	+11	48	-49	+30
22	-23	-11	60	-	-30				19	-20	+12	50	-51	+31
24	-25	-12							21	-	+13	52	+32	
26	-27	-13							22	-23	+14	53	-54	+33
28	-29	-14							24	-25	+15	55	+34	
30	-31	-15							26	-	+16	56	-57	+35
32	-33	-16							27	-28	+17	58	-59	+36
34	-35	-17							29	-	+18	60	+37	
36	-37	-18							30	-31	+19			

Gambar 2. Tabel Passenger Index ,Sumber : Peneliti

Berdasarkan Gambar 2. diketahui nilai index pada zona depan (OA) sebesar -30, zona tengah (OB) sebesar +4, dan zona belakang (OC) sebesar +37.

- Nilai Index Unit Muatan

Untuk mengetahui nilai index unit muatan pesawat menggunakan tabel cargo load index sebagai berikut:

CARGO LOAD INDEX TABLE															
HOLD 1				HOLD 3				HOLD 4				HOLD 5			
WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT		
0 - 77	0	1791 - 1945	-12	0 - 124	0	0 - 67	0	1553 - 1687	+12	0 - 47	0	1098 - 1193	+12		
78 - 233	-1	1946 - 2101	-13	125 - 373	+1	68 - 202	+1	1688 - 1822	+13	48 - 143	+1	1194 - 1288	+13		
234 - 389	-2	2102 - 2257	-14	374 - 623	+2	203 - 337	+2	1823 - 1957	+14	144 - 238	+2	1289 - 1384	+14		
390 - 544	-3	2258 - 2412	-15	624 - 872	+3	338 - 472	+3	1958 - 2092	+15	239 - 334	+3	1385 - 1479	+15		
545 - 700	-4	2413 - 2568	-16	873 - 1121	+4	473 - 607	+4	2093 - 2110	+16	335 - 429	+4	1480 - 1497	+16		
701 - 856	-5	2569 - 2724	-17	1122 - 1370	+5	608 - 742	+5			430 - 525	+5				
857 - 1011	-6	2725 - 2879	-18	1371 - 1619	+6	743 - 877	+6			526 - 620	+6				
1012 - 1167	-7	2880 - 3035	-19	1620 - 1869	+7	878 - 1012	+7			621 - 715	+7				
1168 - 1323	-8	3036 - 3191	-20	1870 - 2118	+8	1013 - 1147	+8			716 - 811	+8				
1324 - 1478	-9	3192 - 3346	-21	2119 - 2367	+9	1148 - 1282	+9			812 - 906	+9				
1479 - 1634	-10	3347 - 3402	-22	2368 - 2426	+10	1283 - 1417	+10			907 - 1002	+10				
1635 - 1790	-11					1418 - 1552	+11			1003 - 1097	+11				

Gambar 3. Tabel Cargo Index ,Sumber : Peneliti

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui nilai index unit muatan pesawat sebagai berikut:

- Hold 1 berjumlah 1.800 kg dengan dengan nilai index unitnya yaitu -12.
- Hold 3 berjumlah 1.250 kg dengan dengan nilai index unitnya yaitu +5.
- Hold 5 berjumlah 1.250 kg dengan dengan nilai index unitnya yaitu +13

- Nilai Index Unit Fuel

Untuk mengetahui nilai index unit muatan pesawat menggunakan tabel fuel index sebagai berikut:

FUEL INDEX TABLE															
FUEL DENSITY = 0.785 kg/l															
TOTAL FUEL (MSN 2612 to 3182)				TOTAL FUEL (MSN 3194 onwards)				CENTER TANK		INNER CELL L/R (MSN 2612 to 3182)		INNER CELL L/R (MSN 3194 onwards)		OUTER CELL (LH or RH)	
WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT	WEIGHT (kg)	INDEX UNIT
3500	+1	13000	-2	3500	+1	13000	-2	500	0	500	-1	500	-1	250	+1
4000	+1	13500	-3	4000	+1	13500	-3	1000	-1	1000	-1	1000	-1	500	+1
4500	0	14000	-4	4500	0	14000	-3	1500	-2	1500	-2	1500	-2	691	+2
5000	0	14500	-4	5000	0	14500	-4	2000	-3	2000	-2	2000	-2		
5500	-1	15000	-5	5500	-1	15000	-5	2500	-3	2500	-2	2500	-2		
6000	-1	15500	-6	6000	-1	15500	-6	3000	-4	3000	-3	3000	-3		
6500	-2	16000	-7	6500	-2	16000	-6	3500	-5	3500	-3	3500	-3		
7000	-2	16500	-8	7000	-2	16500	-7	4000	-6	4000	-3	4000	-3		
7500	-2	17000	-8	7500	-2	17000	-8	4500	-7	4500	-3	4500	-3		
8000	-3	17500	-9	8000	-3	17500	-9	5000	-7	5000	-3	5000	-3		
8500	-3	18000	-10	8500	-3	18000	-9	5500	-8	5436	-2	5500	-3		
9000	-3	18500	-11	9000	-3	18500	-10	6000	-9			5574	-2		
9500	-3	18730	-11	9500	-3	19000	-11	6476	-10						
10000	-3			10000	-3	19005	-11								
10500	-3			10500	-3										
11000	-3			11000	-3										
11500	-2			11500	-3										
12000	-2			12000	-2										
12500	-2			12500	-1										

Gambar 4. Tabel Fuel Index, Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan Gambar 4.4. dapat diketahui nilai index unit fuel sebesar 7.000 kg dengan nilai index yaitu -2

- Nilai Index Adjusted Dry Operating Weight

Adjusted Dry Operating Weight sebesar 42.716 kg dengan nilai index unit 55

Berdasarkan hasil penjelasan di atas, data yang diperlukan untuk menghitung Balance



(W&B) telah diperoleh, termasuk nilai indeks untuk berbagai komponen. Pertama, Nilai Index Unit Penumpang mencerminkan posisi penumpang dalam pesawat yang berpengaruh pada distribusi beban. Kedua, Nilai Index Unit Muatan menggambarkan posisi kargo dan bagasi, yang juga penting untuk stabilitas. Ketiga, Nilai Index Unit Fuel menunjukkan lokasi bahan bakar dalam pesawat. Selanjutnya, Nilai Index Adjusted Dry Operating Weight (DOW) dihitung untuk mencerminkan berat kosong pesawat yang disesuaikan dengan distribusi beban yang ada. Perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 11. Index Calculation

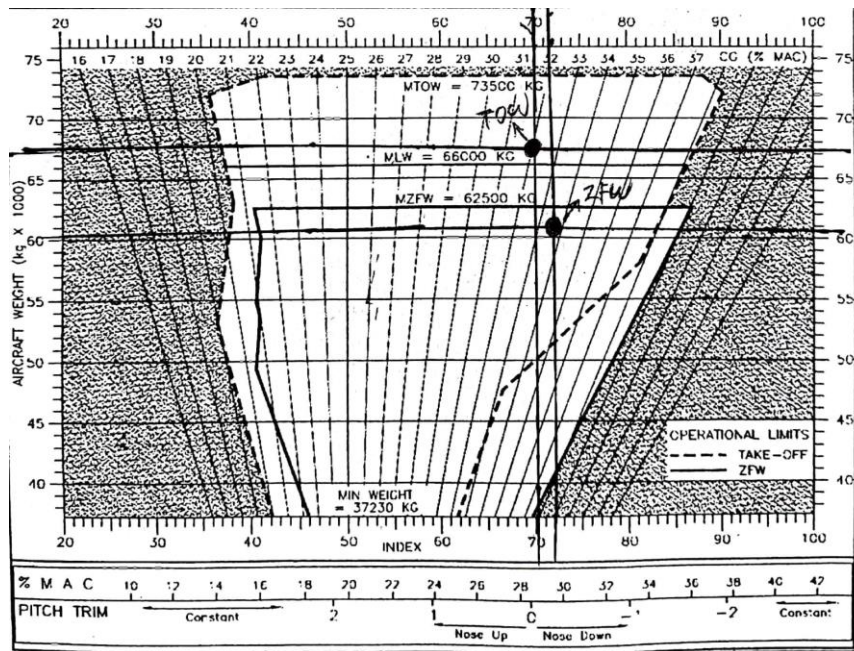
<i>Description</i>	<i>Weight (kg)</i>	<i>Initial Index</i>		
		-	+	
<i>Adjusted DOI</i>	42.716		55	
Kabin OA	60	30		
Kabin OB	60		4	
Kabin OC	60		37	
<i>Hold 1</i>	1.800	12		
<i>Hold 3</i>	1.250		5	
<i>Hold 4</i>				
<i>Hold 5</i>	1.250		13	
<b>INDEX SUB-TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>114</b>	
			42	-
<b>ZERO FUEL WEIGHT</b>	<b>60.516</b>		<b>72</b>	
<b>TOTAL FUEL</b>	<b>7.000</b>	<b>2</b>		
			2	-
<b>TAKEOFF WEIGHT</b>	<b>67.516</b>		<b>70</b>	
<b>TRIP FUEL</b>	<b>6.500</b>	<b>2</b>		
			2	-
<b>LANDING WEIGHT</b>	<b>62.516</b>		<b>68</b>	

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan Tabel 4.11 menunjukkan bahwa diperoleh nilai initial index dari Loaded Index Zero Fuel Weight (ZFW) sebesar 72. Nilai ini menjadi dasar untuk perhitungan lebih lanjut, termasuk nilai untuk Takeoff Weight (TOW) dan Landing Weight (LW). Setelah memperoleh nilai-nilai tersebut, langkah selanjutnya adalah menentukan



koordinat untuk mengetahui posisi dari loaded index.



Gambar 4. 5 Diagram Envelope

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan Gambar 4.5 koordinat ZFW pada koordinat (60,5.72), TOW pada koordinat (67,5.70), LW pada koordinat (62,5.68). Hal ini menunjukkan bahwa berat muatan pesawat tidak keluar dari garis batas yang ditentukan, yang menandakan bahwa pesawat berada dalam kondisi seimbang. Meskipun terlihat bahwa beban sedikit lebih berat ke belakang dan hampir keluar garis batas, hal ini tidak mempengaruhi keseluruhan balance pesawat. Keseimbangan ini tetap dalam rentang aman yang ditetapkan oleh maskapai dan pabrikan, sehingga tidak menimbulkan risiko bagi stabilitas dan kinerja pesawat selama penerbangan. Dengan demikian, pesawat dapat lepas landas dan mendarat dengan aman, meskipun ada pergeseran minor dalam distribusi beban.

### **Bagaimana pengaturan muatan apabila pesawat Air Asia A320 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung mengalami kelebihan muatan (overload)?**

MTOW merupakan batas berat maksimum yang diperbolehkan saat pesawat lepas landas, sementara MLW adalah batas maksimum saat pesawat mendarat. MZFW, di sisi lain, menunjukkan berat maksimum pesawat tanpa bahan bakar, termasuk muatan dan penumpang. Semua parameter ini sangat penting dalam perencanaan penerbangan, karena memastikan bahwa pesawat beroperasi dalam batas aman yang ditetapkan oleh pabrikan, sehingga menjaga keselamatan dan efisiensi penerbangan. Kesesuaian dengan batasan ini juga membantu dalam pengelolaan beban dan distribusi, yang krusial untuk kinerja optimal pesawat selama

penerbangan.

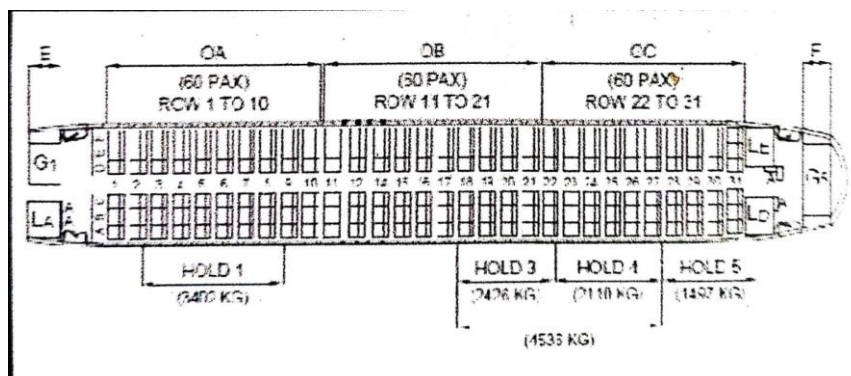
Berat pesawat tidak boleh melebihi batas parameter yang telah ditentukan, batasan ini berbeda – beda tergantung jenis pesawat dan kebijakan maskapai. Berikut batasan parameter yang ditentukan oleh maskapai Air Asia pada jenis pesawat Airbus A320-200 dalam mengatur overload :

Tabel 12. Batas berat MTOW, MLW, MZFW

Jenis	Keterangan
Maximum Takeoff Weight (MTOW)	73.500 kg
Maximum Landing Weight (MLW)	66.600 kg
Maximum Zero Fuel Weight (MZFW)	62.500 kg

Sumber : Peneliti 2024

Berdarkan tabel diketahui batas maximum takeoff weight yang ditentukan oleh maskapai Air Asia sebesar 73.500 kg, batasan maximum landing weight 66.600 kg, dan batas maximum zero fuel sebesar 62.500. berdasarkan data tersebut, maka berat pesawat pada penerbangan QZ 753 rute BDO – BPN masih aman dan tidak terjadi overload. Jika berat pesawat melebihi batas yang ditetapkan, maka perlu dilakukan pengurangan beban, baik dari kargo maupun jumlah bahan bakar, sesuai dengan jenis overload yang terjadi.



Gambar 4.6. Layout Pesawat Udara

Sumber : Peneliti 2024

Selain batas MTOW, MLW, dan MZFW, pengaturan overload ditentukan juga oleh batas berat maximum yang bisa ditampung oleh setiap compartment pesawat. Berdasarkan Gambar 4.6 diketahui batas berat maximum Hold sebesar 3.400 kg, Hold 3 sebesar 2.426 kg, Hold 4 sebesar 2.110 dan Hold 5 sebesar 1.497 kg. Namun, berdasarkan data yang dijelaskan sebelumnya, tidak terjadinya overload pada kompartemen-kompartemen berikut:

- Hold 1 memiliki muatan sebesar 1.800 kg,
- Hold 3 memiliki muatan sebesar 1.250 kg,

- Hold 4 tidak memiliki muatan,
- Hold 2 memiliki muatan sebesar 1.250 kg,

Dengan semua kompartemen berada dalam batas yang aman, tidak ada kebutuhan untuk mengurangi muatan atau bahan bakar. Hal ini memastikan bahwa pesawat dapat beroperasi dengan efisien dan tetap dalam parameter keselamatan yang ditetapkan oleh pabrikan, sehingga penerbangan dapat berlangsung tanpa masalah.

Tabel 13. Hasil Pengamatan Mingguan

Hari	Hasil Pengamatan
Hari pertama	Normal
Hari kedua	Normal
Hari ketiga	Normal
Hari keempat	Overload pada <i>Hold 5</i> sebanyak 100 kg
Hari kelima	MLW di atas MLW
Hari keenam	Normal
Hari ketujuh	Normal

Sumber : Peneliti 2024

Berdasarkan tabel 4.13 hasil pengamatan menunjukkan bahwa Jika terjadi overload, seperti yang terlihat pada hari keempat, solusi yang dapat dilakukan adalah mengurangi muatan kargo di *Hold 5* sebanyak 100 kg. Sementara itu, untuk hari kelima, di mana Takeoff Weight (TOW) berada di atas Maximum Takeoff Weight (MTOW), solusi yang tepat adalah mengurangi jumlah bahan bakar yang dibawa. Tindakan ini penting untuk memastikan bahwa pesawat tetap dalam batas aman yang ditetapkan, menjaga keselamatan dan kinerja penerbangan.

## 5. KESIMPULAN

1. Perhitungan weight and balance pada loadsheets merupakan proses penting dalam menjamin keselamatan penerbangan. Langkah-langkah yang melibatkan penghitungan berat penumpang, bagasi, kargo, bahan bakar, serta distribusi pusat gravitasi pesawat memastikan bahwa pesawat beroperasi dalam batas aman yang ditetapkan oleh pabrikan. Berdasarkan analisis data penumpang, bagasi, kargo, dan bahan bakar, diperoleh Zero Fuel Weight (ZFW) sebesar 60.250 kg, Takeoff Weight (TOW) sebesar 70.750 kg, dan Landing Weight (LW) sebesar 62.750 kg. Semua parameter tersebut berada dalam batas aman yang ditentukan. Selain itu, penghitungan pusat gravitasi menunjukkan bahwa

pesawat berada dalam rentang keseimbangan yang aman, sehingga stabilitas dan kontrol selama penerbangan terjaga. Observasi selama satu minggu juga menunjukkan bahwa sebagian besar penerbangan berada dalam batas aman, meskipun terdapat satu pengecualian pada hari kelima yang memerlukan penyesuaian muatan.

2. Pengaturan muatan pada pesawat Air Asia A320 ketika terjadi kelebihan muatan (overload) memerlukan perhatian khusus terhadap parameter seperti Maximum Takeoff Weight (MTOW), Maximum Landing Weight (MLW), dan Maximum Zero Fuel Weight (MZFW). Ketiga parameter ini harus dipatuhi untuk memastikan pesawat beroperasi dalam batas aman yang ditetapkan oleh pabrikan, sehingga penerbangan dapat berlangsung dengan efisien dan aman. Berdasarkan hasil pengamatan, jika overload terjadi, seperti yang tercatat pada hari keempat di Hold 5, solusi yang dapat diambil adalah mengurangi muatan kargo pada Hold tersebut. Untuk situasi di hari kelima, di mana Landing Weight (LW) melebihi MLW, langkah yang tepat adalah mengurangi jumlah bahan bakar. Dengan mengambil tindakan ini, pesawat akan kembali beroperasi dalam batas yang aman, sehingga menjaga keselamatan penerbangan dan kinerja optimal pesawat selama penerbangan.

## **DAFTAR REFERENSI**

- Administration, F. A. (2016). *Aircraft Weight and Balance Handbook*. USA: U. S. Department of Transportation FAA Flight Standard Service.
- Ahimsa, D. F. (2012). "Analisis Weight and Balance Pesawat Boeing 737-800 Ng Maskapai Garuda Indonesia Rute Penerbangan Jogjakarta-Jakarta Dengan Menggunakan Perhitungan Manual Dibandingkan Dengan Menggunakan Software Cg Plane". Skripsi : Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- Amelia, N. J. (2017). "Perhitungan Weight and Balance Pada Pesawat Nam Air Boeing 737-500 Rute Yogyakarta-Palembang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta". Tugas Akhir: Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan.
- Annex 14 Aerodrome, ICAO Document 9774, ICAO Document 9895, Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
- Ardiansyah, R., et. al. (2016). "Perhitungan Letak dan Pergeseran Pusat Gravitasi Pesawat LSU-03 untuk menentukan Posisi Beban dan Pemberat". Prosiding Siptekgan XX-2016. Pustekbang, LAPAN. Bagar.
- Arikunto, S. (2018). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Creswell, J. W. (2018). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Campuran*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.

- Firdaus, R. (2022). "Analisis pengaturan overload dan last minute change terhadap Weight and Balance di PT Gapura Angkasa Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara". Skripsi : Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
- Hendra, Y. J. (2023). "Analisis Pengaturan Underload dan Last Minute Change Terhadap Weight and Balance pada Pesawat ATR 72-600 Maskapai Wings Air PT. Merpati Angkasa Abadi Bandar Udara Sultan M Kaharuddin Sumbawa". *Jurnal Ground Handling Dirgantara Vol. 5 No. 1*, 89-98.
- Miles, M. B., Huberman, A. M. (2018). *Qualitative Data Analysis. (Fourth Edi)*. SAGE Publication. Ltd.
- Putra, L. G. J. (2018). "Metode Balancing Jig Procedure pada Tab Elevator Pesawat Boeing 737-800 untuk Mengurangi Dampak Flutter". *Jurnal Integrasi*, 10(2), 92-98
- Sugiyono, (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D*. Bandung: PT. Alfabeta
- Utama, B, P. (2018). "Analisis Perhitungan Weight and Balance Pesawat Citilink A320 Di PT. Gapura Angkasa Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara Bandung". Skripsi : Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan