



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Bandara, demikian sebutan populernya, merupakan tempat dimana pesawat lepas landas dan mendarat. Bandara semakin diminati seiring berjalannya waktu karena perjalanan udara dianggap lebih cepat dan karena banyaknya maskapai berbiaya rendah yang tersedia, yang merupakan salah satu daya tariknya tersendiri bagi pelanggan. Bandara berfungsi untuk mendukung kelancaran, keselamatan, dan ketertiban penerbangan lalu lintas pesawat udara, kargo, dan/atau pos, keselamatan penerbangan, tempat perpindahan intra dan/atau moda, serta memajukan perekonomian baik skala daerah maupun nasional, sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/77/VI/2005.

Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 70 Tahun 2001 dan Undang-Undang (UU) Nomor 15 Tahun 1992 mendefinisikan Bandara sebagai kawasan yang berfungsi sebagai tempat peralihan antar moda transportasi, tempat pesawat mendarat, tempat bongkar muat penumpang, dan tempat bongkar muat barang/muatan. Dengan banyaknya minat masyarakat Nabire untuk Bandara Nabire agar bisa menerbangkan pesawat Boeing namun hingga saat ini masih menampung pesawat dengan pesawat sejenis ATR 72-500 berkapasitas 78 penumpang. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) Nomor 40 Tahun 2012 tentang Pengembangan dan Pelestarian Lingkungan Kebandarudaraan mengartikan bandara merupakan lingkup kawasan dalam batas wilayah tertentu baik di darat atau perairan yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, meliputi sebagai tempat lepas landas pesawat udara, bongkar muat penumpang dan barang, serta sebagai lokasi perpindahan antarmoda transportasi. Bandara juga dilengkapi dengan sarana pokok dan pendukung lainnya, serta sarana keselamatan dan keamanan penerbangan.

Bandara Nabire merupakan bandara dengan pesawat yang akan beroperasi yaitu jenis ATR 72-500 sampai saat ini. Untuk mengantisipasi lonjakan penumpang dimasa yang akan datang penambahan pesawat jenis Boeing kemungkinan dilakukan. Oleh sebab itu, Bandara Nabire perlu adanya peningkatan pelayanan agar bisa melayani kebutuhan masyarakat dalam bidang transportasi udara dan membantu dalam pertumbuhan dan perkembangan daerah.

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan jumlah penduduk Kabupaten Nabire mengalami pertumbuhan setiap tahunnya. Pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 4,21% setiap tahun dimulai dari tahun 2015 sampai dengan 2020, menunjukkan perkembangan jumlah penduduk. Begitu pula dengan sektor industri transportasi dan perdagangan dengan pertumbuhan rata-rata per tahun sebesar 23,63% antara tahun 2020 sampai dengan tahun 2022 berdasarkan data BPS Kabupaten Nabire.



sarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Nabire, jumlah penduduk Nabire pada semester 1 tahun 2024 tercatat sebanyak 178.006 jiwa. Rata-rubahan penduduk sekitar 0,52 persen dari tahun 2021 hingga tahun 2023.

Kepadatan penduduk tertinggi berada pada Distrik Nabire sebanyak 14-15 jiwa per km persegi. Peningkatan jumlah penduduk tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan akan sarana transportasi udara. Bandara Nabire harus memiliki sarana dan prasarana yang cukup agar dapat mengakomodasi kebutuhan masyarakat dalam kaitannya untuk mendukung pertumbuhan penduduk dan perekonomian Kabupaten Nabire, Provinsi Papua Tengah yang terus berkembang. Hal ini terlihat dari volume pemudik yang datang dan pergi dari Bandara Nabire yang sesuai dengan PDRB dan jumlah penduduk Kabupaten Nabire, yakni setiap tahunnya semakin banyak pemudik yang mudik melalui Bandara Nabire.

Bandara ini berstatus sebagai UPBU (Unit Pelayanan Bandara) Kelas II oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara. Bandara Nabire yang terletak di Provinsi Papua Tengah ini memiliki dimensi landasan pacu sebesar 1600 m x 30 m. Bandara ini dapat melayani pesawat terbesar yang sedang beroperasi, yaitu jenis ATR-72-500 dengan kapasitas penumpang 78 orang. Rute langsung menuju bandara Nabire meliputi Jayapura, Fak-Fak, Kaimana dan Ambon. Hampir seluruh wilayah Indonesia dilayani oleh rute transit. Pihak perhubungan berencana untuk mengerjakan *runway* yang pada awalnya memiliki panjang lintasan sebesar 1.600 m menjadi 2.600 m, namun waktu pengerjaannya belum bisa dipastikan. Pada kondisi saat ini dengan luas lahan yang mumpuni dan kondisi yang layak namun hanya di bangun landasan yang dapat melayani pesawat jenis ATR-72-500 dan pesawat domestik lainnya. Bandara diharapkan mampu melayani kebutuhan masyarakat luas, sehingga dipandang perlu untuk melakukan prediksi terhadap pergerakan penumpang dan pesawat udara di masa mendatang. Berdasarkan hal tersebut, terdapat potensi peningkatan jumlah pergerakan penumpang di masa mendatang mengingat jumlah penduduk dan angka PDRB Provinsi Papua Tengah yang terus mengalami peningkatan.

Penelitian yang akan dilakukan bersifat analisis, kuantitatif, dan sekunder. Berdasarkan data-data primer yang diperoleh dari lapangan dan hasil sebelumnya yang digunakan sebagai acuan mengevaluasi kondisi eksisting dan *study* pengembangan *runway* berdasarkan hasil peramalan pergerakan pesawat dan penumpang pada Bandara Nabire, Provinsi Papua Tengah. Penulis akan mengemukakan berbagai permasalahan dalam bab ini yang perlu diselesaikan, seperti estimasi dimensi landasan pacu dan perkiraan pergerakan penumpang dan pesawat udara. Penulis tertarik untuk mengangkat tesis tentang "Analisis Pengembangan Landasan Pacu Bandara Nabire Provinsi Papua Tengah", karena pentingnya pemenuhan kriteria landasan pacu berdasarkan standar yang dipersyaratkan pemerintah melalui Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 29 Tahun 2014 demi keselamatan penerbangan di suatu Bandara.

Pada penelitian ini penulis juga mendengarkan keluhan masyarakat terhadap biaya yang akan mereka keluarkan untuk penerbangan domestik yang dirasa sangat



Hal ini dikarenakan biaya penerbangan domestik menggunakan pesawat ATR-72-600 lebih mahal dibandingkan dengan pesawat sejenis Boeing. Biaya Penerbangan domestik Jenis Boeing dari Makassar menuju Jayapura, Manokwari, dan Timika hanya berkisaran  $\pm$ Rp. 2.000.000 (Dua Juta Rupiah), jika dibandingkan dengan biaya penerbangan Makassar menuju Nabire mengeluarkan biaya 2 (dua) kali lipat dengan taksiran  $\pm$ Rp. 4.000.000 (Empat Juta Rupiah) begitupun sebaliknya. Ini juga sangat berpengaruh terhadap waktu penerbangan yang tidak perlu transit terlebih dahulu ke Monokwari, Sorong, Timika, ataupun Jayapura. Dengan adanya keluhan tersebut dan juga dijelaskan dengan potensi peningkatan pergerakan penumpang pada masa depan. Hal ini juga akan berdampak pada tingkat perekonomian daerah.

## I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting dan *peramalan* pergerakan pesawat di bandar udara nabire;
2. Bagaimana kondisi eksisting dan *peramalan* pergerakan penumpang di bandar udara nabire;
3. Bagaimana pengembangan landasan pacu (*runway*) pada Bandara Nabire Provinsi Papua Tengah dimasa yang akan datang berdasarkan pergerakan pesawat dan penumpang.

## I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Analisis kondisi eksisting dan *peramalan* untuk pergerakan pesawat di bandar udara nabire;
2. Analisis kondisi eksisting dan *peramalan* untuk pergerakan penumpang di bandar udara nabire;
3. Analisis pengembangan landasan pacu (*runway*) bandar udara nabire berdasarkan pergerakan pesawat dan penumpang.

## I.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian dapat menjadi bahan masukan dalam pemanfaatan di bidang penerbangan. Hasil analisis dan evaluasi dapat dimanfaatkan untuk pihak bandara sebagai bahan pengembangan *runway* yang akan datang berdasarkan hasil *peramalan* pergerakan pesawat dan penumpang pada Bandara Nabire. Tesis ini juga bias menjadi rujukan kepada pihak pembaca dalam memberikan gambaran tentang konsep-konsep evaluasi dan analisis pengembangan *runway* suatu Bandara di suatu lokasi daerah.



## san Masalah

in batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Topik utama hanya membahas tentang pengembangan *runway* dan tidak membahas lebih jauh bagian lain dari Bandara (*Apron*, *Taxiway*, Akses PKP-PK, dll).
2. Tidak membahas karakteristik pesawat selain pesawat rencana.
3. Hanya mengamati kondisi eksisting *runway* serta fasilitas penunjangnya (Jika diperlukan), lalu lintas pesawat dan penumpang pada Bandara Nabire Provinsi Papua Tengah.
4. Peramalan lalu lintas penumpang dan pesawat berdasarkan data pertumbuhan kondisi normal.
5. Menganalisis pengembangan *runway* yang akan datang berdasarkan pergerakan pesawat dan penumpang di Bandara ini.
6. Menentukan kondisi yang akan datang berdasarkan hasil peramalan dan wawancara terhadap pihak terkait.
7. Peramalan lalu lintas penumpang dan pergerakan pesawat akan dilakukan menggunakan program *Ms. Excel*.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Umum

Bandara sendiri yaitu tempat berbagai macam kegiatan operasional, yang masing-masing memiliki persyaratan unik yang terkadang berbenturan. Misalnya, kegiatan keamanan membatasi jumlah koneksi (pintu) yang tedapat di antara sisi udara dan sisi darat, untuk kegiatan pelayanan sendiri membutuhkan jumlah pintu terbuka yang banyak di antara sisi udara dan sisi darat untuk memastikan layanan yang tidak terputus. Kegiatan-kegiatan ini saling bergantung, artinya kapasitas satu kegiatan tidak dapat digunakan untuk membatasi kapasitas kegiatan lainnya (Basuki, 1996).

Setiap tahun, perekonomian Kabupaten Nabire tumbuh, sebagian karena menjadi ibu kota provinsi Papua Tengah. Setiap sektor mengalami pertumbuhan, termasuk sektor perdagangan, industri, dan pariwisata. Transportasi udara merupakan salah satu fasilitas dan infrastruktur dasar yang perlu ditingkatkan di Kabupaten Nabire sebagai akibat dari peningkatan pertumbuhan ekonomi ini. Peningkatan jumlah orang yang memanfaatkan layanan transportasi udara dan peningkatan serta perluasan infrastruktur bandara di setiap kota atau provinsi biasanya merupakan indikator keadaan sistem transportasi udara. Bandara Baru Nabire, yang melayani wilayah Kabupaten Nabire di Provinsi Papua Tengah, menawarkan layanan bagi para pelancong melalui udara. Manajemen bandara nasional mencakup studi bandara berdasarkan berbagai faktor, termasuk kondisi geografis dan alam, pertumbuhan ekonomi, keunggulan komparatif regional, integrasi antara sarana transportasi, keberlanjutan lingkungan, keselamatan dan keamanan penerbangan, dan integrasi dalam area pembangunan lainnya. (Sumber: Peraturan Penataan Bandara Nasional Nomor: PM 69. Tahun 2013 yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan).

Klasifikasi bandara ditentukan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) dan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) berdasarkan jenis pesawat yang beroperasi di bandara dan panjang landasan pacu yang dapat digunakan. Bandara penerbangan umum dan transportasi udara (maskapai penerbangan) adalah dua kategori utama yang menjadi dasar pembagian aktivitas bandara oleh FAA. Sementara itu, *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) dan dimensi pesawat (jarak luar roda utama dan lebar sayap) yang beroperasi di bandara digunakan oleh ICAO untuk mengkategorikan bandara. Persyaratan geometris tambahan, tergantung pada klasifikasi bandara, meliputi lebar perkerasan dan bahu jalan, jarak pandang, dan kemiringan melintang dan membujur landasan pacu.



## ertian Bandara

Sebagaimana dinyatakan pada halaman 124 kamus besar bahasa Indonesia karangan Hasan Sadily terbitan Gramedia di Jakarta tahun 1986. Bandara adalah tempat pesawat udara dapat mendarat dan lepas landas. Bahkan Bandara yang paling sederhana pun memiliki landasan pacu, tetapi Bandara yang lebih besar biasanya memiliki lebih banyak fasilitas bagi penumpang dan penyedia jasa penerbangan.

Sebagaimana dinyatakan dalam ICAO (*International Civil Aviation Organization*) Lampiran 14. Martono, H.K., Op. cit., hlm. 51. Bandara yaitu lokasi mutlak di darat maupun perairan, lengkap dengan gedung, fasilitas, dan mesin, yang digunakan seluruhnya atau sebagian untuk pergerakan pesawat udara, kedatangan, dan keberangkatan. Sebagaimana dinyatakan oleh PT. Angkasa Pura II Persero. Bandara adalah lapangan udara yang meliputi semua bangunan dan peralatan yang diperlukan untuk menjamin bahwa masyarakat umum memiliki akses terhadap fasilitas untuk perjalanan udara.

PPRI Nomor 70 Tahun 2001 tentang Bandara menyebutkan bahwa bandara yaitu setiap tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, serta tempat orang naik dan turun penumpang, dan/atau membongkar muatan pos atau barang, dan wajib memiliki sarana dan prasarana untuk keselamatan penerbangan. Sesuai dengan UURI No. 1 Tahun 1999 Pasal 1 Nomor 33 Tentang Penerbangan. Bandara yaitu suatu kawasan tertentu di daratan atau perairan yang dipergunakan untuk berbagai kebutuhan, meliputi pendaratan dan lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan perpindahan moda transportasi. Selain itu Bandara juga dilengkapi dengan fasilitas pokok dan sarana pendukung lainnya, selain sarana dan prasarana keselamatan dan keamanan penerbangan.

Selain definisi dan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, Bandara berfungsi sebagai hub bagi perdagangan lokal, nasional, dan internasional, serta tempat perpindahan kendaraan dari darat ke udara dan tempat pendaratan serta lepas landas pesawat udara. Sebelum merancang lapangan terbang dengan segala fasilitasnya, kita harus merencanakan infrastrukturnya dengan memahami karakteristik umum pesawat udara. Jumlah penumpang yang dapat diangkut oleh pesawat udara bervariasi, mulai dari 10 hingga hampir 500 orang. Semua pesawat udara kecil yang tergolong mobil pribadi dan memiliki kapasitas untuk mengangkut kurang dari 20 penumpang atau barang dianggap sebagai pesawat udara umum. Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/77/VI/2005, tujuan Bandara adalah untuk mendukung kelancaran, keselamatan, dan ketertiban arus pesawat udara, lalu lintas barang dan/atau pos, keselamatan penerbangan, lokasi perpindahan intra dan/atau moda, serta untuk mendorong perekonomian baik nasional maupun regional.

### II.1.2 Pengenalan Bandara Nabire Baru

Bandara Lama Nabire yang terletak di wilayah Nabire, Kabupaten Nabire, Provinsi Papua Tengah, Indonesia, digantikan oleh Bandara Douw Aturure atau yang dikenal juga dengan Bandara Nabire yang terletak di Distrik Wanggar, Kabupaten Nabire, Provinsi



ah, Indonesia. Nama bandara ini, "Douw Aturure," merupakan sebutan yang diberikan oleh para tetua adat masyarakat pesisir di Kabupaten Nabire Douw, mantan Bupati Nabire. Karena terdapat pemukiman dan laut di ujung landasan, Bandara Nabire tidak dapat dikembangkan. Oleh karena itu, landasan pacu tidak dapat diperpanjang, sehingga menyulitkan pesawat berbadan lebar untuk tiba di Bandara Nabire. Akibat masalah ini, konektivitas di Nabire dan sekitarnya menjadi buruk.

Pada hari kamis, tanggal 23 September 2023 bandara ini diresmikan Presiden Joko Widodo bersamaan dengan bandara Siboru di Fakfak, Provinsi Papua Barat. Sedangkan mulai beroperasinya dimulai pada tanggal 22 Februari 2024 dan mulai beroperasi penuh pukul 09.00 WIT. Operasi ini, bersamaan dengan penutupan resmi Bandara Nabire sebelumnya, sesuai dengan ketentuan *Aeronautical Information Publication (AIP)* yang tercatat. Untuk dapat menampung pesawat jenis ATR 72, Bandara Douw Aturure dibangun dengan landasan pacu sepanjang 1.600 x 30 meter dan apron berukuran 367,5 x 100 meter. Dengan luas terminal 6.320 m<sup>2</sup>, bandara ini dapat menampung hingga 287.000 penumpang per tahun di terminal penumpangnya.

Salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) adalah Bandara Douw Aturure. Pembangunan bandara ini dijadwalkan mulai tahun 2020 dan berakhir tahun 2022. Informasi dari siaran pers Kementerian Perhubungan menyebutkan pembangunan Bandara Douw Aturure menelan biaya Rp 671,54 miliar. Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) yang bersumber dari Sukuk Negara menjadi sumber pendanaannya. Bandara Nabire baru dapat dilihat pada **Gambar 1** dan *Runway* Bandara Udara Nabire Baru dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 1** Bandara nabire baru  
*Sumber : Data pribadi 2024*



**Gambar 2** Landasan pacu (*runway*) bandara nabire baru  
**Sumber :** Data pribadi 2024

### II.1.3 Istilah – istilah dalam Bandara

#### 1. Landas Pacu (*Runway*)

##### a. Pengertian *Runway*

Pesawat menggunakan landasan pacu, bagian yang diperpanjang dari sisi darat Bandara, untuk lepas landas dan mendarat. Komponen dasar landasan pacu adalah bahu landasan pacu, landasan pacu, pembuangan panas mesin landasan pacu (bantalan peledak), area keselamatan ujung landasan pacu (RESA), jalur pemberhentian, dan jalur bebas. Perkerasan juga harus kokoh secara struktural untuk menopang berat pesawat yang dilayaninya. Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO) telah menetapkan persyaratan teknis dan operasional untuk konstruksi landasan pacu, yang diuraikan dalam Lampiran Konvensi Chicago. Sistem landasan pacu di bandara terdiri dari area aman landasan pacu (landasan pacu dan area keselamatan), bantalan peledak, perkerasan domestik, dan bahu landasan, menurut Horonjeff pada tahun 1988.

##### b. Klasifikasi *Runway*

Untuk memastikan landasan pacu tetap kering bahkan selama musim hujan, perhitungan teknis khusus dilakukan selama konstruksi. Landasan pacu harus bebas dari kondisi aquaplaning saat hujan karena hal ini dapat mengakibatkan pesawat mendarat di landasan pacu yang basah dan terpental ke atas dari permukaan. Sistem pengereman yang tidak berfungsi dengan baik pada pesawat juga dapat terjadi akibat *aquaplaning*. Panjang landasan pacu dipengaruhi oleh suhu, arah dan kecepatan angin, serta tekanan udara sekitar. Karena tekanan udara yang lebih rendah, landasan pacu di daerah gurun dan dataran tinggi biasanya lebih domestik daripada landasan pacu di bandara domestik dan internasional.



Sistem yang terdiri dari landasan pacu dan jalur taksi perlu diatur sedemikian rupa menurut Horonjeff dan McKelvey (1993) sehingga:

- 1) Memberikan sangat sedikit penundaan dan gangguan dalam operasi pendaratan dan lepas landas;
- 2) Berikan panjang jalur taksi terpendek antara ujung landasan pacu dan area terminal;
- 3) Pastikan ada cukup jalur taksi yang tersedia sehingga pesawat yang mendarat dapat keluar dari landasan pacu sesegera mungkin;
- 4) Jaga jarak yang sesuai antara pola lalu lintas udara.

Klasifikasi bandara ditentukan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) dan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) berdasarkan jenis pesawat yang beroperasi di bandara dan panjang landasan pacu yang tersedia. Bandara yang melayani penerbangan umum dan transportasi udara (maskapai penerbangan) adalah dua kategori utama yang menjadi dasar pembagian aktivitas bandara oleh FAA.

Sementara itu, *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) dan dimensi pesawat (jarak luar roda utama dan lebar sayap) yang beroperasi di bandara digunakan oleh ICAO untuk mengkategorikan bandara. Klasifikasi bandara menentukan standar geometris lainnya, seperti lebar perkerasan dan bahu jalan, jarak pandang, dan kemiringan melintang dan membujur landasan pacu.

**Tabel 1** Klasifikasi bandara menurut FAA berdasarkan kategori pelayanan

Kategori Bandara	<i>Aeroplane reference field length</i> (m)
<i>General Aviation</i>	670 – >1.542
<i>Air Carrier</i>	2.734 – 3.657

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Perhubungan Udara No KP 39 tahun 2015

**Tabel 2** Klasifikasi bandara menurut FAA berdasarkan pendekatan pesawat

Kategori pendekatan	Kepesatan mendekati <i>runway</i> (Knot)
A	Kurang dari 91
B	91 – 120
C	121 – 140
D	141 – 165
E	166 atau lebih besar

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Perhubungan Udara No KP 39 tahun 2015

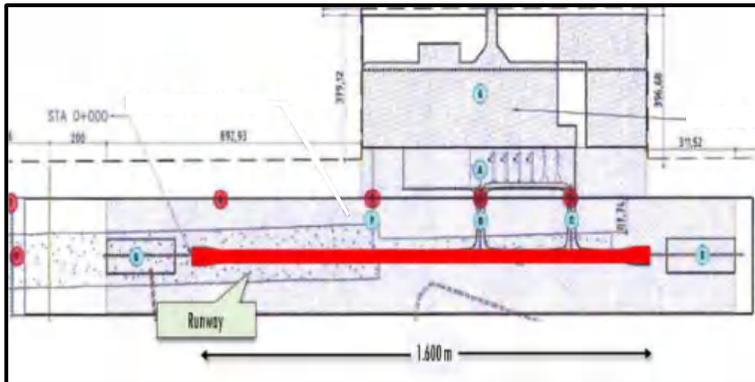
**Tabel 3** Klasifikasi bandara menurut ICAO

Kode Angka	<i>Aeroplane reference field length</i> (m)	Kode Huruf	Jarak sisi luar <i>main gear</i> (m)	Lebar sayap (m)
1	< 800	A	< 4,5	< 15
2	800 – 1.199	B	4,5 – 5,9	15 – 23,9



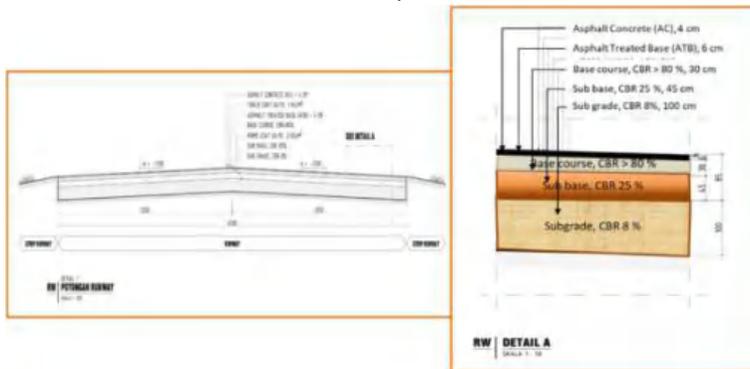
	Aeroplane reference field length (m)	Kode Huruf	Jarak sisi luar main gear (m)	Lebar sayap (m)
	1.200 – 1.799	C	6 – 8,9	24 – 35,9
4	> 1.800	D	9 – 13,9	36 – 51,9
		E	9 – 13,9	52 – 64,9
		F	14 – 15,9	65 – 79,9

Sumber : Peraturan Direktur jendral Perhubungan Udara No KP 39 tahun 2015



Gambar 3 Layout landas pacu (runway) bandara nabire

Sumber : Data pribadi 2024



Gambar 4 Potongan landas pacu (runway) bandara nabire

Sumber: Data pribadi 2024

c. Konfigurasi Runway

Saat merencanakan bandara, berbagai konfigurasi landasan pacu sering digunakan. Ada beberapa faktor yang memengaruhi hal ini, termasuk:

- 1) Perbedaan kapasitas terbesar  
 Dari sudut pandang kapasitas, konfigurasi optimal adalah konfigurasi satu arah. Dari berbagai konfigurasi, konfigurasi ini akan menghasilkan kapasitas maksimum.
- 2) Variasi kecepatan dan arah angin  
 Hanya satu landasan pacu berbentuk V yang terbuka atau berpotongan yang dapat digunakan saat angin bertiup kencang dan ke



berbagai arah.

- 3) Kompleksitas kontrol lalu lintas udara.

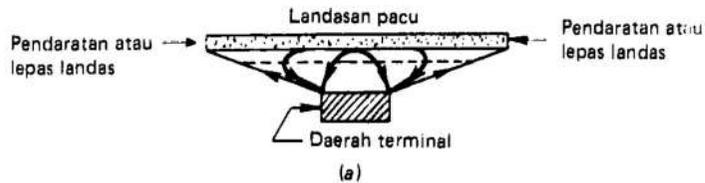
Pengaturan pesawat satu arah lebih mudah untuk kontrol lalu lintas udara daripada pengaturan pesawat multi arah.

- 4) Bantuan navigasi penuh.

Kontrol lalu lintas udara dibantu oleh alat bantu navigasi. Kemampuan untuk mengontrol penggunaan konfigurasi landasan pacu di berbagai arah ditingkatkan dengan alat bantu navigasi yang lebih baik.

Setiap bandara memiliki konfigurasi yang berbeda. Namun, konfigurasi landasan pacu yang biasanya digunakan mengacu pada beberapa bentuk dasar, termasuk:

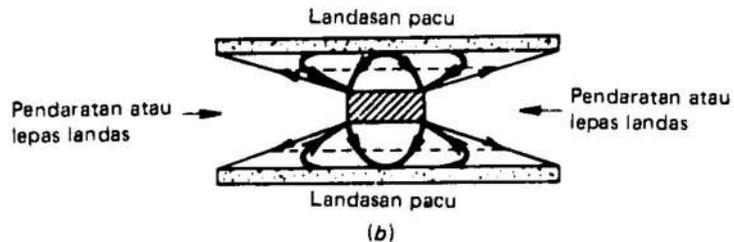
- 1) Landasan pacu tunggal (*single runway*)



**Gambar 5** *Singel runway*  
**Sumber:** Robert H (1988)

Konfigurasi yang paling mendasar adalah yang ini. Bergantung pada susunan pesawat dan campuran peralatan, jenis landasan pacu ini dapat menampung 45 hingga 100 operasi per jam dalam kondisi Visual Flight Rule (VFR), dan 40 hingga 50 operasi per jam dalam kondisi Instrument Flight Rule (IFR). Tersedia alat bantu navigasi. Satu gerakan sama dengan satu pendaratan atau satu lepas landas.

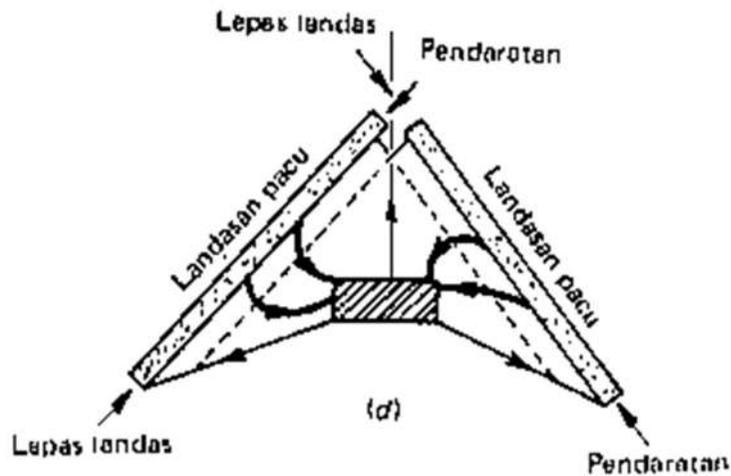
- 2) Landasan pacu dua jalur (*parallel runway*)



**Gambar 6** *Parallel runway*  
**Sumber:** Robert H (1988)

Jumlah landasan pacu dan jarak antar landasan sangat memengaruhi kapasitas sistem ini. ICAO mengklasifikasikan jarak antar landasan pacu paralel noninstrumen menjadi tiga kategori: dekat, menengah, dan jauh





**Gambar 8** V-shaped runway  
*Sumber: Robert H (1988)*

2. *Aeroplane reference field length (ARFL)*

Panjang landasan pacu minimum yang diperlukan untuk meluncurkan pesawat pada massa lepas landas bersertifikat maksimum, atau MTOW, sebagaimana ditentukan dalam buku petunjuk penerbangan pesawat dan disetujui oleh otoritas sertifikasi, atau informasi serupa yang diperoleh dari produsen pesawat.

3. *Aircraft classification number (ACN)*

Untuk kategori sub-kelas standar tertentu, angka ini menunjukkan dampak relatif pesawat pada perkerasan (lapisan aspal).

4. Apron

Area bandara yang ditetapkan di darat untuk penggunaan pesawat untuk naik dan turun penumpang, bongkar muat kargo, pengiriman surat, pengisian bahan bakar, parkir, atau perawatan pesawat.

5. *Pavement classification number (PCN)*

Nomor klasifikasi perkerasan angka yang menunjukkan daya dukung perkerasan untuk pengoperasian pesawat tanpa hambatan ketika nilai ACN sama dengan atau kurang dari PCN.

6. *Take-off runway*

Landasan pacu yang dikhususkan hanya untuk lepas landas pesawat.

7. *Taxiway*

Jalur pejalan kaki di bandara di darat yang mengarah dari landasan pacu ke apron.



st

Bagian perkerasan yang membentang antara tepi landasan pacu dan tepi landasan pacu atau tepi apron.

### 9. Berat (*Weight*)

Perencanaan ketebalan lapisan perkerasan dan kekuatan landasan pacu, landasan pacu, dan apron memerlukan pengetahuan tentang berat pesawat. Ada enam cara berbeda untuk menentukan berat pesawat:

#### a. *Operating Weight Empty*

Adalah berat awal pesawat, yang mencakup awak dan peralatannya tetapi tidak termasuk bahan bakar dan penumpang atau kargo yang membayar.

#### b. *Pay Load*

*Output* kargo, atau barang dan penumpang, adalah yang menghasilkan uang dan digunakan untuk menentukan pendapatan perusahaan. Ini mencakup penumpang, produk, dan paket. Muatan struktural maksimum adalah bobot maksimum yang diizinkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara untuk jenis pesawat tersebut; sertifikat muatan maksimum dapat dikeluarkan untuk penumpang atau barang, atau untuk kombinasi keduanya, sebagaimana ditunjukkan dalam izin yang dikeluarkan.

#### c. *Zero Fuel Weight*

Ada batasan berat yang unik untuk setiap jenis pesawat, yang jika melebihi batas tersebut bahan bakar harus ditambahkan untuk mencegah momen lentur yang berlebihan pada sambungan saat pesawat terbang. Karena sayap pesawat terbuat dari rongga yang saling terhubung, bahan bakar tidak terkumpul di satu sisi pesawat saat miring ke samping; sebaliknya, bahan bakar didistribusikan secara merata ke seluruh bagian.

#### d. *Maximum Ramp Weight*

Berat maksimum yang diizinkan untuk dimiliki pesawat saat meluncur (*taxi*). Pesawat menggunakan tenaganya sendiri untuk meluncur (*taxi*) dari apron ke ujung landasan pacu, membakar bahan bakar untuk mengurangi beratnya. Perbedaannya sangat kecil hanya beberapa ratus kilogram antara berat ramp maksimum.

#### e. *Maximum structural landing weight*

Adalah kapasitas struktural pesawat pada saat mendarat. Roda pendaratan, yang merupakan roda utama, membutuhkan roda gigi yang lebih kuat (roda) atau struktur yang dirancang untuk menahan gaya yang lebih tinggi. Untuk penerbangan yang lebih lama, pesawat akan membakar lebih banyak bahan bakar selama penerbangan, yang akan menyebabkannya kehilangan berat.

### 10. Ukuran (*size*)

Dimensi area parkir pesawat dan apron dipengaruhi oleh lebar dan panjang pesawat, yang juga memengaruhi konfigurasi terminal, lebar landasan pacu,



n landasan pacu. Ukuran pesawat sangat menentukan jarak antara elemen-  
 men ini.

11. kapasitas

Perencanaan bangunan terminal dan fasilitas lainnya memerlukan pertimbangan cermat terhadap kapasitas penumpang.

12. Panjang landasan pacu

Luas lahan yang dibutuhkan bandara bergantung pada panjang landasan pacu. Tidak selalu benar bahwa landasan pacu yang lebih panjang diperlukan untuk pesawat yang lebih besar. Jarak yang harus ditempuh, yang selanjutnya menentukan berat lepas landas, adalah hal yang benar-benar menentukan perlunya landasan pacu yang lebih panjang untuk pesawat besar.

**Tabel 4** Ketentuan geometrik panjang *runway*

No.	Persyaratan kelayakan	Klasifikasi Bandara (%)				
		A	B	C	D	E
		4	3	2	1	
1.	<i>Maximum effective slope (average longitudinal slope)</i>	1	1	1,5	2	2
2.	<i>Maximum longitudinal slope in any Portion of runway</i>	1,25	1,25	1,5	2	2
3.	<i>Maximum longitudinal slope change Per 100 feet</i>	1,5 0,1	1,5 0,2	1,5 0,4	2 0,4	2 0,4
4.	<i>Maximum slope for the first and the Last quarter of the runway</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

**Sumber:** International Civil Aviation Organization, Annex 14 Aerodromes Volume 1 (2004)

Bila kondisi landasan pacu adalah *Mean Sea Level* (MSL), kondisi atmosfer standar, kemiringan landasan pacu nol, dan tidak ada angin, maka *Airplane Reference Field Length* (ARFL) adalah panjang landasan minimum yang dibutuhkan oleh pesawat yang dimaksud agar dapat lepas landas dengan *Maximum Take-off Weight* (Berat Lepas Landas Maksimum). McKelvey & Horonjeff, 2010).

Panjang ARFL yang ditentukan oleh penerbangan manual perlu disesuaikan dengan faktor lingkungan. Faktor penyesuaian ini terdiri dari:

a. Elevasi Bandara

*Runway* yang direncanakan tergantung elevasi bandara, ARFL akan bertambah 7% setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dari atas permukaan air (ICAO), dengan persamaan sebagai berikut :

$$Fe = 1 + 0,07 \frac{H}{300} \tag{1}$$

**Keterangan :**

Fe : Faktor Terkoreksi Elevasi

H : Elevasi Lapangan Terbang



Temperatur

Landasan pacu yang lebih panjang diperlukan pada suhu yang lebih tinggi karena kepadatan udara lebih rendah dan daya dorong lebih rendah pada suhu tersebut. Suhu standarnya adalah 59°F, atau 15°C, di atas permukaan laut. McKelvey & Horonjeff, 2010). Dengan menggunakan rumus berikut:

$$FT = 1 + 0,01(T - (15 - 0,0065h)) \quad (2)$$

c. Kemiringan Runway (Slope)

Nilai kemiringan runway tergantung cara membagi hasil pengurangan antara elevasi maksimum dan minimum di sepanjang garis tengah runway dengan panjang runway, hasilnya harus tidak lebih dari:

- 1% jika nomor runway adalah 3 atau 4; atau
- 2% jika nomor runway adalah 1 atau 2.

Ketinggian landasan pacu. Dengan membagi selisih elevasi tertinggi dan terendah di sepanjang garis tengah dengan panjang landasan pacu, seseorang dapat menghitung kemiringan landasan pacu. Kemiringan yang menunjukkan arah penurunan harus dinyatakan dalam persentase, hingga sepersepuluh persen.

FAA menetapkan "Gradien Efektif" dalam perencanaan lapangan terbang, yang dihitung dengan membagi panjang landasan pacu dengan perbedaan ketinggian antara titik terendah dan penampang melintang memanjang. Untuk setiap kemiringan 1%, faktor koreksi kemiringan (Fs) adalah 10%. McKelvey & Horonjeff, 2010).

Rumus berikut menentukan panjang kemiringan landasan pacu tambahan:

$$FS = 1 + 0.1 S \quad (3)$$

**Keterangan :**

- FS = Faktor Terkoreksi Kemiringan
- S = Gradien efektif

Membandingkan nilai ARFL dibandingkan dengan aerodrome reference code atau ARC apabila Panjang ARFL dari runway sudah didapatkan untuk mengetahui klasifikasi landasan pacu yang akan di desain sesuai Tabel 5.

**Tabel 5 Aerodrome reference code**

Kode Nomor	ARFL (m)	Kode Huruf	Lebar Rentang Sayap (m)	Rentang Luar Roda Utama (m)
1	< 800	A	< 15	< 4,5
2	800 ≤ x ≤ 1.200	B	15 – 24	4,5 - 6
3	1.200 ≤ x ≤ 1.800	C	24 – 36	6 - 9
4	> 1.800	D	36 – 52	9 - 14
		E	52 – 60	9 - 14

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015



Menentukan lebar landas pacu untuk mendapatkan nilai *runway* dapat diambil sesuai persyaratan yang dikeluarkan ICAO.

**Tabel 6** Lebar perkerasan landasan

Kode Angka	Kode Data (m)				
	A	B	C	D	E
1	18	18	18		45
2	23	23	23		
3	30	30	30	45	
4			45	45	

*Seharusnya disediakan untuk Runway yang kode hurufnya adalah D or E, dan lebar runway kurang dari 60 m. Runway shoulder harus memanjang secara simetris pada masing-masing sisi Runway sehingga seluruh lebar Runway dan bahunya tidak kurang dari 60 m.*

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015

#### II.1.4 Klasifikasi Bandara dan Jenis Pesawat

Panjang *runway* adalah pendekatan panjang runway minimum yang dibutuhkan oleh pesawat dengan melakukan *try and error* oleh perusahaan yang memproduksi pesawat. Setiap pesawat memiliki klasifikasi yang berbeda yang dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7** Klasifikasi bandara, desain grup pesawat dan jenis pesawat

Jenis Pesawat	Ref Code	Karakteristik Pesawat Udara					
		ARFL (m)	Lebar Sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Airbus A320	3C	2090	34.1		37.6	73500	1140
Airbus A319	3C	1520	34.1		33.8	64000	1070
CESSNA CAR- 206	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
DASH 6	1B	695	19.8	4.1	15.8	5670	220
CN-235-300	1C	1200	25.81	7.0	21.4	16500	
DASH 7	1C	910	28.3	7.8	24.6	19505	626
C 208	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
CASSA 212-300	2B	866	20.3	3.6	16.1	8100	
Dornier 328-100	2B	1090	20.1		21.3	13.988	
Dornier 328-300	2B	1088	21		21.3	13.988	
ATR 42-500	2C	1160	24.6	4.10	22.7	18600	790
DASH 8 (300)	2C	1100	27.4	8.5	25.7	18642	805
MA 60	2C	1100	29.2		24.71	21800	
Challenger 605	3B	1780	19.61		20.85	21900	
Snort 330-200	3B	1310	22.76		17.69	10387	
ATR 72-500	3C	1220	27.0	4.10	27.2	22500	
ATR 72-600	3C	1290	27.05	4.10	27.16	22800	



Pesawat	Ref Code	Karakteristik Pesawat Udara					
		ARFL (m)	Lebar Sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Bombardier Global Express	3C	1774	28.7	4.9	30.3	42410	1150
Embraer EMB 120	3C	1560	19.78	7.3	20	11500	828
Fokker F100	3C	1820	28.1	5.0	35.5	44450	920
Fokker F27-500	3C	1670	29.0	7.9	25.1	20412	540
McDonnell Douglas DC9-20	3C	1551	28.5	6.0	31.8	45360	972
Fokker F28-4000	3C	1680	25.1	5.8	29.6	32205	779
Fokker F50	3C	1760	29.0	8.0	25.2	20820	552
McDonnell Douglas DC-3	3C	1204	28.8	5.8	19.6	14100	358
RJ-200	3C	1600	26.34	4.72	30.99	44226	
SAAB SF-340	3C	1300	21.4	7.5	19.7	12371	655
Airbus A300 B2	3D	1676	44.8	10.9	53.6	142000	1241
ATP	3D	1350	30.6	9.3	26	22930	720
C 130 H (Hercules)	3D	1783	39.7	4.3	29.3	70300	95
EMB 145 LR	4B	2269	20	4.1	29.87	22000	999.74
Airbus A320-200	4C	2090	34.1	8.7	37.6	72000	1360
Boeing B717-200	4C	1680	28.5	6.0	37.8	51710	1048
Boeing B737-200	4C	1990	28.4	6.4	30.53	52400	1145
Boeing B737-300	4C	1940	28.9	6.4	33.4	61230	1344
Boeing B737-400	4C	2540	28.9	6.4	36.5	63083	1400
Boeing B737-500	4C	1830	28.9	5.2	31	60560	
Boeing B737-600	4C	1750	34.3	5.72	31.2	65090	
Boeing B737-700	4C	1600	34.3	5.72	33.6	70143	
Boeing B737-800	4C	2256	34.3	6.4	39.5	70535	1470
Boeing B737-900	4C	2240	34.3	7	42.1	66000	1470
Boeing B737-900ER	4C	2256	35.8	7	42.1	85139	1470
Bombardier CRJ 1000 NextGen	4C	1996	26.2	-	39.1	40824	1060
Bombardier CRJ 1000 NextGen EL	4C	1882	26.2	-	39.1	38995	1060
Bombardier CRJ 1000 NextGen ER	4C	2079	26.2	-	39.1	42640	1060
McDonnell Douglas DC9-30	4C	1800	28.5	6.0	36.4	48988	1050
McDonnell Douglas DC9- 80/MD80	4C	2553	32.9	6.2	45.1	72575	1390
McDonnell Douglas MD82	4C	2270	32.8	6.2	45.1	67812	1268.64
McDonnell Douglas MD83	4C	2550	32.8	6.2	45.1	72574	1268.64
McDonnell Douglas MD87	4C	1860	32.8	6.2	39.7	63503	1268.64
McDonnell Douglas	4C	2550	32.8	6.2	45.1	67812	1268.64



Pesawat	Ref Code	Karakteristik Pesawat Udara					
		ARFL (m)	Lebar Sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
MD88							
Sukhoi SJ-100- 95LR	4C	1800	27.80		29.8	492150	
Airbus A300-600	4D	2332	44.8	10.9	54.1	165000	1260
Airbus A310-200	4D	1860	43.9	10.9	46.7	132000	1080
Boeing B707-300	4D	3088	44.4	7.9	46.6	151315	1240
Boeing B757-200	4D	2350	38.0	8.7	47.3	108860	1172
Boeing B767-200ER	4D	2600	47.6	10.8	48.5	156500	1310
Boeing B767-300ER	4D	2400	47.6	10.8	54.9	172365	1310
Boeing B767-400ER	4D	3400	51.9	10.8	61.4	204120	1262
Lockheed L1011-100/200	4D	3300	47.3	12.8	54.2	211378	1207
McDonnell Douglas DC10-30	4D	3170	50.4	12.6	55.5	251733	1276
McDonnell Douglas DC8-63	4D	3179	45.2	7.6	57.1	158757	1365
McDonnell Douglas MD11	4D	3100	51.7	12.0	61.6	273289	1400
Tupolev TU154	4D	2300	37.6	12.4	48.0	90300	930
Airbus A 330-200	4E	2220	60.3	12.0	59.0	230000	1400
Airbus A 330-300	4E	2500	60.3	12.0	63.6	230000	1400
Boeing B747-300	4E	3320	59.6	12.4	70.7	377800	1323
Airbus A 340-300	4E	2200	60.3	12.0	63.7	253500	1400
Boeing B747-400	4E	3020	64.4	12.4	70.7	394625	1410
Boeing B747-SP	4E	2160	59.6	12.4	56.3	318420	1413
Boeing B777-200	4E	2500	60.9	12.8	63.7	287800	1400
Boeing B777- 200ER	4E	3000	60.9	12.9	63.7	247200	1480
Boeing B777-300	4E	3700	60.9	12.9	73.9	297550	1500
Boeing B777- 300ER	4E	3300	64.8	12.9	73.9	299370	
Boeing B787-8	4E	2650	60.1	9.8	56.7	228500	
Airbus A 380	4F	2050	79.8	14.3	72.7	560000	1470
Boeing B747-800	4F	2700	68.5	12.7	76.4	442253	

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015

*Graded area* dari sebuah *runway strip* harus diperpanjang sampai jauh keluar ujung *runway*, atau *stopway* lain yang berkaitan, paling sedikit:

- a. 30 m, jika *Code Number runway* adalah 1 dan merupakan *runway non instrument*, atau
- b. 60 m, dalam kasus lain.



Lebar *runway strip* memiliki beberapa persyaratan dimana graded area dari sebuah *runway* tidak boleh kurang dari nilai yang disajikan pada **Tabel 8**. Dalam susunan *runway non presisi*, lebar dari *runway strip*, termasuk daerah *fly over*, tidak boleh kurang dari nilai yang tercantum pada **Tabel 9**.

**Tabel 8** Lebar *runway strip* yang ditambahkan

Kode Referensi Aerodrome	Lebar <i>runway strip</i>
1 <sup>ab</sup>	60 m
2 <sup>c</sup>	80 m
3 (jika lebar <i>runway</i> 30 m)	90 m
3,4 (jika lebar <i>runway</i> 45 m atau lebih)	150 m

<sup>a</sup> *Runway strip* dapat dikurangi sampai 30 m tergantung pada batasan-batasan yang diterapkan pada operasional pesawat udara kecil. Lihat Bab 13.  
<sup>b</sup> *Runways* yang digunakan pada malam hari memerlukan *runway strip* dengan lebar minimum 80 m.  
<sup>c</sup> *Runways* yang digunakan pada siang hari oleh pesawat udara yang bobotnya tidak lebih dari 5.700 kg diperkenankan untuk memiliki *runway strip* dengan lebar minimum 60 m

**Sumber:** Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Kp 39 Tahun 2015

**Tabel 9** Lebar *runway strip* untuk *runway non-presisi*

Kode Referensi Aerodrome	Lebar <i>runway strip</i>
1 atau 2	90 m
3 (jika lebar <i>runway</i> 30 m)	150 m <sup>a</sup>
3,4 (jika lebar <i>runway</i> 45 m atau lebih)	300 m <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Apabila penyediaan lebar *runway strip* yang optimal sebesar 150 m tidak dapat dilakukan, dapat disediakan minimum lebar *runway strip* yang ditingkatkan (*graded*) sebesar 90 m pada *runway* untuk pesawat udara dengan kode 3C dan di atasnya, dengan bergantung kepada penyesuaian pendaratan minimal.  
<sup>b</sup> Apabila tidak mungkin untuk menyediakan lebar *runway strip* keseluruhan, dapat disediakan lebar minimum 150 m *strip* yang ditingkatkan kondisinya (*graded*), dengan bergantung kepada penyesuaian pendaratan minimal.

**Sumber:** Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Kp 39 Tahun 2015

*Runway parallel non instrument* yang digunakan secara simultan, jarak pemisah minimum antara kedua center line *runway* tersebut tidak boleh kurang dari:

- a. 210 m untuk *runway* dengan Code Number tertinggi 3 atau 4;
- b. 150 m untuk *runway* dengan Code Number tertinggi 2;
- c. 120 m untuk *runway* dengan Code Number masing-masing *runway* adalah 1.

Lebar *runway* untuk code Number 1 *non instrument* dapat dikurangi sampai 15 m atau 10 m bergantung pada batas-batas yang ditempatkan pada operasi pesawat udara kecil berdasarkan pernyataan di atas, maka lebar dari sebuah *runway* harus tidak kurang dari yang telah ditentukan, sesuai pada **Tabel 17**.



**Tabel 10** Lebar minimum *runway*

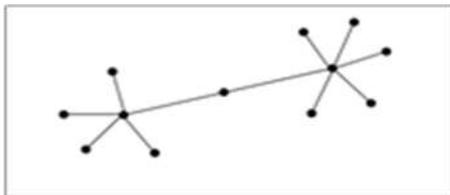
	Code letter					
	A	B	C	D	E	F
1 <sup>a</sup>	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

*Catatan:*  
<sup>a</sup> Jika sebuah Code Number precision approach runway adalah 1 atau 2, maka lebar landas pacu (*runway*) tidak boleh kurang dari 30 m

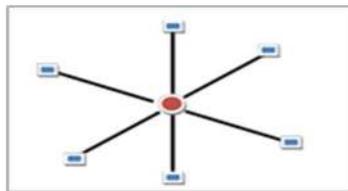
**Sumber:** Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Kp 39 Tahun 2015

## II.2 Pola Rute Jaringan Penerbangan

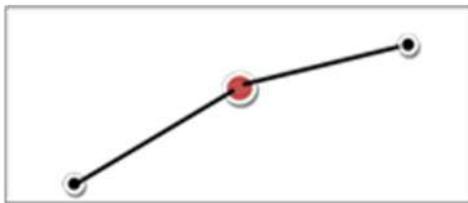
Jaringan rute penerbangan domestik yang ada saat ini masih berupa campuran pola *line*, *combined*, *grip*, dan *hub and spoke*. Bandara yang lebih kecil berfungsi sebagai bandara pengumpan (*spoke*) dan kemudian mengumpulkan penumpang di bandara pengumpan lokal (*local hub*) di kabupaten atau provinsi. Ini adalah pola *hub and spoke* yang umum digunakan oleh Indonesia.



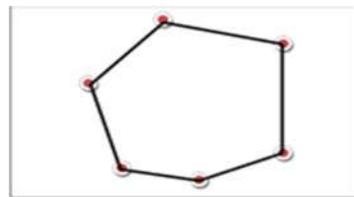
a. *Combine*



b. *Hub & Spoke*



c. *Line Pattern*



d. *Grip Pattern*

**Gambar 9** Pola rute jaringan penerbangan

**Sumber:** Peraturan Direktur jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015

## II.3 Sistem Multi Bandara

Sistem multi bandara adalah pengaturan Bandara yang melayani lalu lintas udara di dalam kota. Ketika dua atau lebih Bandara dapat menyediakan layanan di wilayah perkotaan, (De Neufville, 1995). Unit Sistem Multi bandara adalah penumpang dan pertumbuhan Bandara terkonsentrasi pada perluasan Bandara sekunder dan



an Bandara baru. (Boneffie, Philippe A. 2008). Penerapan multi sistem memiliki sejumlah manfaat, termasuk:

1. Menurunkan lalu lintas di Bandara utama sekaligus meningkatkan kapasitas sistem transportasi udara regional;
2. Mencegah dan mengurangi dampak gangguan dalam operasi Bandara untuk menjaga kualitas layanan (terutama di Bandara utama);
3. Menawarkan pilihan transportasi alternatif di wilayah metropolitan yang dapat mempersingkat waktu tempuh dan jarak ke Bandara;
4. Merangsang ekonomi lokal dengan menciptakan lapangan kerja, pendapatan pajak, dan peluang ekonomi lainnya;
5. Mengurangi dampak monopoli layanan yang dapat terjadi kapan saja dalam satu sistem Bandara.

## II.4 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara

Rencana pembangunan bandara sangat dipengaruhi oleh volume aktivitas yang diantisipasi di masa mendatang. Peramalan masa depan menggunakan metodologi kuantitatif. Secara umum, strategi ini digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang di masa mendatang. Peramalan dan proyeksi permintaan merupakan dasar untuk pembangunan bandara. Operasi penerbangan pesawat, jumlah penumpang, volume kargo, tempat parkir kendaraan, dan lalu lintas darat semuanya harus diperhitungkan dalam estimasi kebutuhan. Selain prakiraan tahunan, prakiraan juga tersedia untuk jam sibuk harian, hari-hari sibuk dalam bulan tertentu, dan bulan-bulan sibuk dalam tahun tertentu (bulan sibuk).

Perkiraan atau ramalan dibagi menjadi tiga, yaitu:

- 1) Prediksi jangka pendek, yaitu  $\pm 5$  tahun
- 2) Prediksi jangka menengah, yaitu  $\pm 10$  tahun
- 3) Prediksi jangka panjang, yaitu  $\pm 15$  tahun

Hasil estimasi akan menjadi kurang tepat atau akurat jika periode estimasi semakin lama. Prakiraan dan pola penerbangan sangat penting, terutama saat mengatur gedung terminal, tempat parkir, dan pintu masuk bandara. Memproyeksikan tren volume perjalanan historis ke masa depan memungkinkan terciptanya prakiraan. Horonjeff dan McKelvey (1993) menegaskan bahwa prakiraan memiliki tujuan di luar membuat prediksi yang tepat tentang kondisi masa depan.

### II.4.1 Peramalan Pergerakan Pesawat

#### 1. Metode Regresi Linier

Salah satu metode analisis statistik untuk menggambarkan hubungan antara satu variabel respons dan satu atau lebih variabel penjelas adalah metode regresi. Tingkat permintaan penumpang dan pesawat diprediksi menggunakan metode ini. Pendekatan ini menggunakan data yang akan digunakan di masa mendatang untuk membuat komponen persamaan regresi. Sederhananya,



Metode regresi linier dasar berupaya menggambar grafik garis yang menghubungkan dua variabel data,  $x$  dan  $y$ .  $X$  terletak di sepanjang sumbu horizontal sebagai variabel independen. Variabel penjelas dan variabel prediktor adalah nama lain untuk variabel independen. Pada sumbu vertikal terdapat variabel dependen,  $y$ . Nilai  $y$  juga dapat disebut sebagai variabel prediksi atau variabel respons.

Di bawah ini adalah persamaan ekstrapolasi linier sederhana :

$$Y = a + bx \tag{7}$$

Dimana:

$Y$  = Nilai dari variabel tidak bebas (*dependent variable*) = Jumlah Penumpang Pesawat

$a$  = konstanta (*intercept*) = Nilai Penumpang.

$b$  = koefisien variabel  $X$  (*slope*) = Koefisien regresi.

$x$  = variabel bebas (*independent variables*) = Urutan Periode.

konstanta  $a$  dan  $b$  oleh rumus berikut :

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - \sum y_i^2} \tag{8}$$

$$a = Y - bx \tag{9}$$

## 2. Metode Regresi Non-Linier

Regresi non linier adalah bentuk hubungan atau fungsi dimana variabel prediktor  $X$  dan kreditor  $Y$  dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel  $X$  dan  $Y$  dapat berfungsi sebagai penyebut dalam fungsi pecahan, maupun sebagai pangkat fungsi eksponen (perpangkatan). Regresi non linier bisa terjadi apabila hubungan antara variabel *independent* dan *dependent* tidak linear. Salah satu bentuk dari regresi non linier yaitu bentuk geometri atau yang biasa disebut power, polynomial, eksponensial dan hiperbola.

## 3. Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Persentase total variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variasi variabel independen dikenal sebagai koefisien determinasi.  $R$ -kuadrat, juga dikenal sebagai koefisien penentu, dilambangkan dengan simbol  $R^2$ . Tingkat di mana perubahan variabel dependen dapat dijelaskan oleh kontribusi variabel independen dalam model regresi ditunjukkan oleh koefisien determinasi. Nilai  $R$ -kuadrat ( $R^2$ ) pada tabel Ringkasan Model menunjukkan koefisien determinasi. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) dapat dihitung dengan mengkuadratkan nilai  $r$  yang disesuaikan. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 hingga 1. Hampir semua informasi yang diperlukan untuk memprediksi variabel dependen disediakan oleh variabel independen jika nilainya mendekati 1. Namun, jika nilai  $R^2$  menurun, ini menunjukkan bahwa kapasitas variabel independen untuk menjelaskan variabel dependen menjadi semakin terbatas.



$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (10)$$

Dimana:

- r = Koefisiensi Korelasi
- x1 = Sumber internal
- x2 = Sumber eksternal
- y = Prestasi klub

Tabel 11 Kategori korelasi

Interfal Koefisien	Keeratan Korelasi
0,00 – 0,20	Sangat Lemah
0,21 – 0,40	Lemah
0,41 – 0,70	Sedang
0,71 – 0,90	Kuat
0,91 – 0,99	Sangat Kuat
1	Korelasi Sempurna

Sumber : Peraturan Direktur Jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015

#### 4. Ukuran Akurasi Peramalan

Keakuratan hasil peramalan merupakan metrik yang digunakan untuk membandingkan berbagai model peramalan. Pengukuran hasil peramalan juga dapat digunakan untuk memantau aktivitas peramalan guna memastikan bahwa peramalan tersebut efektif dan menghasilkan hasil yang akurat. Keakuratan peramalan merupakan ukuran kesalahan peramalan yang mengacu pada tingkat perbedaan antara hasil peramalan dan permintaan aktual. Peramalan biasanya didasarkan pada data yang dikumpulkan sebelumnya yang telah dianalisis menggunakan metode tertentu. Dalam proyek akhir ini, metode peramalan dievaluasi menggunakan *Least Squares Mean*, yang juga dikenal sebagai *Mean Squared Error* (MSE).

*Mean Squared Error* (MSE) merupakan cara alteratif menilai metode peramalan. Setiap *error* dan residual dikuadratkan. Jumlah observasi kemudian ditambahkan. Karena kesalahan dikuadratkan dalam metode ini, maka kesalahan tersebut dapat menjadi besar. Tingkat kesalahan metode ini adalah sedang, yang kemungkinan besar lebih baik tetapi dapat menghasilkan perbedaan yang besar. Metode ini mengkuadratkan setiap kesalahan dan residual, kemudian menjumlahkan dan menambahkannya ke jumlah total observasi. Karena kesalahan dikuadratkan dalam metode ini, maka kesalahan tersebut dapat menjadi besar. Nilai MSE dihitung menggunakan rumus berikut.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (11)$$

Dimana:

- At = Nilai Aktual Permintaan
- Ft = Nilai Hasil Peramalan
- n = Banyaknya Data



## Analisis Kedatangan Penumpang Pesawat

Penelitian ini dilakukan analisis deskriptif yang dimana untuk melihat gambaran mengenai jumlah kedatangan penumpang pesawat Internasional di Bandara Soekarno-Hatta pada tahun 2022, kemudian dilanjutkan dengan melakukan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Total penumpang biasanya diperoleh dari perkiraan yang terkait dengan perencanaan suatu bandara, Sehingga dua ukuran jumlah penumpang, diantaranya:

1. Total penumpang tahunan sebagai penetapan mula dari ukuran gedung terminal;
2. Total penumpang perjam lebih rinci sebagai jumlah rencana rancangan terminal penumpang. Indeks rancangan yang digunakan antara (0,03-0,05) % dari jumlah penumpang tahunan

Namun, di Indonesia, metode yang umum digunakan adalah metode jam sibuk ke-40, yang didasarkan pada jumlah jam sibuk harian. Jumlah penumpang diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil, dan jumlah penumpang pada titik ke-40 digunakan untuk menghitung jumlah penumpang rencana/penumpang waktu sibuk untuk desain terminal.

### 1. Metode *Double Exponential Smoothing* (DES)

Metode ini dikemukakan oleh Brown. Terdapat proses *smoothing* atau pemulusan sebanyak dua kali, yaitu nilai pemulusan tunggal dan ganda yang ketinggalan dari data yang sebenarnya serta memiliki unsur *trend*. Metode ini digunakan jika data yang ada menunjukkan adanya sebuah *trend* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mencari parameter pemulusan yang optimum;
- b. Melakukan pemulusan *exponential* dengan parameter tersebut dan diperoleh model persamaannya;
- c. Melakukan suatu peramalan pada data asli dengan model yang telah diperoleh, untuk mengetahui nilai *error* atau untuk melihat kebaikan model yang diperoleh tersebut.

Bila data menunjukkan tren, metode *Double Exponential Smoothing* digunakan. Perataan eksponensial di hadapan tren serupa dengan perataan sederhana, dengan pengecualian bahwa dua komponen harus diperbarui setiap periode level dan tren. Level adalah estimasi nilai data yang dihaluskan pada akhir setiap periode. Tren adalah estimasi pertumbuhan rata-rata yang dihaluskan pada akhir periode. Adapun Persamaannya sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$\alpha_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_{t-1}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$



$$F_{t+m} = a_t + b_t \tag{12}$$

mana:

- = Data pada periode t
- S<sup>t</sup> = Nilai pemulusan 1 periode t
- S<sup>"t</sup> = Nilai pemulusan 2 periode t
- S<sup>t</sup> - 1 = Nilai pemulusan pertama sebelumnya (t-1)
- S<sup>"t</sup> - 1 = Nilai pemulusan kedua sebelumnya (t-2)
- A = Konstanta pemulusan
- a<sub>t</sub> = Intersepsi pada periode t
- b<sub>t</sub> = Nilai trend pada periode t
- F<sub>t+m</sub> = Hasil peramalan untuk periode t+1
- m = Jumlah periode waktu kedepan = 1

## 2. Metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah nilai rata-rata dari persentase nilai *error* yang dimutlakan yaitu perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai rata-rata dari kesalahan berpangkat. Adapun formula MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \times 100 \tag{13}$$

Dimana:

- n = Banyaknya data yang diamati
  - F<sub>t</sub> = Nilai peramalan ke-t
  - X<sub>t</sub> = Nilai data pada periode ke-t
- Dengan nilai *range*, sebagai berikut:

**Tabel 12** Range nilai

Presentase MAPE	Keterangan
<10%	Akurasi peramalan tinggi
10% - 20%	Akurasi peramalan baik
21% - 50%	Akurasi peramalan biasa
>50%	Akurasi peramalan tidak akurat

**Sumber :** Peraturan Direktur jendral Pehubungan Udara No KP 39 tahun 2015

## II.5 Jenis Pesawat Penumpang

Maskapai penerbangan di Indonesia banyak mengoperasikan jenis pesawat yang diproduksi oleh Boeing, Airbus dan ATR untuk melayani kebutuhan transportasi udara bagi masyarakat. Berikut disajikan tipe-tipe pesawat penumpang yang biasa digunakan oleh maskapai Indonesia.

### 1. Pesawat Boeing

- a. Boeing 737 merupakan salah satu jenis pesawat komersial dengan mesin ganda (*twin jet*) yang diproduksi oleh Pabrik Boeing di Seattle, Amerika Serikat. Boeing 737 adalah produk yang paling laris di pasar penerbangan dunia dan merupakan pesaing utama dari pesawat keluaran Airbus yaitu



A320. Pesawat Boeing 737 sering digunakan untuk rute pendek hingga menengah. Tipe pesawat Boeing 737 yang sering digunakan oleh maskapai Indonesia yaitu tipe Boeing 737-500, 737-800, 737-900ER dan 737 MAX 8.

- b. Boeing 777-300 ER merupakan pesawat jet bermesin ganda berbadan lebar yang biasa digunakan oleh maskapai Indonesia untuk rute penerbangan jarak jauh. Pesawat ini memiliki mesin *General Electric* GE90-115B dengan diameter yang sedikit lebih besar daripada diameter kabin Boeing 737 dan merupakan mesin pesawat dengan gaya dorong terkuat di dunia.

## 2. Pesawat Airbus

- a. Airbus 320 adalah pesawat penumpang komersial yang diproduksi oleh Airbus dan merupakan pesawat penumpang pertama dengan sebuah sistem kendali *fly-by-wire digital*, di mana pilot mengendalikan penerbangan melalui penggunaan sinyal elektronik dan bukan secara mekanik dengan *handle* dan sistem hidraulis. Airbus membutuhkan sekitar delapan bulan untuk membangun sebuah pesawat A320. Komponen dari beberapa berbagai perusahaan Airbus ditransportasikan ke tempat perakitan terakhir di Toulouse Blagnac untuk A320. Airbus A320 *family* merupakan pesawat bersayap jenis *low wing* serta memiliki tiga set roda pendarat yang dapat dilipat dan ditenagai oleh dua mesin turbofan yang terpasang di sayap. Maskapai di Indonesia menggunakan sub tipe Airbus 320-200 dengan operasional jarak pendek hingga menengah;
- b. Airbus 330 merupakan pesawat jet bermesin ganda yang melayani rute menengah hingga jarak jauh. Airbus 330 yang biasa dioperasikan oleh maskapai Indonesia yaitu Airbus 330-300 dan 330-900neo.

## 3. Pesawat ATR

Pesawat ATR ATR 72 dibangun atas kerja sama oleh Perusahaan pesawat EADS (Prancis) dan ALLENIA (Italia). Pesawat ATR yang biasa digunakan sebagai pesawat penumpang oleh maskapai Indonesia adalah tipe ATR 72-600. Pesawat ini tidak menggunakan mesin jet, melainkan tipe pesawat turboprop bermesin ganda. ATR 72-600 khusus digunakan untuk melayani rute jangka pendek.

Di bawah ini merupakan **Tabel 13** kisaran kapasitas penumpang dari tipe pesawat yang dioperasikan oleh maskapai Indonesia.



**Tabel 13** Tipe pesawat dan kisaran kapasitas penumpang

Jusen	Tipe Pesawat	Kisaran Kapasitas Penumpang (Orang)		
1.	Boeing	737	500	108-140
		800NG	160-189	
		900ER	174-220	
		Max 8	108	
	777	300ER	314	
2.	Airbus	320	200	150-180
		330	300	440
		900NEO	436	
3.	ATR	72	600	44-78

**Sumber:** Jurnal Teknik SILITEK – Vol. 03 No. 01 April 2023

Jenis dan tipe pesawat udara yang beroperasi di bandara Internasional Soekarno Hatta beserta kapasitas tempat duduk diperlihatkan pada **Tabel 14**.

**Tabel 14** Tipe dan kapasitas tempat duduk pesawat udara

No	Jenis Pesawat udara	Tipe Pesawat udara	Kapasitas Tempat Duduk
1	Boeing 747-400	Jumbo	405
2	Airbus -330- 200	Wide Body Jet	302
3	Airbus- 330	Wide Body Jet	296
4	Airbus 360	Wide Body Jet	287
5	Airbus -232	Wide body Jet	251
6	Boeing 737-900	Medium Jet	213
7	Airbus -333	Medium Jet	186
8	Airbus 320	Medium Jet	180
9	Boeing 737-300/400	Medium Jet	170
10	Boeing 737-800	Medium Jet	144
11	Boeing 737-300/400	Medium Jet	134
12	Boeing 737-200	Medium Jet	125
13	Boeing 737-400	Medium Jet	110
14	BAe146-200	Medium Jet	98

**Sumber :** Jurnal Aviasi Langit Biru, volume 5, No. 11, 2012

## II.6 Pesawat Boeing 737-900ER

Boeing 737 Next Generation (B 737 NG) yang mencakup empat model yaitu B 737-600/700/800/900, merupakan pesawat berlorong tunggal yang memiliki dua mesin (*twin jet*) serta memiliki jangkauan terbang jarak pendek hingga menengah dengan tempat duduk antara 180 hingga 212 penumpang yang diproduksi oleh pabrik Boeing *Commercial Airplanes* di Seattle, Amerika Serikat. Diluncurkan pada tahun 1993 sebagai turunan generasi ketiga dari Boeing 737 dan telah diproduksi sejak tahun 1997 yang merupakan peningkatan dari seri 737300/400/500 (Boeing Company, 2020).

Boeing 737-900 merupakan varian terbesar dari keluarga 737 Next Generation dari produsen yang berbasis di AS tersebut, tetapi beberapa maskapai penerbangan



awat yang bahkan lebih canggih. Sejak Boeing menghentikan program 757 2004, produsen tersebut memiliki celah yang bermasalah dalam jajarannya. Bih buruk lagi, produk pesaing Airbus, A321, yang dengan cepat mengambil alih posisi teratas pasar pesawat berbadan sempit.

Pada tahun 2006, Boeing 737-900ER pertama diluncurkan dari jalur perakitan Boeing dan seharusnya bersaing dengan Airbus A321 dan mengatasi kekurangan 737-900. Meskipun demikian, pesawat itu jauh dari harapan dan tidak pernah benar-benar mampu menggantikan 757-200 dengan cara yang berarti. Meski begitu, tipe ini tidak dapat disangkal populer di kalangan beberapa operator seperti *Alaska Airlines* dan *United Airlines*, yang keduanya masih mengoperasikan jet tersebut hingga saat ini. Dalam artikel ini, kita akan membahas lebih dalam tentang Boeing 737-900 dan pesawat sejenisnya yang memiliki jangkauan jauh.

Menurut *Boeing 737: The World's Most Controversial Commercial Jetliner* karya Graham M Simons, Boeing 737-900 lahir pada bulan April 1997. Simons memulai dengan menyatakan bahwa jet tersebut dimaksudkan untuk menjadi pesaing Airbus A321 dengan kapasitas 185-220 kursi. Peningkatan utama dari produsen adalah perpanjangan badan pesawat sepanjang tujuh kaki, yang memperpanjang panjang total hingga lebih dari 138 kaki. Bahkan, jet tersebut sebenarnya lebih panjang dari Boeing 707. Pesawat ini juga menawarkan beberapa manfaat lain selain kapasitas penumpang tambahan. Pesawat ini juga menyediakan ruang kargo 18% lebih banyak.

Tujuan utama tipe ini adalah untuk meningkatkan kapasitas hingga 215 penumpang dalam satu kelas sekaligus meningkatkan jangkauan pesawat dalam prosesnya. Pesawat akan menambahkan sepasang pintu Tipe II di belakang sayap untuk mematuhi peraturan evakuasi penumpang yang akan memungkinkan peningkatan kapasitas yang direncanakan. Pabrikan juga memasang sekat pipih baru, yang akan menambah rangka ekstra pada badan pesawat, sehingga memungkinkan penambahan baris kursi. Dengan modifikasi ini, Boeing juga menawarkan kepada pelanggan baru 737-900 untuk memasang pintu Tipe II di samping sekat baru. Hal ini menjadikan 737-900 sebagai produk yang lebih kompetitif, karena akhirnya dapat mencapai kisaran kapasitas target maskapai. Meskipun demikian, peningkatan paling penting yang dilakukan pada 737-900ER, seperti yang tersirat dari namanya, adalah peningkatan jangkauannya.



**Gambar 10** Boeing 737-900ER Batik air  
**Sumber:** Lion Airlines.com

Boeing 737 *Next Generation* untuk semua varian memiliki bentuk sayap yang di desain ulang dengan bentuk yang lebih aerodinamis, lebar sayap lebih besar, sehingga kapasitas penyimpanan bahan bakar lebih besar dan bobot lepas landas maksimum lebih tinggi (MTOW) dari versi sebelumnya. Versi pesawat ini dilengkapi mesin buatan CFM International seri CFM56-7B, *glass cockpit*, dan perombakan pada desain interior kabin. Varian ini memiliki jangkauan yang lebih jauh dari generasi pendahulunya. Spesifikasi teknis lengkap mengenai pesawat 737 *Next Generation* dapat dilihat pada **Tabel 15**.

**Tabel 15** Spesifikasi boeing 737 next generation

Jenis Pesawat	737-600	737-700	737-800	737-900
Kapasitas Penumpang	132 (maksimum)	149 (maksimum)	189 (maksimum)	215 (maksimum)
Panjang	30,8 m	33,6 m	39,5 m	42,5 m
Rentang Sayap	35,8 m			
Tinggi Ekor	12,6 m			
Berat Kosong	36.378 kg	38.147 kg	41.413 kg	44.676 kg
Kecepatan Jelajah	Mach 0,785 (828 km/jam)			Mach 0,78 (828 km/jam)
Kecepatan Maksimum	Mach 0,82 (877 km/jam)			
Jarak Tempuh	5.150 km	5.150 km	4.660 km	5.150 km
Kapasitas Bahan Bakar	26.022 L			
Ketinggian Terbang	41.000 FT	41.000 FT	41.000 FT	41.000 FT

**Sumber:** Boeing, 2020

## II.7 Rencana Induk Kebandarudaraan Kabupaten Nabire

Pada tahun 2015 telah ditetapkan keputusan Menteri perhubungan republik Indonesia Nomor KP 364 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Douw Atuture di Kabupaten Nabire Provinsi Papua. Rencana induk berlaku untuk kurun waktu 20 tahun dan dapat



kali setiap 5 tahun. Rencana induk bandar udara nabire terdiri dari:

1) permintaan kebutuhan pelayanan penumpang dan kargo

Rencana pembangunan dan pengembangan fasilitas bandar udara untuk memenuhi kebutuhan perasi penerbangan dan pelayanan bandar udara dilakukan terutama berdasarkan perkemangan lalu lintas angkutan udara sebagaimana tercantum pada **Tabel 16.**

**Tabel 16** Prakiraan permintaan jasa angkutan udara bandar udara nabire

No	Uraian	Eksisting Bandara Lama (2014)	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Ket
1	Penumpang (2 arah)					
	Tahunan	149.084	289.700	399.200	573.700	Pax
	Harian	414	805	1.109	1.594	Pax
2	Kargo					
	Tahunan	596,075	18.967,7	28.513,2	43.767,3	Ton
	Harian	16	53	79	121	Ton
3	Pesawat					
	Tahunan	15.879	33.958	45.243	63.779	Psw
	Harian	44	94	126	177	Psw
4	Konfigurasi Pesawat di Apron					
	Sejenis B737-900er	-	-	1(+1)	1(+1)	Psw
	Sejenis ATR 72-600	1	3(+1)	3(+1)	3(+1)	Psw
	Sejenis DHC-6	10	23	25	25	Psw

**Sumber:** Kpkemenhub No.364, 2015

## 2. Kebutuhan fasilitas

Pembangunan dan pengembangan fasilitas bandar udara dilaksanakan dengan mempertimbangkan prioritas kebutuhan dan kemampuan pendanaan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Fasilitas bandar udara yang direncanakan untuk dibangun dan dikembangkan sebagaimana tercantum pada **Tabel 24.**



rencana pengembangan dan tahapan pembangunan bandar udara nabire untuk fasilitas sisi udara

	Uraian	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Ket
1	ARC	3C non presisi	4C presisi	4C presisi	ICAO
2	Runway	1.550×30	2.500×45	2.500×45	m <sup>2</sup>
	runway orientation	17-35	17-35	17-35	
	LDA TH 17	1.550	2.500	2.500	m
	LDA TH 35	1.550	2.500	2.500	m
	TORA TH 17	1.550	2.500	2.500	m
	TORA TH 35	1.550	2.500	2.500	m
	ASDA TH 17	1.610	2.560	2.560	m
	ASDA TH 35	1.610	2.560	2.560	m
	TODA TH 17	3.325	3.012	3.012	m
TODA TH 35	2.208	3.570	3.570	m	
3.	Runway strip	1.790×300	2.740×300	2.740×300	m <sup>2</sup>
4.	Stopway TH 17	60×30	60×45	60×45	m <sup>2</sup>
	Stopway TH 35	60×30	60×45	60×45	m <sup>2</sup>
5	RESA TH 17	60×90	90×90	90×90	m <sup>2</sup>
	RESA TH 35	60×90	90×90	90×90	m <sup>2</sup>
6	Exit taxiway	1	1	2	buah
	Dimensi taxiway A	165×18	157,5×23	157,5×23	m <sup>2</sup>
	Dimensi taxiway B	165×18	157,5×23	157,5×23	m <sup>2</sup>
7	Konfigurasi apron B737-900er	-	1 +1(cadangan)	1 +1(cadangan)	Psw
	Konfigurasi apron ATR 2-500/600	3 +1(cadangan)	3 +1(cadangan)	3 +1(cadangan)	Psw
	Konfigurasi apron Cassa 212	19	19	19	Psw

Sumber: Kpkemenhub No.364, 2015

3. Tata letak fasilitas;
4. Tahapan pelaksanaan pembangunan;
5. Kebutuhan dan pemanfaatan lahan;
6. Kawasan keselamatan operasi penerbangan.

## II.8 Penelitian Terdahulu

Dalam kajian pustaka, penelitian diawali dengan meninjau penelitian lampau yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini bertujuan untuk membedakan hal-hal yang sudah pernah dilakukan dan menentukan hal-hal yang perlu dilakukan agar tidak terjadi duplikasi penelitian atau karya di masa lalu yang sudah pernah dilakukan oleh orang lain, serta untuk memperoleh perspektif, artinya jika seorang peneliti dapat dengan cermat mensintesis hasil-hasil penelitian yang serupa di masa lalu, maka ada kemungkinan peneliti akan menemukan sesuatu yang penting tentang fenomena yang dimaksud dan cara-cara penerapannya pada penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah hasil-hasil penelitian yang dapat dijadikan sebagai acuan:



ah Dawi (2017) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kapasitas Pacu Bandara Surowako”. Berdasarkan data tren, tugas akhir ini an bahwa pada tahun 2021 akan ada 12.333 pergerakan penumpang bandara dengan jumlah penumpang harian rata-rata 33, dan pada tahun 2026 akan ada 16.648 orang dengan jumlah penumpang harian rata-rata 45. Sementara itu, pada tahun 2036 akan ada 26.447 pergerakan penumpang, atau 72 penumpang setiap harinya. Sementara itu, data tren menunjukkan bahwa angka PDB pergerakan penumpang pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 10.914 orang, dengan rata-rata 30 penumpang per hari; pada tahun 2026, 15.122 orang, dengan rata-rata 41 penumpang per hari; dan pada tahun 2036, 33.339 orang, dengan rata-rata 91 penumpang per hari. Berdasarkan jenis pesawat yang ada saat ini, landasan pacu Bandara Sorowako yang menggunakan ATR 42-500 perlu diperpanjang 552 meter. Karena jenis pesawat yang saat ini beroperasi masih mampu mengangkut penumpang yang diharapkan pada tahun 2021 dan 2026, kebutuhan landasan pacu untuk tahun tersebut masih ditentukan dengan melihat kondisi saat ini. Sementara itu, pada tahun 2036, pesawat jenis Fokker 100 dengan ukuran landasan pacu 2.604 x 30 m harus sudah bisa digunakan.

Yasruddin (2018) melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Struktur Perkerasan Landasan Pacu Bandara Syamsudin Noor – Bandara Banjarmasin”. Metode CBR, metode FAA, metode LCN Inggris, metode Asphalt Institute, dan metode Departemen Perhubungan Kanada merupakan metode yang paling sering digunakan dalam perencanaan perkerasan landasan pacu bandara. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menggunakan metode CBR (*US Army Corps of Engineers Design Method*), FAA (*Federal Aviation Administration*), dan LCN (*Load Classification Number*) dalam merencanakan tebal perkerasan lentur pada landasan pacu sepanjang 2500 m di Bandar Udara Syamsudin Noor - Banjarmasin untuk pesawat terbang tipe Plan B 737-900ER. Selain itu juga menganalisis kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Metode *US Army Corps of Engineers Design Method* (CBR) dan *Federal Aviation Administration* (FAA) memiliki ketebalan yang sama, yaitu 27 inci atau 69 cm, berdasarkan hasil perencanaan metode perencanaan struktur perkerasan lentur yang digunakan. Ketebalan terbesar, yaitu 38 inci atau 97 cm, terdapat pada metode LCN (*Load Classification Number*). Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan metode CBR dan FAA sama dengan hasil perencanaan PT. (Persero) Perkerasan lentur di Angkasa Pura I berukuran 690 mm, atau 69 cm. Batu pecah membentuk lapisan pondasi atas, agregat alam membentuk lapisan pondasi bawah, dan aspal beton (AC) membentuk lapisan permukaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Mapeda (2019) dengan tajuk “Analisis Kapasitas Landasan Pacu Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado”. Dengan menggunakan teknik FAA untuk mengetahui kondisi kapasitas, penulis penelitian ini mengkaji dan menghitung kapasitas jenuh dan kapasitas praktis Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado. Dengan tahun optimalisasi dan pengembangan yang tepat, panjang landasan pacu di bandara ini juga dapat diperkirakan. Bandara Internasional Sam Ratulangi



memiliki landasan pacu dengan kapasitas maksimum 97 operasi per jam pada kondisi R dan 58 operasi per jam pada kondisi IFR. Sementara itu, Bandara Sultan Sam Ratulangi Manado memiliki kapasitas landasan pacu praktis 48 operasi per jam pada kondisi IFR dan 61 operasi per jam pada kondisi VFR. Hal ini diharapkan dapat membantu bandara dalam menangani arus lalu lintas udara.

Rahmad Fauzi (2019) melakukan penelitian dengan judul "Evaluasi Ketebalan Lapisan Perkerasan Landasan Pacu Bandara Senubung, Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Aceh". Penulis penelitian ini menjelaskan bahwa terdapat dua jenis perkerasan yang digunakan untuk pondasi, yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Pada tugas akhir ini, yang menjadi pertimbangan hanya ketebalan perkerasan landasan pacu. Metode FAA merupakan standar internasional untuk menentukan ketebalan perkerasan landasan pacu. Metode FAA ini didasarkan pada pengalaman *Corps of Engineers* dengan metode CBR yang telah menunjukkan bahwa perhitungan dengan menggunakan peta FAA dapat digunakan hingga 20 tahun. Kecuali jika terjadi perubahan lalu lintas pesawat, tidak diperlukan perbaikan yang berarti. Karena bandara ini hanya melayani satu jenis pesawat, maka perhitungan ketebalan perkerasan dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan rumus perhitungan FAA dan metode estimasi (asumsi penulis). Landasan pacu ini dirancang untuk menampung pesawat Boeing 737-200. Rumus tersebut menghasilkan ketebalan perkerasan dasar sebesar 24 inci (60,96 cm). Ketebalan perkerasan dasar tersebut diperkirakan (diasumsikan) sebesar 21 inci (53,34 cm).

Herisman (2021) melakukan penelitian dengan judul "Evaluasi Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Bandara Raja H. Abdullah Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau (Kepri)". Penulis menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil lapangan dan data kondisi lapangan saat ini, perkerasan pada landasan pacu, taxiway, dan apron tampak kasar dan bergelombang. Fasilitas sisi udara sudah lengkap dan memenuhi persyaratan, namun penerangan belum lengkap sehingga bandara belum dapat beroperasi pada malam hari. Berdasarkan analisis perhitungan manual yang dilakukan penulis, ketebalan landasan pacu 50 cm aman untuk beban maksimum pesawat jenis ATR 72-600. Menurut standar FAA, ketebalan landasan pacu 30 cm sudah aman. Sementara itu, data riil di lapangan Bandara Raja H. Abdullah menunjukkan ketebalan perkerasan landasan pacu 50 cm. Jadi, dengan ketebalan perkerasan yang ada, landasan pacu dapat didarati pesawat ATR 72-600. Para peneliti menentukan bahwa untuk mendaratkan pesawat ATR 72-600 dibutuhkan landasan pacu sepanjang 1800 meter, dengan jarak lepas landas 1550 meter. Panjang landasan pacu perlu ditambah sedikitnya 400 meter.

## II.9 Multiple Airport Demand Allocation Model (MADAM)

Madam adalah model yang dikembangkan FAA yang menganalisis hubungan antara preferensi penumpang dan jadwal penerbangan menggunakan berbagai faktor. Keluaran model ini dapat berupa tinjauan frekuensi penerbangan, pembagian penumpang, dan proses analisis berulang yang menghasilkan diagram matriks berpasangan. Elemen global dari MADAM Model ini terdiri dari 4 elemen sub model yang terdiri dari:



brasi estimasi kebutuhan berfungsi untuk memodelmatematisasikan terkait me kebutuhan secara periodik terhadap semua variabel yang terkait lagsung ara signifikan terhadap nilai besaran kebutuhan;

2. Peramalan kebutuhan masa depan, yaitu saat model kebutuhan yang telah diketahui besarnya saat ini dan dijadikan peramalan kebutuhan untuk masa depan. Peramalan ini menghasilkan estimasi kebutuhan atau demand untuk angkutan udara dalam rute jaringan penerbangan keluar dan masuk dalam wilayah;
3. Pengaturan kebutuhan pada bandara pada tahap ini menetapkan penumpang yang menuju satu atau lebih tujuan penerbangan;
4. Penjadwalan penerbangan adalah jadwal penerbangan dengan basis dari antar pasar untuk masing masing bandara alternatif yang dibutuhkan oleh penumpang. Diperlukan beberapa persyaratan yang komplek untuk melakukan pengaturan penerbangan ini.



**Gambar 11** Empat Elemen Sub Model MADAM

*Sumber: Tukimun, T. 2021*