

# DETERMINATION OF WEIGHT AND BALANCE ON THE BOEING 737-800 NG AND AIRBUS A320

**Fajar Harry Kurniawan**

Teknik Dirgantara - Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

fajaraharrydelahoya@gmail.com

## *Abstract*

*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. Oleh karena itu seorang Flight Operation Officer (FOO) harus terlebih dahulu mengetahui dan menyiapkan kondisi pesawat tersebut, antara lain berat maximum yang mampu diangkat oleh pesawat dan keakuratannya terhadap Center Of Gravity (CG) pada pesawat tersebut. Pesawat dalam keadaan tidak seimbang sangat berbahaya, karena dapat menjadi tidak stabil dalam proses manuver lepas landas.. Kondisi ini benar-benar dialami oleh penerbangan teramat singkat maskapai Air Midwest nomor penerbangan 5481 penerbangan berjadwal dari Charllote Douglas International Airport, Charllote, North Carolina ke Greenville Spartanburg International Airport, Greer, South Carolina. Kejadian yang terjadi pada tanggal 8 Januari 2003 tersebut, di awali ketika pesawat ini baru saja lepas landas dan masih berada diketinggian yang sangat rendah, ketika pesawat melakukan pergerakan arah heading (hidung pesawat) yang terus mendongak ke atas tanpa dapat dikendalikan. Peringatan stall pesawat berbunyi terus tanpa dapat di atasi. Tindakan itu disebut sebagai Loss of Picth Control During Take-off. Terhitung, 35 detik setelah waktu lepas landas, tanpa dapat dikendalikan lagi, pesawat itu menukik dan jatuh di atas bangunan hanggar. Setelah badan penyelidik kecelakaan nasional Amerika (NTSB) bersama otoritas penerbangan federal (FAA), melakukan penyelidikan atas jatuhnya pesawat tersebut, ditemukanlah faktor utama penyebabnya, yaitu hilangnya kendali pitch pesawat saat lepas landas.*

**Keywords:** CG, FOD and FAA

## **1. Pendahuluan**

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. Oleh karena itu seorang Flight Operation Officer (FOO) harus terlebih dahulu mengetahui dan menyiapkan kondisi pesawat tersebut, antara lain berat maximum yang mampu diangkat oleh pesawat dan keakuratannya terhadap Center Of Gravity (CG) pada pesawat tersebut.

Center of gravity (CG) adalah titik yang diasumsikan sebagai pusat konsentrasi dari berat total pesawat, CG harus terletak dalam suatu batasan tertentu untuk keselamatan penerbangan. CG harus dijaga agar pesawat dapat seimbang (Balance) baik dalam sumbu lateral maupun longitudinal.<sup>[1][2]</sup> Titik CG ini dinyatakan dalam inchi dari datum atau dalam presentase Mears Aerodynamical Chord (% MAC) dimana letak CG ini tergantung pada pendistribusian beban di pesawat. Loadsheets merupakan dokumen pesawat udara yang wajib dibuat oleh station keberangkatan berupa perhitungan distribusi untuk menentukan weight and balance sesuai dengan tipe pesawat yang dikerjakan dan berisi tentang perhitungan jumlah berat/muatan

keseluruhan pesawat untuk mengetahui titik CG pada zero fuel weight, take off maupun landing sehingga pesawat berada pada kondisi weight and balance.

Stability and Balance Control merupakan kontrol keseimbangan mengacu pada lokasi CG dari pesawat, tentunya jadi kepentingan utama pada stabilitas pesawat yang mana menentukan keselamatan dalam penerbangan. CG merupakan poin di mana total berat pesawat diasumsikan untuk dikonsentrasikan, dan CG mesti ditempatkan di dalam batasan tertentu untuk keselamatan penerbangan. “Pesawat dalam keadaan tidak seimbang sangat berbahaya, karena dapat menjadi tidak stabil dalam proses manuver lepas landas.. Kondisi ini benar-benar dialami oleh penerbangan teramat singkat maskapai Air Midwest nomor penerbangan 5481 penerbangan berjadwal dari Charlote Douglas International Airport, Charlote, North Carolina ke Greenville Spartanburg International Airport, Greer, South Carolina. Kejadian yang terjadi pada tanggal 8 Januari 2003 tersebut, diawali ketika pesawat ini baru saja lepas landas dan masih berada di ketinggian yang sangat rendah, ketika pesawat melakukan pergerakan arah heading (hidung pesawat) yang terus mendongak ke atas tanpa dapat dikendalikan. Peringatan stall pesawat berbunyi terus tanpa dapat diatasi. Tindakan itu disebut sebagai Loss of Pitch Control During Take-off. Terhitung, 35 detik setelah waktu lepas landas, tanpa dapat dikendalikan lagi, pesawat itu menukik dan jatuh di atas bangunan hanggar. Setelah badan penyelidik kecelakaan nasional Amerika (NTSB) bersama otoritas penerbangan federal (FAA), melakukan penyelidikan atas jatuhnya pesawat tersebut, ditemukanlah faktor utama penyebabnya, yaitu hilangnya kendali pitch pesawat saat lepas landas. Hilangnya kontrol pitch tersebut disebabkan oleh kegagalan dari sistem pengendali elevator (yang baru saja diperbaiki) dan diperparah oleh tidak benarnya perhitungan berat (weight and balance).<sup>[3][4]</sup>

Para penyelidik meyakini bahwa telah terjadi kesalahan perhitungan dalam weight and balance yaitu perhitungan pembobotan orang dan barang, sehingga pesawat mengalami ketidakseimbangan. Kesalahan menghitung weight and balance terhadap bobot orang (terangkut) dan penempatan barang yang salah dapat menjadikan titik berat pesawat atau dikenal dengan Center of Gravity tidak tepat dan selanjutnya akan menyebabkan ketidakseimbangan pesawat dan berakibat pesawat menjadi unstable (tidak stabil). Berat penumpang menjadi masalah pada jenis pesawat komersial berukuran kecil. Pesawat yang lepas landas dalam kondisi unstable dapat menjadikan posisi hidung pesawat terus mendongak ke atas hingga melewati batas sudut maksimum. Pesawat tidak dapat memperbaiki posisinya ke kondisi normal dan daya angkatnya pun hilang ketika ketinggiannya masih 1.160 kaki. Dalam gambar animasi yang dibuat NTSB di atas, terlihat pesawat terbalik di saat kecepatannya 37 knots sebelum akhirnya jatuh menukik. Pesawat terhempas ke darat menimpa bangunan hanggar tanpa dapat dikendalikan sama sekali. Seluruh PoB (persons on board) yang berjumlah 21 orang (19 penumpang + 2 cockpit crew), tidak ada satupun yang selamat”<sup>[5][6]</sup>

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengambilan data tentang tata cara sistem kerja loadcontrol dalam penentuan CG pada pesawat Boeing 737-800 NG Registration PK-LKZ Flight number JT 910 dan Airbus A320 Registration PK-LAM ID Flight number 8412 dengan rute Sub-Dps menggunakan load trimsheet dan excel loadsheet sebagai komparasi jika terjadi LMC (Last Minute Change). Unit Loadcontrol bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan penerbangan dengan membuat perhitungan berat dan pengaturan atau distribusi penempatan muatan (penumpang, bagasi, cargo, mail) sehingga didapatkan suatu keseimbangan baik pada saat didarat maupun setelah diudara. Unit loadcontrol juga sebagai pembuat loadsheet atau disebut loadsheeteer. Dalam kegiatannya atau pelaksanaannya, loadcontrol mengacu kepada SOP dari Airline, baik proses yang dilaksanakan secara sistem maupun proses yang dilaksanakan secara manual. Metode pengumpulan data terdiri atas dua, yaitu teknik pengumpulan data yakni cara yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh data hasil penelitian dan yang

kedua adalah sumber data yang dikumpulkan melalui proses pengumpulan data dan dibutuhkan dalam pengolahan data hasil penelitian. Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penyusunan Tugas Akhir atau Skripsi ini penulis menggunakan metode pengumpulan data, sebagai berikut:

a. Metode Observasi

Observasi adalah merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk menghimpun melalui pengamatan secara langsung dilapangan pada suatu titik permasalahan yang diteliti. Data yang diperoleh meliputi pemantauan secara visual mengenai objek penelitian yang disesuaikan dengan informasi yang diperoleh dari pihak operational Airline.

Adapun data yang merupakan data observasi diantaranya:

- Data loadsheet Boeing 737-800 NG Registration PK-LKZ JT 910 dan Airbus A320 Registration PK-LAM ID 8412 dengan Rute SUB-DPS
- Standar Prosedur Operasional (SOP) pada PT. Aviasi Angkasa Service. Data proses yang digunakan dalam proses kegiatan Load Control yang sesuai dengan data Loadsheets Boeing 737-800 NG Registration PK-LKZ JT 910 dan Airbus A320 Registration PK-LAM ID 8412 dengan Rute SUB-DPS

b. Metode Interview/Wawancara

Interview merupakan salah satu cara untuk mendapatkan informasi dan data dengan mengajukan beberapa pertanyaan secara langsung kepada pihak yang bersangkutan dan berkompeten.

- Data rumus menghitung CG pesawat melalui perhitungan loadsheet pada pesawat Boeing 737-800 NG Registration PK-LKZ Flight number JT 910 dan Airbus A320 Registration PK-LAM ID Flight number 8412
- Data rumus menghitung CG pesawat melalui perhitungan Excel loadsheet.

c. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan adalah guna untuk mendapatkan informasi dan data dari referensi-referensi yang berasal dari buku-buku maupun catatan kuliah untuk melengkapi informasi dan data yang diperoleh. Dilakukannya studi kepustakaan untuk penetapan landasan teori dan tinjauan pustaka dari sumber referensi literature sebagai dasar ataupun pembandingan dalam melakukan penelitian guna menunjang kegiatan penelitian agar dapat berjalan dengan lancar.

### 3. Hasil dan Analisis

a. Cara mengisi form Load Sheet manual Boeing

Data dari pesawat sebagai obyek penelitian skripsi dalam menentukan CG adalah data pesawat Boeing 737-800 NG *Flight Number* JT 910 *rute* Sub-Dps PK LKZ.

Data yang diambil saat penelitian

<i>Type</i>	: B737-800 NG
<i>Configurasi</i>	: 189Y
<i>Crew</i>	: 2/5
<i>Aircraft Registration</i>	: PK-LKZ
<i>Flight Number</i>	: JT-910
<i>Passenger / Pax</i>	: 30/2/1 <i>Adlt/Chld/Inf</i>
<i>Baggage</i>	: 11 kg
<i>Cargo</i>	: 150 Kg
<i>Dry Operating Weight</i>	: 41,439 Kg
<i>Total Fuel</i>	: 6600 Kg
<i>Taxi Fuel</i>	: 300 Kg
<i>Burn of Trip (Trip Fuel)</i>	: 1725 Kg

Penyelesaian data :

Perhitungan berat ( Penumpang , Bagasi , dan Kargo )

Penumpang

*Adult* : 30 *pax* x 70 Kg = 2100 Kg

*Child* : 2 *pax* x 35 Kg = 70 Kg

*Inf* : 1 *pax* x 10 Kg = 10 Kg

**Total Berat Penumpang : 2180 Kg**

Bagasi

Berat Bagasi : 11 Kg

**Total Berat Bagasi : 11 Kg**

Kargo

Berat Kargo : 150 Kg

**Total Berat Kargo : 150 Kg**

*Mail* :

Berat *Mail* : 70 Kg

**Total Berat Mail : 70 Kg**

*Total Traffic Load = Weight total pax+ ( Baggage + Cargo Mail)*

= 2180 Kg + 231 Kg

= 2411 Kg

Menghitung *Zero Fuel Weight* :

*Zero Fuel Weight = Total Traffic Load + Dry Operating Weight ( DOW)*

= 2411 Kg + 41439 Kg

= 43850 Kg

Menghitung *Taxi Weight* :

*Taxi Weight = Zero Fuel Weight + Total fuel*

= 43850 Kg + 6600 Kg

= 50450 Kg

Menghitung *Take off Weight* :

*Take off Weight = Taxi Weight – Taxi Fuel*

= 50450 Kg - 300 Kg

= 50150 Kg

Menghitung *Landing Weight* :

*Landing Weight = Take off Weight – Trip Fuel*

= 50150 Kg - 1725Kg

= 48425 Kg

Pembandingan:

Data dari pesawat sebagai pembandingan obyek penelitian skripsi dalam menentukan CG adalah data pesawat A320-214 *Flight Number* ID 8412 *rute* Sub-Dps PK-LAM Data yang diambil saat penelitian

*Type* : A320-214

*Configurasi* : 12C/144Y

*Crew* : 2/5

*Aircraft Registration* : PK-LAM

*Flight Number* : ID-8412

*Passenger / Pax Business* : 11/0/0 *Adlt/Chld/Inf*

*Passenger / Pax Economy* : 98/2/2 *Adlt/Chld/Inf*

*Baggage* : 807 kg

*Cargo* : 0 Kg

*Dry Operating Weight* : 43,011Kg

*Total Fuel* : 5400 Kg

<i>Taxi Fuel</i>	: 300 Kg
<i>Burn of Trip (Trip Fuel)</i>	: 1748 Kg

Penyelesaian data :

Perhitungan berat ( Penumpang , Bagasi , dan Kargo )

Penumpang	:
Adult	: 109 pax x 70 Kg = 7630 Kg
Child	: 2 pax x 35 Kg = 70 Kg
Inf	: 2 pax x 10 Kg = 20 Kg
<b>Total Berat Penumpang</b>	<b>: 7720 Kg</b>
<b>Total Cabin Bag</b>	<b>: 109 Kg</b>
Bagasi	:
Berat Bagasi	: 807 Kg
<b>Total Berat Bagasi</b>	<b>: 807 Kg</b>
Kargo	:
Berat Kargo	: 0 Kg
<b>Total Berat Kargo</b>	<b>: 0 Kg</b>
Mail	:
Berat Mail	: 0 Kg
<b>Total Berat Mail</b>	<b>: 0 Kg</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Total Traffic Load} &= \text{Weight total} + ( \text{Bagagge} + \text{Cargo Mail} ) + \text{Cabin Bag} \\
 &= 7720 \text{ Kg} + 807 \text{ Kg} + 109 \text{ Kg} \\
 &= 8636 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung Zero Fuel Weight} &: \\
 \text{Zero Fuel Weight} &= \text{Total Traffic Load} + \text{Dry Operating Weight ( DOW)} \\
 &= 8636 \text{ Kg} + 43011 \text{ Kg} \\
 &= 51647 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung Taxi Weight} &: \\
 \text{Taxi Weight} &= \text{Zero Fuel Weight} + \text{Total fuel} \\
 &= 51647 \text{ Kg} + 5400 \text{ Kg} \\
 &= 57047 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung Take off Weight} &: \\
 \text{Take off Weight} &= \text{Taxi Weight} - \text{Taxi Fuel} \\
 &= 57047 \text{ Kg} - 300 \text{ Kg} \\
 &= 56747 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung Landing Weight} &: \\
 \text{Landing Weight} &= \text{Take off Weight} - \text{Trip Fuel} \\
 &= 56747 \text{ Kg} - 1748 \text{ Kg} \\
 &= 54999 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

#### b. Langkah-Langkah dalam pengisian *Loadsheet* Airbus

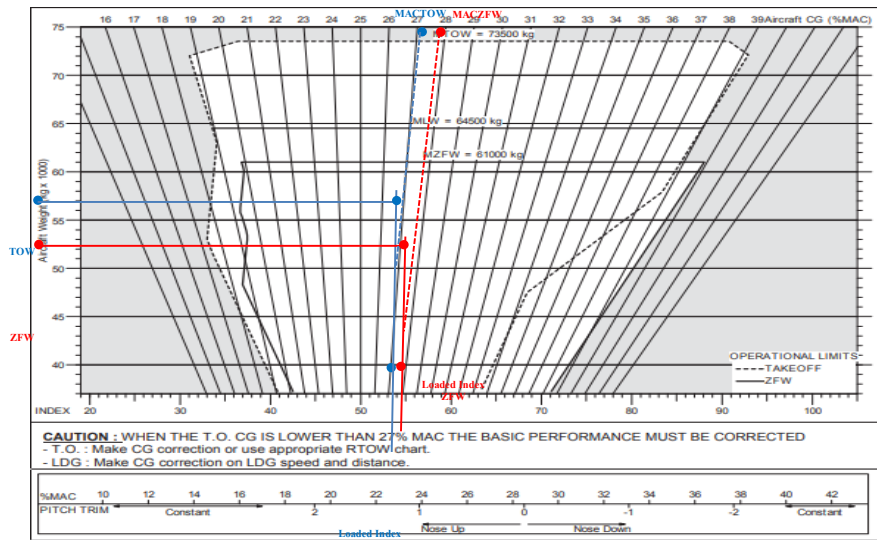
- Mengisi Kolom *DOW*  
 Dalam pengisian *loadsheet* ini yang pertama diisi adalah mengisi kolom *DOW* sesuai data yang ada, dimana *DOW* adalah berat kosong pada pesawat sebelum diisi muatan apapun, dimana data *DOW* itu telah ditentukan oleh Perusahaan Airbus bagi setiap pesawat yang diproduksi, dimana kolom *DOW*.
- Kolom *Take-Off Fuel*  
 Kemudian kita mengisi kolom take-off fuel dengan rumus (block fuel – taxi) dimana block fuel dilihat pada Flight plan yang di buat oleh seorang FOO dan ditanda tangani

oleh Pilot dalam prosedur document sebelum penerbangan agar dapat dilakukan perhitungan berapa fuel yang dibutuhkan dalam sewaktu rute penerbangan sesuai dengan jarak suatu penerbangan itu sendiri, jadi kolom take-off fuel diambil sesuai flight plan yang dimana fuel order telah di isi oleh Pilot, untuk data kolom take-off fuel

- **Mengisi *Operating Weight***  
Mengisi kolom *operating weight* dimana *DOW* di tambah dengan data pada *take-off fuel* yang hasilnya diisikan kolom *operating weight*
- **Kolom Tujuan dan jumlah *Passenger***  
Selanjutnya mengisi kolom tujuan dan jumlah *passenger* atau disebut jumlah penumpang yang dimana jumlah penumpang ini dibagi tiga kolom yaitu untuk kolom *A/F* yang artinya *Adult* atau orang dewasa, kolom *Ch* yang artinya *Child* atau anak-anak, kolom *I* yang artinya *Infant* atau bayi yang dimana data ini diambil dari pembukuan *system* yang masuk *final chek-in counter* sebelum jam keberangkatan, setelah didapat dari laporan *chek in counter*.
- **Kolom Bagasi *Cargo Mail***  
Selanjutnya kita mengisi kolom bagasi dimana kita mengisi sesuai aktual bagasi yang akan di angkut oleh pesawat dari *system chek in* yang telah masuk, begitu juga untuk *cargo* kita mengisi *cargo* yang akan diangkut sesuai estimasi data *cargo* yang telah di info oleh pihak *cargo* dengan *load control* dan di tulis ke *Form cargo* sebagai data dan dimasukan ke kolom *cargo*, untuk data *mail* ini kita mengisi berdasarkan *request* dari pihak teknik jika ada pengiriman seperti dokumen atau *sparepart* dll, lalu kita masukan ke kolom *Mail*.
- **Kolom Berat pada Setiap *Compartemen***  
Selanjutnya mengisi kolom berat pada masing-masing *compartment* mengisi beberapa berat pada kolom *compartmentnya* dimana pada kolom berat ini dibagi menjadi lima *compartemen*, 1 untuk *compt* bagasi, 3 untuk *compartemen cargo* dan bagasi bisnis, 4 juga untuk bagasi dan *cargo* dan kita kolom berat kali ini kita mengisi *compartement* 1, 2, 3 untuk membagi muatan berat pada setiap *compartmentnya* untuk mendapatkan letak *center of gravity* yang tepat.
- **Kolom Jumlah Berat *Total* Penumpang dan Bagasi + *Cargo***  
Dimana untuk mengisi kolom jumlah berat *total* penumpang pada kategori *A/F* dikali dengan 70 kg pada *Ch* dikali 35 kg, dan untuk *I* dikali dengan 10 kg, kemudian barulah diisi pada masing-masing total berat pada *AD*, *Ch*, dan *I*.
- **Kolom *Total Traffic Load***  
Dimana total traffic load didapat dari penjumlahan jumlah total yang sudah dikalikan dengan masing-masing kelompok pada bagian penumpang ditambah dengan jumlah *passenger weight* + bagasi *cargo mail*.
- **Kolom *Under Load Before LMC***  
Dimana pada kolom ini kita mengisi kolom *under load before LMC* yang diisi sesuai acuan *weight and Balance Summary* dengan tipe pesawat dan registrasi yang sudah di tentukan, kemudian mengisi di kolom *zero fuel*, lalu mengisi kolom *take-off*, dan mengisi kolom *landing*, kemudian mengisi kolom *take-off fuel* dibawah kolom *zero fuel*, lalu mengisi kolom *trip fuel* dibawah kolom *landing*, setelah itu barulah dapat mengisi kolom *max allowed TOW* dengan hasil penjumlahan. Setelah itu hasil *max allowed TOW* yang sudah di dapat dari penjumlahan *zero fuel*, *take-off*, *landing* syarat yang diambil dari loadsheet digunakan nilai yang paling terendah, kemudian mengisi kolom *operating weight*, lalu setelah itu mengisi kolom *allowed traffic load* dimana *max allowed TOW* dikurangkan dengan *operating weight*.

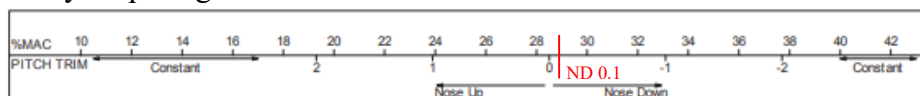
- Kolom *Underload Before LMC*  
mengisi *under load before LMC* yang dimana *allowed traffic load* dikurangi dengan *total traffic load*.
- Kolom *Zero Fuel Weight*  
Dimana hasil dari *zero fuel weight* ini didapat dari *total traffic load* ditambahkan hasil *Dry Operating Weight*
- Kolom *Take-Off Weight*  
Mengisi kolom *take-off weight* ini didapat dari hasil *zero fuel weight* di tambah dengan *take-off fue*.
- Kolom *Landing Weight*  
Selanjutnya Mengisi kolom *landing weight* ini didapat dari hasil *take-off weight* di kurangi dengan *trip fuel*.
- Kolom *Corrected Index*  
Selanjutnya mengisi kolom *index calculation table* dimana setiap kolom diisi dengan *index* kemudian yang pertama mengisi kolom *corrected index* yang ditentukan dari hasil *weight and balance summary* berdasarkan *type* pesawat dan registrasi.
- Mengisi kolom *Cargo 1,3,4,dan 5*  
Mengisi kolom *cargo* ini dibagi empat bagian yaitu kolom 1,3,4, dan 5 lalu berat setiap *compartemen* diubah menjadi *index* dengan menggunakan tabel *index load in lower compartement* dimana *Cargo 1*= 638 kg dan *Cargo 4*=169 kg.
- Mengisi Kolom *Dead Load Index*  
Kemudian mengisi kolom *dead load Index* dimana hasil ini plus maka akan ditambah jika *index* hasilnya minus maka akan dikurangkan, cara mengisinya (*corrected index* ditambah dengan *cargo empat*) lalu dikurangi (*cargo 1*).
- Mengisi Kolom *Cabin OA,OB,dan OC*  
Selanjutnya mengisi kolom *Cabin OA,OB dan OC* hasil yang didapat dari pendistribusian dari *seating condition* yang dimana *Cabin OA total pax 11*, *Cabin OB total pax 60* dan *Cabin OC total pax 40*, lalu kita ubah ke *index* menggunakan tabel *index passenger*
- Mengisi Kolom *Loaded Index ZFW*  
Kolom *loaded index ZFW* didapat dari (*Dead Load Index* ditambah dengan dengan *cabin OC*) setelah itu dikurangi (*cabin OA* ditambah dengan *OB* ) maka hasil *Loaded Index ZFW*
- Mengisi Kolom *Take-off Fuel Weight*  
Kemudian mengisi kolom *Take-off Fuel Weight* dimana *take off fuel 5100* di ubah menjadi *index* menggunakan tabel *fuel index*
- Mengisi Kolom *Loaded Index TOW*  
Untuk mengisi kolom *Loaded Index TOW* ini dari hasil *Loaded Index ZFW* dikurangi dengan *Take-off fuel Weight*.
- Mencari Titik *MACTOW* dan *MACZFW Diagram Envelope*  
Untuk mencari titik *MACTOW* ini pertama kita mencari titik dengan hasil *Loaded Index TOW 58* dibagian bawah *envelope* setelah itu lalu mencari titik *TOW* yang dimana hasilnya 56.7 dibagian kiri *envelope*, kemudian garis titik *TOW* secara *horizontal*, untuk *Loaded Index TOW* kita garis secara *vertikal* sampai bertemu garis *horizontal TOW*.Setelah mendapatkan titik tengah mencari *MACTOW* lalu garis patah patah diantara garis miring sampai ke atas bagian *envelope*. Mencari titik *MACZFW* seperti mencari titik *MACTOW* pertama kita mencari titik hasil *Loaded Index ZFW* dimana hasilnya 59 dan beri titik dibagian bawah *envelope* setelah itu mencari titik *ZFW* yang hasilnya 51.6 dibagian kiri *envelope* kemudian garis titik *ZFW* secara

*horizontal*, untuk *Loaded Index ZFW* kita garis secara *vertikal* sampai bertemu garis *horizontal ZFW*. Maka hasilnya bisa kita lihat pada gambar dibawah



Gambar 1. *MACTOW* dan *MACZFW* Diagram Envelope

- Mengisi kolom *MACTOW*  
Selanjutnya mengisi kolom *MACTOW* hasil yang didapat dari diagram *envelope* yang dimana titik *MACTOW* adalah 28,8 kemudian kita isi di kolom *CG % MAC* setelah itu mengisi kolom *weight kg x 1000* dengan hasil *TOW* yaitu 56,7.
- Mengisi kolom *ZFW CDU INPUT*  
Selanjutnya mengisi kolom *ZFW CDU INPUT* hasil yang didapat dari diagram *envelope* sama seperti mencari hasil *MACTOW* yang dimana titik *MACZFW* adalah 29,3 kemudian kita isi di kolom *CG % MAC* setelah itu mengisi kolom *weight kg x 1000* dengan hasil *ZFW* yaitu 51,6.
- Mencari titik Pitch Trim  
Untuk mencari titik pitch trim dibagian bawah diagram envelope dimana hasil *MACZFW* 29,3 ini, lalu cari titik yang berketepatan dengan hasil tersebut maka hasilnya seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. *Pitch Trim*

- Mengisi kolom Balance  
Selanjutnya mengisi kolom balance hasil yang didapat dari mencari titik *pitch trim* yang dimana hasilnya adalah *Nose Down* 0.1
- c. **Keefektifitan menggunakan *Loadsheet manual* dan *excel Loadsheet***  
Dimana *loadsheet* adalah dokumen wajib yang harus ada dalam setiap penerbangan maka dokumen ini merupakan bentuk laporan yang harus mendapat persetujuan dari PIC (*Pilot in Command*) dengan mencari keefektifitan dari *Loadsheet manual* dengan *excel loadsheet*.
- d. **Loadsheet Manual**  
*Loadsheet manual* secara konvensional dengan mengisi data langsung diatas form kertas melakukan perhitungan dan memplot hasil akhir data kedalam *chart* untuk *loadsheet manual* Boeing mencari *MACCG* dengan cara teknik *water fall* dan hasil yang didapat

MACZFW= 20.2%, MACTOW= 22,7%, sedangkan Airbus mencari MACCG dengan *table index* dan hasil yang di dapat MACZFW= 29.3%, MACTOW= 28,8%, keuntungan yang didapat dari *Loadsheet manual* adalah :

- Lebih percaya diri dari Hasil perhitungan yang didapat karena benar-benar fokus dan teliti setiap langkahnya
- Jika *system* mengalami *Down/Error* proses pendistribusian *loadsheets* tetap berjalan normal karena tidak tergantung oleh *system*

#### e. **Loadsheet Excel**

Pada *Loadsheet Excel* menginput data pada *computer* dengan menggunakan *software* untuk menghitung *weight and balance* pesawat dan hasil yang didapat dari Boeing *loadsheets excel* MACZFW= 20,03%, MACTOW= 22,72%, dan airbus untu hasil yang didapat MACZFW= 29,31%, MACTOW= 28,54% maka akan banyak sekali keuntungan yang akan didapatkan diantaranya :

- Tidak perlu lagi menghafal rumus
- Tidak perlu menghitung dan tidak membutuhkan kalkulator
- Hanya dengan menginput data seluruh proses akan berjalan secara otomatis
- Informasi posisi CG dan kondisi berat pesawat akan dihitung dengan lebih akurat bila melewati batas yang ditentukan akan tampil peringatan berupa tulisan atau perubahan warna pada kolom
- Bekerja akan lebih cepat dan mudah

#### 4. **Kesimpulan**

Proses pendistribusian *payload* pada *unit load control* sebelum membuat *loadsheets* Boeing 737-800 NG dan Airbus A320 dimana perhitungan total *traffic load* Boeing menghasilkan nilai 2411 Kg dan Airbus menghasilkan nilai 8527 Kg. Cara membuat *loadsheets Boeing 737-800 NG Registration PK-LKZ JT 910* dan *Airbus A320 Registration PK-LAM ID 8412* dengan *route SUB-DPS* menggunakan *Trim Sheet* mengisi kolom *DOW*, *Take-Off Fuel*, *Operating Weight*, Tujuan dan jumlah *Passenger*, *Bagagge Cargo Mail*, Berat pada Setiap Compartemen, Berat *Total Penumpang* dan *Bagagge + Cargo Mail*, *Total Traffic Load*, *Under Load Before LMC*, *Take-Off Weigh*, *Landing Weight*, *Seating Condition*, *Dry Operating Index* dan *Dry Operating Weight*, *Seat Configurasi*, untuk mencari CG pesawat Boeing Dengan Teknik *Water Fall*. untuk mencari CG pesawat Airbus dengan menggunakan *Index Calculation table*. Untuk mengetahui Keefektifitan menggunakan *Trim Sheet* Boeing 737-800 NG dan Airbus A320 dibanding *software excel loadsheets* keuntungan yang didapat dari *Loadsheet manual* adalah Lebih percaya diri dari Hasil perhitungan yang didapat karena benar-benar fokus dan teliti setiap langkahnya, Jika *system* mengalami *Down/Error* proses pendistribusian *loadsheets* tetap berjalan normal karena tidak tergantung oleh *system*. Untuk *Loadsheet excel* banyak sekali keuntungan yang akan didapatkan diantaranya adalah Tidak perlu lagi menghafal rumus, Tidak perlu menghitung dan tidak membutuhkan kalkulator, Hanya dengan menginput data seluruh proses akan berjalan secara otomatis, Informasi posisi CG dan kondisi berat pesawat akan dihitung dengan lebih akurat bila melewati batas yang ditentukan akan tampil peringatan berupa tulisan atau perubahan warna pada kolom, Bekerja akan lebih cepat dan mudah

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Desta Fredy, 2017, Jurnal: Analisis *Weight And Balance* Pesawat Boeing Ng Maskapai Garuda Indonesia Rute Penerbangan Jakarta-Jakarta Dengan Menggunakan Perhitungan *Manual* Dibandingkan Dengan Menggunakan *Software Cg Plane*. <https://docplayer.info/32771663-Analysis-weight-and-balance.html>.

- [2] Mantak Fernando P, 2011, Proses Pembuatan *Load Sheet* Untuk Menentukan *Center of Gravity* Jika Terjadi *Last Minute Changes* (LMC) dan Estimasi *Take-Off Length* Pesawat Boeing 737-400 PK-GZP.
- [3] Rr.Sukmaprima, 2013,Skripsi: *Analisis Load Control dalam Penentuan Weight and Balance Pesawat Boeing 737- 800 Flight Number GA 252 dan Boeing 737-800 Flight Number GA 211 Pada PT.Gapura Angkasa Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.*
- [4] Irsal Firmansyah, 2012, Jurnal : Analisis Penentuan *Weight and Balance* Angkasa Aviation Service, 2018.
- [5] IlmuTerbang,2008, Artikel: Aerodinamika Penerbangan Gaya-gaya yang berkerja pada pesawat terbang, <http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/151-bab-3a-aerodinamika-penerbangan?showall=&start=1>
- [6] J. W. Rustenburg, D. Skinn, and Daniel O. Tipps, 1999, *An Evaluation of Methods to Separate Maneuver and Gust Load Factors From Measuref Acceleration Time Histories*,<https://pdfs.semanticscholar.org/71ac/41c2393cd7b585fda35d7e95cc3971c47897.pdf>