

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Bandar Udara

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Tahun 2013 Tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional, Bandar udara adalah kawasan yang memiliki batas-batas tertentu baik didarat maupun perairan yang digunakan untuk mendarat atau lepas landas oleh pesawat udara, menaikan dan menurunkan penumpang, bongkar muat barang, dan sebagai tempat pemberhentian untuk melanjutkan perjalanan dengan pesawat lain maupun moda transportasi lain.

Menurut Horonjeff 1988 bandar udara dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian udara dan bagian darat. Bagian udara meliputi landasan pacu atau *runway*, landasan hubung atau *taxiway*, dan tempat parkir pesawat atau *apron*. Semua pergerakan pesawat dilakukan di sisi udara dan diatur oleh *Air Traffic Control*. Bagian darat meliputi terminal penumpang, area naik turunnya penumpang dari/ke pesawat (*crub*), dan tempat parkir kendaraan pengunjung.

Bandar udara erat kaitannya dengan organisasi internasional penerbangan sipil. *Federal Aviation Administration (FAA)*, *Internatinal Civil Aviation Organization (ICAO)*, dan *International Air Transport Association (IATA)* merupakan organisasi internasional di bidang penerbangan sipil yang regulasinya banyak digunakan dalam perancangan dan perencanaan bandar udara. Secara garis besar regulasi yang diatur oleh organisasi-organisasi

tersebut mengenai keselamatan penerbangan, spesifikasi desain sisi udara, manajemen lalu lintas udara, serta prosedur standar yang diperlukan dengan penerbangan dan bandar udara.

## **2.2. Konfigurasi Bandar Udara**

Konfigurasi bandar udara ialah banyaknya landasan pacu dan orientasinya serta penempatan daerah terminal dengan jarak yang relatif terhadap landasan pacu. Banyaknya landasan pacu bergantung pada volume lalu lintas udara dan orientasinya bergantung pada arah dan kecepatan angin serta luas daerah sebagai tempat untuk melayani penumpang harus terletak sedemikian rupa sehingga penumpang dapat mencapai landasan pacu dengan efisien (Horonjeff 1983).

### **2.2.1. Landasan Pacu (*Runway*)**

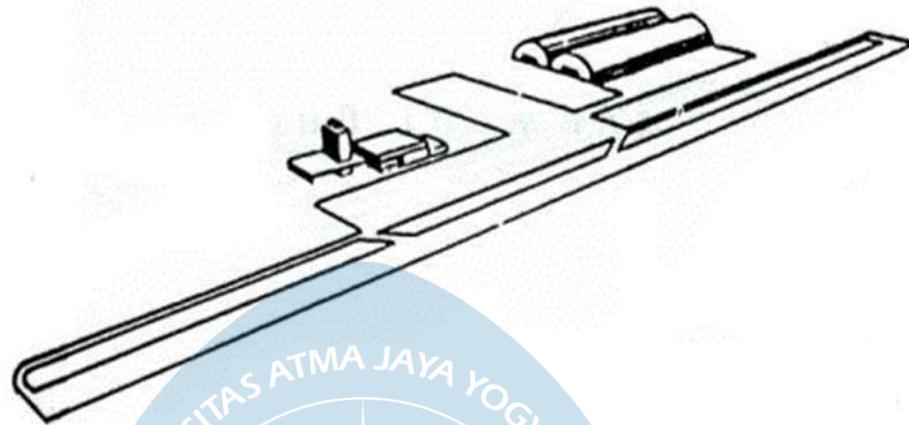
Landasan pacu atau *runway* merupakan salah satu fasilitas sisi udara yang dimiliki bandar udara yang berfungsi sebagai tempat lepas landas (*takeoff*) maupun mendarat (*landing*) pesawat terbang. Sebuah bandar udara dapat memiliki satu atau beberapa landasan pacu yang letak, orientasi, dan konfigurasinya disesuaikan untuk berbagai kondisi tanpa melupakan aspek keselamatan (Horonjeff et al., 2010). Faktor yang mempengaruhi lokasi, orientasi, dan jumlah landasan pacu diantaranya ialah kondisi cuaca setempat,

arah angin, topografi, lalu lintas udara yang akan dilayani, jenis pesawat terbang dan kebisingan.

Konfigurasi landasan pacu didefinisikan sebagai jumlah dan orientasi landasan pacu yang ada disebuah bandar udara. Pada umumnya, konfigurasi landasan pacu berupa kombinasi yang terdiri dari konfigurasi dasar landasan pacu . Berikut beberapa konfigurasi dasar landasan pacu :

#### 1. Landasan pacu tunggal

Merupakan konfigurasi paling sederhana yang mampu melayani 50 – 100 operasi pesawat per jam pada kondisi VFR, kondisi dimana cuaca yang sedemikian rupa sehingga pesawat mampu mempertahankan jarak amannya. Pada kondisi IFR kapasitas berkurang menjadi 50 – 70 operasi pesawat per jam, pada kondisi ini pengatura jarak antar pesawat ditangani oleh alat bantu navigasi yang tersedia.

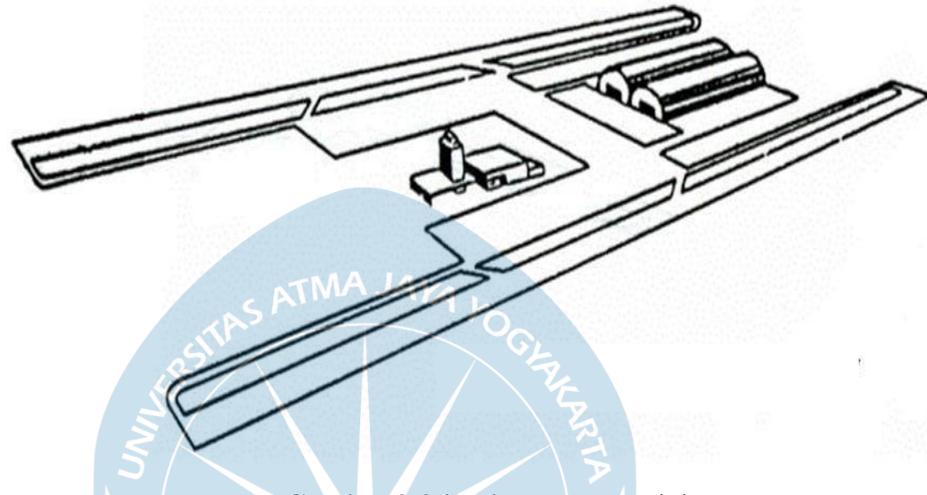


Gambar 2.1 landasan pacu tunggal

## 2. Landasan pacu sejajar

Kapasitas landasan sejajar terutama tergantung pada jumlah landasan dan pemisahan / penjarakan antara kedua landasan. Yang biasa adalah dua landasan sejajar atau empat landasan sejajar (Ir.HeruBasuki,1984). Jarak antar landasan pacu digolongkan menjadi 3 yaitu rapat, menengah, dan renggang. Jarak rapat berarti jarak antara kedua landasan pacu 700 kaki – 2500 kaki. Jarak menengah berarti jarak antara kedua landasan pacu 2500 kaki – 4300 kaki. Jarak renggang berarti jarak antara kedua landasan pacu lebih dari 4300 kaki. Kapasitas landasan pacu sejajar rapat, menengah, dan renggang yaitu 100 – 200 operasi pesawat terbang per jam pada kondisi

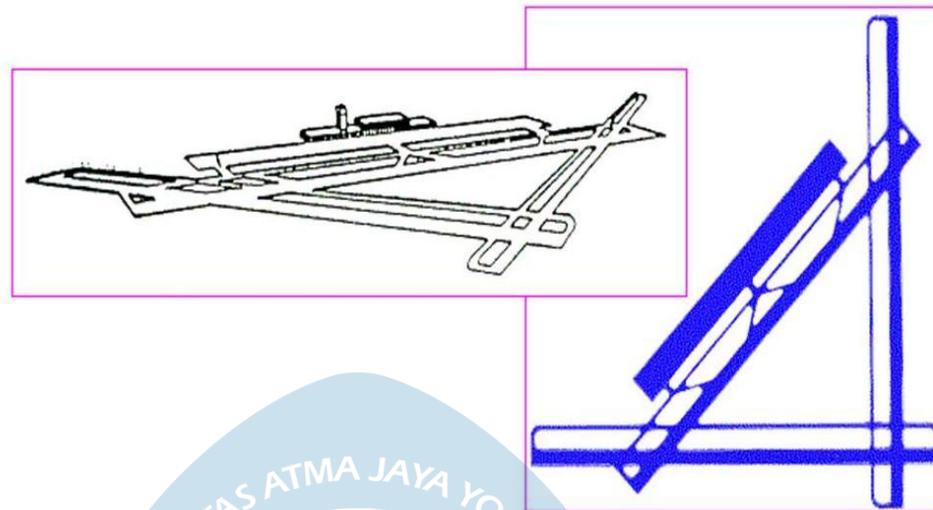
VFR. Kapasitas pada kondisi IFR berkurang menjadi 50 – 60 operasi pesawat terbang perjam.



Gambar 2.2 landasan pacu sejajar

### 3. Landasan pacu berpotongan

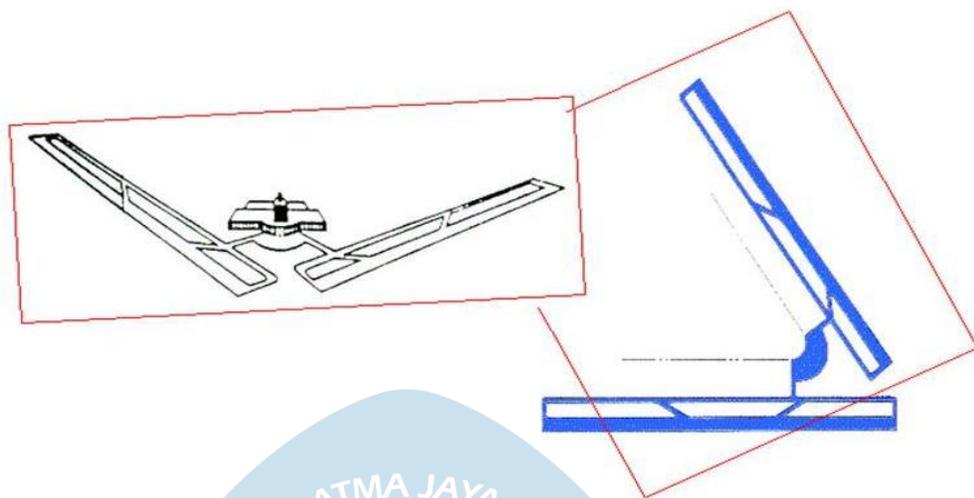
Landasan pacu yang berpotongan ini dapat direalisasikan apabila di daerah perencanaan bandar udara tersebut bertiup angin yang kencang dengan lebih dari 1 arah yang mengakibatkan *cross wind* berlebihan apabila hanya ada satu landasan pacu. Model landasan pacu seperti ini memang mengurangi kapasitas landasan pacu, namun lebih baik direncanakan seperti ini daripada terjadi banyak kecelakaan pesawat yang tidak dapat mendarat dengan baik. Kapasitas pada kondisi VFR 70 – 175 operasi pesawat terbang per jam. Kapasitas dalam kondisi IFR 60 – 70 operasi pesawat terbang operasi per jam.



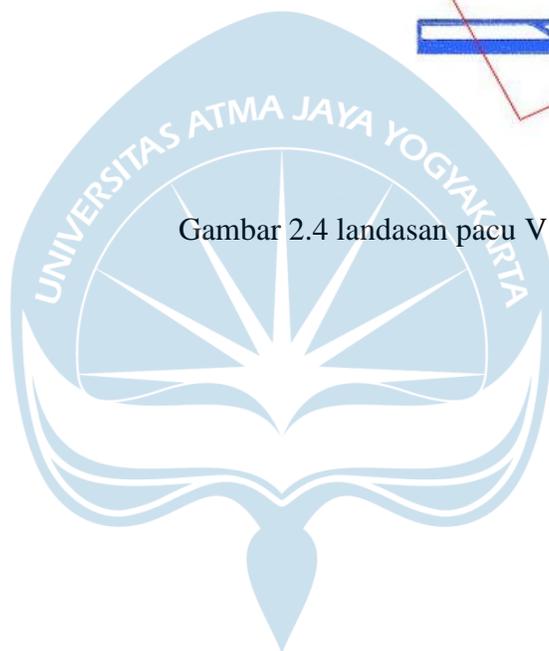
Gambar 2.3 landasan pacu berpotongan

#### 4. Landasan pacu V terbuka

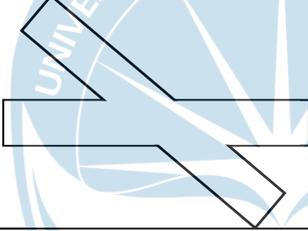
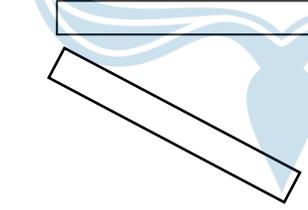
Landasan pacu ini sama dengan landasan pacu berpotongan dalam hal merealisasikannya apabila terdapat angin yang bertiup dengan kencang lebih dari 1 arah. Landasan pacu ini dapat berubah menjadi landasan pacu tunggal apabila angin bertiup sangat kencang dari salah satu arah landasan pacu. Kapasitas pada kondisi VFR 60 – 180 operasi pesawat terbang per jam. Kapasitas dalam kondisi IFR 50 – 80 operasi pesawat terbang operasi per jam.



Gambar 2.4 landasan pacu V terbuka



Tabel 2.1 Perkiraan Pendahuluan Kapasitas Perjam

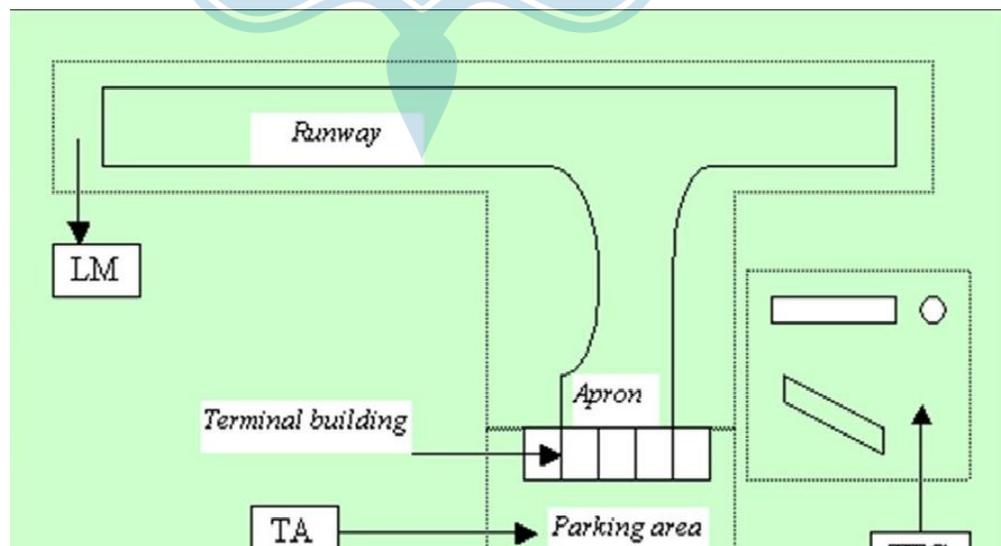
Konfigurasi landasan pacu	Mix Index	Kapasitas per jam	
		VFR	IFR
	0 - 20	98	59
	21 - 50	74	57
	51 - 80	63	56
	81 - 120	55	53
	121-180	51	50
700 - 2499 feet 	0 - 20	197	59
	21 - 50	149	57
	51 - 80	121	56
	81 - 120	105	59
	121-180	94	60
	0 - 20	98	59
	21 - 50	77	57
	51 - 80	77	56
	81 - 120	76	59
	121-180	72	60
	0 - 20	132	59
	21 - 50	99	57
	51 - 80	82	56
	81 - 120	77	59
	121-180	73	60

### 2.2.2. Landasan Hubung (*Taxiway*)

Landasan hubung atau *taxiway* adalah fasilitas sisi udara yang berguna menghubungkan antara landasan pacu atau landasan pacu dengan apron. Landasan hubung harus diatur sedemikian rupa sehingga pesawat yang baru saja mendarat dapat langsung meninggalkan landasan pacu yang akan digunakan untuk mendarat atau lepas landas pesawat lainnya.

### 2.2.3. Apron

Apron adalah tempat pesawat berhenti setelah mendarat di landasan pacu dan melewati *taxiway* yang berfungsi untuk menurunkan / menaikkan penumpang, barang (cargo dan pos) serta sebagai tempat perawatan dan pengisian bahan bakar pesawat.

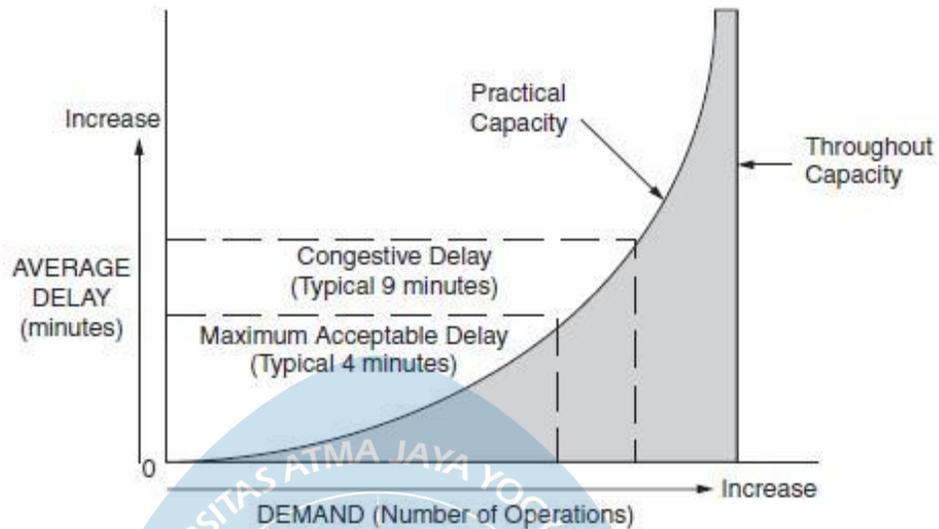


Gambar 2.5 Fasilitas Sisi Udara

### **2.3. Kapasitas, Tingkat Layanan, dan Permintaan Puncak**

Kapasitas bandar udara menunjukkan kemampuan bandar udara dalam melayani pergerakan pesawat di sisi udara dan dalam melayani penumpang di sisi darat. Dengan kata lain, kapasitas bandar udara menunjukkan tingkat layanan atau level of service (LOS) suatu bandar udara. Besarnya kapasitas sisi udara biasanya ditunjukkan dalam satuan operasi per satuan waktu, untuk sisi darat besarnya kapasitas ditunjukkan dalam bentuk *passenger flow* per satuan waktu.

Tingkat layanan suatu bandar udara bergantung pada besar dan pola permintaan. Terdapat suatu hubungan antara kapasitas dan permintaan dari berbagai jumlah permintaan dan pola permintaan puncak yang secara grafis ditunjukkan dalam Gambar 2.6 *Aircraft average delay* atau penundaan rerata pesawat merupakan indikator utama pelayanan sebuah bandar udara. Ketika permintaan mendekati kapasitas, hubungan antar kapasitas dan tingkat layanan akan berubah, bergantung pada pola permintaan puncak. Nilai kapasitas yang besar ditambah permintaan puncak yang tinggi akan menyebabkan peningkatan penundaan pesawat secara signifikan.



Gambar 2.6 Penundaan rerata pesawat

(Sumber: Ashford, 2011)

#### 2.4. Kapasitas dan Penundaan

Kapasitas kerap digunakan untuk menunjukkan kemampuan layanan fasilitas bandar udara dalam satu periode tertentu. Secara khusus, kapasitas didefinisikan sebagai jumlah maksimum operasi yang dapat dilayani oleh bandar udara dalam periode tertentu (Horonjeff et al., 2010). Kapasitas yang diumumkan (*declare capacity*) adalah kapasitas perjam yang digunakan untuk menentukan jumlah yang tersedia untuk tujuan koordinasi *slot time*, biasanya diambil 80% dari hasil analisa. Dalam bidang penerbangan permintaan yang melebihi kapasitas dalam suatu komponen bandar udara akan menyebabkan penundaan.

Dalam menganalisa kapasitas, terdapat 4 elemen yang harus dipertimbangkan yaitu ruang udara (*airspace*), lapangan terbang (*airfield*), terminal penumpang, dan akses darat. Komponen utama yang paling berpengaruh ialah landasan pacu. Berikut adalah faktor yang mempengaruhi kapasitas bandar udara :

1. Konfigurasi, jumlah, jarak, dan orientasi landasan pacu.
2. Konfigurasi, jumlah, dan letak landasan hubung
3. Susunan, ukuran, dan jumlah gerbang apron
4. Waktu pemakaian landasan pacu
5. Ukuran dan campuran pesawat terbang
6. Kondisi cuaca
7. Kondisi angin
8. Prosedur pengurangan kebisingan
9. Strategi dalam pengoperasian landasan pacu dalam kendala angin dan kebisingan
10. Jumlah kedatangan terhadap keberangkatan
11. Frekuensi operasi *touch and go*
12. Keberadaan dan frekuensi pusaran gelombang yang menyebabkan jarak pisah antar pesawat lebih besar
13. Alat bantu navigasi
14. Ketersediaan struktur ruang angkasa

## 15. Fasilitas pengendali lalu lintas udara

Kapasitas udara didefinisikan dalam 2 cara yang pertama ialah jumlah operasi pesawat terbang selama interval waktu tertentu terhadap tingkat penundaan yang dapat diterima disebut kapasitas praktis. Definisi lain ialah jumlah maksimum operasi pesawat terbang dalam jangka waktu tertentu disebut kapasitas ultimit. Perbedaan kedua definisi tersebut berada pada penundaan. Kapasitas ultimit tidak memperhitungkan penundaan dan lebih memperhitungkan kemampuan lapangan terbang selama jam puncak.

Secara garis besar terdapat 2 model estimasi kapasitas landasan pacu yaitu model analitis dan simulasi. Model analitis berisi persamaan-persamaan pendekatan untuk menghitung kapasitas per jam sebuah landasan pacu dengan berbagai parameter sebagai inputnya. Model simulasi berupa pemodelan pergerakan pesawat dengan berbagai kemungkinan yang ada. Metode simulasi cukup rumit jika digunakan untuk perhitungan kapasitas karena membutuhkan input data yang sangat detail.

Model analitis memiliki 2 teori perhitungan yaitu teori matematis dan teori waktu jarak yang didefinisikan sebagai berikut :

### 1. Terori matematis

Perhitungan kapasitas landasan pacu pada teori ini menggunakan konsep antrian untuk landasan pacu yang hanya melayani operasi kedatangan atau keberangkatan saja, dan landasan pacu yang melayani operasi kedatangan

dan keberangkatan. Untuk landasan pacu yang hanya melayani keberangkatan atau kedatangan saja, tipe antriannya berupa Poisson sederhana dengan aturan pesawat yang datang lebih dulu akan dilayani. Landasan pacu dengan operasi campuran membutuhkan proses yang lebih rumit dalam penerapan aturan separasi. Pada operasi campuran kedatangan memiliki prioritas daripada keberangkatan. Persamaan dalam teori matematis ini memperhitungkan kapasitas berdasarkan penundaan.

Persamaan untuk landasan pacu dengan operasi kedatangan saja :

$$\text{Rumus } W_a = \frac{\lambda a \left( \sigma a^2 + \frac{1}{\mu a^2} \right)}{2 \left( 1 - \frac{\lambda a}{\mu a} \right)}$$

Dengan :

$W_a$  = penundaan purata (mean) terhadap pesawat yang datang, satuan waktu

$\lambda a$  = tingkat kedatangan purata, pesawat terbang per satuan waktu

$\mu a$  = tingkat pelayanan purata untuk kedatangan, pesawat terbang per satuan waktu, atau kebalikan dari waktu pelayanan purata

$\sigma a$  = simpangan baku waktu pelayanan purata dari pesawat terbang yang datang

Persamaan untuk landasan pacu dengan operasi keberangkatan saja :

$$\text{Rumus } W_d = \frac{\lambda d (\sigma d^2 + \frac{1}{\mu d})}{2 (1 - \frac{\lambda d}{\mu d})}$$

Dengan :

$W_d$  = penundaan purata (mean) terhadap pesawat yang berangkat, satuan waktu

$\lambda d$  = tingkat kedatangan purata, pesawat terbang per satuan waktu

$\mu d$  = tingkat pelayanan purata untuk keberangkatan, pesawat terbang per satuan waktu, atau kebalikan dari waktu pelayanan purata

$\sigma$  = simpangan baku waktu pelayanan purata dari pesawat terbang yang berangkat

Persamaan untuk landasan pacu dengan operasi campuran :

$$W_d = \frac{\lambda d (\sigma j^2 + j^2)}{2 (1 - \lambda d j)} + \frac{g (\sigma f^2 + f^2)}{2 (1 - \lambda a f)}$$

Dengan :

$W_d$  = penundaan purata (mean) terhadap pesawat yang berangkat, satuan waktu

$\lambda a$  = tingkat kedatangan purata, pesawat terbang per satuan waktu

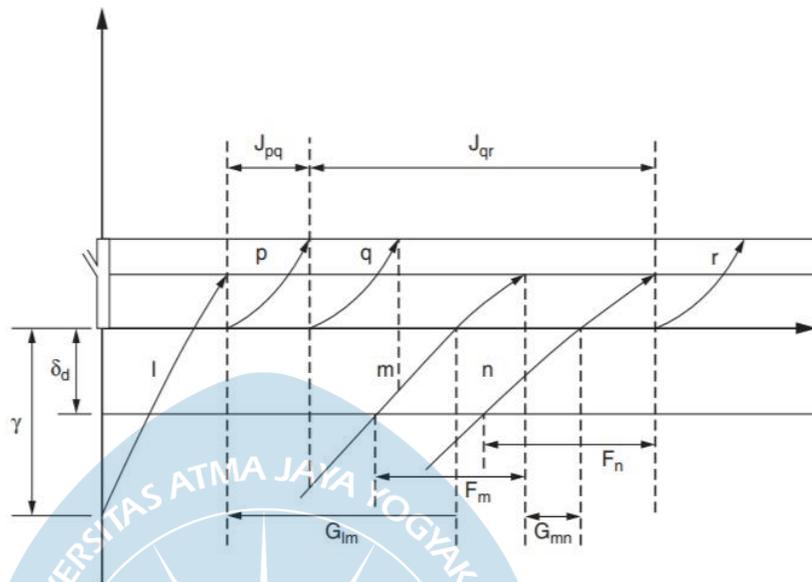
$\lambda d$  = tingkat keberangkatan purata, pesawat terbang per satuan waktu

- $j$  = selang waktu purata diantara dua keberangkatan berurutan
- $\sigma_j$  = simpangan baku dari selang waktu purata diantara dua keberangkatan berurutan
- $g$  = laju purata dimana terjadi kekosongan diantara kedatangan yang berurutan
- $f$  = selang waktu purata dimana keberangkatan pesawat tidak dapat dilakukan
- $\sigma_f$  = simpangan baku dari selang waktu purata dimana keberangkatan pesawat tidak dapat dilakukan

## 2. Teori waktu jarak

Diagram waktu jarak yang ditunjukkan Gambar 2.7 digunakan untuk memahami urutan operasi pesawat terbang pada landasan pacu dan ruang udara di sekitarnya. Aturan pengurutan dasar yang digunakan untuk melayani pesawat terbang adalah :

- a. Dua pesawat terbang tidak dapat dioperasikan diatas landasan pacu pada waktu yang sama.
- b. Pesawat yang datang memiliki prioritas penggunaan landasan pacu disbanding pesawat yang berangkat.
- c. Operasi keberangkatan dapat dilakukan bila landasan pacu telah kosong, dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang landasan pacu



Gambar 2.7 Konsep diagram waktu-jarak operasi campuran pada landasan pacu

(sumber : Horonjeff, 2010)

Kesimpulan dari gambar 2.7 yang menunjukkan diagram konsep waktu jarak yaitu pesawat p mampu melakukan *take off* apabila pesawat l berada dalam jarak aman  $\delta d$  dari landasan pacu. Dalam gambar ditunjukkan bahwa pesawat l dahulu yang menggunakan landasan pacu kemudian disusul dengan keberangkatan pesawat p dan q, pesawat q mampu melakukan keberangkatan karena berada dalam jaran aman  $\delta d$  dengan pesawat m. Keberangkatan pesawat r dapat dilakukan setelah pesawat m dan n melakukan pendaratan karena jarak  $\delta d$  yang ada bukan merupakan jarak aman.