

Editor: Hartini

# MANAJEMEN BANDAR UDARA: PERSPEKTIF KESELAMATAN PENERBANGAN



Syamsunasir | Gusti Ngurah Willy Hermawan  
Hari Moektiwibowo | Riskha Agustianingsih  
Bekti Yulianti | Amat Chaeroni | Muhamad Jayadi  
Aprilia Sakti Kusumalestari | Simon Sindhu Hendradjaja  
Rafika Arum Sari | Freddy Franciscus  
Cynthia Rahmawati | Muryan Awaludin

BUNGA RAMPAI

**MANAJEMEN BANDAR UDARA:  
PERSPEKTIF KESELAMATAN PENERBANGAN**

## **UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta**

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**MANAJEMEN BANDAR UDARA:  
PERSPEKTIF KESELAMATAN PENERBANGAN**

**Kontributor:**

Hartini  
Syamsunasir  
I Gusti Ngurah Willy Hermawan  
Hari Moektiwibowo  
Riskha Agustianingsih  
Bekti Yulianti  
Amat Chaeroni  
Muhamad Jayadi  
Aprilia Sakti Kusumalestari  
Simon Sindhu Hendradjaja  
Rafika Arum Sari  
Freddy Franciscus  
Cynthia Rahmawati  
Muryan Awaludin

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA  
Melong Asih Regency B40 - Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

Anggota IKAPI  
No. 370/JBA/2020

**MANAJEMEN BANDAR UDARA:  
PERSPEKTIF KESELAMATAN PENERBANGAN**

**Kontributor:**

Hartini  
Syamsunasir  
I Gusti Ngurah Willy Hermawan | Hari Moektiwibowo  
Riskha Agustianingsih | Bekti Yulianti  
Amat Chaeroni  
Muhamad Jayadi  
Aprilia Sakti Kusumalestari  
Simon Sindhu Hendradjaja  
Rafika Arum Sari  
Freddy Franciscus  
Cynthia Rahmawati  
Muryan Awaludin

Editor:

**Hartini**

Tata Letak:

**Anjar Rahman**

Desain Cover:

**Qonita Azizah**

Ukuran:

**A5 Unesco: 15,5 x 23 cm**

Halaman:

**vi, 228**

ISBN:

**978-623-512-119-2**

Terbit Pada:

**Juli 2024**

Hak Cipta 2024 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

*Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.*

**PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA**

(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)

Melong Asih Regency B40 - Cijerah

Kota Bandung - Jawa Barat

[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

## KATA PENGANTAR

Rasa Syukur yang tak terhingga, kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan Rahmat dan nikmat ilmu yang diberikan sehingga buku ini selesai disusun dan diterbitkan. Kehadiran buku ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan dan wawasan pembaca khususnya yang berkaitan dengan manajemen bandara udara.

Sistematika penyusunan buku dalam bentuk buku kolaborasi ini terdiri atas tiga belas bab, dengan judul Manajemen Bandar Udara: Perspektif Keselamatan Penerbangan. Pembahasan diuraikan secara rinci dalam setiap bab berikut. Penerbangan dan Manajemen Bandara Udara; Pengelolaan *Aviation Security*; Perencanaan Terminal Bandara Udara; Fasilitas Terminal Bandar Udara; Radio Navigasi Penerbangan; Pengelompokan Pesawat Terbang; *Runway, Taxiway*, dan *Apron*; Desain *Green Airport*; *Runway* Geometrik; *Restrict Area* Bandar Udara; *On-time Performance* Pesawat; Penanganan Barang Berbahaya pada Angkutan Udara; dan Sistem Keamanan Bandar Udara dalam Perspektif Teknologi Informasi.

Berbagai pihak telah memberikan kontribusinya dalam rangkaian penyusunan buku ini, baik dukungan moril maupun materil. Oleh karena itu, izin kami menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada pihak yang telah memberikan bantuannya. Secara khusus, terima kasih kepada Media Sains Indonesia sebagai inisiator penulisan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat.

Bandung, Juni 2024

Editor

# DAFTAR ISI

\_Toc171508426

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
1 PENERBANGAN DAN MANAJEMEN BANDARA UDARA .....	1
Marsekal Muda TNI (Purn) Dr. Syamsunasir, S.Sos., M.M., CfrA .....	1
Sejarah dan Perkembangan Penerbangan .....	1
Fungsi dan Peran Bandara dalam Sistem Transportasi Udara.....	3
Struktur Organisasi dan Manajemen Bandara.....	5
Regulasi dan Standar Keselamatan Penerbangan ..	7
Teknologi dan Sistem Informasi di Bandara.....	9
Proses Operasional Bandara .....	11
Manajemen Krisis dan Keadaan Darurat di Bandara.....	13
Tantangan dan Peluang dalam Manajemen Bandara.....	14
2 PENGELOLAAN <i>AVIATION SECURITY</i> .....	19
I Gusti Ngurah Willy Hermawan, S.T., M.M.....	19
Pendahuluan .....	19
Pentingnya <i>Aviation Security</i> dalam Industri Penerbangan.....	22
Tujuan dan Ruang Lingkup <i>Aviation Security</i> .....	24
Tantangan Utama dalam Pengelolaan <i>Aviation Security</i> .....	25
Kesimpulan.....	32

3	PERENCANAAN TERMINAL BANDAR UDARA .....	37
	Hari Moektiwibowo, S.T., M.M.....	37
	Pengantar .....	37
	Fungsi Utama Terminal Bandara .....	38
	Alasan Mengapa Terminal Bandara Harus Direncanakan dengan Baik.....	40
	Perencanaan Kapasitas Terminal .....	45
	Integrasi Transportasi.....	51
	Analisis Kelayakan.....	52
	Kesimpulan.....	53
4	FASILITAS TERMINAL BANDARA UDARA .....	57
	Riskha Agustianingsih, S.T., M.T. ....	57
	Terminal Bandara Udara .....	57
	Fasilitas Terminal Bandara Udara .....	59
	Isu-Isu Fasilitas Terminal Bandara Udara dan Upaya Mengatasinya.....	65
	Terminal Bandara Udara Masa Depan: Sebuah Narasi Transformasi.....	67
	Kesimpulan.....	69
5	RADIO NAVIGASI PENERBANGAN.....	73
	Bekti Yulianti, S.T., M.T.....	73
	Pendahuluan .....	73
	Sejarah Perkembangan Navigasi Penerbangan .....	74
	Radio Navigasi Penerbangan dan Frekuensi.....	76
	Alat Bantu Navigasi Nonvisual .....	80
	Kesimpulan.....	84
6	PENGELOMPOKAN PESAWAT TERBANG .....	89
	Ir. Amat Chaeroni, S.T., M.T. ....	89

	Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Kegunaannya.....	91
	Jenis Pesawat Terbang Menurut Jumlah Sayap...	92
	Jenis Pesawat Terbang Menurut Letak Sayap .....	94
	Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Bentuk Sayap .....	99
	Jenis Pesawat Terbang Menurut Bentuk Bidang <i>Stabilizer</i> .....	101
	Jenis Pesawat Terbang Menurut Bentuk Roda Pendarat ( <i>Under Carriage</i> ).....	102
	Jenis Pesawat Terbang Menurut Jumlah Motor .	102
7	<i>RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON</i> .....	107
	Muhamad Jayadi, S.T., M.T. ....	107
	Pengantar .....	107
	<i>Runway</i> .....	108
	Panjang <i>Runway</i> .....	109
	Lebar <i>Runway</i> .....	110
	Rambu Penanda <i>Runway</i> .....	111
	<i>Taxiway</i> .....	114
	Apron.....	117
8	<i>DESAIN GREEN AIRPORT</i> .....	125
	Dr. Aprilia Sakti Kusumalestari, S.Si., M.Si. ....	125
	<i>Why Green?</i> .....	125
	Emisi dan Polusi Udara .....	127
	Kebisingan.....	129
	Mitigasi.....	130
	Konsep <i>Green Airport</i> .....	131
	Kesimpulan.....	138

9	<i>RUNWAY GEOMETRI</i> .....	145
	Simon Sindhu Hendradjaja, S.T., M.T., M.B.A. ..	145
	Pendahuluan .....	145
	Prinsip-Prinsip Desain <i>Runway</i> .....	145
	Teknik Desain <i>Runway</i> .....	151
	Mempelajari Geometri <i>Runway</i> .....	154
	Evaluasi Keberlanjutan Perkerasan Pada Jalur .	156
10	<i>RESTRICT AREA BANDAR UDARA</i> .....	163
	Rafika Arum Sari, S.T., M.T. ....	163
	Bandar Udara (Bandara).....	163
	<i>Restrict Area</i> .....	165
	Persyaratan Akses <i>Restricted Area</i> .....	167
	Regulasi <i>Restricted Area</i> .....	168
	Kebijakan <i>Restricted Area</i> .....	169
	Pelanggaran dan Hukuman di <i>Restricted Area</i> ...	170
11	<i>ONTIME PERFORMANCE PESAWAT</i> .....	175
	Ir. Freddy Franciscus, M.M., IPU .....	175
	Pengantar <i>Ontime Performance</i> Pesawat .....	175
	Konsep Dasar Kinerja Tepat Waktu .....	176
	Analisis Data Kinerja Tepat Waktu .....	180
	Strategi Peningkatan Kinerja Tepat Waktu.....	186
12	<i>PENANGANAN BARANG BERBAHAYA PADA ANGKUTAN UDARA</i> .....	195
	Cynthia Rahmawati, S.Si., M.Si(Han) .....	195
	Pendahuluan .....	195
	Pengertian .....	196
	Penerapan.....	198

	Pelatihan .....	200
	Keamanan .....	202
	Pembatasan Pengangkutan Barang Berbahaya..	203
	Klasifikasi .....	205
	Kemasan.....	205
	Pelabelan dan Penandaan .....	207
	Kesimpulan.....	208
13	SISTEM KEAMANAN BANDAR UDARA DALAM PERSPEKTIF TEKNOLOGI INFORMASI .....	213
	Muryan Awaludin, S.Kom., M.Kom. ....	213
	Pendahuluan .....	213
	Teknologi yang Digunakan dalam Sistem Keamanan Bandar Udara .....	215
	Manfaat Teknologi Informasi dalam Sistem Keamanan Bandar Udara .....	220
	Tantangan dalam Implementasi Teknologi Informasi dalam Sistem Keamanan Bandar Udara .....	221
	Kebijakan dan Regulasi yang Relevan .....	222

# PENERBANGAN DAN MANAJEMEN BANDARA UDARA

**Marsekal Muda TNI (Purn) Dr. Syamsunasir, S.Sos., M.M., CfrA**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Sejarah dan Perkembangan Penerbangan**

Sejarah penerbangan, dimulai sejak berabad-abad yang lalu, jauh sebelum manusia berhasil terbang dengan pesawat bermesin. Kisah penerbangan pertama kali tercatat dalam mitologi Yunani dengan legenda Daedalus dan Icarus, yang mencoba terbang menggunakan sayap buatan dari lilin dan bulu burung. Namun, terlepas dari mitos ini, upaya penerbangan manusia mengalami kemajuan signifikan pada akhir abad ke-18 ketika balon udara panas pertama kali dikembangkan oleh Montgolfier bersaudara di Prancis pada tahun 1783. Ini merupakan tonggak sejarah yang penting, menandai awal dari penerbangan yang terlepas dari permukaan tanah (Gibbs-Smith, 1966). Dengan balon udara, manusia untuk pertama kalinya dapat melihat dunia dari ketinggian, membuka jalan bagi eksplorasi lebih lanjut dalam penerbangan.

Selanjutnya, era penerbangan modern dimulai pada awal abad ke-20 dengan pencapaian monumental dari Wright bersaudara, Orville dan Wilbur Wright. Pada tanggal 17 Desember 1903, di Kitty Hawk, North Carolina, mereka berhasil menerbangkan pesawat bermesin pertama yang

lebih berat dari udara, yang dikenal sebagai Wright Flyer. Penerbangan ini berlangsung selama 12 detik dan menempuh jarak 120 kaki, tetapi dampaknya luar biasa, memicu perkembangan pesat dalam teknologi penerbangan (Crouch, 2003). Pencapaian Wright bersaudara ini mendorong banyak inovator lain untuk mengeksplorasi dan mengembangkan teknologi penerbangan, yang akhirnya mengarah pada evolusi pesawat terbang yang lebih canggih dan efisien.

Perang Dunia I dan II memainkan peran penting dalam mempercepat perkembangan teknologi penerbangan. Selama Perang Dunia I, pesawat digunakan secara luas untuk pengintaian, pertempuran udara, dan pengeboman. Inovasi teknologi selama periode ini termasuk pengembangan pesawat tempur, peningkatan desain aerodinamika, dan pengenalan mesin yang lebih kuat (Biddle, 2011). Perang Dunia II membawa lonjakan lebih lanjut dalam teknologi penerbangan dengan pengembangan pesawat jet dan bom atom. Perang ini juga melihat kelahiran industri penerbangan komersial pasca perang, ketika teknologi militer diadaptasi untuk penggunaan sipil, memungkinkan perjalanan udara menjadi lebih cepat, aman, dan dapat diandalkan (Miller, 2006).

Pada paruh kedua abad ke-20, perkembangan penerbangan mencapai puncaknya dengan beberapa pencapaian besar, termasuk penerbangan transatlantik pertama, pengenalan pesawat jet komersial, dan akhirnya, penerbangan luar angkasa. Tahun 1958 menandai penerbangan perdana Boeing 707, pesawat jet komersial yang merevolusi industri penerbangan dengan mengurangi waktu perjalanan lintas benua dan meningkatkan kapasitas penumpang (Solberg, 1999).

Era penerbangan luar angkasa dimulai dengan peluncuran Sputnik oleh Uni Soviet pada tahun 1957 dan

mencapai puncaknya dengan pendaratan manusia pertama di bulan oleh misi Apollo 11 pada tahun 1969 (Launius, 2019). Kemajuan ini tidak hanya memperluas batas kemampuan manusia dalam menjelajah langit dan luar angkasa tetapi juga memperkenalkan berbagai teknologi baru yang mendukung keselamatan dan efisiensi penerbangan.

Dengan perkembangan teknologi yang terus berlanjut, penerbangan modern saat ini semakin aman dan efisien. Pesawat masa kini dilengkapi dengan teknologi canggih seperti avionik digital, sistem navigasi berbasis satelit, dan mesin yang lebih ramah lingkungan. Inovasi seperti pesawat supersonik dan proyek pesawat hipersonik menunjukkan masa depan penerbangan yang penuh dengan kemungkinan baru (Anderson, 2002). Industri penerbangan juga semakin memperhatikan aspek keberlanjutan, dengan penelitian intensif pada bahan bakar alternatif dan desain pesawat yang lebih hemat energi.

### **Fungsi dan Peran Bandara dalam Sistem Transportasi Udara**

Bandara memiliki peran vital dalam sistem transportasi udara global, berfungsi sebagai simpul utama yang menghubungkan berbagai destinasi di seluruh dunia. Fungsi utama bandara adalah menyediakan fasilitas bagi pesawat untuk lepas landas dan mendarat, serta untuk penumpang dan kargo yang akan diangkut melalui udara. Selain itu, bandara juga menyediakan infrastruktur penting seperti landasan pacu, apron, dan terminal yang memungkinkan operasi penerbangan berjalan dengan aman dan efisien (Ashford, Stanton, & Moore, 2013). Tanpa bandara, transportasi udara tidak akan mungkin dilakukan karena pesawat membutuhkan fasilitas khusus untuk berbagai operasi teknis dan logistik yang mendukung penerbangan.

Di luar fungsi dasarnya, sebagai tempat untuk lepas landas dan mendarat, bandara juga berperan sebagai pusat logistik dan distribusi yang penting. Bandara berfungsi sebagai hub logistik yang mengintegrasikan berbagai moda transportasi, termasuk darat dan laut, untuk mendistribusikan kargo dengan cepat dan efisien. Hal ini memungkinkan pergerakan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan moda transportasi lainnya (Graham, 2014). Misalnya, barang-barang yang mudah rusak seperti makanan segar, obat-obatan, dan barang-barang elektronik yang sensitif dapat dikirim melalui udara dengan cepat ke berbagai penjuru dunia. Bandara juga memainkan peran penting dalam ekonomi global dengan mendukung perdagangan internasional dan investasi melalui peningkatan aksesibilitas dan konektivitas.

Selain itu, bandara memiliki peran krusial dalam mendukung pariwisata dan perkembangan ekonomi daerah. Bandara adalah pintu gerbang utama bagi wisatawan internasional dan domestik, yang memberikan akses mudah dan cepat ke berbagai destinasi wisata. Keberadaan bandara yang baik dengan layanan penerbangan yang teratur dapat mendorong pertumbuhan pariwisata, yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan daerah melalui sektor-sektor terkait seperti perhotelan, restoran, dan hiburan (Forsyth, Gillen, Müller, & Niemeier, 2010). Bandara juga menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat setempat, baik secara langsung melalui pekerjaan di bandara itu sendiri maupun secara tidak langsung melalui industri dan bisnis yang terkait dengan operasional bandara.

Bandara juga memainkan peran penting dalam memastikan keselamatan dan keamanan penerbangan. Mereka dilengkapi dengan berbagai fasilitas dan teknologi

canggih yang digunakan untuk memantau dan mengontrol lalu lintas udara, memastikan pesawat dapat lepas landas, terbang, dan mendarat dengan aman. Bandara juga memiliki prosedur dan fasilitas keamanan yang ketat untuk memeriksa penumpang, bagasi, dan kargo guna mencegah tindakan terorisme dan ancaman lainnya (Blalock, Kadiyali, & Simon, 2007).

Selain itu, bandara juga berfungsi sebagai pusat koordinasi dalam situasi darurat, seperti cuaca buruk atau insiden penerbangan, dengan menyediakan layanan darurat dan tim penyelamat yang siap siaga. Keselamatan dan keamanan yang terjamin ini memberikan kepercayaan kepada penumpang dan operator penerbangan dalam menggunakan transportasi udara sebagai moda transportasi yang handal dan aman.

Dengan semua fungsi dan peran tersebut, bandara menjadi komponen kunci dalam sistem transportasi udara global. Mereka tidak hanya mendukung operasional penerbangan tetapi juga memainkan peran penting dalam logistik, ekonomi, dan keselamatan penerbangan. Bandara modern terus beradaptasi dan berinovasi untuk memenuhi tuntutan yang berkembang dari industri penerbangan dan kebutuhan penumpang. Investasi dalam infrastruktur, teknologi, dan layanan bandara terus dilakukan untuk memastikan bahwa bandara dapat mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas udara dan memberikan pengalaman yang aman, efisien, dan nyaman bagi pengguna jasa penerbangan (de Neufville & Odoni, 2013).

### **Struktur Organisasi dan Manajemen Bandara**

Struktur organisasi bandara memainkan peran penting dalam memastikan operasional yang efisien dan keselamatan penerbangan. Umumnya, bandara dikelola oleh otoritas bandara atau perusahaan pengelola bandara

yang bertanggung jawab, atas semua aspek operasional dan administrasi. Struktur organisasi ini biasanya mencakup berbagai divisi yang berfokus pada tugas-tugas spesifik seperti operasional penerbangan, manajemen fasilitas, keamanan, layanan penumpang, dan dukungan administrasi (Graham, 2014). Setiap divisi memiliki peran yang terdefinisi dengan jelas dan bekerja sama untuk memastikan kelancaran operasional bandara. Keberadaan struktur organisasi yang baik sangat penting untuk mengkoordinasikan berbagai aktivitas dan memastikan bahwa semua aspek operasional berjalan sesuai dengan standar dan regulasi yang ditetapkan.

Di puncak struktur organisasi bandara, terdapat manajemen eksekutif yang terdiri dari CEO atau direktur utama, bersama dengan tim manajemen senior yang mengawasi berbagai departemen. Manajemen eksekutif bertanggung jawab untuk menetapkan strategi keseluruhan, membuat keputusan penting, dan memastikan bahwa bandara memenuhi tujuan jangka panjangnya. Mereka juga bertanggung jawab untuk berhubungan dengan pemerintah, regulator, dan pemangku kepentingan lainnya (de Neufville & Odoni, 2013).

Di bawah manajemen eksekutif, terdapat beberapa departemen kunci seperti operasi penerbangan, yang mengelola semua kegiatan terkait dengan pergerakan pesawat, dan manajemen fasilitas, yang menangani pemeliharaan dan pengembangan infrastruktur bandara. Departemen keamanan berfokus pada aspek keselamatan dan keamanan, sedangkan layanan penumpang memastikan kenyamanan dan kepuasan penumpang.

Manajemen bandara juga melibatkan koordinasi dengan berbagai pihak eksternal termasuk maskapai penerbangan, agen keamanan, otoritas penerbangan sipil, dan penyedia layanan darat. Hubungan yang baik dengan

maskapai penerbangan, sangat penting untuk menjadwalkan penerbangan, menangani masalah operasional, dan merespons kebutuhan pelanggan (Wells & Young, 2004).

Selain itu, kerja sama dengan agen keamanan dan otoritas penerbangan sipil memastikan bahwa bandara mematuhi semua regulasi keselamatan dan keamanan yang berlaku. Bandara juga harus bekerja sama dengan penyedia layanan darat yang menangani bagasi, bahan bakar, dan layanan penumpang lainnya. Semua ini membutuhkan manajemen yang efektif dan sistem komunikasi yang efisien untuk memastikan bahwa semua operasi berjalan lancar.

Peran teknologi dalam manajemen bandara juga tidak dapat diabaikan. Teknologi informasi dan komunikasi digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan layanan penumpang. Sistem manajemen bandara modern mencakup penggunaan perangkat lunak canggih untuk manajemen lalu lintas udara, pemantauan keamanan, manajemen bagasi, dan layanan pelanggan (Ashford, Stanton, & Moore, 2013). Teknologi ini memungkinkan bandara untuk mengoptimalkan sumber daya, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan pengalaman penumpang. Selain itu, investasi dalam teknologi hijau dan keberlanjutan menjadi semakin penting dalam manajemen bandara modern, dengan fokus pada pengurangan jejak karbon dan peningkatan efisiensi energi.

### **Regulasi dan Standar Keselamatan Penerbangan**

Keselamatan penerbangan adalah prioritas utama dalam industri penerbangan, dan hal ini dicapai melalui penerapan regulasi dan standar keselamatan yang ketat. Regulasi ini ditetapkan oleh badan-badan internasional, seperti *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan

berbagai otoritas penerbangan nasional, seperti *Federal Aviation Administration* (FAA) di Amerika Serikat dan *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) di Eropa. ICAO, yang merupakan badan khusus PBB, memiliki peran penting dalam menetapkan standar internasional dan praktik yang direkomendasikan (SARPs) melalui Annexes yang mengatur berbagai aspek penerbangan, mulai dari desain pesawat, operasi penerbangan, hingga keselamatan bandara (ICAO, 2016). Standar ini diterapkan secara global untuk memastikan bahwa setiap negara anggota mematuhi persyaratan keselamatan yang seragam.

Otoritas penerbangan nasional bertanggung jawab untuk mengimplementasikan regulasi internasional ini dalam konteks lokal mereka. FAA, misalnya, mengeluarkan *Federal Aviation Regulations* (FARs) yang mencakup berbagai aspek keselamatan penerbangan, termasuk sertifikasi pesawat, operasi penerbangan, dan persyaratan pelatihan untuk awak pesawat (FAA, 2020). EASA, di sisi lain, mengembangkan dan menerapkan regulasi keselamatan di seluruh Uni Eropa melalui EASA Basic Regulation dan berbagai aturan pelaksanaannya. Otoritas-otoritas ini juga melakukan inspeksi dan audit untuk memastikan kepatuhan operator penerbangan, bandara, dan entitas terkait lainnya terhadap regulasi yang berlaku (EASA, 2021). Kepatuhan ini sangat penting untuk menjaga tingkat keselamatan yang tinggi dalam industri penerbangan.

Regulasi keselamatan penerbangan tidak hanya mencakup pesawat dan operasi penerbangan, tetapi juga aspek penting lainnya seperti keamanan bandara dan manajemen lalu lintas udara. Bandara harus memenuhi persyaratan keselamatan tertentu yang mencakup desain dan pemeliharaan fasilitas, prosedur darurat, dan pengelolaan risiko (Ashford, Stanton, & Moore, 2013).

Contohnya, ICAO Annex 14 mengatur tentang desain dan operasi bandara, termasuk persyaratan untuk landasan pacu, taxiway, apron, dan fasilitas keselamatan lainnya (ICAO, 2016). Selain itu, manajemen lalu lintas udara (*Air Traffic Management - ATM*) memainkan peran krusial dalam memastikan pergerakan pesawat yang aman dan efisien di udara dan di darat. ATM harus mematuhi standar keselamatan yang ketat dan menggunakan teknologi canggih untuk mengelola lalu lintas udara secara *real-time*, mengurangi risiko kecelakaan dan insiden.

Peran teknologi dalam memastikan keselamatan penerbangan juga semakin signifikan. Sistem manajemen keselamatan (*Safety Management System - SMS*) telah menjadi komponen wajib dalam operasi penerbangan dan bandara. SMS adalah pendekatan sistematis untuk mengelola keselamatan dengan melibatkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penerapan tindakan mitigasi (Stolzer, Halford, & Goglia, 2015). Selain itu, teknologi canggih seperti sistem peringatan dini, kontrol lalu lintas udara otomatis, dan sistem navigasi berbasis satelit (seperti GPS) meningkatkan kemampuan untuk mengidentifikasi dan merespons ancaman keselamatan secara proaktif. Inovasi-inovasi ini memungkinkan deteksi dini, masalah potensial dan peningkatan respons terhadap situasi darurat, yang secara keseluruhan meningkatkan standar keselamatan dalam industri penerbangan.

#### **Teknologi dan Sistem Informasi di Bandara**

Teknologi dan sistem informasi memegang peran penting dalam operasional bandara modern, membantu meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan bagi penumpang. Salah satu aspek utama teknologi di bandara adalah sistem manajemen lalu lintas udara (*Air Traffic Management - ATM*), yang menggunakan radar,

sistem navigasi satelit, dan komunikasi data untuk mengelola pergerakan pesawat baik di udara maupun di darat. Sistem ini memastikan bahwa pesawat dapat lepas landas, terbang, dan mendarat dengan aman serta efisien. *Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS)* adalah contoh teknologi ATM yang memberikan panduan dan pengawasan pergerakan pesawat dan kendaraan di area kritis seperti landasan pacu dan taxiway (Gelerman, 2018). Dengan adanya teknologi ini, risiko kecelakaan dan insiden dapat diminimalkan, sekaligus meningkatkan kapasitas dan efisiensi operasional bandara.

Selain ATM, teknologi informasi juga memainkan peran kunci dalam manajemen bandara melalui sistem pengelolaan bandara (*Airport Management System - AMS*). AMS mencakup berbagai subsistem yang terintegrasi untuk mengelola operasi harian bandara, termasuk manajemen penerbangan, pengelolaan terminal, manajemen bagasi, dan layanan penumpang. Salah satu komponen penting dari AMS adalah sistem manajemen penumpang (*Passenger Management System - PMS*), yang mencakup layanan check-in otomatis, pengawasan keamanan, dan informasi penerbangan real-time. Sistem ini memungkinkan penumpang untuk memproses diri mereka sendiri dengan lebih cepat dan efisien, mengurangi waktu antrian dan meningkatkan pengalaman penumpang (Kazda & Caves, 2015). Selain itu, PMS juga membantu dalam pengelolaan sumber daya bandara, seperti *gate* dan *counter check-in*, memastikan bahwa sumber daya tersebut digunakan secara optimal.

Teknologi keamanan di bandara juga telah mengalami perkembangan pesat, dengan penerapan sistem yang lebih canggih untuk mendeteksi ancaman dan menjaga keselamatan. Sistem keamanan modern mencakup pemindai tubuh dan bagasi, deteksi bahan peledak, dan

sistem pengawasan video yang terintegrasi. Biometrik, seperti pengenalan wajah dan sidik jari, juga mulai banyak digunakan untuk mempercepat proses keamanan dan meningkatkan akurasi identifikasi penumpang (McLay, Jacobson, & Kobza, 2006). Dengan menggunakan teknologi biometrik, bandara dapat memproses penumpang dengan lebih cepat sambil memastikan bahwa keamanan tetap menjadi prioritas utama. Selain itu, teknologi ini juga membantu dalam mengidentifikasi potensi ancaman sebelum mereka dapat menyebabkan gangguan, meningkatkan keselamatan secara keseluruhan.

Penggunaan teknologi hijau dan berkelanjutan juga menjadi fokus utama dalam pengembangan bandara modern. Bandara-bandara di seluruh dunia mulai mengadopsi teknologi yang ramah lingkungan untuk mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi. Contohnya, penggunaan sistem pencahayaan LED, instalasi panel surya, dan pengelolaan limbah yang efisien merupakan beberapa inisiatif yang telah diterapkan. Selain itu, teknologi pengelolaan aliran udara di dalam terminal bandara membantu dalam mengurangi konsumsi energi untuk pendinginan dan pemanasan (Schiphol Group, 2020). Teknologi hijau ini tidak hanya membantu bandara mengurangi dampak lingkungan tetapi juga dapat memberikan penghematan biaya operasional dalam jangka panjang. Inovasi dalam teknologi dan sistem informasi di bandara terus berkembang, memungkinkan operasional yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan.

### **Proses Operasional Bandara**

Proses operasional bandara, melibatkan berbagai kegiatan yang dirancang untuk memastikan kelancaran, keselamatan, dan efisiensi dalam melayani pesawat, penumpang, dan kargo. Operasional bandara mencakup

beberapa area utama, termasuk manajemen penerbangan, pelayanan penumpang, pengelolaan bagasi, dan dukungan logistik. Proses ini dimulai jauh sebelum pesawat mendarat di bandara dan berlanjut hingga pesawat lepas landas kembali. Manajemen penerbangan merupakan inti dari operasional bandara, melibatkan koordinasi antara kontrol lalu lintas udara, layanan darat, dan layanan terminal. Kontrol lalu lintas udara (ATC) bertanggung jawab mengatur pergerakan pesawat di udara dan di darat, memastikan bahwa pesawat dapat bergerak dengan aman dan efisien di lingkungan yang padat (Ashford, Stanton, & Moore, 2013).

Layanan penumpang adalah aspek penting lainnya dari operasional bandara yang berfokus pada memberikan pengalaman yang nyaman dan efisien bagi para penumpang. Proses ini mencakup *check-in*, keamanan, imigrasi, boarding, dan klaim bagasi. Teknologi modern seperti *check-in* mandiri, *boarding* otomatis, dan biometrik untuk kontrol keamanan telah mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi layanan (Kazda & Caves, 2015). Selain itu, fasilitas seperti ruang tunggu, restoran, dan area belanja di terminal bandara dirancang untuk meningkatkan kenyamanan penumpang selama mereka menunggu penerbangan. Penyediaan informasi real-time melalui layar informasi penerbangan dan aplikasi seluler juga membantu penumpang mengelola perjalanan mereka dengan lebih baik.

Dukungan logistik dan layanan darat juga memainkan peran penting dalam proses operasional bandara. Layanan ini mencakup pengisian bahan bakar, pengisian makanan dan minuman di pesawat, pemeliharaan pesawat, dan penanganan kargo. Koordinasi yang baik antara berbagai tim di lapangan, sangat penting untuk memastikan bahwa semua layanan ini disediakan tepat waktu, sehingga pesawat dapat lepas landas sesuai jadwal

(Wells & Young, 2004). Selain itu, manajemen darurat dan respons cepat terhadap situasi tak terduga, seperti cuaca buruk atau insiden teknis, adalah bagian integral dari operasional bandara. Dengan adanya prosedur darurat yang terstruktur dan tim yang terlatih, bandara dapat mengatasi berbagai tantangan operasional dengan efektif.

### **Manajemen Krisis dan Keadaan Darurat di Bandara**

Manajemen krisis dan keadaan darurat di bandara adalah aspek krusial dari operasional bandara yang bertujuan untuk meminimalkan risiko dan dampak dari insiden tak terduga. Krisis dan keadaan darurat dapat mencakup berbagai situasi, mulai dari bencana alam, kecelakaan pesawat, insiden keamanan, hingga gangguan operasional seperti pemadaman listrik. Untuk menghadapi situasi tersebut, bandara harus memiliki rencana tanggap darurat yang komprehensif dan terperinci, yang mencakup prosedur untuk evakuasi, koordinasi dengan tim penyelamat, dan pemulihan operasional (Alexander, 2005). Rencana ini harus diperbarui secara berkala dan diuji melalui latihan simulasi untuk memastikan kesiapan semua pihak yang terlibat.

Koordinasi yang efektif antara berbagai departemen dan instansi eksternal sangat penting dalam manajemen krisis di bandara. Bandara harus bekerja sama dengan otoritas penerbangan, pemadam kebakaran, polisi, layanan medis darurat, dan lembaga lainnya untuk memastikan respons yang cepat dan terkoordinasi. Salah satu alat utama dalam koordinasi ini adalah *Emergency Operations Center* (EOC), yang berfungsi sebagai pusat komando untuk manajemen krisis. EOC dilengkapi dengan teknologi komunikasi canggih untuk memastikan informasi dapat disampaikan secara cepat dan akurat kepada semua pihak yang terlibat (Coppola, 2011). Dengan adanya EOC, bandara dapat memonitor situasi secara real-time dan mengarahkan sumber daya dengan lebih efisien.

Pelatihan dan simulasi adalah komponen kunci dalam mempersiapkan personel bandara untuk menangani keadaan darurat. Program pelatihan harus mencakup berbagai aspek, termasuk prosedur evakuasi, penanganan bahan berbahaya, dan teknik penyelamatan. Selain itu, simulasi keadaan darurat secara reguler memungkinkan staf bandara untuk menguji rencana tanggap darurat dalam kondisi yang realistis. Latihan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan individu, tetapi juga mengidentifikasi kelemahan dalam rencana tanggap darurat yang perlu diperbaiki (Harrald, 2006). Keterlibatan seluruh personel bandara, termasuk staf operasional, keamanan, dan manajemen, dalam latihan ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua orang siap dan tahu peran masing-masing dalam situasi darurat.

Teknologi juga memainkan peran penting dalam manajemen krisis di bandara. Sistem peringatan dini, pemantauan cuaca, dan sistem informasi geografis (GIS) membantu dalam mendeteksi potensi ancaman dan mengelola respons krisis secara efektif. Misalnya, teknologi GIS dapat digunakan untuk memetakan area yang terdampak bencana dan merencanakan evakuasi dengan lebih efisien (Huang, 2008). Selain itu, teknologi komunikasi seperti radio dua arah dan jaringan komunikasi darurat memastikan bahwa informasi dapat disebarkan dengan cepat kepada tim penyelamat dan personel bandara. Penggunaan teknologi ini memungkinkan bandara untuk merespons krisis dengan lebih cepat dan mengurangi dampak negatif yang mungkin timbul.

#### **Tantangan dan Peluang dalam Manajemen Bandara**

Manajemen bandara menghadapi berbagai tantangan yang kompleks dan dinamis seiring dengan perkembangan industri penerbangan global. Salah satu

tantangan utama adalah pertumbuhan lalu lintas udara yang pesat, yang memerlukan peningkatan kapasitas infrastruktur bandara. Bandara harus terus berinvestasi dalam pengembangan fasilitas seperti terminal, landasan pacu, dan tempat parkir pesawat untuk mengakomodasi peningkatan jumlah penumpang dan pesawat. Selain itu, manajemen bandara juga harus mampu mengelola kepadatan lalu lintas udara dan mengurangi risiko penundaan penerbangan yang dapat mengganggu operasional dan pengalaman penumpang (Graham, 2014). Tantangan ini diperparah dengan kebutuhan untuk mematuhi berbagai regulasi keselamatan dan keamanan yang semakin ketat, yang memerlukan pengawasan dan kepatuhan yang terus-menerus.

Tantangan lain yang signifikan adalah isu keberlanjutan lingkungan. Bandara merupakan sumber emisi karbon yang signifikan, baik dari operasi pesawat maupun dari aktivitas di darat seperti transportasi penumpang dan layanan darat. Manajemen bandara harus mengembangkan dan menerapkan strategi keberlanjutan yang efektif untuk mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan lainnya. Ini termasuk penggunaan teknologi hijau, peningkatan efisiensi energi, dan pengelolaan limbah yang lebih baik (Schiphol Group, 2020). Selain itu, ada tekanan untuk mengadopsi praktik keberlanjutan dari regulator, penumpang, dan masyarakat lokal, yang semakin sadar akan dampak lingkungan dari aktivitas bandara. Menyeimbangkan kebutuhan untuk pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan menjadi tantangan utama bagi manajemen bandara modern.

## **Daftar Pustaka**

- Alexander, D. (2005). *Towards the development of a standard in emergency planning. Disaster Prevention and Management, 14*(2), 158-175.
- Ashford, N., Stanton, H. P., & Moore, C. A. (2013). *Airport Operations*. New York: McGraw-Hill Education.
- Coppola, D. P. (2011). *Introduction to International Disaster Management*. Butterworth-Heinemann.
- Gelerman, W. (2018). *Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS)*. Retrieved from <https://www.eurocontrol.int>
- Graham, A. (2014). *Managing Airports: An International Perspective*. Routledge.
- Harrald, J. R. (2006). Agility and Discipline: Critical Success Factors for Disaster Response. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science, 604*(1), 256-272.
- Huang, C. (2008). *GIS and emergency management*. Taylor & Francis.
- Kazda, A., & Caves, R. E. (2015). *Airport Design and Operation*. Emerald Group Publishing.
- McLay, L. A., Jacobson, S. H., & Kobza, J. E. (2006). A multilevel network optimization model for biometrics-based screening at airport security checkpoints. *Transportation Science, 40*(2), 143-154.
- Schiphol Group. (2020). *Sustainability Report 2020*. Retrieved from <https://www.schiphol.nl>
- Wells, A. T., & Young, S. B. (2004). *Airport Planning and Management*. McGraw-Hill Education.

## Profil Penulis



**Marsekal Muda TNI (Purn) Dr. Syamsunasir, S.Sos., M.M., CFA**

Lahir di Pekanbaru, 23 April 1964. Pendidikan militer yang telah ditempuh yaitu Akabri Udara lulus tahun 1988, kemudian menyelesaikan SEKKAU 1998, setelah itu menyelesaikan SESKO Malaysia Tahun 2003, selanjutnya menyelesaikan SESKO TNI Tahun 2013 dan menyelesaikan LEMHANAS RI Tahun 2016. Pendidikan Tinggi yang telah ditempuh adalah Sarjana Sosial di Universitas Mahendrata Bali lulus tahun 1992, kemudian lulus Magister Manajemen di Universitas Muhammadiyah Solo tahun 2001, dan lulus Doktor Manajemen Sumber Daya Manusia di Universitas Negeri Jakarta tahun 2019. Selama berdinasi di Militer dari tahun 1988 banyak jabatan yang telah dilalui termasuk Irben Itjen TNI tahun 2017, Sahli Tk II Kawasan Asia Pasifik Hubungan Internasional Panglima TNI tahun 2020 dan Dekan Fakultas Keamanan Nasional Universitas Pertahanan RI tahun 2021 hingga memasuki masa purna tugas dan saat ini juga menjabat sebagai Wakil Rektor I bidang akademik dan Direktur Pascasarjana Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (Unsurya). Di samping jabatan-jabatan tersebut di atas, Penulis juga aktif mengajar sebagai Dosen Tetap di Universitas Pertahanan RI, dan Dosen di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Universitas Terbuka, Universitas Mercu Buana dan Universitas Krisnadwipayana. Penulis juga telah menghasilkan banyak buku, di antaranya berjudul *Legal Management of Mangrove Forest Ecotourism Development As a Tourist Destination and Abrasion Prevention in the Kabupaten of Bengkalis Province of Riau*, *Education Battlefield Management System Policy in Education*, *Law to Prevent the Spread of Narcotics and the Spread of Terrorism*, *Order to Stop the Investigation of Death in Coal Mining Employees*, *Living Region in Indonesia Rationally*, *Menghayati Agama di Indonesia Secara Rasional*, *Buku Ajar Karakter Bangsa dan Bela Negara (Perspektif Keamanan Nasional)*, *Bahan Ajar Keamanan Nasional*, *Proceeding Book of The 5th International Defense Science Seminar*, dan lain-lain.

E-mail Penulis: [syamsunasir@unsurya.ac.id](mailto:syamsunasir@unsurya.ac.id)



# PENGELOLAAN AVIATION SECURITY

**I Gusti Ngurah Willy Hermawan, S.T., M.M.**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Pendahuluan**

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, *aviation security* adalah suatu keadaan yang melindungi operasi penerbangan dari pelanggaran hukum, melalui kombinasi sumber daya manusia, fasilitas, dan prosedur. Namun, prinsip-prinsip yang digunakan dalam penerbangan adalah sebagai berikut: keberagaman, yang memupuk persatuan dan usaha bersama; adil dan merata; keseimbangan, keserasian, dan keselarasan; kepentingan umum; keterpaduan; kemandirian; kedaulatan negara; keterbukaan dan anti monopoli; dan kebangsaan dan kenusantaraan (Airnav, 2018).

Saat ini, mobilitas manusia semakin meningkat karena kebutuhan akan pekerjaan, perjalanan, bisnis, dan berbagai aktivitas lainnya yang membutuhkan mobilitas cepat. Kebutuhan akan mobilitas cepat mendorong untuk penggunaan moda transportasi udara. Namun, semakin banyak orang dan barang yang bergerak melalui udara, semakin besar risiko yang mengancam keamanan penerbangan. Oleh karena itu, untuk memastikan keselamatan dan keamanan seluruh penumpang dan

awak pesawat, diperlukan upaya yang komprehensif untuk mengurangi risiko tersebut melalui regulasi, teknologi, dan prosedur operasional untuk memastikan keselamatan dan keamanan seluruh penumpang dan awak pesawat.

Sebuah kutipan dari CNBC Indonesia, bahwa Pelita Air memberikan klarifikasi terkait kabar ancaman bom hari ini, Rabu (6/12/2023). Disebutkan bahwa ancaman itu terjadi pada penerbangan IP 205 yang menghubungkan Surabaya ke Jakarta. Menurut keterangan resmi Pelita Air, pada pukul 13.20 ada laporan tentang ancaman bom yang dilakukan oleh tim *aviation security* (Avsec). "Didapat fakta bahwa gurauan ancaman bom berasal dari seorang penumpang di penerbangan IP 205 dengan nama Surya Hadi Wijaya, *seat number* 14A. Gurauan tersebut terlontar saat pesawat sedang berjalan (*taxy*) menuju landasan pacu."

Perusahaan menyatakan bahwa pesawat, penumpang, bagasi, dan barang bawaan dilakukan pemeriksaan menyeluruh oleh tim keamanan, bekerja sama dengan aparat Bandara dan dinyatakan aman. Kasus ini dapat menjadi suatu pelajaran bagi penumpang tentang pentingnya literasi keamanan penerbangan karena gurauan tentang ancaman bom yang dilakukan oleh penumpang, dapat menyebabkan kepanikan dan mengganggu operasional penerbangan. Penumpang harus menyadari bahwa ancaman bom, meskipun hanya gurauan, tidak dapat dianggap remeh dan akan ditindak dengan tegas oleh pihak berwenang (Binekasri, 2023).

Larangan bercanda soal bom beserta sanksi pidananya tertuang dalam Pasal 344 huruf e dan Pasal 437 UU Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan. Ini berkaitan dengan larangan bom, juga dikenal sebagai informasi palsu, sebagai candaan baik di area Bandara maupun di atas pesawat (Wibawana, 2023). Dalam situs web resmi

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, dinyatakan bahwa orang yang menyebarkan informasi palsu atau bom yang membahayakan keselamatan penerbangan akan dikenakan hukuman penjara, selain berurusan dengan pihak berwenang. Pasal 344 huruf e UU Nomor 1 Tahun 2009 (UU Penerbangan) menyatakan bahwa "Menyampaikan informasi palsu yang membahayakan keselamatan penerbangan".

Pasal 437 UU Penerbangan menetapkan sanksi untuk bercanda tentang bom. Dalam pasal tersebut, sudah dijelaskan bahwa sanksi pidana terhadap pelanggaran Pasal 344 huruf e adalah berupa hukuman penjara paling lama 1 tahun, sedangkan apabila tindak pidana tersebut mengakibatkan kecelakaan atau kerugian harta benda, maka akan mendapatkan ancaman hukuman berupa pidana penjara paling lama 8 tahun, dan hukuman pidana penjara paling lama 15 tahun, jika mengakibatkan matinya orang. Berdasar pada contoh di atas, peran petugas *aviation security* perlu didukung oleh payung hukum yang baik sehingga dapat bekerja dengan baik dan memberikan efek jera bagi para pelaku pengancam operasi penerbangan (Airnav, 2018).

Keberadaan petugas *aviation security* (Avsec) di bandar udara sangat penting dan diperlukan guna melindungi dan menjaga kegiatan penerbangan sipil dari tindakan melawan hukum dan gangguan lainnya yang dapat mengancam keselamatan dan keamanan semua penumpang, personel pesawat udara, personil darat dan masyarakat umum pengguna jasa bandar udara. Keamanan merupakan aspek yang sangat krusial dalam industri penerbangan (Istih, 2022). Mobilitas penumpang dan barang yang tinggi melalui transportasi udara menuntut adanya sistem keamanan yang ketat dan terintegrasi untuk mencegah sekaligus menangani adanya ancaman keamanan. Untuk menjamin kelancaran

operasional penerbangan dan keselamatan penumpang dan awak pesawat, pengendalian keamanan penerbangan yang efektif sangat penting. Otoritas Bandara, lembaga keamanan negara, dan lembaga internasional seperti Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO) dan Asosiasi Pengangkut Udara Internasional (IATA) termasuk dalam kategori ini. Untuk menciptakan sistem keamanan yang kuat dan menyeluruh, pemangku kepentingan ini harus bekerja sama dan bekerja sama dengan baik.

Pengelolaan *aviation security* mencakup berbagai aspek, diawali dari perencanaan dan pengembangan kebijakan keamanan, implementasi prosedur dan teknologi keamanan, pelatihan sumber daya manusia, hingga evaluasi dan penyempurnaan sistem secara berkala. Faktor penentu dalam pengelolaan keamanan penerbangan meliputi pemeriksaan penumpang dan barang bawaan, Pemeriksaan kargo di *Regulated Agent*, pengamanan wilayah sekitar Bandara, pengendalian akses, penanganan ancaman dan insiden keamanan, serta kerja sama intelijen dengan badan keamanan nasional dan internasional.

Dengan meningkatnya sumber ancaman terorisme, *cybercrime*, dan kejahatan lintas batas lainnya, pengelolaan *aviation security* menjadi semakin penting dan menantang. Untuk menghadapi tantangan keamanan pada masa depan, diperlukan pengembangan strategi dan teknologi keamanan yang canggih, serta peningkatan kemampuan sumber daya manusia. Ini karena keseimbangan antara menjaga keamanan yang ketat dan memastikan kenyamanan dan efisiensi perjalanan bagi penumpang harus dicapai.

**Pentingnya Aviation Security dalam Industri Penerbangan**

Ribuan penerbangan komersial dengan mengangkut jutaan orang setiap hari, tentunya keselamatan dan

keamanan awak pesawat dan penumpang sangat penting. Ancaman keamanan seperti terorisme, pembajakan pesawat, atau gangguan keamanan lainnya dapat sangat fatal. Oleh karena itu, *aviation security* (keamanan penerbangan) sangat penting sekali bagi industri penerbangan, dengan pemeriksaan keamanan di Bandara, penjagaan ketat di area sensitif, dan pelatihan khusus untuk awak pesawat dan staf pendukung adalah semua upaya yang dilakukan untuk memastikan keamanan penerbangan. Untuk menjamin standar keamanan global yang tinggi, juga diberlakukan regulasi ketat dan kerja sama internasional. *Aviation security* (keamanan penerbangan) dianggap penting karena sebuah insiden keamanan dapat menyebabkan panik besar-besaran, kematian, dan kerugian ekonomi bagi industri.

Kemajuan teknologi dan peningkatan mobilitas manusia, telah membawa tantangan baru bagi *aviation security*. Semakin majunya teknologi, memungkinkan tindak kejahatan terorganisir seperti terorisme, penyelundupan, dan kejahatan lintas antar negara lainnya untuk beroperasi dengan lebih terorganisir dan terselubung. Sebaliknya, tren secara globalisasi dan pertumbuhan ekonomi telah mendorong peningkatan jumlah orang yang bergerak secara cepat, yang telah menghasilkan peningkatan besar dalam penggunaan penerbangan.

Jumlah orang yang bepergian meningkatkan kemungkinan munculnya ancaman keamanan. Oleh karena itu, pengelolaan *aviation security* yang baik sangat penting untuk menjamin keselamatan penumpang, *crew*, aset, dan operasional maskapai penerbangan. Untuk mengantisipasi dan mengatasi setiap potensi ancaman, sistem keamanan yang komprehensif, didukung oleh teknologi modern, prosedur yang ketat, dan kolaborasi lintas badan, sangat penting. Kepercayaan publik

terhadap industri penerbangan, dapat dipertahankan dengan memprioritaskan aspek keamanan. Pengelolaan *aviation security* yang efektif diperlukan mengingat tantangan keamanan yang terus berkembang (Wahyudono, 2023).

#### **Tujuan dan Ruang Lingkup *Aviation Security***

Salah satu tujuan utama *aviation security* adalah untuk melindungi penerbangan dari suatu pelanggaran hukum dengan menggabungkan sumber daya manusia, fasilitas, dan prosedur. Untuk menghindari segala bentuk pelanggaran hukum yang dapat mengancam keselamatan penerbangan. Pembajakan pesawat, sabotase pesawat atau fasilitas penerbangan, dan ancaman bom atau peledak lainnya adalah ancaman terbesar. Insiden tersebut dapat menyebabkan kematian, kerusakan properti, dan kerugian baik taraf kecil maupun besar yang signifikan bagi industri penerbangan. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan yang ketat diperlukan untuk menjamin keselamatan dan keamanan seluruh penumpang, awak pesawat, aset, dan operasional maskapai.

Dokumen Annex 17 tentang *Security*, menjelaskan bahwa salah satu tujuan utama *aviation security* yaitu untuk mencegah pelanggaran yang melanggar hukum terhadap *civil aviation*, seperti pembajakan, sabotase, dan berbagai bentuk gangguan atau ancaman terhadap penumpang, *crew*, pesawat, dan fasilitas Bandara. Petugas Avsec (*Aviation security*) melakukan pemeriksaan penumpang yang akan memasuki pesawat, memeriksa *cabin crew*, mengawasi akses kontrol sisi udara, dan memeriksa penumpang yang melintas di sisi udara. Ruang lingkup *aviation security* (keamanan penerbangan) mencakup seluruh area operasional penerbangan, mulai dari Bandara, pesawat, hingga fasilitas pendukung lainnya (ICAO, 2022).

Pada Peraturan Menteri Nomor 51 Tahun 2020 tentang *aviation security*, unit penyelenggara bandar udara, badan usaha bandar udara, badan usaha angkutan udara dan perusahaan angkutan udara asing wajib melakukan upaya pengamanan penumpang dan bagasi kabin (Kementerian Perhubungan, 2020). Adapun pemeriksaan menyeluruh terhadap penumpang dan bagasi, pengamanan yang ketat di Bandara dan pesawat, adanya pelatihan khusus bagi petugas Avsec, dan kolaborasi erat dengan lembaga terkait seperti imigrasi, bea cukai, dan intelijen adalah elemen penting yang menjadi perhatian utama. Tujuan utama dari upaya ini adalah untuk menemukan dan menghilangkan setiap ancaman yang mungkin terjadi sebelum terjadi sesuatu yang tidak diinginkan. Penerbangan yang aman dan nyaman hanya dapat dicapai dengan menerapkan standar keamanan tertinggi di semua lini.

**Tantangan                      Utama                      dalam                      Pengelolaan  
*Aviation Security***

1. Ancaman Terorisme & Kejahatan Terorganisir

Pengelolaan *aviation security* (Avsec) menghadapi banyak masalah besar. Ancaman terorisme yang terus berkembang merupakan tantangan utama. Teroris terus mencari celah keamanan baru untuk menyerang industri penerbangan. Menghadapi ancaman terorisme yang semakin berkembang dan canggih merupakan salah satu tantangan terbesar bagi avsec. Mereka akan terus mencari cara baru untuk menghindari penegakan hukum dan menyerang industri penerbangan. Modus operandi dan taktik baru, terus diciptakan dengan memanfaatkan kelemahan prosedur keamanan untuk memasukkan barang berbahaya dengan cara yang inovatif. Ini berarti bahwa petugas avsec harus tetap waspada dan mengantisipasi ancaman dari berbagai sumber.

Untuk mengatasi tantangan ini, tim Avsec harus senantiasa memperbarui prosedur, meningkatkan pelatihan petugas, serta mengadopsi teknologi terbaru lagi mampu mengidentifikasi dan mencegah setiap ancaman potensial dengan efektif. Melalui kerja sama dengan Badan Nasional Penanggulangan Teroris (BNPT), upaya pencegahan dan penanggulangan terorisme serta radikalisme di lingkungan Bandara akan semakin kokoh (Heryanto, 2021).

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki prosedur dan meningkatkan pelatihan guna menghadapi tantangan ancaman terorisme yang terus berkembang.

- a. Perbaiki prosedur keamanan, yang dilakukan dengan melakukan evaluasi rutin terhadap prosedur yang ada untuk menemukan celah keamanan dan area yang perlu diperbaiki; meningkatkan proses pemeriksaan penumpang, bagasi, dan kargo dengan menggunakan teknologi canggih seperti pemindai biometrik, mesin *x-ray*, dan pendeteksi bahan peledak; meningkatkan pengawasan di area sensitif bandara dan di sekitarnya untuk mencegah penyusupan; dan mengkaji dan memperbaiki prosedur tanggap darurat dan evakuasi dalam menanggapi situasi darurat.
- b. Peningkatan pelatihan petugas, yaitu meningkatkan frekuensi dan intensitas pelatihan bagi petugas keamanan bandara, awak pesawat, dan personel terkait lainnya; simulasi situasi darurat secara berkala untuk mempersiapkan respons cepat dan terkoordinasi menghadapi krisis keamanan; pelatihan mengenali perilaku mencurigakan, penanganan bahan berbahaya, dan teknik investigasi; Kerja sama dengan badan

intelijen untuk memperoleh informasi terkini mengenai modus operandi kelompok teroris; pelatihan dalam penggunaan teknologi keamanan baru seperti pemindai, sistem pendeteksi, dan analisis data; dan mengundang instruktur/pakar dari organisasi keamanan terkemuka untuk meningkatkan kapasitas sumber daya manusia.

## 2. Keamanan Siber dan Sistem Informasi

Keamanan siber (*cyber security*) merupakan praktik yang dilakukan untuk melindungi sistem komputer, jaringan, aplikasi, perangkat lunak, sistem kritis, dan data dari berbagai ancaman digital. Tujuan keamanan siber adalah untuk memastikan tiga poin penting, yaitu *confidentiality* (kerahasiaan), melindungi data dari akses tidak sah; *integrity* (integritas), melindungi data dari perubahan atau penghapusan tidak sah; *availability* (ketersediaan), memastikan data tetap dapat diakses dan digunakan secara efektif (Feradhita, 2024).

Dalam Berita CNN Indonesia tahun 2019, salah satu maskapai melaporkan kasus kebocoran data penumpang ke Polisi, dalam hal ini data yang bocor adalah tanggal lahir dan masa berlaku paspor. Cuplikan berita tersebut adalah salah satu contoh bahwa industri penerbangan sangat bergantung pada sistem informasi dan teknologi komunikasi yang terintegrasi, pencurian data penumpang dan awak pesawat merupakan ancaman yang sangat serius. Andaikan hal itu terjadi, maka data pribadi seperti informasi identitas, data perjalanan, dan bahkan informasi keuangan dapat dicuri dan disalahgunakan untuk tujuan kejahatan, seperti penipuan atau pemerasan. Di Bandara mulai dari reservasi tiket, penanganan bagasi, manajemen penerbangan, hingga sistem navigasi pesawat, semuanya bergantung pada

sistem digital yang saling terhubung. Jika sistem ini terganggu atau disusupi, hal itu dapat menimbulkan konsekuensi yang sangat serius bagi keamanan dan keselamatan penerbangan.(Age, 2019).

Ancaman siber dalam dunia penerbangan dapat saja terjadi dan berasal dari berbagai sumber, seperti peretas (*hacker*), kelompok kriminal siber, ataupun negara-negara yang melakukan spionase siber. Pada tanggal 2 Desember 2022 bertempat di Hotel Padma Legian Bali, Kemenhub menyampaikan materi “Perkuat Keamanan Siber Penerbangan Melalui *Cyber Security in Aviation Conference*” di dalam konferensi ini tidak hanya melibatkan Indonesia dan Australia, namun dihadiri juga oleh wakil dari ICAO, US TSA, ACI, IATA serta *stakeholders* keamanan siber lainnya yang diharapkan dapat berkontribusi sehingga membawa dampak positif untuk masa depan industri penerbangan global. Indonesia sendiri telah melakukan regulasi terkait keamanan siber sejak Tahun 2017 di Program Keamanan Penerbangan Sipil Nasional yang terus berkembang dan diperbarui untuk implementasi keamanan siber dengan mengacu pada internasional standar. Serangan siber dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti peretasan sistem, pencurian data sensitif, penyebaran *malware*, atau bahkan upaya untuk mengambil alih kendali sistem secara tidak sah. Salah satu ancaman utama adalah kemungkinan peretas mendapatkan akses ke sistem navigasi pesawat atau sistem kendali penerbangan. Jika hal ini terjadi, mereka dapat memanipulasi data atau bahkan mengambil alih kendali pesawat, yang dapat menyebabkan kecelakaan yang mengancam nyawa penumpang dan awak pesawat (Khusnu, 2022).

Untuk menghadapi ancaman siber, industri penerbangan dalam hal ini adalah pihak keamanan siber harus mengambil langkah-langkah keamanan yang kuat dan komprehensif. Beberapa langkah yang dapat diambil antara lain sebagai berikut (Basmatulhana, 2022):

- a. implementasi sistem keamanan siber yang canggih, seperti *firewall*, enkripsi data, deteksi intrusi, dan pemantauan keamanan secara *real-time*;
- b. pembaruan sistem dan perangkat lunak secara teratur, untuk menutup celah keamanan;
- c. pelatihan dan peningkatan kesadaran keamanan siber bagi staf dan karyawan;
- d. kolaborasi dan berbagi informasi dengan badan keamanan siber nasional dan internasional; dan
- e. pengembangan dan pengujian secara berkala prosedur tanggap darurat siber.

Keamanan siber merupakan tantangan yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi industri penerbangan harus tetap waspada. Demikian juga dengan tim Avsec yang harus selalu adaptif dalam menghadapi ancaman siber yang terus berevolusi untuk melindungi keselamatan penumpang dan awak pesawat, serta menjaga integritas operasional penerbangan.

### 3. Koordinasi Antarpemangku Kepentingan

Tercapainya kinerja keamanan penerbangan merupakan prioritas utama, bagi seluruh pemangku kepentingan dalam industri penerbangan, hal ini tidak bisa dilakukan hanya satu divisi *aviation security* saja. Adanya kerja sama yang baik di semua pihak terkait, membuat kinerja keamanan penerbangan dapat berjalan dengan baik. Komite keamanan bandar udara adalah forum penting yang bertujuan untuk membahas dan mengkoordinasikan segala aspek terkait keamanan di bandar udara. Komite ini terdiri dari berbagai pihak yang terlibat dalam operasi bandar udara, maskapai penerbangan, pihak penanganan kargo, pihak keamanan, dan berbagai pihak terkait lainnya (Lefteuw, 2023).

Tujuan adanya komite keamanan bandara, sebagai berikut.

- a. Pemantauan dan evaluasi ancaman keamanan terbaru: Komite ini memantau dan mengevaluasi berbagai ancaman keamanan terbaru yang terkait dengan operasional bandar udara.
- b. Pembahasan perubahan peraturan dan standar keamanan penerbangan: Komite ini membahas perubahan peraturan dan standar keamanan penerbangan yang terkait dengan operasional bandar udara.
- c. Pelaporan insiden atau kejadian yang berkaitan dengan keamanan: Komite ini melaporkan insiden atau kejadian yang berkaitan dengan keamanan di bandar udara.

Komite keamanan bandara melakukan koordinasi yang erat antara maskapai, operator bandara, pemerintah, *aviation security*, TNI, Polri dan lembaga yang masuk

dalam Komite keamanan Bandara sangat diperlukan untuk memastikan keselamatan penumpang dan awak pesawat. Maskapai bertanggung jawab untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keamanan dan prosedur operasional yang ketat berikut beserta tanggung jawab terkait kerugian, sementara bandara memastikan keselamatan dan kelancaran pergerakan kendaraan dan/atau peralatan di apron dan keteraturan aktifitas lainnya. Di sisi lain, pemerintah berperan dalam menetapkan regulasi dan kebijakan yang mengatur keamanan penerbangan, sementara badan keamanan nasional bertanggung jawab untuk mengawasi dan menegakkan kepatuhan terhadap peraturan tersebut (Kementerian Perhubungan, 2017).

Koordinasi yang efektif di antara pemangku kepentingan di dalam komite keamanan bandara, melibatkan berbagai aspek, seperti berbagi informasi intelijen, pelatihan bersama, dan simulasi keamanan. Maskapai dan operator bandara harus secara teratur berkoordinasi untuk memastikan bahwa mereka memiliki akses ke informasi terbaru tentang ancaman keamanan dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan.

Pelatihan bersama juga penting untuk memastikan bahwa semua pihak memahami prosedur dan protokol keamanan yang relevan, serta mampu merespons situasi darurat dengan efektif. Simulasi keamanan juga dapat dilakukan untuk menguji kesiapan personel, alat kerja dan mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan. Selain itu, koordinasi yang baik juga melibatkan komunikasi yang terbuka dan transparan di antara semua pemangku kepentingan.

Komite keamanan bandara harus mengadakan pertemuan reguler untuk membahas isu-isu keamanan, berbagi praktik terbaik, dan mengkoordinasikan upaya mereka. Dengan bekerja sama secara erat dan

mengkoordinasikan tindakan mereka, pemangku kepentingan ini dapat menciptakan lingkungan penerbangan yang aman dan meminimalkan risiko insiden keamanan. Koordinasi yang efektif tidak hanya melindungi penumpang dan awak pesawat, tetapi juga memelihara kepercayaan publik terhadap industri penerbangan dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan (Lefteuw, 2023).

### **Kesimpulan**

*Aviation security* atau keamanan penerbangan merupakan aspek krusial dalam industri penerbangan, untuk melindungi operasi penerbangan dari tindakan melawan hukum dan gangguan lainnya, yang dapat mengancam keselamatan penumpang, awak pesawat, personel darat, dan masyarakat umum pengguna jasa Bandara. Dengan mobilitas manusia dan barang yang semakin tinggi melalui transportasi udara, pengelolaan *aviation security* yang efektif menjadi sangat penting untuk menjamin kelancaran operasional penerbangan.

Pengelolaan keamanan penerbangan mencakup berbagai aspek, mulai dari perencanaan kebijakan, implementasi prosedur dan teknologi, pelatihan sumber daya manusia, hingga evaluasi dan penyempurnaan sistem secara berkala. Elemen kuncinya meliputi pemeriksaan penumpang dan barang bawaan, pemeriksaan kargo, pengamanan wilayah bandara, pengendalian akses, penanganan ancaman dan insiden keamanan, serta kerja sama intelijen dengan badan keamanan nasional dan internasional.

Untuk menciptakan sistem keamanan yang kuat dan menyeluruh, diperlukan kerja sama yang baik antara Otoritas Bandara, lembaga keamanan negara, dan organisasi internasional seperti ICAO dan IATA. Selain itu, payung hukum yang baik juga diperlukan untuk

mendukung peran petugas *aviation security* dan memberikan efek jera bagi pelaku pengancam operasi penerbangan. Dengan meningkatnya ancaman terorisme, *cybercrime*, dan kejahatan lintas batas lainnya, pengelolaan *aviation security* menjadi semakin penting dan menantang. Pengembangan strategi dan teknologi keamanan yang canggih, serta peningkatan kemampuan sumber daya manusia menjadi kunci untuk menghadapi tantangan keamanan di masa depan, dengan tetap menjaga keseimbangan antara keamanan yang ketat dan kenyamanan serta efisiensi perjalanan bagi penumpang.

## Daftar Pustaka

- Age. (2019). *Lion Group Laporkan Kasus Kebocoran Data Penumpang ke Polisi*. CNN Indonesia. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20190920122721-185-432213/lion-group-laporkan-kasus-kebocoran-data-penumpang-ke-polisi>
- Airnav. (2018). *Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang penerbangan*. Airnav Indonesia. <https://www.airnavindonesia.co.id/regulasi>
- Basmatulhana, H. (2022). *Cyber security atau Keamanan Siber: Pengertian, Jenis, dan Ancamannya*. DetikEdu. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6262847/cyber-security-atau-keamanan-siber-pengertian-jenis-dan-ancamannya>
- Binekasri, R. (2023). *Penjelasan Lengkap Pelita Air Soal Ancaman Bom di Pesawat*. CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/market/20231206190314-17-495134/penjelasan-lengkap-pelita-air-soal-ancaman-bom-di-pesawat>
- Feradhita. (2024). *Apa Itu Keamanan Siber: Pengertian dan Jenis-jenisnya*. Logique. <https://www.logique.co.id/blog/2024/05/15/apa-itu-keamanan-siber/>
- Heryanto. (2021). *AP II dan BNPT Wujudkan Langkah Konkret Pencegahan Terorisme dan Radikalisme Sektor Penerbangan*. SEMARAK.CO. <https://semarak.co/ap-ii-dan-bnpt-wujudkan-langkah-konkret-pencegahan-terorisme-dan-radikalisme-sektor-penerbangan/>
- ICAO. (2022). *ANNEX 17: AVIATION SECURITY*. International Civil Aviation Organization. <https://www.icao.int/security/sfp/pages/annex17.aspx>
- Istih, A. (2022). *Analisis Peran Petugas AVSEC Dalam Menjamin Keamanan Penerbangan di Bandar Udara Internasional Zainuddin Abdul Madjid Lombok*. Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa4.0International. [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3034784&val=20674&title=Analisis Peran Petugas AVSEC Dalam Menjamin Keamanan Penerbangan di Bandar Udara Internasional Zainuddin Abdul Madjid Lombok](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3034784&val=20674&title=Analisis%20Peran%20Petugas%20AVSEC%20Dalam%20Menjamin%20Keamanan%20Penerbangan%20di%20Bandar%20Udara%20Internasional%20Zainuddin%20Abdul%20Madjid%20Lombok)

- Kementerian Perhubungan. (2017). KP 038 Tahun 2017 Tentang Apron Management Service. *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : Kp 038 Tahun 2017*.
- Kementerian Perhubungan, R. I. (2020). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM51 Tahun 2020*. JDIH Kemenhub. <https://jdih.dephub.go.id/peraturan/detail?data=HwthpdmlejC0whkOqolfRc8cQS6BCBO1C8cLlhRF2yrk4jw3cqeSbFF48ZQ1UNnUIZ48d2oxXIXyM4uSLmxwJEJA48WrTU8bGNx8MPXol7xMOWBrT3MTua0tv68djJXHhMsi3gc02eQoa3h0LMUnbUmSDr>
- Khusnu, M. (2022). *Kemenhub Perkuat Keamanan Siber Penerbangan Melalui Cyber Security in Aviation Conference*. Humas DJPU. <https://hubud.dephub.go.id/hubud/website/berita/4480>
- Lefteuw, E. (2023). *Rapat Komite keamanan bandar udara Mathilda Batlayeri*. Bandara Mathilda Batlayeri. <https://mathilda-airport.com/rapat-komite-keamanan-bandar-udara-mathilda-batlayeri/>
- Wahyudono. (2023). *Peran Penting Aviation security dalam Keamanan Penerbangan di Indonesia*. Jurnal Pendidikan Tambusai.
- Wibawana, W. A. (2023). *Larangan Bercanda Bom di Pesawat-Bandara: Aturan dan Sanksinya*. Detiknews. <https://news.detik.com/berita/d-7078771/larangan-bercanda-bom-di-pesawat-bandara-aturan-dan-sanksinya>

## Profil Penulis



### **I Gusti Ngurah Willy Hermawan, S.T., M.M.**

Lahir di Karanganyar 1975, menyukai bidang ilmu pengetahuan alam memilih jurusan Fisika di SMAN 67 Jakarta lulus Tahun 1993. Melanjutkan kuliah di D-3 Teknik Mesin Universitas Pancasila Jakarta lulus Tahun 1998, lalu meneruskan kuliah S-1 Teknik Industri Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta lulus Tahun 2002, kembali ke bangku kuliah S-2 Magister Manajemen Sekolah Tinggi Manajemen IMMI Jakarta dan lulus Tahun 2006. Penulis sebagai Dosen Tetap Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma Jakarta, selain itu juga mempunyai latar belakang pekerjaan swasta diawali Tahun 1999 bidang penjualan kendaraan bermotor, Tahun 2011 beralih ke transportir Bahan Bakar HSD wilayah Kalimantan Timur sebagai Kepala Cabang, Tahun 2015 mengawali pekerjaan di bidang penerbangan yaitu sebagai *Manager Quality Control Ground handling* di Bandara Sepinggan Balikpapan selanjutnya Bandara Husein Sastranegara Bandung, serta Bandara Abdulrachman Saleh Malang dan *Manager Quality Control Regulated Agent* di *Yogyakarta International Airport (YIA)* dengan demikian memiliki kepakaran bidang transportasi udara terutama di *Regulated Agent* dan *Ground Handling*.

E-mail Penulis: [willy.hermawan75@gmail.com](mailto:willy.hermawan75@gmail.com)

# PERENCANAAN TERMINAL BANDAR UDARA

**Hari Moektiwibowo, S.T., M.M.**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Pengantar**

Perencanaan bandar udara merupakan proses penting untuk mengembangkan dan mengoperasikan fasilitas penerbangan secara efisien dan efektif. Bandara merupakan pusat pergerakan orang dan barang yang sangat dinamis dan merupakan pintu gerbang terpenting bagi negara serta kota dalam konteks globalisasi dan perdagangan internasional.

Perencanaan bandar udara yang baik mencakup banyak aspek, mulai dari tata letak terminal, kapasitas landasan pacu, hingga fasilitas pendukung seperti tempat parkir dan transportasi darat. Tanpa perencanaan yang tepat, bandara dapat menghadapi berbagai masalah, termasuk kemacetan lalu lintas, penundaan penerbangan, dan pengalaman penumpang yang buruk. Hal ini tidak hanya berdampak negatif pada efisiensi operasional, namun juga dapat merusak reputasi bandara dan berdampak pada perekonomian lokal.

Perencanaan bandar udara harus mempertimbangkan faktor keselamatan dan kepatuhan terhadap peraturan internasional. Bandara yang terencana dengan baik juga dapat beradaptasi terhadap perkembangan teknologi dan

perubahan kebutuhan pengguna, seperti peningkatan jumlah penumpang dan jenis pesawat yang digunakan. Oleh karena itu, pendekatan holistik dan berkelanjutan terhadap perencanaan bandara merupakan kunci dalam membangun infrastruktur penerbangan yang andal dan kompetitif secara global.

Di dalam bab ini dijelaskan bagaimana perencanaan yang tepat, akan dapat meningkatkan operasional bandara, kenyamanan dan keselamatan penumpang. Bagaimana cara memprediksi pertumbuhan lalu lintas udara pada masa depan dan fleksibilitas yang diperlukan dalam desain terminal, perencanaan kapasitas terminal, termasuk estimasi kapasitas dan teknik optimasi untuk menghindari kemacetan dan menjamin kelancaran arus penumpang. Bab ini juga membahas pentingnya integrasi antara bandara dengan moda transportasi lain untuk memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi penumpang. Terakhir, analisis kelayakan yang mencakup kajian teknis, ekonomi, lingkungan hidup, dan sosial disajikan untuk memastikan rencana terminal bandara dapat dilaksanakan secara efektif dan berkelanjutan (Campiranon, 2022; Medvedev et al., 2017)

### **Fungsi Utama Terminal Bandara**

Sebelum melakukan perencanaan, perlu dipahami secara utuh fungsi terminal bandar udara dan menyusun rencana tersebut berdasarkan pertimbangan yang komprehensif.

1. Terminal bandar udara merupakan tempat di mana berbagai pemangku kepentingan industri penerbangan, seperti maskapai penerbangan, otoritas bandar udara, personel keamanan, dan penumpang, saling berinteraksi.
2. Terminal bandara memiliki berbagai fasilitas yang diperlukan untuk mendukung operasional

penerbangan, antara lain ruang tunggu keberangkatan, gerbang keberangkatan, dan area penanganan bagasi.

3. Terminal bandara sering berfungsi sebagai titik pusat berbagai pilihan transportasi, termasuk taksi, bus, kereta bandara, dan kendaraan pribadi.
4. Terminal bandar udara menawarkan berbagai layanan dan fasilitas bagi penumpang, termasuk restoran, toko, fasilitas sanitasi, dan ruang tunggu penumpang.
5. Terminal bandar udara berfungsi sebagai pusat kendali dan koordinasi berbagai kegiatan terkait penerbangan.
6. Bandara juga berfungsi sebagai pusat komersial utama dengan berbagai toko, restoran, dan layanan lainnya untuk memenuhi kebutuhan penumpang dan pengunjung.
7. Terminal bandara menawarkan pusat informasi dan komunikasi di mana penumpang dapat memperoleh informasi tentang penerbangan, fasilitas bandara, transportasi, dan layanan lainnya.
8. Terminal bandara juga berfungsi sebagai pusat kepatuhan penerbangan dan keselamatan. Hal ini mencakup pemeriksaan keamanan penumpang dan bagasi serta pemantauan aktivitas di dalam terminal untuk mencegah ancaman keamanan.
9. Terminal bandara sering kali mencerminkan budaya dan karakter wilayah atau negaranya. Tempat ini dapat menampilkan seni dan karya lokal serta menyediakan ruang untuk acara budaya.
10. Bandara juga merupakan tempat dilakukannya inovasi dan perkembangan terkini dalam industri

penerbangan. (Ceccato & Masci, 2017; Zhao et al., 2022)

### **Alasan Mengapa Terminal Bandara Harus Direncanakan dengan Baik**

Terminal bandara harus direncanakan dengan baik karena menyangkut banyak hal yang bersifat kritis, antara lain sebagai berikut.

#### 1. Efisiensi Operasional

Perencanaan yang tepat, sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional bandara. Berikut beberapa cara untuk meningkatkan efisiensi operasional bandara dengan perencanaan yang tepat.

##### a. Mengoptimalkan Arus Penumpang dan Bagasi

Perencanaan yang baik mencakup perancangan terminal untuk mengoptimalkan arus penumpang dan bagasi.

##### b. Penggunaan Ruang yang Efisien

Perencanaan terminal yang baik, memperhatikan penggunaan ruang secara optimal. Artinya, area operasional utama seperti landasan pacu, aspal, dan area parkir pesawat ditempatkan untuk memaksimalkan kapasitas dan mengurangi waktu taxi pesawat. Pendayagunaan ruang juga mencakup penempatan fasilitas penunjang seperti tempat parkir, angkutan umum, dan area pemuatan yang terintegrasi..

##### c. Teknologi dan Otomasi

Mengintegrasikan teknologi dan otomasi ke dalam perencanaan bandara, dapat meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan. Sistem *check-in* mandiri, penanganan bagasi otomatis, dan gerbang keberangkatan otomatis mengurangi

kebutuhan tenaga kerja manual dan mempercepat pemrosesan penumpang (Mutis & Hartmann, 2019)

d. Manajemen Kapasitas dan Jadwal

Perencanaan yang baik mencakup analisis permintaan penumpang dan perkiraan pertumbuhan lalu lintas udara. Memahami pola lalu lintas dan permintaan puncak, memungkinkan bandara dapat mengelola kapasitas dan jadwal dengan lebih efisien.

e. Keselamatan dan Keamanan

Perencanaan yang tepat, memastikan bahwa langkah-langkah keamanan diterapkan secara efisien, tanpa mengurangi kenyamanan penumpang. Desain terminal dengan titik keamanan strategis dan jalur evakuasi yang jelas, memudahkan manajemen darurat dan mengurangi risiko operasional.

f. Responsif terhadap Pertumbuhan dan Perubahan

Perencanaan yang fleksibel dan berkelanjutan, memungkinkan bandara dapat beradaptasi terhadap peningkatan lalu lintas udara dan perubahan kebutuhan operasional (Campiranon, 2022)

2. Kenyamanan Penumpang

Tata letak yang cermat, memastikan kelancaran arus penumpang dan mengurangi waktu tunggu. Fasilitas terminal seperti ruang tunggu, restoran, toko retail, dan layanan lainnya juga penting untuk kepuasan penumpang. Desain intuitif dan papan petunjuk yang jelas mempermudah penumpang dalam navigasi terminal, mengurangi stres dan kebingungan, terutama untuk penumpang baru.

Secara keseluruhan, tata letak yang efisien dan perlengkapan yang sesuai tidak hanya meningkatkan kepuasan penumpang, namun juga memastikan pengalaman perjalanan yang lebih nyaman dan bebas stres (Hasanzade et al., 2023),

### 3. Keamanan dan Keselamatan

Perencanaan yang tepat memainkan peran kunci, dalam memastikan tindakan keamanan terminal bandara efektif. Berikut beberapa cara perencanaan untuk menjamin keamanan terminal bandara.

#### a. Letak Pos Pengamanan yang Strategis

Perencanaan yang tepat menentukan letak strategis pos pengamanan, seperti pos pemeriksaan keamanan, metal *detector*, dan pemindai bagasi. Penyebaran yang efisien memastikan seluruh penumpang dan barang bawaannya, dapat didaftarkan dengan lancar.

#### b. Desain Arsitektur untuk Pemantauan

Desain arsitektur terminal yang terencana, memungkinkan pemantauan optimal. Area utama seperti pintu masuk, gerbang keberangkatan, dan area pengambilan bagasi dirancang untuk memaksimalkan visibilitas bagi petugas keamanan.

#### c. Mengintegrasikan Teknologi Keamanan

Rencana yang baik mencakup integrasi teknologi keamanan canggih, seperti CCTV, sistem pengenalan wajah, dan sensor yang mendeteksi bahan berbahaya. Teknologi ini membantu memantau aktivitas di seluruh perangkat secara *real-time* (Mutis & Hartmann, 2019).

d. Jalur Evakuasi dan Penanggulangan Keadaan Darurat

Perencanaan yang cermat akan memastikan bahwa jalur evakuasi dan prosedur pengelolaan keadaan darurat ditetapkan dan teruji.

e. Pendidikan dan Pelatihan

Bagian dari rencana keselamatan adalah untuk memastikan bahwa personel bandara, menerima pelatihan dan pendidikan yang sesuai dalam prosedur keselamatan dan manajemen darurat.

f. Kepatuhan terhadap Peraturan dan Standar

Rencana keselamatan bandar udara, harus mematuhi peraturan dan standar internasional dan nasional yang berlaku. Hal ini mencakup panduan dari organisasi seperti Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO) dan Administrasi Keamanan Transportasi (TSA).

g. Kolaborasi Antardepartemen

Perencanaan yang baik juga melibatkan kolaborasi antar berbagai departemen dan lembaga, termasuk otoritas penerbangan, otoritas keamanan, dan pemangku kepentingan lainnya (Tabaru, 2016),

4. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Masa Depan

Perencanaan yang fleksibel sangat penting untuk mengantisipasi pertumbuhan lalu lintas udara, sehingga memungkinkan bandara beradaptasi terhadap perubahan dan perkembangan pada masa depan tanpa gangguan operasional yang signifikan. Berikut beberapa alasan mengapa perencanaan fleksibel sangat penting.

- a. Volume penumpang dan kargo udara meningkat seiring waktu karena pertumbuhan ekonomi, globalisasi, dan mobilitas masyarakat. Perencanaan fleksibel untuk meningkatkan kapasitas bandara, tanpa membangun infrastruktur baru.
- b. Industri penerbangan terus berkembang dengan inovasi teknologi, seperti pesawat yang lebih besar, lebih efisien, dan otomatisasi proses bandara. Fleksibilitas dalam perencanaan memungkinkan bandara mengintegrasikan teknologi baru dengan mudah, sehingga meningkatkan efisiensi dan pengalaman penumpang.
- c. Respons terhadap perubahan regulasi dan standar penerbangan bisa berubah seiring waktu. Bandara fleksibel dapat menyesuaikan diri dengan perubahan regulasi, tanpa modifikasi besar yang memakan waktu dan biaya.
- d. Tren perjalanan dapat berubah akibat pola wisata, perjalanan bisnis, atau situasi darurat global seperti pandemi. Perencanaan yang fleksibel, memungkinkan bandara menyesuaikan fasilitas dan layanan mereka, misalnya dengan menyediakan lebih banyak ruang pemeriksaan kesehatan atau mengubah tata letak terminal.
- e. Membangun infrastruktur baru dapat mahal jika ada peningkatan lalu lintas atau perubahan kebutuhan. Dengan perencanaan fleksibel, bandara dapat melakukan ekspansi dengan biaya dan gangguan minimal. Ini termasuk desain modular untuk penambahan fasilitas sesuai kebutuhan.

- f. Peningkatan pengalaman penumpang bandara, dapat mempertahankan kualitas layanan dengan menyesuaikan diri cepat terhadap peningkatan volume penumpang dan perubahan kebutuhan. Ini mencakup mengurangi waktu tunggu, menyediakan fasilitas tambahan, dan memastikan kenyamanan penumpang meskipun ada peningkatan volume lalu lintas.
- g. Dukungan terhadap pertumbuhan ekonomi regional, melalui bandara yang dapat tumbuh dan beradaptasi dengan lalu lintas udara yang tinggi, meningkatkan konektivitas dan aksesibilitas. Mendorong perdagangan, pariwisata, dan investasi, memberikan manfaat ekonomi jangka panjang bagi wilayah tersebut (Medvedev et al., 2017; Waltert et al., 2021, 2023).

#### **Perencanaan Kapasitas Terminal**

##### **1. Analisis Permintaan Penumpang**

Menganalisis jumlah penumpang bandara saat ini dan masa depan memerlukan berbagai metode dan pendekatan. Berikut adalah beberapa metode utama yang digunakan dalam proses ini.

- a. Analisis tren historis menggunakan data historis jumlah penumpang dari beberapa tahun sebelumnya untuk mengidentifikasi tren pertumbuhan. Metode ini menggunakan analisis statistik untuk mengidentifikasi pola dan proyeksi berdasarkan tren. Salah satunya menggunakan metode regresi linier.
- b. Model ekonometrik menggunakan variabel ekonomi untuk memprediksi permintaan penumpang. Dengan menganalisis variabel-variabel yang memengaruhi jumlah penumpang pada masa lalu, model dapat membuat proyeksi

berdasarkan perkiraan ekonomi pada masa depan.

- c. Survei dan kuesioner dapat mengumpulkan data langsung penumpang mengenai preferensi perjalanan, tujuan, frekuensi perjalanan, dan faktor-faktor lain yang memengaruhi permintaan. Survei bisa di bandara atau melalui platform digital.
- d. Model permintaan pasar adalah metode untuk mengukur dan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi permintaan penumpang, antara lain harga tiket, ketersediaan rute, persaingan dengan moda transportasi lain, dan preferensi konsumen. Model ini menggunakan statistik dan simulasi untuk memperkirakan permintaan pada masa depan.
- e. Analisis data demografis dan sosioekonomi, dapat memengaruhi permintaan penerbangan dengan memahami perubahan demografis dan sosio-ekonomi. Menganalisis data bandara serupa dapat memberikan referensi yang berguna untuk proyeksi.
- f. *Benchmarking* terhadap bandara serupa dapat memberikan wawasan tambahan. Analisis ini menggunakan beberapa skenario masa depan dengan asumsi pertumbuhan ekonomi, perubahan regulasi, dan perkembangan teknologi. Setiap skenario dievaluasi untuk memahami dampaknya terhadap permintaan penumpang.
- g. Penggunaan perangkat lunak simulasi dan model komputasi, memungkinkan analisis mendetail faktor yang memengaruhi permintaan penumpang. Simulasi dapat membantu menguji

asumsi serta melihat dampaknya secara dinamis (Diana, 2019; Shobirin & Ali, 2019).

## 2. Kapasitas Land Side dan Air Side

Perencanaan bandar udara melibatkan pengelolaan dua bidang utama: kapasitas Land Side/sisi darat (fasilitas terminal dan darat) dan kapasitas Air Side/sisi udara (landasan pacu dan apron). Masing-masing berperan penting dalam operasional bandara dan memiliki karakteristik unik tersendiri.

### a. Kapasitas *Land Side*

Definisi: *Land Side* meliputi seluruh fasilitas dan area bandar udara yang berada di darat sebelum penumpang melewati pemeriksaan keamanan. *Land Side* meliputi terminal penumpang, area *check-in*, area pengambilan bagasi, ruang komersial (toko, restoran), tempat parkir, transportasi darat, dan infrastruktur pendukung lainnya.

#### Komponen Utama

- 1) Terminal Penumpang: *Check-in*: Area tempat penumpang melakukan *check-in* untuk penerbangan, menurunkan bagasi, dan menerima *boarding pass*.
- 2) Pos pemeriksaan keamanan: Pos pemeriksaan tempat penumpang dan bagasi diperiksa sebelum memasuki area keberangkatan.
- 3) Gerbang Keberangkatan dan Kedatangan: Area tempat penumpang menunggu sebelum naik ke pesawat dan tempat pengambilan barang bawaan setelah mendarat.

#### Fasilitas Penunjang

- 1) Parkir kendaraan: Tempat parkir untuk penumpang dan petugas bandar udara.
- 2) Transportasi darat: Fasilitas taksi, bus, kereta api dan sarana transportasi lainnya antara bandar udara dan kota.

#### Fokus Utama

- 1) Kenyamanan dan efisiensi: Memberikan pengalaman lancar dan nyaman bagi penumpang.
- 2) Fasilitas komersial: Menyediakan layanan tambahan seperti toko ritel, restoran, lounge, area bermain anak, dan lain-lain.

#### b. Kapasitas *Air Side*

Definisi: *Air Side* mencakup semua fasilitas bandara dan area yang terletak di sisi udara setelah pemeriksaan keamanan penumpang. Ini termasuk landasan pacu, apron, *taxiway*, hanggar, dan fasilitas perawatan pesawat.

#### Komponen Utama

- 1) *Runway*: Area tempat pesawat lepas landas dan mendarat. Panjang dan ketebalan landasan pacu menentukan jenis dan ukuran pesawat yang dapat dioperasikan oleh suatu bandara.
- 2) Apron: Area tempat parkir pesawat untuk *boarding*, debarking, pengisian bahan bakar, dan perawatan ringan.
- 3) *Taxiway*: Lintasan yang menghubungkan landasan pacu dengan apron dan hanggar. Digunakan untuk memindahkan pesawat dari satu area ke area lain di udara.

## Fokus Utama

- 1) Keselamatan dan Efisiensi Operasional. Memastikan pesawat dapat lepas landas, mendarat, dan bergerak di dalam bandara dengan aman dan efisien.
- 2) Manajemen Lalu Lintas Udara. Koordinasi antara pesawat yang datang dan berangkat untuk menghindari kemacetan dan meningkatkan efisiensi operasional (Vianney & Aberti, 2020).

### 3. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kapasitas

Ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi kapasitas terminal, antara lain faktor waktu puncak, pola perjalanan, dan jenis pesawat.

- a. Jam Puncak. Jam puncak adalah saat jumlah penumpang di terminal bandara mencapai puncaknya. Terminal harus mampu menampung peningkatan jumlah penumpang secara efisien pada pagi dan sore hari.
- b. Pola Perjalanan. Pola perjalanan penumpang memengaruhi kapasitas terminal. Perjalanan bisnis biasanya dilakukan pada hari kerja, sedangkan rekreasi pada akhir pekan dan liburan. Kapasitas terminal harus disesuaikan dengan pola ini.
- c. Jenis Pesawat. Jenis pesawat mempunyai kapasitas dan fasilitas terminal yang berbeda. Pesawat kecil membutuhkan area gerbang dan apron yang berbeda dari pesawat besar. Terminal harus mampu menyesuaikan berbagai jenis pesawat dengan persyaratan naik dan turun yang berbeda.

### 4. Teknik Pengoptimalan Kapasitas

Kapasitas terminal bandara, dapat dioptimalkan dengan berbagai teknologi dan metode, antara lain sebagai berikut.

- a. Sistem Manajemen Terminal (TMS). TMS mengintegrasikan berbagai sistem di dalam terminal, termasuk *check-in* otomatis, penanganan bagasi otomatis, dan informasi penumpang *real-time*. Hal ini mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi operasional.
- b. Teknologi pencitraan dan pengenalan wajah. Penggunaan teknologi pengenalan gambar dan wajah memungkinkan identifikasi penumpang secara cepat dan akurat.
- c. Analisis *Big Data*. Analisis data besar digunakan untuk memprediksi pola pergerakan penumpang, mengidentifikasi tren lalu lintas, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya ke terminal berdasarkan perkiraan permintaan.
- d. Penggunaan *Flexspace*. Desain terminal yang fleksibel memungkinkan penyesuaian ruang dan peralatan dengan perubahan kebutuhan seiring perubahan waktu. Hal ini memungkinkan adaptasi yang cepat terhadap peningkatan atau penurunan jumlah penumpang.
- e. Sistem Antrian Virtual. Sistem antrian virtual memungkinkan penumpang cukup menekan nomor antrian dan menunggu di tempat lain di bandara, tanpa harus menunggu dalam antrian fisik, sehingga mengurangi kepadatan di pos pemeriksaan keamanan dan area *check-in*.
- f. Sistem Panduan Penumpang. Sistem Informasi Penumpang menggunakan teknologi, seperti papan informasi digital dan aplikasi telepon pintar

untuk memandu penumpang melewati terminal secara efisien, mengurangi kebingungan dan waktu yang terbuang.

- g. Penggunaan Layanan Mandiri. Fasilitas layanan mandiri termasuk *check-in* mandiri, pemindai *boarding* pass, dan pemindai bagasi otomatis, memungkinkan penumpang menyelesaikan prosesnya sendiri dengan cepat dan efisien.

### **Integrasi Transportasi**

Bandara yang ideal harus terintegrasi dengan moda berbagai transportasi lain seperti kereta api, bus dan taksi. Berikut beberapa langkah yang dapat dilakukan.

1. Terminal bandara dirancang sebagai pusat kompleks yang terintegrasi dengan baik dengan stasiun kereta api, terminal bus, dan terminal taksi. Lokasinya harus mudah diakses dan memiliki akses lancar antar moda transportasi.
2. Memastikan adanya konektivitas jalan yang lancar dan langsung antara bandara dan stasiun kereta api, halte bus, dan area parkir taksi. Jalur khusus untuk bus dan taksi diperlukan untuk memfasilitasi pergerakan penumpang.
3. Menyediakan fasilitas penumpang yang terhubung ke berbagai moda transportasi, seperti jembatan penyeberangan, trotoar yang luas, atau konveyor berjalan, untuk memudahkan perpindahan penumpang antar moda transportasi.
4. Memasang papan informasi yang mudah dipahami serta rambu penunjuk jalan untuk memandu mereka dengan lancar dari terminal bandara ke stasiun, terminal bus, dan tempat parkir taksi.
5. Membuat kemitraan dengan perusahaan transportasi. Berkolaborasi dengan perusahaan transportasi lain,

seperti perusahaan kereta api, bus, dan taksi untuk meningkatkan integrasi antarmoda (Fauzi & Putriani, 2017; Listantari et al., 2019).

### **Analisis Kelayakan**

Analisis kelayakan merupakan studi atau kajian ilmiah yang hasilnya akan dijadikan pedoman atau pertimbangan pembangunan suatu proyek. Dalam hal ini, pembangunan terminal bandar udara.

#### 1. Studi Kelayakan Teknis

Studi kelayakan teknis untuk terminal bandara mencakup evaluasi faktor kunci termasuk topografi, aksesibilitas, drainase, dan infrastruktur pendukung. Lokasi harus mempertimbangkan pertumbuhan potensial, dukungan pemerintah setempat, untuk terminal bandara berfungsi secara optimal dan efisien dalam jangka panjang.

#### 2. Studi Kelayakan Ekonomi

Penilaian kelayakan terminal bandara dari sisi ekonomi, melibatkan analisis biaya dan manfaat termasuk estimasi pengeluaran untuk pembangunan, operasi, dan pemeliharaan serta investasi infrastruktur dan fasilitas pendukung. Analisis manfaat mencakup estimasi pendapatan dari pendapatan terminal, termasuk biaya pendaratan pesawat, biaya parkir, sewa ruang komersial, dan layanan penumpang.

### 3. Studi Kelayakan Lingkungan

Keberadaan terminal bandara juga harus dikaji dari sisi dampak terhadap lingkungan sebelum dilakukan pembangunan.

#### **Kesimpulan**

Perencanaan menjadi kunci utama keberlangsungan dan kelancaran operasional terminal bandar udara dalam menjalankan misinya sebagai fasilitas transportasi masa depan yaitu wahana pesawat udara. Berikut ringkasan dari bab ini.

1. Perencanaan yang tepat meningkatkan efisiensi operasional bandara, kepuasan penumpang, dan keberlanjutan operasional jangka panjang.
2. Perencanaan efektif memungkinkan bandara menjalankan prosedur keamanan dengan lancar, mengurangi risiko ancaman, dan meningkatkan keselamatan dan kenyamanan penumpang.
3. Perencanaan fleksibel memastikan bandara tetap efektif dan efisien di masa depan, menjaga kepuasan penumpang, dan mendukung pertumbuhan ekonomi.
4. Terminal bandara menyediakan fasilitas untuk menciptakan lingkungan inklusif dan nyaman bagi penumpang agar perjalanan mereka lancar.
5. Rancangan bandara yang terintegrasi dengan moda transportasi lain, mewujudkan mobilitas yang efisien dan kemudahan akses.
6. Dengan mempertimbangkan aspek lingkungan ini, bandara bisa beroperasi secara berkelanjutan dan ramah terhadap lingkungan

## Daftar Pustaka

- Campiranon, K. (2022, December 13). *Airport Design Thinking: An Employee Perspective*. <https://doi.org/10.4108/eai.6-10-2022.2325697>
- Ceccato, V., & Masci, S. (2017). Airport Environment and Passenge's Satisfaction with Safety. *Journal of Applied Security Research*, 12(3), 356–373. <https://doi.org/10.1080/19361610.2017.1315696>
- Diana, D. D. (2019). Disain Tipe Terminal Bandara yang Disesuaikan Dengan Variasi Jumlah Penumpang Tahunan. *Jurnal Penelitian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 1–120. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.its.ac.id/55781/1/3116105018-Undergraduate\\_Theses.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.its.ac.id/55781/1/3116105018-Undergraduate_Theses.pdf)
- Fauzi, I., & Putriani, O. (2017). *Kajian Transportasi Umum Pra dan Pasca Pengoperasian New yogyakarta International Airport (NYIA)*.
- Greer, F., Rakas, J., & Horvath, A. (2020). Airports and environmental sustainability: A comprehensive review. In *Environmental Research Letters* (Vol. 15, Issue 10). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb42a>
- Hasanzade, M. P., van Oel, C. J., & Pazhouhanfar, M. (2023). Passengers' preferences for architectural design characteristics in the design of airport terminals. *Architectural Engineering and Design Management*, 19(6), 586–601. <https://doi.org/10.1080/17452007.2022.2104206>
- Listantari, Gusleni, Y., & Joewono Soemardjito. (2019). Analisis Aksesibilitas Yogyakarta International Airport untuk Mendukung Layanan Transportasi Antarmoda Analysis of Accessibility to Support Intermodal Transportation Services at Yogyakarta Internasional Airport. *Warta Ardhia Jurnal Perhubungan Udara*, 45(2), 111–120. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.25104/wa.v45i2.361.111-120>

- Medvedev, A., Alomar, I., & Augustyn, S. (2017). Innovation in airport design. *Aviation*, 21(1), 23–28. <https://doi.org/10.3846/16487788.2017.1303542>
- Mutis, I., & Hartmann, T. (2019). *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6>
- Shobirin, M., & Ali, H. (2019). Strategi Pengembangan Infrastruktur dalam Meningkatkan Pelayanan Penumpang di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta Cengkareng. *Jurnal Ekonomi Dan Manajemen Sistem Informasi*, 1(2), 155–168. <https://doi.org/10.31933/JEMSI>
- Sigit, D. R. (2010). *Studi Kelayakan Pengembangan Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang*.
- Tabaru, M. Y. (2016). Fungsi Pengawasan Terhadap Keselamatan Penerbangan Bandara Udara. *Jurnal Administrasi Publik Universitas Sam Ratulangi*, 3(038), 1–13. <https://www.neliti.com/publications/73469/fungsi-pengawasan-terhadap-keselamatan-penerbangan-bandara-udara-studi-di-bandar#cite>
- Vianney, H., & Aberti, R. (2020). *Redesain Bandar Udara Pangsuma Putussibau*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/jmars.v8i1.40607>
- Waltert, M., Jimenez Perez, E., & Pagliari, R. (2023). Flexible facility requirements for strategic planning of airport passenger terminal infrastructure. *Transportmetrica A: Transport Science*.
- Waltert, M., Wicki, J., Jimenez Perez, E., & Pagliari, R. (2021). Ratio-based design hour determination for airport passenger terminal facilities. *Journal of Air Transport Management*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102125>
- Zhao, R., Liu, W., Zhang, F., Koo, T. T. R., & Lodewijks, G. (2022). Passenger shuttle service network design in an airport. *Transportmetrica B*, 10(1), 1099–1125.

## **Profil Penulis**



**Hari Moektiwibowo, S.T, M.M.**

Lahir di kota Surakarta, 3 Februari 1972. Selepas SMA, penulis menempuh jenjang pendidikan S-1 Teknik & Manajemen Logistik Penerbangan di Sekolah Tinggi Teknologi Dirgantara, Jakarta (sekarang: Unsurya), kemudian melanjutkan pendidikan S-2 Magister Manajemen, Universitas Diponegoro, Semarang dengan konsentrasi Manajemen Pemasaran. Penulis mengawali karir sebagai dosen pada tahun 2001 di Fakultas Ekonomi Universitas Suryadarma. Sejak tahun 2002 menjadi dosen tetap di Prodi Teknik Industri – Unsurya hingga sekarang. Status Penulis sat ini merupakan Dosen PNS yang dipekerjakan pada Program Studi S-1 Teknik Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta. Beberapa mata kuliah yang pernah diajarkan antara lain Pengantar Teknik Industri, Tata Letak Fasilitas dan Pемindahan Bahan, Pengendalian Kualitas, Total Quality Management, Manajemen Pemasaran, Pengantar Ilmu Ekonomi dan Kewirausahaan.

E-mail Penulis: [harimoekti@gmail.com](mailto:harimoekti@gmail.com)

# FASILITAS TERMINAL BANDARA UDARA

**Riskha Agustianingsih, S.T., M.T.**

Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

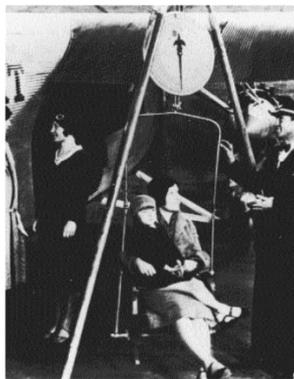
## **Terminal Bandara Udara**

Bandar udara merupakan prasarana angkutan udara atau transportasi udara yang menyediakan berbagai macam fasilitas yang melayani pergerakan pesawat, penumpang, barang maupun kargo (Masrifah, 2017). Di setiap kota atau lokasi di mana ada aktivitas penerbangan, ada terminal bandara udara. Terminal ini adalah hub penting yang menjadi tempat penumpang berkumpul sebelum keberangkatan, dan tempat kedatangan setelah mendarat.

Terminal bandara adalah pusat aktivitas bagi perjalanan udara. Terminal penumpang adalah fasilitas yang dirancang khusus untuk melayani berbagai kebutuhan penumpang, mulai dari proses keberangkatan, hingga kedatangan (Sukomardojo, 2022). Area terminal menyediakan fasilitas, prosedur, dan proses untuk memindahkan awak, penumpang, dan kargo secara efisien, ke dalam dan ke luar pesawat penerbangan komersial dan umum (Wells & Young, 2004). Terminal menyediakan berbagai fasilitas untuk penumpang seperti area *check-in*, keamanan, ruang tunggu, restoran, kafe, toko dan area bermain.

Sebagai contoh PT Angkasa Pura I (Persero) berkomitmen untuk memberikan pelayanan terbaik bagi para penumpangnya di Terminal 1 Bandara Juanda. Hal ini dibuktikan dengan implementasi konsep ruang tunggu keberangkatan yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas dan standar keamanan yang tinggi, sehingga para penumpang dapat menunggu penerbangan dengan nyaman dan aman (Tri Putra Setiawan & Meirinawati, 2019). Selain itu, terminal juga menyediakan ruang bagi maskapai penerbangan untuk menangani operasinya. Singkatnya, terminal bandara adalah titik pusat yang menghubungkan penumpang dengan pesawat mereka dan memastikan kelancaran operasi penerbangan.

Terminal bandara, awal mula penerbangan komersial, muncul di awal abad ke-20, meskipun masih kecil, namun menandai dimulainya era baru mobilitas manusia. Proses ticketing dan boarding pass diterapkan kepada penumpang, dan serupa dengan kebijakan di transportasi kereta api, tarif kargo pun dikenakan, umumnya berdasarkan berat barang yang dibawa. Kadang-kadang, penumpang juga ditimbang untuk memastikan pesawat tidak melebihi batas berat maksimal saat lepas landas (Wells & Young, 2004).



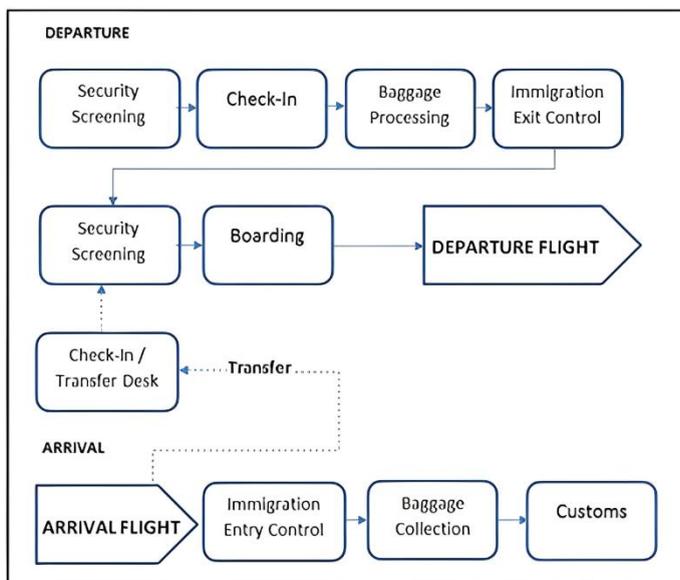
Gambar 4.1 Proses penimbangan di Bandara Midway Chicago pada tahun 1927 bagi para penumpang sebelum terbang (Wells & Young, 2004).

Terminal-terminal awal ini, sederhana dan kecil, menyediakan ruang tunggu dasar dan loket *check-in* yang menjadi pusat antusiasme penumpang. Terminal-bandara modern saat ini menekankan pengalaman menyeluruh bagi penumpang, dengan fokus pada kenyamanan, keamanan, dan efisiensi. Beberapa contoh terminal bandara terkemuka termasuk Terminal 5 di Bandara Heathrow (London), Terminal 4 di Bandara Changi (Singapura), Terminal 1 di Bandara Internasional Hamad (Doha), Terminal 3 di Bandara Internasional Beijing (Tiongkok), dan Terminal 2 di Bandara Internasional Incheon (Seoul). Desain futuristik, fasilitas premium seperti spa dan hotel bintang lima, serta atraksi budaya juga menjadi ciri khas terminal-bandara modern. Semua ini mencerminkan upaya global dalam menciptakan pengalaman perjalanan yang optimal bagi penumpang di era modern.

#### **Fasilitas Terminal Bandara Udara**

Terminal adalah infrastruktur transportasi darat, yang berfungsi sebagai tempat naik dan turun orang dan/atau barang, serta mengatur kedatangan dan keberangkatan kendaraan umum. Fungsi utama terminal adalah menyediakan akses keluar dan masuk bagi penumpang atau barang menuju dan dari sistem transportasi (Agustin et al., 2023). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia nomor 03-7046 tahun 2005 (Perhubungan, 2005) tentang pedoman membangun atau menyediakan fasilitas terminal penumpang menetapkan bahwa terminal penumpang bandar udara harus menyediakan fasilitas dan kualitas pelayanan yang memadai. Bandara modern harus berorientasi pada kebutuhan dan ekspektasi para penumpang. Hal ini dapat dicapai dengan merancang terminal penumpang yang ramah pengguna dan menyediakan layanan yang efisien.

Persyaratan pemrosesan penumpang dan kebutuhan lainnya, sangat bervariasi berdasarkan segmen rencana perjalanan yang dilakukan penumpang saat berada di bandara. Terminal penumpang di bandara merupakan bangunan utama yang berfungsi sebagai pusat aktivitas bagi para penumpang. Di tempat ini, penumpang dapat melakukan berbagai kegiatan, seperti *check-in*, pemeriksaan keamanan, menunggu keberangkatan, dan pengambilan bagasi setelah mendarat (Rohman dkk., 2015). Tiga segmen rencana perjalanan utama adalah keberangkatan, kedatangan, dan transfer (Wells & Young, 2004).



Gambar 4.2 Alur pelayanan penumpang bandar udara (Ilma & Susanti, 2023).

Pada Gambar 4.2, Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 63 Tahun 2021 tentang Alur Pelayanan Penumpang Bandar Udara menjabarkan tahapan-tahapan yang harus dilalui oleh para penumpang saat menggunakan jasa penerbangan, mulai dari proses *check-*

*in*, pemeriksaan keamanan, hingga pengambilan bagasi. Maka dari itu, penjelasan mengenai fasilitas terminal di bawah ini berdasarkan segmen perjalanan penumpang terbagi menjadi fasilitas keberangkatan, fasilitas kedatangan, fasilitas transit, dan fasilitas lainnya.

#### 1. Fasilitas Area Keberangkatan

Para penumpang menuju *check-in counter* untuk proses pendaftaran penerbangan mereka, yang bisa dilakukan baik secara manual dengan bantuan petugas bandara maupun melalui mesin *self check-in* yang tersedia. Setelah mendapatkan *boarding pass*, penumpang ke area layanan bagasi, di mana mereka menyerahkan bagasi untuk dimasukkan ke pesawat. Di sini juga tersedia layanan *lost and found* untuk membantu penumpang yang kehilangan atau mengalami masalah dengan bagasi mereka. Tahap selanjutnya adalah melewati area keamanan, yang dilengkapi dengan pemindai X-ray dan detektor logam (*walkthrough metal detector*) untuk memastikan tidak ada barang terlarang yang dibawa ke dalam pesawat. Bagi penumpang yang membawa bagasi terdaftar, pemeriksaan deteksi ledakan bagasi wajib dilakukan sebelum naik pesawat (Wells & Young, 2004). Pemeriksaan menyeluruh terhadap barang bawaan penumpang mungkin dilakukan jika terdeteksi adanya benda yang berpotensi membahayakan penerbangan, demi menjaga keamanan di area bandara (Siahaan, 2011).



Gambar 4.3 Ilustrasi Fasilitas Keberangkatan  
(Depositphotos, n.d.-a)

Setelah menyelesaikan proses *check-in*, penumpang memasuki ruang tunggu, di mana mereka menunggu sebelum waktu *boarding*. Di sini, mereka dapat duduk dan bersantai sambil menikmati berbagai fasilitas seperti toilet, musala untuk beribadah, mengunjungi toko-toko di sekitar area keberangkatan untuk membeli souvenir atau kebutuhan lainnya, sebelum berangkat serta restoran dan kafe untuk membeli makanan dan minuman. Saat *boarding* tiba, penumpang menuju gerbang keberangkatan, di mana mereka memasuki pesawat untuk memulai perjalanan mereka.

Bandara di seluruh dunia, menawarkan beragam fasilitas unik untuk menarik minat penumpang. Misalnya, Bandara Changi di Singapura memiliki taman kupu-kupu dan bioskop, sementara Bandara Kuala Lumpur di Malaysia menawarkan taman kupu-kupu yang menakjubkan. Di Amerika Serikat, Bandara Internasional Denver menampilkan galeri seni, Bandara Delta di Atlanta memiliki museum

penerbangan, dan Bandara McCarran di Las Vegas menawarkan kasino. Di lain tempat, seperti Bandara Helsinki di Finlandia, ada taman bermain indoor untuk anak-anak dan perpustakaan yang lengkap di Bandara Amsterdam Schiphol di Belanda. Bandara Palm Springs di California menarik pecinta golf dengan lapangan golfnnya. Dengan fasilitas-fasilitas ini, bandara bukan hanya tempat transit, tetapi juga destinasi wisata yang menarik.

## 2. Fasilitas Area Kedatangan

Area kedatangan bandara, menyediakan berbagai fasilitas untuk memfasilitasi proses kedatangan penumpang dengan nyaman. Pertama-tama, terdapat konter imigrasi di mana penumpang harus melewati pemeriksaan dokumen perjalanan oleh petugas imigrasi. Setelahnya, terdapat konter bea cukai, di mana barang bawaan penumpang akan diperiksa untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan bea cukai. Selanjutnya, penumpang dapat mengambil bagasi mereka di area *baggage claim*, di mana mereka menunggu hingga bagasi muncul di *conveyor belt* dan memastikan sesuai dengan nomor tag bagasi mereka. Setelah mendapatkan bagasi, penumpang dapat menuju area transportasi, seperti taksi atau ojek *online*, untuk melanjutkan perjalanan mereka.

Di samping itu, area kedatangan juga dilengkapi dengan fasilitas seperti money changer untuk menukar mata uang asing, ATM untuk mengambil uang tunai, *helpdesk* untuk mendapatkan informasi dan bantuan dari petugas bandara, restoran dan kafe untuk membeli makanan dan minuman, serta toilet untuk kebutuhan sanitasi. Dengan berbagai fasilitas ini, penumpang dapat menyelesaikan proses kedatangan mereka dengan mudah dan nyaman di bandara.



Gambar 4.4 Ilustrasi fasilitas area kedatangan (Depositphotos, n.d.-b).

### 3. Fasilitas Area Transit

Fasilitas di area transit bandara, dirancang untuk kenyamanan penumpang, mirip dengan fasilitas di area keberangkatan dan kedatangan. Area transit memiliki ruang tunggu nyaman dengan colokan listrik dan USB, berbagai restoran dan kafe, serta toko ritel dan *duty-free*. Lounge eksklusif menawarkan makanan, minuman gratis, Wi-Fi cepat, area kerja, dan tempat istirahat. Fasilitas kesehatan, *shower*, dan kamar mandi tersedia, sementara penumpang dengan waktu transit lama, dapat menginap di hotel bandara atau *sleeping pods*. Akses internet gratis, pusat bisnis, area bermain anak, serta layanan kebugaran dan *spa* memastikan kenyamanan, hiburan, dan produktivitas penumpang sebelum melanjutkan perjalanan.

### 4. Fasilitas Lainnya

Selain fasilitas utama seperti area pengambilan bagasi, imigrasi, dan bea cukai, terminal bandara

menyediakan berbagai fasilitas tambahan untuk kenyamanan penumpang. Layanan transportasi mencakup taksi, bus, kereta api, dan antar jemput. Akomodasi tersedia dalam bentuk hotel transit dan kamar tidur kapsul. Fasilitas penunjang lainnya meliputi ruang menyusui, tempat bermain anak, mushola/masjid, kapel/gereja, ATM, penukaran mata uang, restoran dan kafe, toko, salon dan *spa*, klinik dan apotek, Wi-Fi gratis, pusat pengisian daya, layanan penitipan bagasi, kantor pos, dan meja informasi. Fasilitas ini dirancang untuk menjaga kenyamanan dan hiburan penumpang di bandara. Bandara modern terus meningkatkan dan memperluas fasilitas mereka untuk memberikan pengalaman terbaik bagi penumpang.

#### **Isu-Isu Fasilitas Terminal Bandara Udara dan Upaya Mengatasinya**

Bandara udara modern dihadapkan pada berbagai tantangan terkait fasilitas terminal yang berdampak langsung pada kenyamanan dan efisiensi perjalanan penumpang.

1. Keterbatasan ruang menjadi isu ketika terminal terlalu padat, sehingga perluasan dan optimasi tata letak diperlukan untuk mengurangi kepadatan di area *check-in* dan ruang tunggu.
2. Perkembangan jumlah penumpang yang terus meningkat, akan meningkatkan kebutuhan kapasitas terminal penumpang di bandar udara (Olegadi, 2022). Layanan penumpang yang tidak efisien dengan antrian panjang di konter *check-in* dan bea cukai, dapat diatasi dengan teknologi *self-check-in*, pengenalan wajah di bagian imigrasi dan *e-gates* serta pelatihan staf untuk meningkatkan efisiensi.

3. Proses keamanan yang lambat dan antrian panjang juga menjadi masalah, yang dapat diatasi dengan teknologi canggih, seperti pemindai X-ray terbaru dan pre-screening melalui aplikasi *mobile* serta memasang CCTV di berbagai area terminal bandara udara. Kualitas dan kuantitas peralatan fasilitas keamanan serta sumber daya manusia, menjadi elemen kunci dalam mewujudkan keamanan di bandara udara (Siahaan, 2011)
4. Fasilitas dasar yang kurang memadai seperti toilet bersih, ruang menyusui, dan area bermain anak juga mempengaruhi kenyamanan, sehingga peningkatan jumlah dan kualitas fasilitas ini sangat penting. Para penumpang modern memiliki standar yang lebih tinggi terhadap fasilitas toilet umum, termasuk di bandara. Mereka tidak lagi mentolerir antrian panjang, ruang yang sempit, bau yang tidak sedap, dan kondisi toilet yang tidak terawat (ATI, 2020).
5. Koneksi transportasi yang buruk antara bandara dan pusat kota, dapat menyulitkan penumpang, yang memerlukan peningkatan layanan transportasi seperti bus, kereta api, dan layanan antar jemput.
6. Keterbatasan layanan digital dan akses Wi-Fi yang lambat, mengganggu konektivitas, sehingga diperlukan peningkatan layanan digital termasuk Wi-Fi gratis dan kios *self-service*.
7. Minimnya fasilitas hiburan dan relaksasi juga menjadi masalah, yang dapat diatasi dengan pengembangan ruang baca, area bermain video *game*, bioskop mini, dan *lounge* dengan fasilitas *spa* dan pijat.

Dengan mengidentifikasi isu-isu utama dan menerapkan solusi yang tepat, bandara dapat meningkatkan kualitas fasilitas terminal dan memastikan pengalaman yang lebih lancar, nyaman dan memuaskan bagi penumpang. Upaya

terus-menerus dalam berinovasi dan meningkatkan infrastruktur adalah kunci untuk menjadikan bandara, sebagai tempat yang nyaman dan efisien.

### **Terminal Bandara Udara Masa Depan: Sebuah Narasi Transformasi**

Bayangkan terminal bandara pada masa depan, bukan lagi tempat transit yang membosankan dan penuh antrian. Terminal bandara masa depan, akan menjelma menjadi hub canggih dan personal yang mengubah perjalanan Anda menjadi pengalaman yang menyenangkan dan mudah.

Teknologi cerdas akan menjadi kunci utama dalam transformasi terminal bandara. Pengenalan wajah dan biometric, akan menggantikan paspor dan *boarding pass* tradisional, mempercepat proses *check-in* dan imigrasi. Asisten virtual cerdas, akan menjadi pemandu personal Anda, membantu memesan tiket, mencari informasi penerbangan, memesan makanan, dan menjawab pertanyaan Anda dengan mudah. Robot-robot canggih, akan membantu operasional terminal, membersihkan area, mengantarkan makanan, membantu Anda dengan barang bawaan, bahkan memberikan informasi dan panduan. Sensor IoT akan memantau kondisi terminal dan peralatan, memberikan informasi *real-time* tentang waktu tunggu, ketersediaan tempat duduk, dan lainnya.

Terminal bandara masa depan, akan berfokus pada kebutuhan dan preferensi individu Anda. Fasilitas dan layanan akan dipersonalisasi, seperti akses *lounge* khusus, hiburan personal, dan layanan spa. Rekomendasi dan penawaran yang dipersonalisasi, akan membantu Anda menemukan tempat makan, toko, dan hiburan yang sesuai dengan minat Anda. Belanja dan hiburan pun akan dipersonalisasi, menyediakan produk dan layanan yang sesuai dengan minat dan kebutuhan Anda, seperti akses ke merek favorit dan hiburan budaya lokal.

Tetap terhubung dengan internet dan mengakses layanan *online* dengan mudah di seluruh terminal bandara. Jaringan Wi-Fi yang cepat dan stabil, akan menjadi standar. Pengisian daya nirkabel akan memungkinkan Anda mengisi daya perangkat, tanpa perlu mencari colokan. Nikmati film, musik, dan acara TV favorit Anda selama di terminal dengan layanan streaming.

Terminal bandara masa depan akan dibangun dengan menggunakan bahan-bahan ramah lingkungan, untuk meminimalkan dampak terhadap lingkungan. Desain terminal akan fokus pada efisiensi energi, mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon. Sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan akan diterapkan untuk mengurangi limbah dan meningkatkan daur ulang.

Beberapa bandara sudah mulai menerapkan inovasi-inovasi tersebut. Bandara Changi Singapura memiliki taman kupu-kupu, bioskop, dan air terjun dalam ruangan. Bandara Schiphol Amsterdam memiliki museum Rijksmuseum di dalam terminalnya. Bandara Incheon Korea Selatan memiliki taman bermain indoor bertema "Tuscany Village" dan *spa* gratis untuk penumpang transit.

Perkembangan teknologi, personalisasi, konektivitas, dan keberlanjutan, akan mengubah terminal bandara udara menjadi tempat yang lebih nyaman, efisien, dan menyenangkan bagi para penumpang pada masa depan. Perjalanan Anda akan menjadi pengalaman yang lebih mudah, menyenangkan, dan tak terlupakan. Terminal bandara masa depan bukan hanya tentang teknologi canggih, tetapi juga tentang menciptakan pengalaman yang personal dan berkesan bagi setiap penumpang. Dengan fokus pada kebutuhan dan preferensi individu, terminal bandara akan menjadi tempat yang Anda sukai untuk menghabiskan waktu sebelum, selama, dan setelah penerbangan Anda.

## **Kesimpulan**

Terminal bandara udara merupakan pusat penting dalam mobilitas manusia dan barang melalui transportasi udara. Terminal ini bukan hanya tempat keberangkatan dan kedatangan, tetapi juga pusat aktivitas bagi para penumpang sebelum dan setelah penerbangan. Dalam perkembangannya, terminal-bandara modern telah mengalami transformasi signifikan, dari yang sederhana menjadi kompleks yang menyediakan berbagai fasilitas dan layanan untuk memenuhi kebutuhan penumpang. Fokus pada kenyamanan, keamanan, dan efisiensi telah mendorong pengembangan fasilitas-fasilitas modern seperti area *check-in* yang canggih, ruang tunggu yang nyaman, dan layanan restoran dan ritel yang beragam.

Namun, meskipun telah mencapai kemajuan signifikan, masih ada sejumlah isu yang perlu diatasi, seperti keterbatasan ruang, proses keamanan yang lambat, dan minimnya fasilitas dasar yang memadai. Dengan terus menerapkan inovasi dan peningkatan infrastruktur, terminal-bandara udara masa depan diharapkan menjadi pusat yang lebih nyaman, efisien, dan menyenangkan bagi para penumpang. Dengan teknologi canggih, personalisasi yang mendalam, konektivitas tanpa batas, dan komitmen terhadap keberlanjutan, terminal-bandara akan menjadi destinasi yang diinginkan bagi setiap penumpang, menciptakan pengalaman perjalanan yang tak terlupakan dan memuaskan.

## Daftar Pustaka

- Agustin, T., Hakim, L., Wiranata, D. Y., Kurnia, A. Y., Herno Della, R., Handayani, D., Satmoko, N. D., Jamilah, W., Agustien, M., Syafarina, P., Sari, N. M., & Pirdiansyah, H. (2023). *Manajemen Transportasi*. Bandung: Indiekpress Bandung.
- ATI. (2020). *Pedoman Standar Toilet Umum Bandara di Indonesia*. Banten: Spektra SolusiIndo.
- Depositphotos. (n.d.-a). *Airport Isometric Icon*. <https://depositphotos.com/id/vector/airport-isometric-icons-set-of-reception-and-passport-check-desk-waiting-room-transit-area-passengers-220071762.html>
- Depositphotos. (n.d.-b). *Ilustrasi Dengan Meja Check In Penerbangan Maskapai dan Orang-orang di Area Pengambilan Bagasi*. <https://depositphotos.com/id/vector/airport-vector-illustration-with-airline-flight-check-in-desk-and-people-at-baggage-claim-area-356567866.html>
- Ilma, P. U., & Susanti, A. (2023). Analisis Pelayanan Penumpang di Area Ruang Tunggu Terminal Domestik Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 809–820.
- Masrifah, S. (2017). Pelayanan Penumpang Angkutan Udara di Terminal 2 Domestik Bandar Udara Juanda Surabaya. *Warta Ardhia*, 41(4), 219–232. <https://doi.org/10.25104/wa.v4i4.157.219-232>
- Olegadi, L. M. E. (2022). Analisis Kesesuaian Kapasitas dan Fasilitas Terminal Keberangkatan di Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman Ende Dengan Jumlah Penumpang. *Ground Handling Dirgantara*, 4(02), 213–223.
- Perhubungan, M. (2005). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 20 Tahun 2005*.
- Rohman, S., Sulistio, H., & Djakfar, L. (2015). Kajian Kinerja Pelayanan Terminal Penumpang Domestik (T1) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. *Jurnal Tata Kota dan Daerah*, 7(2).

- Siahaan, J. (2011). Fasilitas Peralatan dan Sumber Daya Manusia (SDM) Terhadap Keamanan Bandar Udara Ahmad Yani Semarang. *Jurnal Penelitian Perhubungan Udara*, 37(4).
- Sukomardojo, T. (2022). Evaluasi Pengembangan Teknologi Pada Pelayanan Penumpang Di Bandara Internasional Kuala Namu. *Jurnal Manajemen dan Bisnis FEBI UIN Sunan Gunung Djat Bandung*, 1(2), 64. <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/jb.v1i2.21565.g7937>
- Tri Putra Setiawan, R., & Meirinawati. (2019). Strategi Pelayanan Ruang Tunggu Keberangkatan Terminal 1 Bandar Udara Juanda Surabaya. *Publika*, 7(1), 1–5.
- Wells, A. T., & Young, S. B. (2004). Airport planning and management 5th Edition. In *Mc graw Hill*. <https://doi.org/10.1036/0071436065>.

## Profil Penulis



**Riskha Agustianingsih, S.T., M.T.**

Tumbuh dengan cinta mendalam pada sains dan teknologi sejak kecil, terutama dalam bidang fisika. Ketertarikan pada cara pesawat terbang bekerja dan melayang di angkasa memimpিনnya pada ketertarikan yang kuat pada ilmu dirgantara. Bersemangat, penulis mengejar pendidikan di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (Unsurya) dalam jurusan Teknik Penerbangan, menunjukkan prestasi akademik gemilang dan aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Dedikasi dan tekadnya membuahkan gelar Sarjana Teknik (S.T.). Di samping kecintaannya pada dirgantara, penulis juga memiliki bakat dan *passion* dalam mengajar. Kecintaannya ini telah mendorongnya untuk memulai karier sebagai guru les pada tahun 2016 di TC Club & *Awesome Private* sambil menyelesaikan studinya di Unsurya. Pengalaman mengajar ini, semakin memperkuat minatnya untuk berbagi ilmu dan pengetahuan dengan orang lain. Melanjutkan pendidikan ke tingkat berikutnya di Institut Teknologi Bandung (ITB), Riskha memilih program magister di Fakultas Teknologi Mesin dan Dirgantara (FTMD) untuk mendalami ilmu dirgantara lebih lanjut. Fokus pada riset dan pengembangan teknologi penerbangan, penulis berhasil meraih gelar Magister Teknik (M.T.) dengan prestasi membanggakan. Kini, sebagai peneliti dan Dosen di Unsurya, penulis terus berupaya untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dirgantara di Indonesia, dengan harapan menginspirasi generasi muda untuk mengikuti jejaknya.

Email Penulis: [ragusta@unsurya.ac.id/](mailto:ragusta@unsurya.ac.id/)

# RADIO NAVIGASI PENERBANGAN

**Bekti Yulianti, S.T., M.T.**

Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Pendahuluan**

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 9 Tahun 2022, mengenai tatanan navigasi penerbangan nasional menjelaskan bahwa Navigasi Penerbangan merupakan proses mengarahkan gerak pesawat udara dari satu titik ke titik yang lain, dengan selamat dan lancar untuk menghindari bahaya dan/atau rintangan penerbangan. Navigasi penerbangan, digunakan sebagai sumber informasi untuk mengetahui posisi pesawat terbang yang setiap saat digunakan oleh pilot untuk mengarahkan pesawat ke tujuan yang diinginkan dengan aman dan selamat.

Teknik navigasi penerbangan yang digunakan sebagai komunikasi antara pihak bandara sebagai tempat *take off* dan *landing* pesawat udara dengan pilot di pesawat terbang, terbagi menjadi dua, yaitu navigasi visual dan navigasi nonvisual. Pada navigasi visual, menggunakan alat bantu yang bersifat visual, seperti lampu yang menghasilkan cahaya atau gerak, sedangkan pada navigasi non visual menggunakan alat bantu yang dapat memancarkan gelombang radio (gelombang elektromagnetik) (Warsito, 2017).

Navigasi visual merupakan metode navigasi yang sering digunakan pada pesawat ringan, yang beroperasi pada

kecepatan dan ketinggian yang relatif rendah, saat cuaca bagus dan kontak visual dengan daratan, dapat dipertahankan hampir sepanjang penerbangan. Alat bantu navigasi visual mencakup sinyal atau isyarat yang dipancarkan atau dikirim dari sarana di darat, yang disebut dengan AFL (*Airfield Lighting System*) seperti *Approach Light*, *Runway Threshold Identification Light (RTIL)*, *Threshold Light*, *Runway Edge Light*, *Runway End Light*, *Taxiway Light*, *Precision Approach Path Indicator (PAPI)* dan *Visual Approach Slope Indicator System (VASIS)*, *Obstruction Aviation Lights*, *Flood Light*, *Rotating Beacon*, *Turning Area Light*, *Apron Light*, *Sequence Flashing Light (SQFL)*, *Traffic Light*, *Wind Cone* (Susanto et al., 2020).

Alat bantu navigasi non visual adalah peralatan di darat yang memancarkan gelombang radio (gelombang elektromagnetik) ke pesawat udara dan diolah oleh perangkat penerima di pesawat udara, sebagai informasi atau indikator yang diperlukan oleh pilot pesawat bersangkutan. Pancaran gelombang elektromagnetik ini berfungsi sebagai input untuk *Radio Magnetic Indicator (RMI)*, yaitu instrumen-instrumen yang terdapat di ruang kendali pesawat udara. Peralatan yang berfungsi sebagai penerima pancaran gelombang elektromagnetik di pesawat udara adalah radio penerima atau *receiver*, sedangkan radio pemancar yang berada di darat disebut *transmitter* (Warsito, 2022).

### **Sejarah Perkembangan Navigasi Penerbangan**

Sistem navigasi penerbangan merupakan sistem elektronik yang bertanggung jawab untuk memberikan informasi tentang penerbangan kepada pilot. Navigasi penerbangan itu sendiri merupakan gabungan dari perencanaan (*planning*), penginderaan (*sensing*) dan pengendalian (*controlling*) (Arifin & Subchan, 2017). Secara sederhana, dengan adanya navigasi penerbangan tersebut, pilot dapat mengetahui adanya pesawat atau

objek lain disekitarnya dan sebagai pemandu pesawat udara pada saat *take off*, *landing* maupun ketika berada di udara.

Pada bulan Desember tahun 2012, berdasarkan pemberitaan pada [m.riauaktual.com](http://m.riauaktual.com) diberitakan bahwa hampir terjadi tabrakan antara 2 pesawat terbang milik Maskapai Lion Air dikarenakan terbakarnya pasokan listrik pada *Uninterruptible Power Supply* (UPS) yang menyebabkan sistem radar pemantau pada *Air Traffic Controller* (ATC) tidak berfungsi. Hal ini menunjukkan pentingnya sistem navigasi penerbangan untuk menjamin keselamatan penerbangan yaitu terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya (Permata, 2020).

Pentingnya keselamatan penerbangan tersebut, melandasi perkembangan sistem navigasi penerbangan berupa alat bantu navigasi penerbangan mulai dari metode menggunakan bantuan gerak manusia, hingga peralatan elektronika menggunakan sinyal gelombang radio. Sebelum ditemukannya sistem navigasi yang menggunakan peralatan elektronika, navigasi dilakukan dengan memanfaatkan tanda-tanda dipermukaan bumi (*Dead Reconning*) dan benda-benda di langit (*Celestial*) untuk menentukan posisi.

Pada tahun 1922, *Directorate General of Civil Aviation* (DGCA) Inggris mengeluarkan Notam 62/1922 mengenai peraturan urutan keberangkatan pesawat dan penggunaan sinyal berupa lambaian bendera merah, sebagai izin pesawat untuk *take off* dari *controller*. Tahun 1924 terminologi *control tower* mulai digunakan dengan dikeluarkannya Notam 109/1924 tentang peraturan *take off* pesawat yaitu "*When the aircraft is visible from the*

*control tower, permission to depart will be given from the tower”.*

Istilah *Wireless Traffic Control* mulai digunakan pada tahun 1926 dan terminologi “*control*” secara resmi digunakan, dengan hubungan pilot ke *controller* masih berupa *gentlements agreements*. Perkembangan selanjutnya, disepakati *controller* juga berhak memberikan arah terbang (*direction*) untuk menghindari *traffic* dengan pesawat lainnya.

Perkembangan navigasi selanjutnya, mengarah kepada penggunaan alat bantu navigasi elektronik karena kemampuan penglihatan dan ketepatan manusia dalam melakukan pengamatan sangat terbatas, seperti tidak dapat melihat dalam kegelapan, pada saat hujan, awan atau debu. Atas dasar keterbatasan tersebut, peralatan navigasi dikembangkan dalam bentuk peralatan elektronik dengan menggunakan sinyal gelombang radio.

#### **Radio Navigasi Penerbangan dan Frekuensi**

##### 1. Frekuensi Gelombang Radio Komunikasi Penerbangan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 48 Tahun 2017 Tentang Perubahan Ketiga Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2011 Tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 171 (*Civil Aviation Safety Regulation Part 171*) tentang Penyelenggara Pelayanan Telekomunikasi Penerbangan (*Aeronautical Telecommunication Service Providers*) bahwa kelompok alat bantu navigasi penerbangan dibagi menjadi tiga kategori berikut.

a. Kategori A

Terdiri dari *Very High Frequency Omnidirectional Range, Distance Measuring Equipment (DME), Instrument Landing System (ILS), Microwave Landing System, Global Navigation Satellite System (GNSS), Ground Based Augmentation System, Satellite Based Augmentation System, Aircraft Based Augmentation System.*

b. Kategori B

c. Kategori C

Non-Directional Beacon/Locator.

Tabel 5.1 berikut menunjukkan bagaimana frekuensi gelombang elektromagnetik dikelompokkan ke dalam pita frekuensi.

Tabel 5.1 Pengelompokan Pita Frekuensi

No	Pita Frekuensi	Rentang Frekuensi	Panjang Gelombang
1	<i>Very Low Frequency (VLF)</i>	3 - 30KHz	10.000m – 100.000m
2	<i>Low Frequency (LF)</i>	30 – 300 KHz	1000 – 10.000m
3	<i>Medium Frequency (MF)</i>	300 KHz – 3 MHz	100m – 1000m
4	<i>High Frequency (HF)</i>	3 MHz – 30 MHz	100m – 10m
5	<i>Very High Frequency (VHF)</i>	30 MHz – 300 MHz	10m – 1m
6	<i>Ultra-High Frequency (UHF)</i>	300 MHz – 3 GHz	1m – 0,10m
7	<i>Super High Frequency (SHF)</i>	3 GHz – 30 GHz	0,10m – 0,01m
8	<i>Extremely High Frequency (EHF)</i>	30 GHz – 300 GHz	0,01m – 0,001m

Pada tabel terlihat hubungan antara frekuensi dengan panjang gelombang, yaitu berbanding terbalik. Semakin besar frekuensi gelombang maka akan semakin pendek panjang gelombangnya. Mengenai alokasi frekuensi yang digunakan pada alat bantu navigasi penerbangan berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor Kp 110 Tahun 2017 Tentang Pedoman Teknis Operasional Bagian 171-10 (Advisory Circular Part 171-10) Tata Cara dan Prosedur Penggunaan Frekuensi Radio Untuk Kegiatan Penerbangan, dijelaskan tentang

alokasi frekuensi dari alat bantu navigasi penerbangan yang tertulis pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Alokasi Frekuensi Alat Bantu Navigasi Penerbangan

No	Perangkat	Frekuensi
1	<i>Non Directional Beacon</i> (NDB)	190 – 526.5 kHz
2	HF <i>voice</i> dan data	2 850 – 22 000 kHz
3	<i>Marker</i>	74.8 – 75.2 MHz
4	VOR/ILS <i>Localizer</i>	108 – 117.975 MHz
5	VHF <i>voice</i>	117.975 – 137 MHz
6	ILS Glide Path	328.6 – 335.4 MHz
7	<i>Emergency Locator Transmitter</i> /ELT	406 – 406.1 MHz
8	Radar <i>Transponder</i> /ADSB	1 030 dan 1 090 MHz
9	DME	1 164 – 1 215 MHz
10	GNSS	1 559 – 1 626.5 MHz
11	Radio Altimeter	4 200 – 4 400 MHz

## 2. Sistem Radio Navigasi Penerbangan

Pesawat radio adalah komponen utama dalam sistem komunikasi radio yang bertugas mengirim dan menerima sinyal gelombang radio. Perangkat sistem komunikasi radio, terdiri dari tiga komponen utama yaitu pesawat radio, antena, dan sumber daya listrik. Perangkat radio terdiri dari dua bagian yaitu bagian pemancar (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*). Kedua bagian ini, bekerja sama untuk melakukan tugasnya masing-masing sebagai *transceiver*.

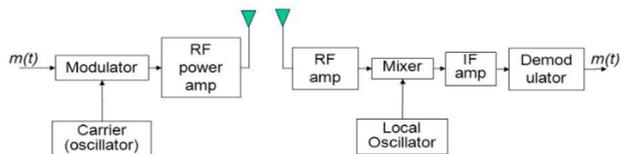
Dalam proses perambatannya, sistem komunikasi radio menggunakan udara atau ruang angkasa sebagai media penghantarnya (*wireless*). Sistem komunikasi radio terdiri dari sebuah pemancar Tx yang memancarkan daya ke tujuan melalui antena. Sinyal dalam bentuk gelombang elektromagnetik, dipancarkan dan diterima oleh antena penerima.

Sinyal kemudian dikirim ke pesawat penerima Rx (Tianto et al., 2016).

Stasiun pemancar/*transmitter* (Tx) merupakan stasiun radio yang memancarkan gelombang radio. Pada sisi ini terdapat proses modulasi di mana sinyal yang akan ditransmisikan, dirubah menjadi gelombang atau getaran sinusoidal agar dapat ditumpangkan pada sinyal carrier, yang disebut *modulating signal*. Frekuensi yang telah termodulasi disebut *modulated carrier frequency*.

Stasiun penerima/*receiver* (Rx) menerima signal dan menguraikan kembali informasi dari gelombang radio pembawa sehingga dapat diterima pesan. Proses yang terjadi pada sisi penerima di antaranya sebagai berikut.

- a. RF Amplifier, di mana sinyal yang diterima diperkuat sinyalnya agar sesuai dengan kemampuan blok pada proses selanjutnya, yaitu *mixer*.
- b. *Mixer* dan *Oscilator* berfungsi melepas sinyal yang diterima dari gelombang radio pembawanya.
- c. *Intermediate Frequency (IF) Amplifier* memperkuat sinyal sinyal yang berasal dari mixer agar mudah diuraikan pada tahap demodulasi.
- d. Demodulasi yaitu proses memisahkan sinyal asli yang diharapkan dari frekuensi antara (IF) yang ditumpangki.



Gambar 5.1 Diagram Blok Sistem Komunikasi Radio (Tianto et al., 2016)

## **Alat Bantu Navigasi Nonvisual**

### 1. *Instrumen Landing System (ILS)*

*Instrumen Landing System (ILS)* merupakan alat bantu navigasi pendaratan menggunakan gelombang radio secara instrumen (nonvisual) yang digunakan penerbang dalam melakukan prosedur pendekatan dan pendaratan pesawat di suatu bandara (Driyono & Jaya, 2020). ILS membantu pesawat mendarat dengan tepat di landasan pacu. Kepresisian pendaratan pesawat tersebut mencakup informasi akurat tentang posisi pesawat seperti

- a. kelurusan pesawat terbang dari poros landasan pacu;
- b. laju penurunan pesawat pada sudut pendaratan yang tepat sesuai dengan zona touchdown, atau titik awal; dan
- c. jarak pesawat dari batas (ujung awal) landasan pacu selama pesawat masih berada di udara.

ILS terdiri dari tiga bagian, yaitu *Localizer*, *Marker Beacon*, dan *Glide Path*. *Localizer* memberikan informasi tentang garis pusat pendaratan, *Marker Beacon* memberikan sinyal panduan tentang jarak pesawat dari titik *touchdown*, dan *Glide Path* memberikan informasi tentang sudut luncur pendaratan sebesar  $3^\circ$  (Aritama et al., 2023). Terdapat lima stasiun radio transmitter ILS di bandar udara yang berfungsi untuk mencatu sinyal-sinyal yang diperlukan oleh ILS pada penerima radio *airbone*, berikut.

- a. ILS VHF localizer (localizer).
- b. ILS UHF glide path (glide path).
- c. VHF outer marker beacon (outer marker beacon).

- d. VHF middle marker beacon (middle marker beacon).
- e. VHF inner marker beacon (inner marker beacon).

Sesuai dengan ketentuan dari ICAO bahwa frekuensi yang digunakan pada localizer harus berpasangan dengan frekuensi yang digunakan oleh radio *transmitter glide path* (Warsito, 2022).

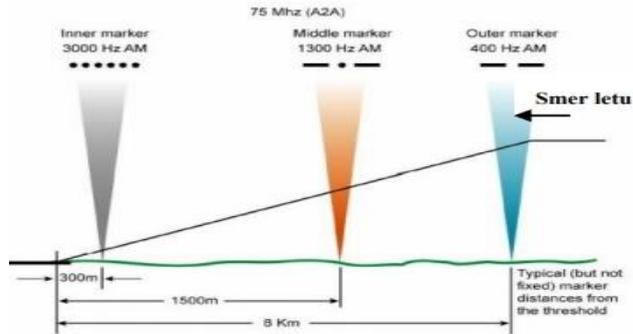
Tabel 5.3 Pasangan Frekuensi *Localizer* dan *Glide Path*

No	<i>Localizer</i> (MHz)	<i>Glide Path</i> (MHz)	No	<i>Localizer</i> (MHz)	<i>Glide Path</i> (MHz)
1	108,1	334,7	21	110,1	334,4
2	108,15	334,55	22	110,15	334,25
3	108,3	334,1	23	110,3	335,0
4	108,35	333,95	24	110,35	334,85
5	108,5	329,9	25	110,5	329,6
6	108,55	329,75	26	110,55	329,45
7	108,7	330,5	27	110,7	330,2
8	108,75	330,35	28	110,75	330,05
9	108,9	329,3	29	110,9	330,8
10	108,95	329,15	30	110,95	330,65
11	109,1	331,4	31	111,1	331,7
12	109,15	331,25	32	111,15	332,55
13	109,3	332,0	33	111,3	332,3
14	109,35	331,85	34	111,35	332,15
15	109,5	332,6	35	111,5	332,9
16	109,55	333,45	36	111,55	332,75
17	109,7	333,2	37	111,7	333,5
18	109,75	333,05	38	111,75	333,35
19	109,9	333,8	39	111,9	333,1
20	109,95	333,65	40	111,95	330,95

Antena *localizer* yang digunakan adalah antenna jenis Yagi karena antenna jenis ini, hanya mengarahkan pancaran gelombang elektromagnetik ke arah tertentu saja. Antena *localizer* ditempatkan pada jarak 300 m setelah ujung akhir landasan pacu.

*Marker Beacon* diletakkan pada satu garis lurus yang merupakan perpanjangan dari sumbu landasan pacu. *Marker Beacon* beroperasi pada frekuensi 75 MHz dengan toleransi  $\pm 0,005\%$  dan harus terpolarisasi secara horizontal. Teknik modulasi yang digunakan

amplitude modulation (AM) dengan frekuensi 3000 Hz pada inner marker, 1300Hz pada middle marker dan 400 Hz pada outer marker (Öktemer & Gültekin, 2021)



Gambar 5.2 Pola Pancaran Gelombang Elektromagnetik dari *Outer Marker*, *Midle Marker*, dan *Inner Marker* (Campos & Lovisolo, 2015)

## 2. *Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR)*

VOR adalah alat bantu navigasi penerbangan yang memancarkan sinyal radio gabungan, dengan kode *morse* dan data yang memungkinkan peralatan penerima pesawat untuk mendapatkan magnetic bearing dari stasiun ke pesawat terbang. VOR dan DME biasanya berfungsi bersama untuk memberikan penerbang informasi tentang arah dan azimuth (VOR) dan jarak (Ariyanti, 2019). Salah satu fungsi utama stasiun VOR adalah untuk menghasilkan sinyal fasa referensi (*reference signal*). Sinyal referensi dipancarkan ke segala arah (*omnidirectional*) oleh antenna omnidirectional di pusat stasiun VOR, dan sinyal pembanding dipancarkan secara horizontal ke arah tertentu oleh sinyal bearing antenna yang dipasang mengelilingi antenna omnidirectional.

*Carrier frequency* pada VOR termodulasi oleh dua buah frekuensi modulasi, berikut.

- a. frekuensi 9.960 Hz dengan amplitudo konstan serta frekuensi 30 Hz dengan teknik modulasi frekuensi modulasi (FM), maka
  - 1) sinyal yang dihasilkan DVOR adalah signal pembanding (*variable phase*); dan
  - 2) sinyal yang dihasilkan CVOR adalah signal referensi (*reference phase*).
- b. komponen modulasi amplitude (AM) 30 Hz yang menghasilkan signal alternatif (alternatif fase), kebalikan dari poin 1) di atas.

*Bearing* (arah) pesawat terhadap stasiun transmisi radio VOR dicatat pada instrumen VOR di ruang kendali pesawat sebagai hasil akhir pancaran gelombang elektromagnetik VOR.

### 3. *Distance Measuring Equipment (DME)*

DME merupakan sebuah alat yang memberikan informasi jarak dan posisi pesawat terbang dengan ground station. DME biasanya digunakan bersama VOR dengan daya yang dikeluarkan sebesar 1000 Watt (Sari & Yulianti, 2021). Dalam sistem DME, *interrogator* adalah pemancar dan penerima di pesawat terbang, dan *transponder* adalah pemancar dan penerima di darat. DME dan ILS kadang-kadang digunakan bersama untuk menunjukkan jarak pesawat terbang dari *touchdown* sedangkan T-DME adalah DME yang dilengkapi dengan peralatan *Glide Path*, yang dapat menggantikan fungsi peralatan *outer marker*. Pada saat penggunaan Bersama, maka frekuensi yang digunakan harus berdasarkan pasangannya sesuai dengan ketentuan ICAO di mana terdapat 126 pasangan frekuensi pada kanal DME.

Prinsip kerja DME, selama pengoperasian pesawat udara, sinyal pulsa *interrogator*, yang merupakan

sinyal acak, dikirimkan ke *ground station* dan mengirimkan sinyal balasan ke pesawat udara, yang kemudian ditunjukkan pada instrumen indikator pesawat udara dalam satuan mil laut (NM).

#### 4. *Non-Directional Beacon (NDB)*

*Non-directional beacon* (NDB) adalah rambu navigasi penerbangan yang digunakan oleh *ground station* untuk mengirimkan gelombang elektromagnetik ke segala arah berupa informasi *heading* dan *azimuth* pesawat udara. Untuk menggunakan rambu ini, pesawat udara harus dilengkapi dengan peralatan NDB yang dikenal sebagai penemuan arah otomatis (ADF) (Warsito, 2022).

NDB merupakan sebuah pemancar gelombang radio yang bekerja pada frekuensi rendah 175 KHz – 535 KHz. Menggunakan frekuensi rendah, antenna NDB memiliki ukuran puluhan meter. Apabila terjadi kondisi ketidaksesuaian antara perangkat NDB dan antenanya, Unit Pengaturan Antena (ATU) terletak di antara keduanya dan bertanggung jawab untuk menyelaraskan nilai impedansi (Hasanah et al., 2022). Karena NDB beroperasi pada pita LF atau MF, gelombang radio yang dipancarkan memiliki ciri-ciri *ground wave* (memancar di atas permukaan bumi) dan *sky wave* (memancar ke langit dan dipantulkan kembali ke bumi oleh lapisan ionosfer).

Sebagian besar NDB menghasilkan daya antara 100-500 watt. Daya yang lebih besar digunakan di daerah yang luas seperti lautan, yang tidak memungkinkan untuk memasang NDB di tengah samudera.

### **Kesimpulan**

Radio Navigasi Penerbangan merupakan alat bantu navigasi penerbangan non visual yang menggunakan gelombang radio (elektromagnetik) sebagai bentuk

pensinyalannya. Fungsi dari peralatan radio navigasi penerbangan sebagai sumber informasi untuk mengetahui posisi pesawat terbang dan mengarahkan pesawat ke tujuan dengan aman dan selamat. Alat bantu navigasi penerbangan non visual terdiri dari perangkat-perangkat.

- a. Instrument Landing System (ILS) terdiri dari Localizer, Glide Path, Marker Beacon yang berfungsi untuk memandu pesawat pada saat take off dan landing.
- b. Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR) bersama-sama dengan penggunaan Distance Measuring Equipment (DME) berfungsi untuk memberikan informasi kepada penerbang tentang arah, azimuth dan jarak pesawat di udara. Terdapat aturan mengenai penggunaan frekuensi apabila digunakan bersama
- c. Non-Directional Beacon (NDB) pada ground station berfungsi untuk mengirimkan gelombang elektromagnetik berupa informasi heading dan azimuth pesawat.

## Daftar Pustaka

- Arifin, A. Z., & Subchan, S. (2017). Navigasi dan Kendali pada Pesawat Udara Nir Awak (Puna) untuk Menghindari Halangan. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 14(1), 73–87.
- Aritama, D. P. K., Fatonah, F., & Pratiwi, W. (2023). *Repair of the Monitor System on the Instrument Landing System Glide Path Thales 422*. EasyChair.
- Ariyanti, W. (2019). Pemodelan Dan Simulasi Instrumen Pesawat Vor/Dme (Vhf Omni-Directional Range/Distance Measuring Equipment) Sebagai Peralatan Navigasi Udara (Nav aids) Pada Pesawat Terbang. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 9(1).
- Campos, R. S., & Lovisolo, L. (2015). *RF positioning: fundamentals, applications, and tools*. Artech House.
- Driyono, B., & Jaya, M. N. (2020). Inovasi Perancangan Alat Klinometer Digital Pengukur Sudut PAPI (Precision Approach Path Indicator) di Bandara Internasional Adisutjipto Yogyakarta. *AIRMAN: Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi*, 3(1), 86–94.
- Hasanah, U., Wildan, M., & Tohazen, T. (2022). Sistem Kendali dan Pemantauan Peralatan Navigasi Penerbangan Non Directional Beacon Tipe ND200S Menggunakan Nodemcu ESP8266 Berbasis Internet of Thing. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(1), 67–77.
- Öktemer, E., & Gültekin, E. E. (2021). Operational usage and importance of instrument landing system (ILS). *International Journal of Aeronautics and Astronautics*, 2(1), 18–21.
- Permata, D. N. G. (2020). Perlunya Checklist dan Skenario Emergency Exercise Guna Peningkatan Pelayanan Lalu Lintas Penerbangan di PERUMLPPNPI Palangka Raya. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 4.

- Sari, N. W., & Yulianti, B. (2021). Analisa Fungsi T-DME Sebagai Pengganti Fungsi Outer Marker Runway O7 L Bandara Soekarno Hatta. *Jurnal Teknologi Industri*, 7.
- Susanto, P. C., Sakti, R. F. J., & Widiyanto, P. (2020). Alat Bantu Pendaratan Visual Di Airport Untuk Mendukung Keselamatan Pesawat. *Aviasi: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan*, 17(1), 35–44.
- Tianto, A., Darlis, D., & Hadiyoso, S. (2016). Perancangan dan Implementasi Alat Penerima Informasi Radio Menggunakan Mikrokontroler dan Rds dengan Sistem Alarm. *EProceedings of Applied Science*, 2(3).
- Warsito, D. (2017). *Manajemen Bandar Udara* (L. Simarmata, Ed.). Jakarta: Erlangga.
- Warsito, D. (2022). *Radio Navigasi Penerbangan* (L. Simarmata, Ed.). Jakarta: Erlangga.

## Profil Penulis



**Bekti Yulianti, S.T., M.T.**

Terlahir di Kota Jakarta, 30 Juli 1975. Selepas SMA, penulis menemuh pendidikan jenjang S-1 Teknik Elektro dengan konsentrasi Kendali di Universitas Pancasila, Jakarta, dan melanjutkan pendidikan S-2 Teknik Industri dengan konsentrasi Manajemen Teknologi di Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) Jakarta. Sejak tahun 2007 penulis mengawali karir sebagai dosen di Program Studi Tekni Elektro Unsurya (Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma) hingga sekarang. Pada saat ini penulis juga aktif mengajar di beberapa Program Studi yang ada di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma yang berhubungan dengan Elektronika dan Energi Terbarukan. Penulis aktif melakukan penelitian dengan pendanaan internal perguruan tinggi. Pada tahun 2020 penulis dengan beberapa tim dosen Teknik Elektro, berhasil mendapatkan hibah penelitian dari Kemenristek Dikti.

E-mail Penulis: [yuliantibekti@gmail.com](mailto:yuliantibekti@gmail.com)

## PENGELOMPOKAN PESAWAT TERBANG

**Ir. Amat Chaeroni, S.T., M.T.**

Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

Hal yang melatarbelakangi pengelompokan pesawat terbang muncul itu adalah dari kebutuhan untuk mengklasifikasikan dan membedakan berbagai jenis pesawat terbang, berdasarkan karakteristik dan kemampuannya. Ada beberapa yang menjadi alasan utama di balik pengelompokan pesawat terbang adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan operasional yang beragam.

Bertujuan untuk membantu dalam memilih jenis pesawat yang sesuai dengan tujuan dan persyaratan tertentu. Karena itu, setiap pesawat terbang dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan operasional, seperti penerbangan komersial, militer, kargo, atau keperluan pribadi.

2. Perbedaan desain dan teknologi.

Agar lebih mudah dalam memahami karakteristik dan kemampuan setiap jenis pesawat terbang. Hal ini disebabkan oleh setiap pesawat terbang memiliki desain dan teknologi yang berbeda-beda, seperti jenis sayap, tenaga penggerak, dan jumlah mesin yang digunakan.

3. Regulasi dan sertifikasi.

Badan penerbangan nasional maupun internasional, memiliki regulasi dan sertifikasi yang berbeda untuk setiap jenis pesawat terbang. Pengelompokan dari masing-masing pesawat, dapat memudahkan dalam mematuhi peraturan yang berlaku.

4. Perencanaan operasional.

Pengelompokan pesawat terbang membantu operator penerbangan dalam merencanakan operasional, sesuai dengan kebutuhannya seperti memilih rute, menentukan kebutuhan bahan bakar, dan mempersiapkan fasilitas darat yang sesuai.

5. Pelatihan dan lisensi pilot.

Dengan mengelompokkan jenis pesawat terbang, akan membantu dalam menyusun kurikulum pelatihan dan menentukan kualifikasi pilot yang diperlukan sebagai persyaratan pelatihan dan lisensi pilot berbeda-beda untuk setiap jenis pesawat terbang.

6. Penelitian dan pengembangan.

Pengelompokan pesawat terbang dapat memfasilitasi penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang penerbangan, seperti desain pesawat baru, peningkatan efisiensi, dan teknologi baru.

Dari perkembangan kemajuan manusia membuat pesawat terbang sampai pada saat ini masih terus ditingkatkan, seperti

1. daya angkut pesawat terbang,
2. jarak tempuh pesawat terbang,
3. kecepatan pesawat terbang,
4. ketinggian jelajah pesawat terbang, dan

5. kemampuan pesawat terbang untuk berbagai keperluan seperti pesawat tempur untuk angkatan bersenjata, pesawat angkut sipil, dan lain-lain.

Setelah beberapa waktu berselang, tidak hanya daya angkut pesawat pesawat yang meningkat, tetapi juga kecepatan pesawat terbang dari mulai pesawat terbang yang sub-sonic sampai dengan yang supersonic. Selain itu, ada juga yang dibuat dengan ciri-ciri khusus misalnya STOL (*Short Take Off and Landing*), yaitu pesawat terbang yang mampu terbang dengan lepas landas dan mendarat dengan jarak yang pendek.

Selain itu, ada juga jenis pesawat terbang VTOL (*Vertical Take Off and Landing*) yaitu pesawat terbang yang mampu terbang lepas landas dan mendarat secara vertikal dari suatu tempat, dan juga jenis yang lainnya yang dikenal dengan sebutan SST (*Super Sonic Transport*), yaitu pesawat terbang yang mempunyai kemampuan kecepatan terbang *supersonic* atau kecepatan terbang yang melebihi kecepatan suara.

Berikut adalah pengelompokan jenis-jenis pesawat terbang.

#### **Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Kegunaannya**

Pada dasarnya, secara umum pesawat terbang dapat dibagi menjadi dua grup besar, berikut ini.

1. Pesawat terbang yang lebih ringan dari udara, contohnya adalah
  - a. kapal udara (*airship*),
  - b. balon bebas (*free balloon*), dan
  - c. layang-layang balon (*kite balloon*).
2. Pesawat terbang yang lebih berat dari udara yang dapat dibagi lagi menjadi enam golongan besar, yaitu
  - a. roket,

- b. *jet lift*,
- c. *aeroplane*, yaitu pesawat terbang yang bersayap tetap (*fixed wing aircraft*), dan
- d. *rotary wing aircraft*, yaitu pesawat terbang yang bersayap putar.

Untuk jenis pesawat terbang bersayap tetap (*fixed wing aircraft*) dapat dibagi lagi menjadi

- a. pesawat luncur (*sailplane* atau *glider*);
- b. pesawat terbang yang *take off* dan *landing* di daratan (*land plane*); dan
- c. pesawat terbang yang *take off* dan *landing* di air, sungai, danau atau laut (*seaplane*).

Selanjutnya, untuk pesawat terbang bersayap putar (*rotary wing aircraft*) antara lain

- a. helikopter,
- b. *gyrocopter*,
- c. *convertiplane*, dan
- d. *compound helicopter*.

Beberapa penjelasan di atas bahwa jenis-jenis pesawat terbang bisa dikategorikan sebagai alat transportasi manusia atau barang sampai dengan pesawat terbang untuk keperluan perang, berdasarkan penggunaan atau fungsi pesawat tersebut.

#### **Jenis Pesawat Terbang Menurut Jumlah Sayap**

Beberapa jenis pesawat terbang dengan sayap tetap yang pernah dibuat manusia, ternyata ada juga pesawat terbang yang memiliki lebih dari sepasang sayap. Jumlah sayap yang lebih dari sepasang, dimaksudkan untuk

mendapatkan gaya angkat (*lift*) yang lebih besar pada kecepatan terbang yang relatif rendah.

Penyebutan dan pembagian pesawat terbang atas jumlah sayap adalah sebagai berikut.

1. Pesawat terbang bersayap tunggal (*monoplane*).



Gambar 6.1 Pesawat Cessna 208

2. Pesawat terbang bersayap ganda dua (*biplane*).



Gambar 6.2 Pesawat TVS-2DTS Biplane

3. Pesawat terbang berdayap ganda tiga (*triplane*).



Gambar 6.3 Pesawat Fokker Dr.1 Triplane

#### **Jenis Pesawat Terbang Menurut Letak Sayap**

Posisi sayap pesawat terbang terletak di badan pesawat terbang (*fuselage*) yang saat ini ada, dapat dibedakan jenisnya berdasarkan letak sayap pesawat terbang itu sendiri antara lain sebagai berikut.

1. Pesawat terbang parasol, yaitu pesawat terbang yang sayapnya dipasang di atas badan pesawat dengan perantaraan tiang penyangga pada badan pesawat.



(a)



(b)

Gambar 6.4 (a) Pesawat terbang parasol,  
(b) Pesawat Dewoitine D.26

Kelebihan posisi sayap parasol pada pesawat terbang antara lain

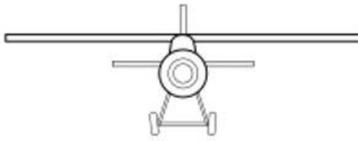
- a. meningkatkan stabilitas sumbu lateral pesawat, terutama saat manuver atau terkena angin samping;
- b. membantu menjaga keseimbangan pesawat saat mengudara;
- c. mempermudah kontrol terhadap gerakan roll atau guling pesawat;
- d. memungkinkan penggunaan sayap yang lebih pendek, namun tetap memberikan angka aspek yang baik; dan
- e. membutuhkan tenaga angkat yang lebih kecil pada ekor pesawat.

Sementara itu, kekurangan posisi sayap parasol antara lain

- a. menambah berat struktur pesawat karena dibutuhkan konstruksi khusus untuk menopang sayap;
  - b. meningkatkan hambatan aerodinamis karena adanya penopang sayap yang menambah gaya gesek udara;
  - c. mengurangi pandangan pilot ke arah depan dan bawah pesawat;
  - d. menyulitkan masuk dan keluar kabin bagi penumpang atau awak pesawat; dan
  - e. menambah biaya produksi dan perawatan karena struktur yang lebih kompleks.
2. Pesawat terbang bersayap tinggi (high wing aircraft). Sayap ini dipasang langsung dibagian atas badan pesawat.

(a)

(b)



(a)



(b)

Gambar 6.5 (a) Pesawat sayap tinggi, (b) Pesawat CN 235  
Kelebihan High-Wing Aircraft, yaitu

- a. memberikan ruang lebih untuk peletakan *engine* (mesin) sehingga jauh dari *ground* (landasan);
- b. menghindarkan *engine* dari *foreign object damage* (FOD) dari landasan;
- c. memiliki permukaan yang teraliri udara lebih besar sehingga performa aerodinamika lebih baik;
- d. *landing gear* (roda pendarat) tidak perlu besar atau panjang; dan
- e. performa aerodinamika paling bagus.

Kekurangan High-Wing Aircraft

- a. posisi tinggi menyulitkan proses perawatan;
  - b. struktur penyambung sayap ke badan pesawat harus kuat, konsekuensinya struktur menjadi berat; dan
  - c. sayap bisa mengganggu kinerja aerodinamika ekor.
3. Pesawat terbang bersayap tengah (*mid wing aircraft*). Pesawat terbang ini, mempunyai sayap yang dipasang di tengah-tengah *fuselage* (badan pesawat).



(a)



(b)

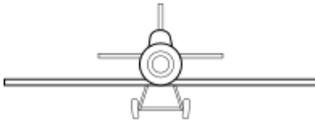
Gambar 6.6 (a) Pesawat sayap tengah, (b) De Havilland Vampire T11

Kelebihan Mid-Wing Aircraft, adalah

- a. performa gerak *aerodinamis* lebih baik sehingga sangat cocok untuk dijadikan sebagai pesawat aerobatik;
- b. gerakan *rolling* pada sumbu longitudinal lebih baik dari pada *high wing* dan *low wing aircraft*;
- c. dapat memperoleh gaya angkat dalam arah terbalik;
- d. memiliki hambatan interferensi yang lebih sedikit; dan
- e. sayap tengah memungkinkan membawa senjata seperti rudal.

Kekurangan Mid-Wing Aircraft, yaitu

- a. struktur *joiner* sayap ke fuselage memakan tempat untuk penumpang/*payload*; dan
  - b. sayap tengah umumnya menempel pada sisi belakang badan pesawat sehingga menyebabkan pergeseran pusat massa pada sisi belakang badan pesawat.
4. Pesawat terbang bersayap bawah (*low wing aircraft*), yaitu sayap pesawat dipasang langsung di bagian bawah badan pesawat.



(a)



(b)

Gambar 6.7 (a) Pesawat Sayap rendah, (b) Pesawat Boeing 737-900ER

Kelebihan Low-Wing Aircraft, yaitu

- a. struktur paling efisien;
- b. perawatan relatif mudah;
- c. sayap bisa digunakan sebagai tempat penyimpanan roda pendarat;
- d. mudah saat pengisian ulang bahan bakar;
- e. pandangan penumpang lebih leluasa ketika hendak melihat ke bawah saat sedang terbang;
- f. memberikan *ground effect* yang lebih baik karena dapat meningkatkan lift dan mengurangi *drag* ketika pesawat dekat dengan landasan; dan
- g. area bawah pesawat besar, menguntungkan dalam pendaratan di air.

Kekurangan Low-Wing Aircraft, yaitu

- a. rawan foreign object damage (FOD);
- b. butuh sudut dihedral;
- c. pandangan penumpang terhalang sayap ketika hendak melihat kebawah saat sedang terbang; dan

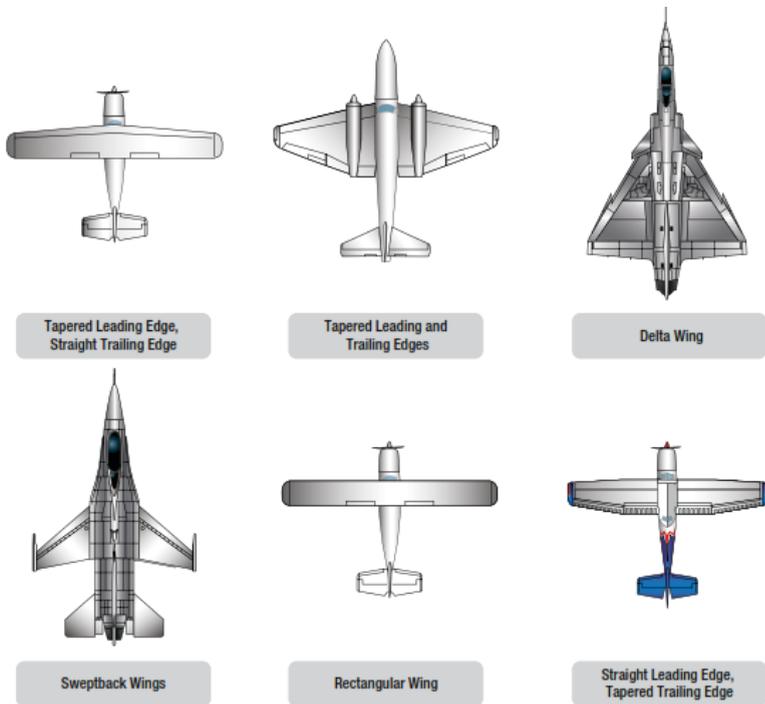
- d. terdapat lack of space bagi para ground staff saat melakukan pemeliharaan pesawat.

#### **Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Bentuk Sayap**

Selanjutnya, pegelompokkan jenis pesawat terbang, dapat juga ditinjau dari bentuk sayap. Hal ini sangat erat hubungannya dengan sifat-sifat aerodinamis dari pesawat terbang yang bersangkutan, termasuk kemampuan (*performance*) pesawat terbang tersebut.

Berikut adalah bentuk sayap pesawat yang paling banyak kita kenal, yaitu

1. sayap lurus (*straight wing*, atau *rectangular wing*);
2. sayap condong ke belakang (*swept back wing*);
3. sayap tirus (*tapered wing*);
4. sayap segitiga (*delta wing*);
5. sayap tirus bagian depan dan lurus bagian belakang (*tapered leading edge and straight trailing edge*); dan
6. sayap lurus bagian depan dan tirus bagian belakang (*straight leading edge and tapered trailing edge*).



Gambar 6.8 Jenis-jenis bentuk sayap pesawat terbang.

Selain bentuk-bentuk yang telah disebutkan di atas, masih ada beberapa macam bentuk sayap yang lainnya, antara lain sebagai berikut.

1. Sayap yang condong ke depan (*swept forward wing*).



Gambar 6.9. Hansa Jet HFB 320, Jerman

2. Sayap dengan bentuk gabungan tirus dan condong ke belakang (*tapered and swept back wing*).



Gambar 6.10 Fokker 28

3. Sayap dengan bentuk geometri. Bentuk sayap geometri ini banyak dipergunakan pada pesawat terbang tempur yang mutakhir.

#### **Jenis Pesawat Terbang Menurut Bentuk Bidang *Stabilizer***

Pada bidang-bidang ekor pesawat terbang, terdapat dua buah bidang *stabilizer*, yaitu horizontal *stabilizer*. Seperti halnya pada sayap, bidang-bidang *stabilizer* ini juga mempunyai beberapa bentuk, yaitu

1. bentuk lurus (straight *stabilizer* atau rectangular *stabilizer*);
2. bentuk tirus (tapered *stabilizer*); dan
3. bentuk condong kebelakang (swept back *stabilizer*).

Selain dari bentuk bidang *stabilizer*, pesawat terbang juga dapat dibedakan atas jumlah bidang *stabilizer*-nya. Pesawat terbang yang paling sederhana, hanya memiliki satu bidang vertikal *stabilizer* dan satu bidang horizontal *stabilizer*, karena suatu alasan aerodinamika, maka pada pesawat terbang dipasang lebih dari satu bidang *stabilizer*.

Perbedaan jumlah bidang *stabilizer* pada pesawat terbang adalah sebagai berikut:

1. satu bidang vertikal *stabilizer* dan satu bidang horizontal *stabilizer*;
2. satu bidang horizontal *stabilizer* dan dua bidang vertikal *stabilizer*; dan

3. satu bidang horizontal *stabilizer* dan tiga bidang vertikal *stabilizer*.

#### **Jenis Pesawat Terbang Menurut Bentuk Roda Pendarat (*Under Carriage*)**

Pesawat terbang dapat dibedakan bentuk roda pendarat (*under carriage* atau *landing gear*) yang dipergunakannya. Pada umumnya, dapat dibagi atas empat jenis.

1. Pesawat terbang beroda pendarat ekor (*tail wheel aircraft*), contoh Gelatik, DC 3, Mustang, Piper Cub, dan lain-lain).
2. Pesawat terbang beroda pendarat hidung (*nose wheel aircraft*), contoh LT-200, Fokker-27, Fokker-28, Hercules C-130, Transall, dan lain-lain.
3. Pesawat terbang beroda pendarat ganda (*multi under carriage aircraft*), contoh Boeing 747.
4. Pesawat terbang yang mempunyai pendarat pelampung (*seaplane* dengan *floaters*), contoh Otter.

Untuk mengurangi gaya hambat yang timbul (*drag*) selama terbang, maka pesawat diperlengkapi dengan roda pendarat yang dapat dimasukkan ke dalam konstruksi pesawat terbang, misalnya ke dalam badan pesawat terbang atau ke dalam sayap. Pesawat yang demikian, termasuk jenis pesawat terbang yang "*retractable landing gear*", sedangkan pesawat terbang yang roda pendaratnya tidak dapat dilipat atau dimasukkan disebut pesawat terbang "*fixed landing gear*", kadang-kadang diperlengkapi dengan *wheel fairing*.

#### **Jenis Pesawat Terbang Menurut Jumlah Motor**

Jumlah motor yang dipasang pada setiap jenis pesawat, tidak selalu hanya satu, maka pengelompokan jenis pesawat terbang dapat juga atas dasar jumlah motor. Jumlah motor dalam suatu pesawat terbang, akan sangat berpengaruh pada kemampuan (*performance*) pesawat

terbang tersebut. Pengelompokan jenis pesawat terbang atas jumlah motor yang ipasangadalah sebagai berikut.

1. Pesawat terbang bermotor tunggal (*single engine aircraft*).



Gambar 6.11 Mustang P51

2. Pesawat terbang bermotor dua (*dual engine aircraft*).



Gambar 6.12. NC 212 Aviocar

3. Pesawat terbang bermotor ganda (*multi engine aircraft*).



Gambar 6,13 DC-10

Biasanya pada pesawat terbang militer, selain motor yang yang dipasang ada juga perlengkapan yang disebut “jato”, singkatan dari *Jet Assisted for Take Off*. Artinya, pesawat tersebut untuk keperluan take off dibantu dengan adanya semacam *rocket* yang menghasilkan “jet”. Perlengkapan ini, dipergunakan apabila harus *take off* secara tiba-tiba, karena keadaan disekitar pesawat tidak aman, misalnya ada musuh.

## Daftar Pustaka

Suparman GM & Soeroto B.E. (1982). *Konstruksi Rangka Pesawat Terbang 1, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Capt. Desmond Hutagaol. (n.d). *Pengantar Penerbangan Perspektif Profesional*. Jakarta: Erlangga.

<https://www.aerosociety.com/news/21st-century-biplane/>

<https://www.fantasyofflight.com/collection/aircraft/currently-not-showing-in-museum/wwi/1917-fokker-dr-1-triplane/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dewoitine\\_D.26](https://en.wikipedia.org/wiki/Dewoitine_D.26)

<https://www.aircraftnerds.com/2016/07/aircraft-wing-configuration.html>

[https://id.wikipedia.org/wiki/Konfigurasi\\_sayap](https://id.wikipedia.org/wiki/Konfigurasi_sayap)

<http://sainsterbang.blogspot.com/2016/10/berbagai-macam-jenis-sayap-pesawat.html>

<http://www.hansajet.org/>

## Profil Penulis



**Ir. Amat Chaeroni, S.T., M.T.**

Minat penulis cukup besar terhadap pesawat terbang, sejak masuk sekolah kejuruan di bidang teknik mesin. Setelah lulus dari sekolah kejuruan, penulis langsung bekerja di industri Otomotif yang disalurkan melalui sekolah karena masuk dalam kelompok lulusan terbaik. Minat penulis terhadap pesawat terbang tidak luntur bahkan semakin kuat, sehingga setelah setahun bekerja penulis memutuskan untuk kuliah di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma saat itu bernama Sekolah Tinggi Teknologi Dirgantara, jurusan teknik aeronautika. Setelah lulus penulis bekerja di dunia penerbangan beberapa tahun lalu menggeluti manufaktur hovercraft, sebuah kendaraan amfibi yang menggunakan sistem dan ilmu penerbangan. Sejak tahun 2014 penulis kembali fokus kebidang penerbangan dengan mengikuti aircraft maintenance training di GMF hingga mendapatkan basic certificate A1 dan A4 yang dikeluarkan oleh DKPPU. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi S2 teknik mesin di Universitas Pancasila dan lulus pada tahun 2020 langsung bergabung di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma sebagai dosen program studi teknik aeronautika dan saat ini menempati posisi sebagai kaprodi teknik aeronautika.

Kepakaran penulis adalah di bidang struktur pesawat terbang, engine pesawat terbang dan manufaktur. Penulis aktif melakukan penelitian dengan pendanaan internal perguruan tinggi dan kolaborasi dengan dosen lain dari perguruan tinggi lainnya juga. Beberapa jurnal dan produk telah memiliki Haki dari kemenkumham Republik Indonesia.

E-mail Penulis: [achaeroni@unsurya.ac.id](mailto:achaeroni@unsurya.ac.id)

## RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON

**Muhamad Jayadi, S.T., M.T.**

Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

### **Pengantar**

Bandar Udara yang juga dikenal sebagai "bandara", adalah bagian penting dari sistem transportasi udara. Bandara di definisikan sebagai suatu area tertentu yang mesti berada di atas tanah atau perairan termasuk di antaranya bangunan, instalasi, dan peralatan yang dimaksudkan untuk pergerakan pesawat baik secara keseluruhan maupun sebagian untuk kedatangan, keberangkatan, dan pergerakan pesawat lainnya (ICAO,2009).

Bandara memiliki peran lain di samping sebagai tempat beroperasinya pesawat, yaitu sebagai bagian dari pertumbuhan ekonomi dan pariwisata. Peran dan fungsi yang tidak kalah penting adalah bandara harus memiliki standar keamanan dan keselamatan yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk terciptanya operasi penerbangan dalam keadaan yang aman. Berdasarkan peran dan fungsinya, terdapat komponen utama yang harus dimiliki oleh bandara di antaranya, *runway* atau *runway*, taxi-way, apron, terminal bandara, Gedung fasilitas penumpang dan sistem pecahayaan (ICAO,2022) dalam *chapter* ini akan dibahas lebih lanjut mengenai *runway*, *taxi way*, dan apron.

## Runway

*Runway* merupakan salah satu bagian penting di dalam komponen bandar udara, yaitu berfungsi tempat *landing* atau *take-off*. *Runway* umumnya memiliki bentuk persegi Panjang dan terbentuk dari aspal atau coran semen. *Runway* dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1. *Runway* dan *taxiway* di bandara Boston Logan.  
(Courtesy: ESCO ZODIAC Company;  
Photo: David J. Heald, C.M.)

*International Civil Aviation Organization* atau ICAO selaku regulator penerbangan internasional mengatur terkait *runway*, seperti panjang, lebar, tanda-tanda yang terdapat pada *runway*. Sebelum menjelaskan mengenai peraturan tentang kondisi fisik *runway*, baiknya kita megnetahui klasifikasi pesawat terbang. Pengklasifikasian pesawat terbang yang beroperasi bertujuan untuk pengembangan fasilitas berdasarkan pesawat terbang yang paling banyak digunakan. Hasil pengklasifian pesawat terbang dimasukkan kedalam kode referensi yang memiliki tujuan di antaranya untuk memberi panduan bagi para perancang bandar udara dan untuk mempertimbangkan apakah fasilitas yang terdapat pada suatu bandara sudah sesuai dengan ketentuan operasional masakapai atau tidak. Kode referensi tersebut ditampilkan pada Tabel (ICAO, 2013b) di bawah ini.

Tabel 7.1 Klasifikasi Pesawat Terbang Berdasarkan Panjang dan *Wingspan*

Nomor Kode	Kode Elemen 1		Kode Elemen 2	
		PanjangbidangReferensi Pesawat	Kode Huruf	Wingspan
1		Kurang dari 800 m	A	Sampai kurang dari 15 m
2		800 m sampai kurang dari 1200 m	B	15 m sampai kurang dari 24 m
3		1200 m sampai kurang dari 1800 m	C	24 sampai kurang dari 36 m
4		1800 dan lebihnya	D	36 sampai kurang dari 52 m
			E	52 sampai kurang dari 65 m
			F	65 sampai kurang dari 80 m

Tabel di atas, menunjukkan dua kode kategori umum: kode elemen 1 menunjukkan panjang *runway* pesawat terbang yang dinormalisasikan, khususnya berkaitan dengan geometri dan batas jarak bebas hambatan dalam hal aspek desain. Kode elemen yang lebih tinggi menunjukkan pulan referensi panjang *runway* pesawat terbang yang lebih besar. Panjang *runway* pesawat terbang sebenarnya, tidak diatur secara baku dalam kode elemen ini. Rentang sayap dan/atau roda gigi utama bagian luar, ditunjukkan dalam kategori kedua dari kode elemen ke-2. Tujuannya adalah untuk mengatur ukuran dan jarak jalur *taxiway* dan apron.

### **Panjang Runway**

Panjang *runway* memiliki pengaruh terhadap pemilihan jenis pesawat yang dapat menggunakan bandara udara tersebut selain massa lepas landas, dan jarak penerbangan yang dipilih (Kazda, 2007). Hal ini merupakan keputusan yang penting dalam merancang bandar udara dan juga untuk mengoptimalkan tujuan operasi penerbangan. Umumnya pada suatu bandara jumlah dari *runway* dirancang secara terbatas. Fleksibilitas terhadap perkembangan penerbangan terutama jenis pesawat baru, *runway* lebih sering

dilakukan proses memperpanjang *runway* atau menyediakan *runway* tambahan.

Panjang *runway* yang sebenarnya, harus memenuhi persyaratan operasional pesawat udara. dan mempertimbangkan kondisi lokal bandara tujuan, termasuk ketinggian, suhu, kemiringan, kelembapan, dan karakteristik permukaan *runway*. Jika *runway* dihubungkan dengan stopway atau clearway, panjang *runway* yang sebenarnya kurang dari itu. Detail terkait Panjang ukuran *runway* akan dijelaskan lebih lanjut pada bab selanjutnya.

### **Lebar Runway**

Tabel 7.1 sudah dijelaskan bahwa lebar *runway* memiliki pengaruh terhadap karakteristik dari *runway*. Karakteristik *runway* dipengaruhi oleh karakteristik pesawat terbang di antaranya jarak antara tepi luar roda gigi utama dan jarak antara mesin yang dipasang di sayap dan Panjang pesawat, dan lebar sayap pesawat. Selain dari karakteristik pesawat terbang, pengaruh lainnya yaitu dari kecepatan pesawat dan kondisi meteorologi pesawat(ICAO,14). Berbeda dengan Panjang *Runway*, lebar *runway* memiliki standar minimum yang harus dipenuhi, hal tersebut tertuang pada Tabel 7.2 berikut ini.

Tabel 7.2 Klasifikasi Lebar Sayap Pesawat (ICAO,2013b)

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

Tabel 7.2 menampilkan Kombinasi kode angka dan huruf yang menampilkan lebar sayap pesawat diwakilkan oleh

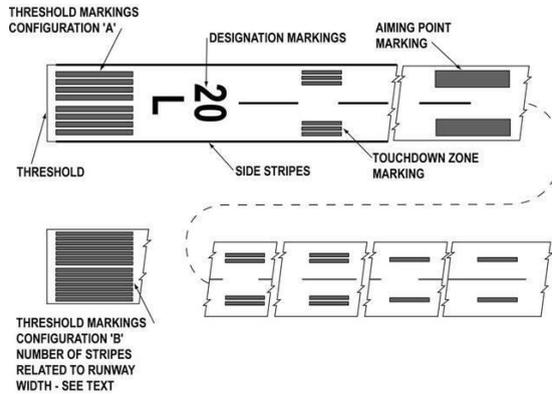
kode huruf dan jenis pesawat yang diwakilkan oleh angka. Tabel tersebut, merujuk pada Klasifikasi pesawat terbang secara umum yang tertuang pada Tabel 7.1. lebar *runway* harus memastikan bahwa pesawat tidak keluar dari sisi *runway* selama lepas landas atau mendarat, bahkan setelah terjadi kerusakan mesin. Jika terjadi kerusakan, mesin pesawat cenderung berbelok dari *runway* karena daya dorong asimetris dan reaksi cepat dari pilot yang memegang komando diperlukan untuk dapat menjaga pesawat tetap berada di *runway*. Ketika terjadi gagal lepas landas, peran lebar *runway* memiliki peran penting. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan pada pesawat yang lebih besar.

**Rambu Penanda Runway**

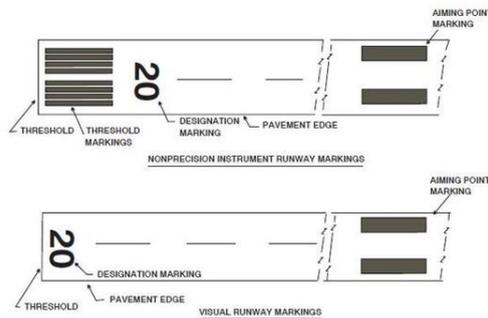
Suatu *runway* memiliki tanda-tanda khusus yang mana mesti dipahami oleh seorang pilot. Penanda tersebut diwakilkan dalam bentuk huruf, angka, kombinasi angka atau bentuk tertentu. Secara umum terdapat tiga jenis penanda *Runway* yaitu visual, *precision*, dan Nonprecision *runway* (FAA). Perbedaan ketiga jenis penanda tersebut ditampilkan pada Tabel 7.3 dan Gambar 7.3 dan 7. 4.

Tabel 7.3 Elemen Penanda *Runway* (FAA)

Elemen Penanda	Visual <i>Runway</i>	Nonprecision Instrument <i>Runway</i>	Precision Instrument <i>Runway</i>
Designation	X	X	X
Centerline	X	X	X
Threshold	X <sup>1</sup>	X	X
Aiming Point	X <sup>2</sup>	X	X
Touchdown Zone			X
Side Stripes			X



Gambar 7.2 *Precision Instrument Runway Markings* (FAA).



Gambar 7.3. *Nonprecision Instrument Runway and Visual Runway Markings* (FAA).

Pada Tabel 7.3, ditampilkan terdapat enam parameter yang membedakan ketiga jenis penanda *runway* tersebut berikut ini.

1. *Runway Designation* adalah melambangkan Nomor dan huruf *runway* yang ditentukan dari arah pendekatan. Nomor landas pacu adalah angka yang paling dekat dengan sepersepuluh azimuth magnetik dari garis tengah landas pacu, yang diukur searah jarum jam dari arah utara *magnetic*, sedangkan untuk membedakan antara *runway* parallel diwakilkan oleh huruf kiri (L), kanan (R), atau tengah (C).

2. *Runway Centerline Marking* adalah menandakan garis Tengah suatu *runway* dan memberikan panduan pilot saat lepas landas atau mendarat. Umumnya, bentuk *Runway centerline markings* berupa garis putus-putus atau garis lurus solid.
3. *Runway Aiming Point Marking* adalah marka yang berbentuk persegi Panjang yang terdiri dari garis putih lebar di setiap sisi garis tengah *runway*, berjarak sekitar 1.000 kaki dari ambang pendaratan dan berfungsi sebagai titik bidik visual untuk pesawat yang akan mendarat. *Runway Aiming Point Marking* dapat dilihat pada Gambar 7.3.
4. *Runway Threshold Marking* adalah marka ambang landas pacu terdiri dua konfigurasi. Keduanya terdiri dari delapan garis memanjang dengan dimensi seragam yang ditempatkan secara simetris pada garis tengah landas pacu (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.3 atau jumlah garis terkait dengan lebar landas pacu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.4. Penandaan ambang batas membantu mengidentifikasi awal *runway* yang tersedia untuk pendaratan. Dalam beberapa kasus, ambang batas pendaratan dapat direlokasi atau dipindahkan.

Tabel 7.4. Jumlah *Strip Threshold Runway* (FAA)

1. Lebar <i>Runway</i>	2. Jumlah Stripes
3. 60 feet (18 m)	4. 4
5. 75 feet (23 m)	6. 6
7. 100 feet (30 m)	8. 8
9. 150 feet (45 m)	10. 12
11. 200 feet (60 m)	12. 16

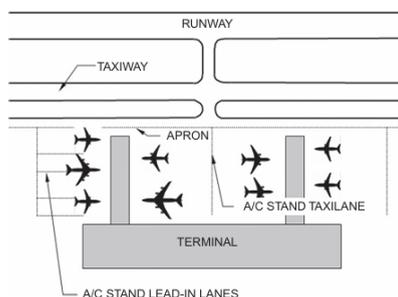
5. *Runway Touchdown Zone Markers* adalah Penandaan zona pendaratan, yang menandai area yang diizinkan untuk operasi pendaratan dan memiliki kode yang menunjukkan jarak dengan kenaikan 500 kaki (150m). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.3, marka terdiri dari kelompok satu, dua, dan tiga palang persegi panjang yang disusun secara simetris pada garis tengah *runway*. Untuk *runway* dengan zona pendaratan di kedua ujungnya, pasangan marka dihilangkan hingga 900 kaki (270 m) di antara ambang batas.
6. *Runway Side Stripe Marking* adalah garis sisi *runway*, yang terdiri dari garis putih kontinu di setiap sisi *runway* untuk memberikan kontras visual antara *runway* dan medan atau bahu jalan yang berbatasan. Garis-garis ini menggambarkan tepi *runway*.

Berdasarkan Tabel 7.3, marka *runway* untuk jenis Precision Instrument *Runway* adalah yang paling lengkap dari jenis lainnya. Jenis ini paling banyak digunakan untuk bandara-bandara domestic atau internasional. Pada Tabel tersebut, juga ditampilkan untuk tipe visual *runway* terdapat huruf X dengan pangkat 1 yang menandakan untuk digunakan transportasi komersial internasional, sedangkan pangkat 2 mendakan bahwa *runway* 4.000 kaki (1.200 m) atau lebih panjang yang digunakan oleh pesawat jet.

#### **Taxiway**

*Taxiway* adalah bagian dari bandar udara yang berfungsi tempat pergerakan pesawat udara yang menghubungkan *runway* dengan bagian lainnya. Proses pesawat terbang melakukan antrian sebelum take-off atau keluar dari *runway* setelah landing meruapakan proses Taxi. Dalam merancang *taxiway*, terdapat beberapa prinsip penting yang harus diperhatikan untuk memastikan pergerakan

pesawat yang aman dan efisien. Pertama, *taxiway* harus dirancang untuk menyediakan koneksi terpendek dan paling cepat antara *runway* dan apron serta area lain di bandara (Odoni et el,2013). Hal ini dapat membantu mengurangi waktu dan konsumsi bahan bakar pesawat. Kedua, dengan meminimalkan konsumsi bahan bakar pesawat, rancangan *taxiway* yang efisien juga berdampak positif pada lingkungan. Ketiga, rancangan *taxiway* yang memungkinkan pergerakan satu arah dan mengurangi interaksi dengan *taxiway* lain, terutama *runway* dapat meningkatkan keselamatan pesawat. *Taxiway* dapat dilihat pada Gambar 7.4. di bawah ini.



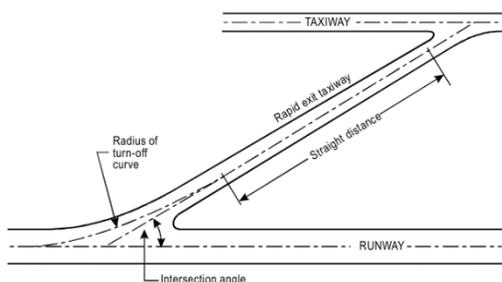
Gambar 7.4 Bagian-bagian bandar udara (Kazda, 2007).

Dalam desain *taxiway*, sedangkan ketentuan untuk lebar *taxiway* diatur dalam Tabel 7.6 berikut ini.

Tabel 7.6 Klasifikasi Golongan Pesawat Berdasarkan Lebar Minimum Bahu *Taxiway* (Kepmenhub, 2019)

Code Letter	Golongan Pesawat	Lebar Minimum Bahu <i>Taxiway</i> pada Bagian Lurus(m)
A	I	25
B	II	25
C	III	25
D	IV	38
E	V	44
F	VI	60

Salah bagian penting dari *Taxiway* adalah Rapid Exit *Taxiway*. Rapid Exit *Taxiway* merupakan suatu jalur dari *taxiway* yang dirancang untuk membuat pergerakan pesawat lebih cepat keluar dari *runway*. Ketika telah selesai landing atau mempercepat proses *take-off* pesawat. Rapid Exit *Taxiway* ini umumnya sering berada pada bandar udara yang memiliki operasional yang tinggi. Rapid Exit *Taxiway* dapat dilihat pada Gambar 7.5.



Gambar 7.5 Rapid Exit *Taxiway* (Kazda, 2007)

Jarak pemisah minimal yang aman antara garis tengah *taxiway* dengan *runway* yang berdasarkan Annex 14 sebenarnya bergantung pada nomor kode *runway*, kategori alat bantu pedekatannya sehingga ujung sayap pesawat tidak akan melewati garis *runway*. Pada Annex 14 tersebut untuk kode F menarangkkn bahwa jaraknya adalah 190m dan jarak pemisah minimal untuk *taxiway* paralel adalah 97.5 mm agar dapat digunakan tanpa hambatan leh pesawat dengan lebar sayap hingga 8m (ICAO,2022). Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7.8 Jarak Minimal Pemisah antara *Taxiway*  
(ICAO,2013b)

Code letter	Distance between TWY centreline and RWY centreline [m]				TWY centreline to TWY centreline [m]	TWY, other than aircraft stand taxilane, centreline to object [m]	Aircraft stand taxilane centreline to object [m]
	Instrument runways code number						
	1	2	3	4			
A	82.5	82.5	–	–	23.75	16.25	12
B	87	87	–	–	33.5	21.5	16.5
C	–	–	168	–	44	26	24.5
D	–	–	176	176	66.5	40.5	36
E	–	–	–	182.5	80	47.5	42.5
F	–	–	–	190	97.5	57.5	50.5

### Apron

*Area Parking Over Night* (APRON) adalah bagian dari bandar udara yang berfungsi tempat parkir pesawat terbang sebelum melakukan penerbangan ataupun setelah penerbangan. Kegiatan yang biasanya dilakukan di Apron, di antaranya menaikan dan menurunkan penumpang, bagasi dan kargo, mengisi bahan bakar pesawat dan aktifitas perbaikan ringan pesawat (Kazda, 2007). Apron adalah titik penghubung antara sistem *runway* dan gedung terminal. Lokasi terminal bandar udara dan apron, harus dapat diakses dengan mudah. Dalam merancang Apron terdapat beberapa syarat dasar yang diharus dipenuhi seperti berikut ini (ICAO,1993).

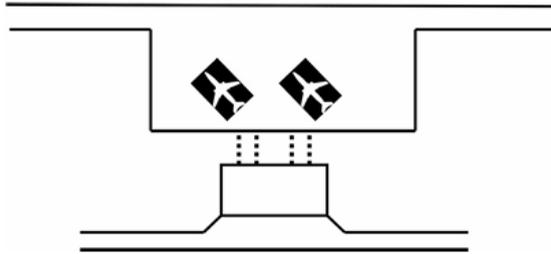
1. Lokasi apron untuk mengurangi panjang dan kerumitan taxi antara terminal dan *runway*.
2. Apron harus memungkinkan pesawat bergerak secara independent dari dan menuju *runway* dengan *delay* yang minimum.
3. Apron harus memungkinkan tempat parkir yang cukup untuk menampung jumlah pesawat yang banyak selama jam sibuk.
4. Apron harus dalam kondisi memadai untuk bongkar muat penumpang dan kargo dengan cepat.

5. Apron harus dirancang sedemikian rupa sehingga ada ruang yang cukup untuk kegiatan *turnaround* yang dapat dilakukan secara terpisah dari kegiatan di landas hubung yang berdekatan.
6. Area apron harus memberikan ruang yang cukup untuk parkir, *handling equipment* dan kegiatan staf teknis
7. Harus memiliki jalur pada sistem airside yang aman dan efektif untuk peralatan teknis saat ingin mengakses landasan dan menghindarkan pesawat melintasi jalur tersebut saat akan mengakses *taxiway*.
8. Jalur tersebut harus diberikan tanda dengan jelas dengan memiliki lebar jalur yang mampu mengakomodasi peralatan darat yang paling lebar.
9. Kerusakan lingkungan pekerjaan, terutama keselamatan, kebisingan, dan gas buang, harus diminimalkan dengan memprioritaskan kesehatan dan keselamatan karyawan dan penumpang saat melintasi apron.
10. Mempertimbangkan pengembangan lebih lanjut dari system *runway*, apron dan bangunan.

Terdapat beberapa konsep Apron yang banyak digunakan di bandar udara diseluruh dunia. Setiap konsep memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga banyak beberapa konsep merupakan hasil kombinasi. Berikut merupakan beberapa konsep yang digunakan (ICAO,2006a).

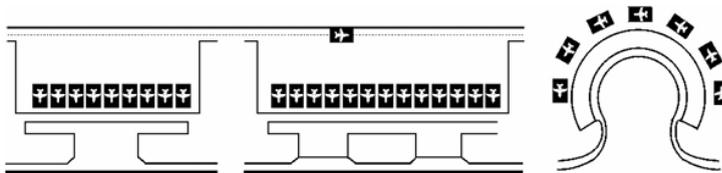
1. Konsep sederhana adalah jenis konsep Apron dengan posisi parkir pesawat (*angled nose-in or nose-out*) biasanya bergantung pada bagian depan terminal dan kemiringan apron untuk mengurangi semburan *propwash* atau jet mesin pada bangunan terminal. Konsep ini sering kali diterapkan pada bandara udara

yang sederhana. Ilustrasi konsep ini dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 7.6 Apron dengan konsep sederhana (ICAO, 2005).

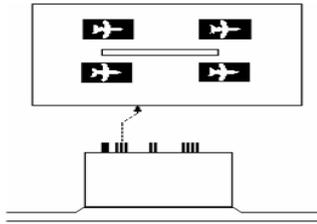
2. Konsep Linear adalah jenis konsep Apron yang merupakan hasil pengembangan dari konsep sederhana. Konsep ini menempatkan pesawat berada sepanjang Gedung terminal dan juga penambahan konsep lain seperti konsep satelit sebagai bagian dari modifikasi, contoh bandar udara yang menggunakan konsep ini adalah bandara Atalanta di Amerika Serikat. Ilustrasi konsep ini, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 7.7 Apron dengan konsep Linear (ICAO, 2005).

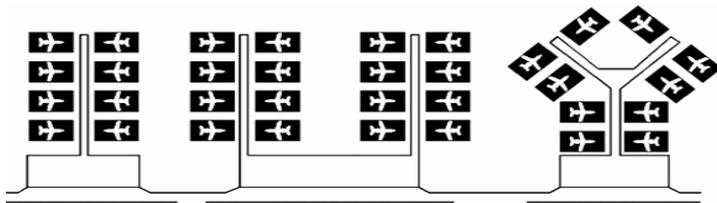
3. Konsep Terbuka adalah Konsep Apron yang menempatkan stand/tempat pesawat berada pada satu atau lebih baris di depan Gedung terminal. Kekurangan konsep ini adalah salah satu stand akan lebih dekat terhadap terminal, namun berbeda dengan yang lainnya. Hal ini mengakibatkan penumpang harus berpindah, menggunakan bus jika

cukup jauh atau jalan kaki jika jaraknya dekat. Konsep ini, diilustrasikan pada Gambar 7.8.



Gambar 7.8. Apron dengan Konsep Terbuka (ICAO, 2005)

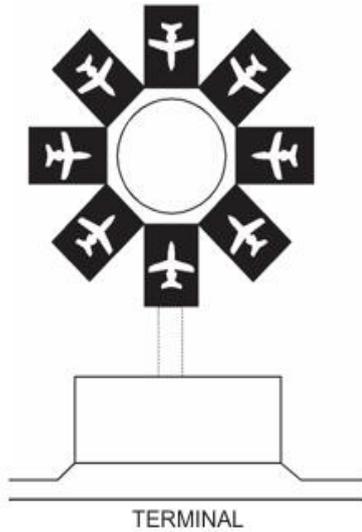
4. Konsep Pier adalah konsep Apron yang memiliki keuntungan karena semua gerbang berada di bawah satu atap membuat tugas navigasi yang relatif mudah untuk memindahkan penumpang. Hal ini merupakan Salah satu cara yang paling mudah di banyak bandara besar untuk meningkatkan kapasitas bandara dan memberikan perlindungan cuaca bagi penumpang. Penggunaan konsep ini, contohnya adalah Bandara Schiphol Amsterdam. Konsep ini diilustrasikan pada Gambar 7.9.



Gambar 7.9 Apron dengan Konsep Pier (ICAO, 2005)

5. Konsep Satelit adalah konsep Apron dengan pemusatan penumpang melingkar seperti satelit yang terhubung dengan terminal menggunakan terowongan atau koridor yang berada di atas kepala. Konsep ini memiliki keuntungan, berupa ruang yang cukup untuk servis pesawat, terutama di sekitar satelit yang melingkar Konsep ini dibuat untuk

menghindari *cul-de-sacs* dan kerugiannya. Akan tetapi, konsep ini membutuhkan ruang yang cukup luas untuk sebuah Apron. Konsep ini diilustrasikan pada Gambar 7.10.



Gambar 7.10 Apron dengan Konsep Satelit (ICAO, 2005)

## Daftar Pustaka

- Kazda, A. (2007). AIRPORT DESIGN AND OPERATION Second Edition. In *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents*.
- ICAO. (2022). Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation - Aerodomes - Volume I - Aerodrome Design and Operations (Vol. 9, Nomor July).
- Kementrian Perhubungan RI. (2019). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 326 Tahun 2019 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 {*Manual Of Standard Cask - Part 139*) Volume I Bandar Udara (Aerodrome).
- ICAO. (2013b). Annex 14. Aerodrome design and operations (Vol. I, 6th ed.). Aerodromes. International Civil Aviation Organisation, Montreal.
- de Neufville, R., & Odoni, A. (2013). Airport systems: Planning, design, and management (2nd ed.). ISBN-13: 978-0071770583. New York: McGraw-Hill Professional.
- FAA. Aeronautical Lighting and Other Airport Visual Aids. Retrieved from Airport Marking Aids and Signs (faa.gov). Diakses tanggal 2 Juni, 2024.
- ICAO. (2005) Aerodrome Design Manual, Part 2, *Taxiways, Aprons and Holding Bays*, Doc 9157-AN/901, 4th ed.
- ICAO. (1993). Aerodrome design manual. Part 3, Pavements, Doc 9157-AN/901, 1991, Corrigendum N 1, 1993, Montreal: International Civil Aviation Organisation.
- ICAO. (2006a). Aerodrome design manual (3rd ed.). Part 1 — *Runways*, Doc 9157-AN/901.
- ICAO. (2009). Annex 14. Aerodrome design and operations (Vol. I, 5th ed.). Aerodromes. International Civil Aviation Organisation, Montreal.

## Profil Penulis

### Muhamad Jayadi, S.T., M.T.



Ketertarikan penulis terhadap ilmu dirgantara dimulai pada tahun 2011 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Penerbangan tahun 2013 dengan memilih Jurusan Rangka dan Mesin Pesawat udara dan berhasil lulus pada tahun 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S-1 di prodi Teknik Penerbangan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma pada tahun 2020. Penulis merasa kurang dalam dunia penerbangan dan memutuskan untuk melanjutkan studi S-2 di Institut Teknologi Bandung dengan jurusan Teknik Driganta dan diselesaikan pada tahun 2024 dengan hasil yang memuaskan. Penulis memiliki kepakaran di bidang Aerodinamika, optimisasi desain, dan komputasi dinamika fluida. Selain itu, penulis juga memiliki ketertarikan pada bidang Aritificial Intelligence khususnya pada bidang Engineering. Selama menempuh Pendidikan di perguruan tinggi penulis aktif dalam kegiatan penelitian, organisasi di kampus atau di luar kampus serta bekerja pada bidang data. Setelah menyelesaikan studi S-2 penulis sedang membangun jalur karir di bidang *Engineering* khusus drigantara. Penulis berharap buku ini dapat menjadi amal jariyah bagi penulis dan dapat bermanfaat bagi Masyarakat umum dan pelajar.

E-mail Penulis: [jayadimuhamad72@gmail.com](mailto:jayadimuhamad72@gmail.com)



## DESAIN *GREEN AIRPORT*

**Dr. Aprilia Sakti Kusumalestari, S.Si., M.Si.**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

### **Why Green?**

Dalam perkembangan teknologi dan implementasinya di industri pada abad ke-21, isu lingkungan dan keberlangsungan semakin kuat disuarakan, termasuk industri di bidang di aviasi. Dalam hal inovasi pesawat terbang, kecepatan, maupun kecanggihan, tidak menunjukkan perkembangan yang signifikan selama lebih dari 50 tahun. Hal yang menjadi tantangan adalah dampak yang lebih luas dari operasional pesawat terbang itu sendiri, yaitu tanggung jawab lingkungan (*environmental responsibility*) dan mensiasati keterbatasan sumber daya energi (Merlin, 2020).

Secara langsung, isu lingkungan merupakan tanggung jawab dari setiap pengembangan teknologi, industri, dan pembangunan. Secara jangka panjang, efek lingkungan dipertimbangkan sebagai bagian dari pelestarian keanekaragaman hayati (*biodiversity*) dan keberlangsungan dari sumber daya alam. Dalam industri global, riset dan penerapan *green technology* menjadi salah satu indikator dari kemajuan riset dan pembangunan suatu negara.

Dalam dokumen yang dikeluarkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO), dicanangkan *environmental goal* untuk meminimalisir efek dari penerbangan sipil

yang merugikan terhadap lingkungan (ICAO, 2019). Untuk mencapai tujuan tersebut para pelaku industri aviasi dihimbau untuk melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. membatasi dan mengurangi emisi yang memperburuk efek rumah kaca dan berdampak pada perubahan iklim global;
2. membatasi dan mengurangi populasi penduduk yang terdampak oleh kebisingan akibat operasional aviasi; dan
3. membatasi dan mengurangi emisi dari kegiatan aviasi yang berdampak pada kualitas udara sekitar.

Implementasi dari batasan-batasan tersebut dituangkan dalam dokumen ICAO Annex 16 *Environmental Protection* yang terdiri dari Volume I tentang *Aircraft Noise*, Volume II tentang *Aircraft Emission*, Volume III tentang *Aeroplane CO<sub>2</sub> Emission*, dan Volume IV tentang CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*). Volume terakhir yang biasa disebut “perdagangan karbon”, mendapat banyak reaksi dari para pelaku penerbangan sipil internasional karena sangat mempengaruhi operasional maskapai penerbangan, desain dan produksi pesawat terbang, serta perencanaan dan pengelolaan bandara.

Bandar udara, atau singkatnya disebut bandara, merupakan suatu wilayah yang menjadi sumber polusi utama dari industri aviasi. Polusi udara dan kebisingan merupakan faktor-faktor yang perlu diantisipasi dan dimitigasi secara terstruktur dan terkelola dengan baik. Hal ini merupakan cara untuk mengurangi kontribusi terhadap efek rumah kaca, dampak kebisingan terhadap lingkungan sekitar dan polusi udara di area bandara (Ashford et al., 2013).

Selain memperhatikan standar-standar internasional, analisis dampak lingkungan (andal) juga merupakan salah satu persyaratan wajib dalam membangun dan mengoperasikan bandara. Dalam peraturan perundangan di Indonesia disebutkan juga tentang tanggung jawab lingkungan yang harus diperhitungkan oleh suatu bandara, tetapi tidak ditekankan secara detail mengenai mitigasi maupun konsekuensi jangka panjangnya (Kemenhub, 2024). Dalam bab tentang *green airport* ini, tidak dibahas tentang limbah yang merupakan faktor umum dari suatu lingkungan kegiatan karena bukan merupakan kasus khusus dari bandara.

### **Emisi dan Polusi Udara**

Dari keseluruhan emisi dunia internasional yang memberi dampak pada efek rumah kaca dan iklim global, operasional penerbangan hanya mempunyai kontribusi sekitar 3%. Sedangkan emisi karbondioksida secara khusus menyumbang sekitar 2% dari emisi global per tahunnya (Klöver et al., 2021). Walaupun terhitung sangat kecil dibandingkan emisi dari sektor industri lain, tetapi hal ini tetap menjadi perhatian bagi pembuat kebijakan, pelaku, dan pemangku kepentingan dalam industri aviasi. Selain adanya kemungkinan prosentase tersebut, akan meningkat, mengurangi dampak terhadap perubahan iklim dunia merupakan konsekuensi dalam setiap pengembangan industri dan teknologi.

Emisi berbagai jenis gas ke atmosfer menjadi penyebab, timbulnya efek rumah kaca yang selanjutnya mempengaruhi perubahan iklim bumi. Keberadaan ozon di lapisan atmosfer yang berfungsi sebagai perisai yang mencegah masuknya radiasi berbahaya ke kehidupan manusia di permukaan bumi bisa terancam rusak. Hal ini karena beberapa jenis gas dapat menguraikan ozon menjadi oksigen. Selain konsekuensi global, dampak lokal yang langsung dirasakan dari emisi yang bandara adalah

kualitas udara dan kesehatan masyarakat sekitar (ICAO Annex 16).

Emisi yang dikeluarkan oleh bandara berasal dari sumber berikut.

1. Mesin dan APU (*alternative power unit*), mesin pesawat dari pesawat udara yang terbang dan mendarat di bandara tersebut, menghasilkan emisi gas buang yang terdiri dari gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air, dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Selain itu, pada kondisi tertentu, walaupun mesin tidak dinyalakan, tetapi APU sebagai penyokong operasional pesawat selama masih di darat juga memberikan kontribusi yang serupa walaupun tidak sebesar yang dikeluarkan mesin
2. Kegiatan *ground handling* dan pemeliharaan, proses pemeliharaan pesawat, termasuk perawatan mesin dan perbaikan, juga dapat menghasilkan emisi gas buang. Penggunaan bahan bakar selama pengujian mesin dan perawatan pesawat dapat menyumbang terhadap polusi udara di lingkungan sekitar bandara
3. lalu lintas jalan akses bandara, kendaraan yang menuju bandara, seperti taksi, bus, dan mobil penumpang, juga berkontribusi terhadap polusi udara di sekitar bandara.
4. Infrastruktur, gedung terminal, landasan pacu, dan fasilitas lainnya di bandara juga berkontribusi terhadap polusi udara. Penggunaan listrik, pemanas, dan pendingin udara di gedung-gedung ini menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>.

Suatu penelitian yang memetakan emisi gas buang yang dihasilkan oleh bandara-bandara di Indonesia menunjukkan jumlah rata-rata emisi NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, CO

yang bervariasi bersesuaian dengan tingkat kesibukan bandara tersebut (Purwanta, 2015).

### **Kebisingan**

Selain emisi gas buang, polusi yang juga menjadi perhatian pengelolaan bandara adalah kebisingan. Pada tahapan awal desain bandara, efek dari kebisingan menjadi salah satu pertimbangan yang dilakukan lebih dahulu daripada dampak emisi. Kebisingan dapat menjadi salah satu faktor pembatas dalam penentuan kapasitas bandara dan pengembangannya. Kebisingan yang ditimbulkan oleh bandara sudah menjadi bahan kajian yang menarik di beberapa negara termasuk Indonesia.

Pada tahun 2011, kantor cabang WHO (*World Health Organization*) untuk wilayah Uni Eropa mengeluarkan dokumen tentang peringatan akan dampak polusi suara yang mengakibatkan gejala-gejala penurunan kesehatan pada manusia. Gejala tersebut meliputi potensi penyakit jantung dan pembuluh darah (*cardiovascular*), penurunan kemampuan kognitif pada anak usia sekolah, gangguan tidur, dengungan di telinga, atau sekedar bunyi yang mengganggu (WHO, 2011).

Penelitian tentang dampak kebisingan bandara di Indonesia juga cukup banyak dilakukan, dengan studi kasus lingkungan bandara yang dikelilingi pemukiman penduduk. Bandara yang menjadi objek penelitian antara lain Bandara Adi Sucipto (Yogyakarta), Bandara Adisumarmo (Boyolali), Bandara Sultan Syarif Kasim (Pekanbaru), Bandara Juanda (Surabaya), Bandara El Tari (Kupang), dan Bandara Minangkabau (Padang).

Umumnya, hasil penelitian tersebut, memberikan hasil yang serupa, namun secara spesifik juga menunjukkan adanya penurunan kemampuan kognitif anak usia sekolah dasar, gangguan kesehatan jantung dan pembuluh darah, serta gangguan kestabilan emosi pada

sebagian objek yang terpapar (Sutopo, 2007; Manshuri, 2009; Mahbubiyah, 2011; Gusrianda et al., 2019; Klobor et al., 2019). Penelitian-penelitian ini muncul karena belum adanya pengukuran terjadwal tentang kebisingan bandara-bandara di Indonesia. Lain halnya dengan kualitas udara di area bandara yang umumnya terpantau secara terus menerus.

### **Mitigasi**

Mitigasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak dari suatu kondisi yang merugikan. Dalam *The ICAO Basket of Measure* disebutkan tentang salah satu mitigasi yang dapat dilakukan oleh bandara, yaitu menerapkan manajemen operasional pesawat terbang dengan tanggung jawab lingkungan secara intensif, yang termasuk dalam manajemen ini, adalah membuat batasan tentang emisi bahan bakar yang dihasilkan, dan tingkat kebisingan yang dikeluarkan oleh pesawat terbang yang memasuki bandara tersebut. Lebih lanjut, disarankan untuk menerapkan CORSIA dalam operasionalnya. Pada skema ini, operator penerbangan diharuskan membayar sejumlah denda jika emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan melebihi batas yang disepakati secara internasional.

Kesadaran tentang dampak polusi udara di bandara semakin meningkat di masyarakat, terutama yang bertempat tinggal di sekitar lingkungan bandara. Beberapa bandara telah mengambil langkah-langkah untuk mengurangi emisi, seperti dengan menggunakan kendaraan listrik untuk pendukung operasionalnya dan mengadopsi teknologi ramah lingkungan. Penumpang pesawat terbang juga dapat berkontribusi dengan memilih maskapai yang memiliki kebijakan lingkungan yang baik dan mengurangi frekuensi penerbangan.

Pengelolaan kebisingan bandara, merupakan salah satu dari kebijakan “*balance approach*” yang dikeluarkan oleh ICAO pada peringatan yang ke-33 berdirinya organisasi ini pada tahun 2001, dalam pembicaraan tentang pencegahan dan mitigasi kebisingan industri aviasi. Mitigasi kebisingan bandara ini meliputi pembatasan landasan pacu untuk pengendalian pergerakan pesawat terbang, penerapan PBN (*Performance Based Navigation*), mengharuskan mode CDA (*Continuous Descent Arrivals*) bagi pesawat yang akan mendarat, dan mengatur penggunaan *thrust reverse* pada pendaratan (ICAO, 2001).

### **Konsep Green Airport**

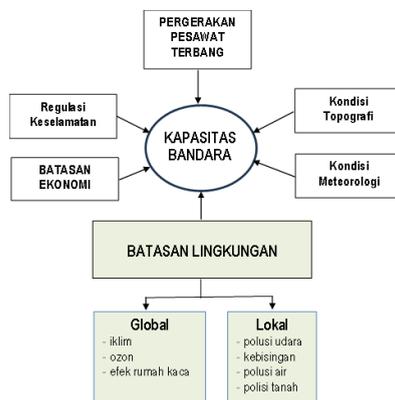
Sebuah publikasi menerangkan tentang kebangkitan *Green Airport*, yang menjadi titik awal perkembangan konsep pembangunan bandara di seluruh dunia. Konsep ini dikembangkan seiring dengan kecenderungan *go green* yang semakin marak di dunia industri, dan untuk alasan peningkatan pelayanan kepada masyarakat, yang berdampak secara ekonomi pada operasional bandara (Batler, 2023). Konsep ini berpegang pada prinsip menjaga kelestarian lingkungan dengan keanekaragamannya, menjaga keberlangsungan sumberdaya alam, dan mengurangi dampak polusi di lingkungan sekitar. Jumlah emisi dan kebisingan yang dihasilkan, diharapkan tidak melebihi batasan yang menjadi acuan pemerintah baik nasional, regional, maupun kesepakatan internasional.

Dalam perencanaan desainnya, bandara dengan konsep ini juga memperhitungkan faktor lingkungan untuk menentukan kapasitas bandara tersebut. Gambar 8.1 menunjukkan faktor-faktor yang menjadi perhitungan dalam penentuan kapasitas bandara, di mana batasan lingkungan yang meliputi dampak global (iklim, ozon, efek rumah kaca) dan dampak lokal (polusi udara, air, tanah,

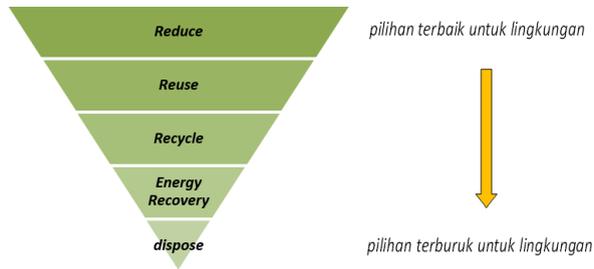
kebisingan) menjadi faktor yang seharusnya mengambil peran cukup besar (Zaporozest, 2011).

Untuk membangun dan mengelola bandara dengan konsep *green airport*, maka prinsip hierarki berikut ini perlu dijadikan acuan. Pilihan terbaik dari ramah lingkungan adalah *reduce*, yaitu mengurangi pemakaian energi, air, dan barang-barang konsumsi. Pilihan selanjutnya adalah *reuse*, menggunakan barang yang bisa digunakan berulang kali, seperti alat-alat makan di restoran, dan alat kebersihan. Jika kedua pilihan di atas sudah optimal, maka dapat dilakukan *recycle*, semua sampah yang dapat didaur ulang dikelola untuk didaur ulang.

Pilihan selanjutnya adalah *energy recovery*, menghasilkan energi dari energi yang terbuang, misal dengan adanya tungku sampah yang menghasilkan energi. Dan pilihan terakhir adalah *dispose*, di mana komunitas, dalam hal ini bandara, tidak mampu untuk menerapkan *reduce*, *reuse*, *recycle*, ataupun melakukan proses *energy recovery* dalam operasional pengelolaannya (Ashford et al., 2013). Gambar 4.2 menunjukkan hierarki yang dimaksud dengan tingkatan kepedulian bandara terhadap lingkungan yang menjadi ukuran dalam penerapan *green airport*.



Gambar 8.1 Faktor-faktor yang menjadi penentu kapasitas operasional bandara.



Gambar 8.2 Hierarki manajemen pembuangan barang-barang sisa produksi.

(Sumber: Ashford et al., 2013)

Pendekatan *green airport design*, memerlukan kerjasama berbagai pihak dalam pengembangannya agar tujuan untuk mengurangi dampak lingkungan, sebagaimana uraian subbab di atas dapat dicapai. Unsur-unsur yang menjadi bagian dari konsep *green airport*, dijelaskan pada subbab ini. Pada umumnya, pengelola bandara menggunakan jasa arsitektur bersertifikat khusus sebagai pihak ketiga untuk mengembangkan bandara dengan konsep *green airport*. Gambar 8.3 merupakan ilustrasi penampakan bandara yang mengoptimalkan konsep *green airport*.



Gambar 8.3 Ilustrasi penampakan *green airport* secara aerial tanpa memperlihatkan proses pengelolaan yang menentukan statusnya sebagai *green airport*.

(Sumber: Revolutionizing Travel: The Rise of Green Airports (airwinds.net))

## 1. Desain Arsitektur

Konsep ini, dikembangkan dari segi arsitektur kebandaraan yang dapat menghemat penggunaan energi yang berdampak langsung pada polusi udara, emisi gas buang, dan kebisingan. Hal yang menjadi perhatian dari faktor ini adalah

- a. mengoptimalkan pencahayaan alami, dengan menempatkan jendela-jendela untuk memaksimalkan penerangan alami di dalam gedung;
- b. ventilasi alami: sistem ventilasi yang memanfaatkan aliran udara alami untuk mengurangi kebutuhan energi pendingin dan pemanas; dan

- c. isolasi termal: penggunaan bahan dinding, atap, dan kaca berkualitas tinggi untuk meningkatkan isolasi termal.
2. Efisiensi Energi
- a. Penggunaan energi terbarukan untuk menghasilkan energi Listrik, seperti tenaga surya, tenaga angin, atau tenaga air sesuai kondisi geografis dan iklim bandara tersebut
  - b. Pemilihan peralatan listrik efisien merupakan kebijakan yang perlu untuk dipelajari dalam operasional yang menjamin keberlangsungan sumber daya alam.
3. Manajemen Limbah
- a. Pengelolaan Air: Penggunaan teknologi untuk mengurangi konsumsi air dan memastikan pengelolaan limbah yang efisien.
  - b. Daur Ulang: Mendorong penggunaan bahan daur ulang dan mengurangi limbah konstruksi.
4. Ruang Terbuka Hijau
- Penanaman Pohon dan Tanaman: Menciptakan area hijau di sekitar bandara untuk meningkatkan kualitas udara dan mengurangi efek panas.

Gambar 8.4 adalah foto bandara Shenzhen di China yang merupakan contoh dari penerapan konsep *green airport* secara terintegrasi, dari sisi arsitektur bangunan dibuat menyatu sehingga sistem penunjangnya dapat bekerja secara optimal. Pemanfaatan energi dan sinar matahari juga dibuat sedemikian rupa untuk efisiensi dan keberlangsungan sumber daya alam tersebut. Pengelolaan penggunaan air dikontrol dengan baik, dan sistem penampungan air hujan, dibuat untuk menopang

kebutuhan tertentu seperti pengairan tanaman pada musim kemarau dan cadangan air yang lain.



Gambar 8.4 Bandara Shenzhen, China  
(Sumber: RSHP Architecture)

Gambar 8.5 adalah salah satu contoh penyediaan ruang terbuka hijau dengan estetika yang sangat baik di lingkungan bandara Changi, Singapura. Contoh bandara lain yang menerapkan *green design* secara luas adalah Hong Kong International Airport (HKIA). HKIA memiliki berbagai inisiatif penghijauan, yaitu dengan intensifnya penggunaan energi terbarukan, desain bangunan yang berkelanjutan, dan manajemen lingkungan yang berfokus pada pengurangan dampak negatif. Bandara yang sudah diakui secara internasional sebagai bandara dengan konsep lingkungan dalam versi *Airport Technology* yang terintegrasi antara lain adalah Bandara Boston Logan (USA), Galapagos Ecological Airport (Galapagos), Oslo Airport (Norwegia), Stockholm Arlanda Airport (Swedia), Zurich Airport (Swiss), Delhi Indira Ghandi Airport (India) (Baker, 2018).



Gambar 8.5 Contoh ketersediaan ruang hijau di sekitar area bandara Changi, Singapura.

(Sumber: Peter Walker Partners Landscape)

Konsep *green airport* di Indonesia, juga sudah mulai berkembang dengan diterapkannya standar mutu ISO 14001 untuk Sistem Manajemen Lingkungan. Bandara udara Banyuwangi, Jawa Timur, diakui sebagai bandara pertama yang menerapkan konsep *green airport* di Indonesia (Antares, 2023), yang kemudian Bandara Kulonprogo, Yogyakarta juga menggunakan konsep ini, dan akan diikuti oleh bandara-bandara lain (Mulyani et al., 2023). Kontribusi terhadap lingkungan juga dilakukan pada proses pengembangan Terminal 4, landas Pacu 3 dan sistem otomasi bandara Soekarno-Hatta Cengkareng dengan analisis dampak lingkungan (Angkasa Pura II, 2017). Tetapi penerapan ini belum dapat dikatakan sebagai implementasi dari konsep *green airport*.



(Sumber: <https://konstruksimedia.co.id/>)



Gambar 8.6 Penampakan Bandara Banyuwangi, Jawa Timur dari udara (atas); dan penampakan lorong Bandara Kulon Progo, Yogyakarta (bawah), dengan konsep *green airport*.  
(Sumber: radarjogja.jawapos.com)

### **Kesimpulan**

Penerapan konsep *green airport* pada pengembangan bandara-bandara saat ini, cenderung bertambah dan berkembang. Fenomena ini bukan saja bentuk dari tanggung jawab lingkungan dari perkembangan teknologi dan industri, tetapi juga menjadi persaingan untuk menambah nilai ekonomi dan daya jual. Bandara yang mempunyai konsep ini menarik perhatian penumpang dan operator penerbangan untuk mengunjungi dan memanfaatkan fasilitas yang ada. Umumnya, *green airport* mempunyai nilai lebih dalam lingkungan yang nyaman dan asri, sehingga pengunjung tidak ragu untuk transit, beristirahat, bermain, dan makan minum di bandara

tersebut. Bandara dengan konsep ini juga umumnya merupakan lingkungan kerja yang nyaman, sehingga dapat meningkatkan mutu pelayanan kepada pengunjung.

Selain bandara-bandara internasional di Eropa, Amerika, dan negara-negara maju di Asia, Indonesia juga mulai menggalakkan konsep *green ariport* ini dalam pembangunan dan pengembangan bandara baru. Untuk menjamin kelestarian lingkungan dan keberlangsungan sumber daya alam, hal ini memerlukan kerjasama dari semua pihak, mulai dari pengembang, otoritas bandara, maskapai penerbangan, penumpang, serta pemangku kebijakan di tingkat daerah, nasional dan internasional.

Komunitas pendidikan dan peneliti akademisi mempunyai peran yang penting juga dalam pengembangan konsep ini.

Penelitian dan studi kasus dapat memberikan masukan-masukan yang berharga dalam peningkatan mutu pengelolaan dan pelayanan pada bandara-bandara tersebut. Edukasi dampak lingkungan kepada masyarakat juga merupakan bentuk peran serta akademisi dalam pengembangan *green airport*. Sehingga masyarakat sebagai konsumen penerbangan mempunyai wawasan lingkungan yang luas dan bersikap lebih kritis terhadap kondisi yang berdampak terhadap kesehatan dan produktifitas kerja. Tidak hanya untuk penduduk di sekitar bandara, tetapi juga untuk para pelajar, mahasiswa, dan masyarakat umum.

## Daftar Pustaka

- Angkasa Pura II. (2017). Dokumen Analisis Dampak Lingkungan Hidup: Rencana Pengembangan Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta (Pengembangan Terminal 4 Tahap I, Landas Pacu 3 dan Automatic People Mover System)
- Antares, R. (2023). Keunikan Bandara Banyuwangi dengan Konsep Green Airport. *Konstruksi Media*, January 09, 2023  
tersedia: <https://konstruksimedia.co.id/keunikan-bandara-banyuwangi-dengan-konsep-green-airport/>
- Ashford, N.J., Stanton, H.P.M., Moore, C.A., Coutu, P., Beasley, J.R. (2013). *Airport Operation 3rd Edition*. McGraw Hill, USA
- Baker, J. (2018). The world's most environmentally friendly airports. *Airport Technology*, April 26, 2018.  
tersedia: <https://www.airport-technology.com/features/worlds-environmentally-friendly-airports/>
- Barker, N. (2022). *Ten Airport Design with Sustainability in Mind*  
tersedia: *Ten airports designed with sustainability in mind* (dezeen.com)
- Batler, N. (2023). *Revolutionizing Travel: The Rise of Green Airports*. Airwinds.  
tersedia: *Revolutionizing Travel: The Rise of Green Airports* (airwinds.net)
- Keputusan Menteri Perhubungan no 33 tahun 2024 tentang Tatahan Kebandarudaraan, Kementerian Perhubungan RI
- Klöwer, M., Allen, M.R., Lee, D.S., Proud, S.R., Gallagher, R. Skowron, A. (2021). Quantifying aviation's contribution to global warming. *Environmental Research Letters* Volume 16.  
tersedia: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac286e>

- Merlin, P.W. (2020). Green Light for Green Flight. NASA's Contributions to Environmentally Responsible Aviation. National Aeronautics and Space Administration, USA
- Mulyani, S., Rianto, Adiputra, B.G. (2023). Green Concept of Kulon Progo Airport Development Using UMI Simulation. Compiler, Volume 12 (1), pp. 33-42  
tersedia:  
<https://ejournals.itda.ac.id/index.php/compiler/article/view/1654>
- Munte, R. (2023). Penerapan green airport dalam memberikan kepuasan kepada penumpang. Aviasi: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan, 20(1), 40-45.  
tersedia: Penerapan green airport dalam memberikan kepuasan kepada penumpang | Munte | Aviasi. Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan (stp-aviasi.ac.id)
- Purwanta, W. (2015). Profil emisi gas buang dari pesawat udara di sejumlah bandara di Indonesia. Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT Volume 16 (1), pp. 21-26
- Sutopo, Mieng Nova. Joko Rianto, B.U. Ng, Nawi. (2007). Hubungan Antara Intensitas Kebisingan Aktifitas Penerbangan di Bandara Adisucipto dengan Nilai Ambang Pendengaran pada Anak. Berita Kedokteran Masyarakat, 23(1). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. tersedia:  
<https://jurnal.ugm.ac.id/bkm/article/view/3632>
- Selander, J., Bluhm, G., Theorell, T., Pershagen, G., Babisch, W., Seiffert, I., Houthuijs, D., Breugelmans, O., Vigna-Taglianti, F., Antoniotti, M.C., Velonakis, E., Davou, E., Dudley, M.L., Jarup, L. (2009). Saliva cortisol and exposure to aircraft noise in six European countries. Environmental Health Perspectives, 117(11).
- Sparrow, V., Gjestland, T., Guski, R., Richard, I., Basner, M., Hansell, A., de Kluizenaar, Y., Clark, C., Janssen, S., Mestre, V., Loubeau, A., Bristow, A., Thanos, S., Vigeant, M., Cointin, R. (2019). Aviation Noise Impact White Paper, ICAO Environmental Report. International Civil Aviation Organization

- Vasundhara. (2008). Airport's Eco-Friendly Efforts to Go Green. Airport Technology, July 22, 2008.
- tersedia: Airports' Eco-Friendly Efforts to Go Green - Airport Technology (airport-technology.com)
- World Health Organization. (1980). International Classification of Impairment, Disabilities, and Handicaps: Manual Classification Relating to The Consequences of Disease. Geneva.
- World Health Organization (Regional Office for Europe). (2011). Burden of Disease from Environmental Noise. European Commission.
- Zaporozhets, O., Tokarev, V., Attenborough, K. (2011). Aircraft Noise: Assessment, Prediction, and Control. USA: Spon Press.

## Profil Penulis



### **Aprilia Sakti Kusumalestari, S.Si., M.Si.**

Penulis berkarir sebagai tenaga pendidik untuk mata kuliah Fisika Dasar dan terapannya, khususnya dalam bidang teknologi kedirgantaraan. Setelah menamatkan jenjang pendidikan menengah, penulis mempelajari ilmu Astronomi di Institut Teknologi Bandung. Ketertarikan pada penerapan ilmu fisika dalam perkembangan teknologi, penulis melanjutkan pendidikan S-2 Ilmu Fisika di Universitas Indonesia. Selama menjalankan tugas struktural di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, penulis membuat beberapa karya yang berkaitan dengan pengembangan ilmu kedirgantaraan. Tulisan yang dibuat antara lain “Industri Berbasis Riset sebagai Penggerak Triple Helix dalam Teknologi Kedirgantaraan Indonesia” dan “*Aeronautical Engineering Diploma Curriculum Program for Basic Aircraft Maintenance to Answer The Demand of Aircraft Maintenance Technician in Indonesia*”. Beberapa laporan penelitian dan karya ilmiah yang dihasilkan memuat aplikasi ilmu fisika, seperti kebisingan pesawat terbang dan desain bandara. Karya yang pernah dibuat antara lain “*Circular Airport Concept Analysis for Indonesian Archipelago*”, “Peraturan Batas Kebisingan sebagai Tantangan dalam Rekayasa Teknologi Mesin”, dan beberapa tulisan lain yang dimuat di jurnal internasional, nasional, dan dipaparkan di seminar internasional. Untuk memastikan komitmennya dalam dunia pendidikan tinggi, mendalami ilmu Fisika dan implementasinya pada teknologi kedirgantaraan, penulis melanjutkan studi Ilmu Fisika di Program Doktorat Universitas Indonesia.

E-mail Penulis: [aprilia@unsurya.ac.id](mailto:aprilia@unsurya.ac.id)



## RUNWAY GEOMETRI

**Simon Sindhu Hendradjaja, S.T., M.T., M.B.A.**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadharma

### **Pendahuluan**

*Runway* adalah salah satu komponen penting dari bandara, berfungsi sebagai area untuk pesawat melakukan lepas landas dan pendaratan. Desain geometris dan struktural *runway* adalah krusial untuk memastikan keselamatan dan efisiensi operasional penerbangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi berbagai aspek desain *runway*, termasuk panjang, lebar, ketebalan perkerasan, serta penilaian keberlanjutan pemeliharannya, dengan memanfaatkan studi kasus yang telah ada.

### **Prinsip-Prinsip Desain *Runway***

#### 1. Panjang dan Lebar *Runway*

Panjang dan lebar *runway* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik performa pesawat, berat operasi pesawat, kondisi cuaca, dan lokasi aerodrome. Menurut studi yang dilakukan oleh Khoemarga dan Tajudin (2020)[1], *runway* Bandara Jos Orno Imsula MOA memiliki dimensi 1400 meter x 30 meter. Metode *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) digunakan untuk menentukan panjang *runway* yang diperlukan, dengan mempertimbangkan koreksi untuk elevasi, suhu, dan kemiringan.

Pesawat jenis ATR 42-300 memerlukan *runway* sepanjang 1260 meter untuk lepas landas dan 1020 meter untuk mendarat. Dengan panjang *runway* 1400 meter, bandara ini sudah memenuhi kebutuhan operasional pesawat tersebut tanpa memerlukan perpanjangan tambahan. Standar lebar *runway* sebesar 30 meter juga sesuai dengan spesifikasi pesawat ATR 42-300 dan ATR 72-600.

Dalam konteks penerbangan, panjang dan lebar *runway* sangat penting karena berdampak langsung pada kemampuan pesawat untuk lepas landas dan mendarat dengan aman. Panjang *runway* harus cukup untuk memungkinkan pesawat mencapai kecepatan lepas landas yang diperlukan, sementara lebar *runway* harus cukup untuk memberikan margin keselamatan yang memadai. Desain yang tepat dari panjang dan lebar *runway* juga mempertimbangkan kemungkinan variasi dalam ukuran dan jenis pesawat yang akan menggunakan fasilitas tersebut.

Selain itu, berbagai jenis pesawat memiliki kebutuhan panjang *runway* yang berbeda tergantung pada berat dan karakteristik performa mereka. Misalnya, pesawat jet komersial besar, membutuhkan *runway* yang lebih panjang dibandingkan dengan pesawat regional atau pesawat *turboprop* kecil. Oleh karena itu, analisis yang cermat dan perencanaan yang tepat, sangat penting dalam desain *runway* untuk memastikan bahwa semua jenis pesawat dapat beroperasi dengan aman.

## 2. Perkerasan *Runway*

*Runway* harus memiliki perkerasan yang memberikan permukaan aman dan mulus dalam segala kondisi cuaca serta mampu menahan beban pesawat. Perkerasan fleksibel, biasanya terdiri dari beberapa

lapisan, termasuk permukaan, dasar, dan sub-base. Berdasarkan penelitian oleh Khoemarga, ketebalan perkerasan saat ini di Bandara Jos Orno Imsula MOA adalah 60 cm, sementara ketebalan yang dianalisis ideal adalah 45 cm. Ketebalan perkerasan yang optimal dihitung oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) dengan mempertimbangkan karakteristik pesawat, jumlah keberangkatan tahunan, dan nilai CBR *subgrade*.

Perkerasan *runway* yang baik, harus dapat menahan beban dinamis dari pesawat yang bergerak cepat selama lepas landas dan pendaratan. Struktur perkerasan yang umum digunakan, terdiri dari beberapa lapisan yang dirancang untuk bekerja bersama-sama untuk mendistribusikan beban dan mencegah kerusakan. Lapisan permukaan adalah yang paling atas dan harus tahan terhadap abrasi dan cuaca. Lapisan dasar memberikan dukungan struktural tambahan, sementara lapisan sub-base membantu mendistribusikan beban lebih merata ke tanah dasar.

Ketebalan perkerasan *runway* yang memadai, sangat penting untuk memastikan umur panjang dan kinerja yang baik dari permukaan *runway*. Ketebalan yang tidak memadai dapat menyebabkan kerusakan prematur seperti retakan, lubang, dan deformasi, yang dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat dan desain struktur perkerasan yang sesuai dengan kondisi tanah dan beban lalu lintas pesawat sangatlah penting.

### 3. Metode Lebar Garis Referensi Pesawat (ARFL)

Metode ARFL digunakan untuk menghitung panjang *runway* yang diperlukan dengan memperhitungkan koreksi untuk faktor-faktor seperti elevasi, suhu, dan kemiringan. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai faktor koreksi ini.

#### a. Koreksi Ketinggian

Rumus untuk memperbaiki elevasi adalah:  
 $Fe = 1 + 0,01 \times h$ ;  $Fe = 1 + 0,01 \times h$  ;  
 $Fe = 1 + 0,01 \times h$  di mana  $h$  menunjukkan elevasi bandara dalam meter di atas permukaan laut.

Penjelasan:

- 1)  $Fe$  : Faktor koreksi untuk elevasi.
- 2) 1: Nilai dasar.
- 3) 0,01: Koefisien yang mewakili laju perubahan faktor koreksi per meter elevasi.
- 4)  $h$  : Elevasi bandara dalam meter di atas permukaan laut.

Faktor ini menyesuaikan panjang *runway* untuk mengkompensasi kepadatan udara yang lebih rendah pada elevasi yang lebih tinggi, yang memengaruhi kinerja pesawat saat lepas landas. Elevasi bandara sangat memengaruhi performa pesawat karena udara di ketinggian yang lebih tinggi memiliki kepadatan yang lebih rendah. Ini berarti bahwa sayap pesawat menghasilkan lebih sedikit angkat pada kecepatan tertentu dibandingkan dengan di ketinggian yang lebih rendah. Oleh karena itu, pesawat memerlukan kecepatan yang lebih tinggi dan, oleh karena itu, *runway* yang lebih panjang untuk lepas landas

dengan aman di bandara yang terletak di ketinggian yang lebih tinggi.

b. Koreksi Suhu

Suhu udara juga memengaruhi panjang *runway* yang diperlukan, karena suhu yang lebih tinggi mengurangi kepadatan udara, mengurangi daya angkat pesawat selama lepas landas. Rumus untuk mengubah suhu adalah:  
$$F_t = 1 + 0,01 \times (T - 15 - 0,0065 \times h)$$
  
di mana T adalah suhu udara dalam derajat Celcius di bandara.

Penjelasan:

- 1)  $F_t$  : Faktor koreksi untuk suhu.
- 2) 1: Nilai dasar.
- 3) 0,01: Koefisien yang mewakili laju perubahan faktor koreksi per derajat Celcius.
- 4) T: Suhu udara di bandara dalam derajat Celcius.
- 5) 15: Suhu standar di permukaan laut dalam derajat Celcius.
- 6) 0,0065: Laju penurunan suhu per meter elevasi (*lapse rate*).
- 7) h : Elevasi bandara dalam meter di atas permukaan laut.

Faktor ini menyesuaikan panjang *runway* berdasarkan suhu lokal untuk memastikan daya angkat yang memadai dalam kondisi termal spesifik bandara. Suhu udara yang lebih tinggi mengurangi kepadatan udara, yang berarti bahwa pesawat harus bergerak lebih cepat untuk

mencapai angkat yang cukup untuk lepas landas. Ini terutama berlaku di daerah tropis atau selama musim panas, di mana suhu udara bisa sangat tinggi. Dengan memasukkan faktor koreksi suhu dalam perhitungan panjang *runway*, kita dapat memastikan bahwa pesawat dapat lepas landas dengan aman bahkan dalam kondisi suhu yang ekstrem.

c. Perbaikan Kemiringan

Kemiringan *runway* juga harus dipertimbangkan karena dapat memengaruhi jarak yang diperlukan untuk lepas landas dan mendarat. Rumus untuk menghitung faktor koreksi kemiringan adalah:  $F_s = 1 + 0,1 \times S$ ;  $S = 1 + 0,1 \times S$  di mana S adalah kemiringan *runway* dalam persen.

Penjelasan:

- 1)  $F_s$  : Faktor koreksi untuk kemiringan.
- 2) 1: Nilai dasar.
- 3) 0,1: Koefisien yang mewakili laju perubahan faktor koreksi per persen kemiringan.
- 4) S : Kemiringan *runway* dalam persen.

Faktor ini menyesuaikan panjang *runway* untuk mengkompensasi kemiringan, yang memengaruhi jarak yang diperlukan pesawat untuk lepas landas dan mendarat.

Kemiringan *runway* memengaruhi percepatan pesawat selama lepas landas dan deselerasi selama pendaratan. *Runway* yang memiliki kemiringan positif (menanjak) akan memerlukan *runway* yang lebih panjang untuk lepas landas karena pesawat harus bekerja lebih keras untuk mencapai kecepatan lepas landas. Sebaliknya, *runway* dengan kemiringan negatif (menurun) dapat

mempersingkat jarak yang diperlukan untuk lepas landas dan memperpanjang jarak yang diperlukan untuk berhenti saat mendarat.

Khoemarga dan Tajudin (2020) [1] meneliti bahwa Bandara Jos Orno Imsula MOA memiliki *runway* dengan panjang 1400 meter dan lebar 30 meter. Metode ARFL digunakan untuk memastikan apakah panjang *runway* saat ini cukup untuk mendukung operasi pesawat ATR 42-300. Analisis menunjukkan bahwa panjang *runway* yang diperlukan adalah 1020 meter untuk mendarat dan 1260 meter untuk lepas landas. Dengan panjang *runway* 1400 meter, bandara ini memenuhi kebutuhan operasional tanpa perlu perpanjangan lebih lanjut.

Lebar *runway* standar sebesar 30 meter juga sesuai dengan spesifikasi pesawat ATR 42-300 dan ATR 72-600, memastikan operasi yang aman dan memberikan jarak keselamatan yang memadai dalam berbagai kondisi cuaca dan operasional.

Studi kasus ini menunjukkan bagaimana metode ARFL dapat diterapkan untuk menentukan panjang *runway* yang diperlukan di bandara tertentu. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor lokal seperti elevasi, suhu, dan kemiringan, kita dapat memastikan bahwa *runway* yang ada atau yang akan dibangun memenuhi kebutuhan operasional pesawat yang diharapkan menggunakan bandara tersebut.

### **Teknik Desain *Runway***

#### 1. Metode Lebar Garis Referensi Pesawat (ARFL)

Metode ARFL memperhitungkan berbagai variabel penting, termasuk elevasi, suhu, dan kemiringan *runway* untuk menentukan panjang *runway* yang diperlukan untuk operasional pesawat tertentu.

## 2. Koreksi Ketinggian

Panjang *runway* yang diperlukan dipengaruhi oleh elevasi. Kepadatan udara yang dipengaruhi oleh ketinggian bandara di atas permukaan laut memengaruhi performa pesawat selama lepas landas dan mendarat. Faktor koreksi elevasi ( $F_e$ ) digunakan untuk mengakomodasi pengaruh elevasi, yang dihitung dengan rumus:  $F_e = 1 + 0,01 \times h$  di mana  $h$  adalah elevasi bandara dalam meter di atas permukaan laut.

## 3. Koreksi Suhu

Suhu udara di bandara juga memengaruhi panjang *runway* yang diperlukan. Selama lepas landas, suhu yang lebih tinggi mengurangi kepadatan udara, yang berdampak pada daya angkat pesawat. Koreksi suhu ( $F_t$ ) dihitung dengan rumus:  $F_t = 1 + 0,01 \times (T - 15 - 0,0065 \times h)$  di mana  $T$  adalah suhu udara bandara dalam derajat Celcius dan  $h$  adalah elevasi bandara.

## 4. Perbaikan Kemiringan

Kemiringan *runway* juga memengaruhi jarak yang diperlukan untuk lepas landas dan mendarat. Faktor koreksi kemiringan ( $F_s$ ) dihitung dengan rumus:  $F_s = 1 + 0,1 \times S$  di mana  $S$  adalah kemiringan *runway* dalam persen.

## 5. Aplikasi Strategi ARFL

Studi yang dilakukan di Bandara Jos Orno Imsula MOA menggunakan metode ARFL untuk menghitung panjang *runway* yang diperlukan untuk pesawat ATR 42-300. Analisis menunjukkan bahwa panjang *runway* yang diperlukan untuk lepas landas adalah 1260 meter dan untuk mendarat adalah 1020 meter.

Dengan panjang *runway* 1400 meter, bandara ini memenuhi kebutuhan operasional pesawat tanpa perpanjangan lebih lanjut.

6. Metode yang Digunakan oleh Administrasi Aviation Federal (FAA)

Metode yang digunakan oleh FAA untuk menentukan ketebalan perkerasan *runway* yang diperlukan mengikuti standar Advisory Circular (AC) yang dikeluarkan oleh FAA.

7. Metode FAA untuk Desain Perkerasan

Dengan metode FAA, beberapa langkah penting diambil dalam proses desain perkerasan *runway*.

- a. Mengidentifikasi Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Pesawat: Konfigurasi roda pendaratan utama setiap pesawat berbeda, yang memengaruhi distribusi beban pada perkerasan *runway*.
- b. Memilih Pesawat Desain: Pesawat dengan beban roda atau frekuensi operasional tertinggi dipilih sebagai pesawat desain untuk menentukan spesifikasi teknis perkerasan yang akan dibuat.
- c. Menghitung Beban Roda Utama: Berat pesawat dan konfigurasi roda pendaratan menentukan beban roda utama yang digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan.
- d. Menentukan Keberangkatan Tahunan yang Setara: Jumlah siklus beban yang akan diterima oleh perkerasan selama masa layanannya dihitung menggunakan keberangkatan tahunan yang setara.

- e. Menghitung Ketebalan Perkerasan Total: Grafik dan tabel yang disediakan oleh FAA digunakan untuk menghitung ketebalan total perkerasan berdasarkan data beban roda dan keberangkatan tahunan yang setara.
8. Implementasi di Bandara Jos Orno Imsula MOA
- Metode FAA digunakan untuk membuat perkerasan *runway* di Bandara Jos Orno Imsula MOA yang dapat mendukung operasi pesawat ATR 42-300. Ketebalan total perkerasan adalah 45 cm, yang terdiri dari
- a. lapisan permukaan: 10 cm,
  - b. lapisan dasar: 15 cm, dan
  - c. lapisan subbase: 20 cm.

Perkerasan *runway* dirancang untuk memberikan permukaan yang aman dan mulus untuk lepas landas dan pendaratan pesawat, serta untuk mendukung beban operasional pesawat. Ketebalan perkerasan saat ini lebih tipis dari ketebalan sebelumnya 60 cm, yang menunjukkan bahwa perkerasan saat ini dapat mendukung keberangkatan tahunan yang lebih besar untuk pesawat ATR 42-300.

### **Mempelajari Geometri Runway**

#### 1. X.3.1 Analisis Panjang *Runway*

Panjang *runway* merupakan komponen penting yang menentukan kemampuan bandara untuk mendukung operasi pesawat dengan aman dan efisien. Studi kasus di Bandara Jos Orno Imsula MOA menunjukkan bahwa pesawat ATR 42-300 memerlukan *runway* sepanjang 1260 meter untuk lepas landas dan 1020 meter untuk mendarat. Panjang *runway* 1400 meter yang ada sudah cukup

untuk operasi pesawat ini tanpa perlu perpanjangan lebih lanjut.

## 2. Metode ARFL dan Faktor Lokal

Faktor lokal seperti elevasi, suhu, dan kemiringan *runway* adalah bagian dari analisis panjang *runway* menggunakan metode ARFL. Koreksi elevasi dilakukan untuk mengimbangi efek ketinggian bandara di atas permukaan laut terhadap kepadatan udara, yang memengaruhi performa pesawat. Koreksi suhu mempertimbangkan bagaimana suhu udara memengaruhi daya angkat pesawat selama lepas landas dan mendarat. Koreksi kemiringan, mempertimbangkan efek kemiringan *runway* terhadap jarak yang diperlukan untuk lepas landas dan mendarat.

## 3. Hasil Penelitian

Setelah semua faktor koreksi dipertimbangkan, panjang *runway* yang diperlukan untuk pesawat ATR 42-300 adalah sebagai berikut:

- a. lepas landas: 1260 meter, dan
- b. pendaratan: 1020 meter.

Panjang *runway* 1400 meter di Bandara Jos Orno Imsula MOA sudah memenuhi kebutuhan operasional pesawat ini dan memberikan margin keselamatan tambahan.

## 4. Analisis Ketebalan

Kemampuan bandara untuk mendukung beban pesawat selama lepas landas dan mendarat, juga dipengaruhi oleh ketebalan perkerasan *runway*. Metode yang digunakan oleh FAA untuk menentukan ketebalan perkerasan *runway* yang ideal mencakup beberapa langkah penting, seperti konfigurasi roda

pendaratan, pemilihan pesawat desain, dan menghitung ketebalan perkerasan total.

5. Hasil Analisis di Bandara Jos Orno Imsula MOA

Bandara Jos Orno Imsula MOA membutuhkan ketebalan perkerasan total 45 cm untuk mendukung operasi pesawat ATR 42-300. Ketebalan perkerasan saat ini mencapai 60 cm, lebih dari cukup untuk memungkinkan keberangkatan tahunan yang lebih besar. Ini menunjukkan bahwa perkerasan yang ada tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga menyediakan kapasitas yang cukup untuk menampung lebih banyak lalu lintas udara pada masa mendatang.

6. Pertimbangan Ekstensif

Jenis material yang digunakan untuk setiap lapisan perkerasan, harus dipertimbangkan bersama dengan ketebalan perkerasan. Material yang sesuai dengan standar dan berkualitas tinggi akan meningkatkan daya tahan dan kinerja perkerasan. Selain itu, perkerasan memerlukan pemeliharaan dan inspeksi rutin untuk memastikan bahwa tetap dalam kondisi terbaik dan mampu menjalankan pesawat dengan aman.

**Evaluasi Keberlanjutan Perkerasan Pada Jalur**

1. Teori Keberlanjutan

*Runway* yang rata dan terawat dengan baik sangat penting untuk sistem pemeliharaan bandara yang efektif. Kerataan *runway* sangat penting untuk keamanan dan kenyamanan penerbangan karena berdampak pada umur perkerasan. Dalam model keberlanjutan *runway*, teknologi modern digunakan untuk menilai dan memantau kondisi *runway* secara terus-menerus.

2. **Teknologi Modern untuk Penilaian Kerataan *Runway***

Interpolasi jaringan triangulasi tidak beraturan (TIN) dan regresi bidang adalah dua metode yang digunakan untuk mengukur kerataan *runway*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sever et al. (2021), metode interpolasi TIN linear adalah yang paling akurat untuk model kerataan *runway*. Metode ini menggunakan data geodetik untuk membuat model permukaan *runway* dalam tiga dimensi.
3. **Penemuan Penelitian**

Studi Sever et al. (2021) di Bandara Edvard Rusjan di Maribor menunjukkan bahwa interpolasi TIN linear memberikan hasil yang sangat akurat dalam model kerataan *runway*. Hasil dari model TIN linear, dapat digunakan untuk menentukan area *runway* tertentu yang memerlukan perbaikan.
4. **Pemeliharaan yang Bertahan Lama**

Dalam pemeliharaan *runway*, berbagai kegiatan dilakukan untuk memastikan bahwa *runway* berada dalam kondisi terbaik dan dapat memungkinkan operasi penerbangan dengan aman. Pemeliharaan yang tepat, meningkatkan umur perkerasan dan mengurangi biaya operasional dan waktu penutupan *runway*.
5. **Inspeksi Periodik**

Pemeliharaan *runway* memerlukan inspeksi rutin. Dalam inspeksi ini, alat ukur dan pemeriksaan visual digunakan untuk menemukan kerusakan, seperti retakan, lubang, dan deformasi permukaan. Inspeksi berkala membantu menemukan masalah yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih serius pada waktunya.

## 6. Peningkatan Permukaan

Permukaan *runway* diperbaiki untuk memperbaiki kerusakan yang ditemukan selama inspeksi. Penambalan lubang, pengisian retakan, atau overlay aspal baru adalah beberapa jenis perbaikan yang dapat dilakukan. Perbaikan permukaan yang cepat dapat mencegah kerusakan yang lebih parah dan memperpanjang umur perkerasan.

## 7. Model Pemeliharaan Berkelanjutan untuk Bandara Kecil

Bandara kecil seperti Bandara Maribor Edvard Rusjan dapat menggunakan sistem manajemen perkerasan bandara (APMS). APMS adalah sistem terintegrasi yang memungkinkan perencanaan perawatan yang lebih efisien dan pemantauan kondisi *runway* secara real-time.

## 8. Keuntungan dari Memanfaatkan APMS

- a. Pemantauan Real-time: APMS memungkinkan pemantauan terus-menerus kondisi *runway* untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah dengan cepat.
- b. Perencanaan Perawatan yang Efisien: Perawatan dapat direncanakan dengan lebih efisien dan menghemat waktu dan biaya dengan memiliki data yang akurat tentang kondisi *runway*.
- c. Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik: Laporan dan saran APMS membantu manajer bandara membuat keputusan yang lebih baik tentang perawatan dan perbaikan *runway*.
- d. Peningkatan Keselamatan: *Runway* yang selalu dalam kondisi terbaik dapat meningkatkan keselamatan penerbangan dengan mengurangi risiko kecelakaan dan insiden penerbangan.

## 9. Hasil

Untuk memastikan kerataan dan kondisi *runway* yang ideal, evaluasi keberlanjutan perkerasan *runway* menggunakan teknologi modern seperti interpolasi TIN dan regresi bidang. Untuk menurunkan biaya operasional dan meningkatkan umur panjang perkerasan, pemeliharaan berkelanjutan, yang mencakup perbaikan permukaan dan inspeksi rutin, sangat penting. Bandara menjadi lebih siap untuk menghadapi tantangan operasional yang mungkin terjadi dengan penggunaan sistem manajemen perkerasan bandara (APMS).

Keuntungan tambahan dari penggunaan APMS termasuk perencanaan perawatan yang efisien dan pemantauan real-time. Bandara dapat memastikan bahwa infrastruktur penting ini selalu dalam kondisi terbaik untuk mendukung operasi penerbangan yang aman dan efisien dengan menggunakan metode evaluasi dan pemeliharaan *runway* yang teliti dan sistematis.

## Daftar Pustaka

- Administrasi Pesawat Federal. (9). Design and Evaluation of Airport Pavement, AC 150/5320-6E.
- Khoemarga, K.V., dan Tajudin, A.N. (2019). Sebuah studi kasus tentang konstruksi *runway* bandara Jos Orno Imsula MOA. *Serangkaian Pertemuan IOP: Ilmu Bahan dan Teknik*, 852(1), 012013. DOI:10.1088/1757-899X/852/1/012013.
- Sever, Doler, dan Kovacic. (2019). Salah satu bagian dari perawatan bandara yang berkelanjutan adalah mencontoh kelancaran jalan raya. *Jurnal Sains Terapan*, 11(18), 8697. DOI: 10.3390/app11188697.
- Wang X, Yu H, dan Feng D. (2016). Estimate position in *runway* end safety area using geometry structure characteristics. *Journal of Aviation*, 120(1226), 675-691. DOI:10.1017/aer.2016.16.

## Profil Penulis



### **Simon Sindhu Hendradjaja, S.T., M.T., M.B.A.**

Penulis berasal dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dan menyelesaikan pendidikan S-1 dan S-2 teknik penerbangan. Keahliannya meliputi desain, pembuatan, dan operasi pesawat terbang serta wahana antariksa lainnya, yang membutuhkan integrasi berbagai disiplin ilmu teknik seperti fisika, mesin, material, kimia, elektro, dan informatika. Simon adalah pegawai swasta di industri penerbangan, menggunakan pengetahuan teknisnya dan kemampuan untuk bekerja sama dengan tim dengan ketelitian yang tinggi. Penulis melanjutkan pendidikan S-2 manajemen di Universitas Gadjah Mada karena minat yang mendalamnya dalam manajemen. Untuk memungkinkannya memberikan kontribusi yang lebih besar baik dalam sektor swasta maupun industri penerbangan, langkah ini diambil untuk meningkatkan wawasan dan kemampuan manajerialnya (Institut Teknologi Bandung). Simon berpartisipasi dalam organisasi kemahasiswaan Keluarga Mahasiswa Teknik Penerbangan ITB (KMPN). KMPN ITB didirikan untuk mendukung pendidikan di Program Studi Teknik Dirgantara ITB dan memberi mahasiswa kesempatan untuk berkembang melalui kegiatan ekstrakurikuler (KMPN ITB).

Simon bertekad untuk terus membantu perkembangan industri penerbangan di Indonesia dan mengembangkan dirinya sebagai profesional yang siap menghadapi tantangan global dalam bidang teknik dan manajemen berkat kombinasi pengetahuan teknis yang mendalam dan kemampuan manajerial yang terus berkembang.

E-mail Penulis: [simon\\_hendradjaja@yahoo.com](mailto:simon_hendradjaja@yahoo.com)



## *RESTRICT AREA BANDAR UDARA*

**Rafika Arum Sari, S.T., M.T.**

Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

### **Bandar Udara (Bandara)**

Bandar udara atau bandara merupakan suatu kawasan di darat dan/atau perairan yang mempunyai batas-batas yang tetap, yang dipergunakan sebagai lapangan terbang bagi pesawat udara, tempat menaikkan dan menurunkan penumpang, tempat bongkar muat barang, tempat angkutan kendaraan dan angkutan antarmoda, serta dilengkapi dengan fasilitas penerbangan, seperti peralatan keselamatan, peralatan dasar, dan peralatan bantu lainnya (Kementrian Perhubungan Republik Indonesia n.d.).



Gambar 10.1 Bandar Udara  
(Kementrian Perhubungan Republik Indonesia n.d.)

Fasilitas bandara pada umumnya terbagi beberapa bagian, yaitu (Kementrian Perhubungan Republik Indonesia n.d.).

1. Terminal, bangunan yang dipergunakan untuk kegiatan penumpang, seperti *check-in*, imigrasi, dan pemberhentian.
2. Hanggar, adalah tempat yang digunakan untuk melakukan perawatan dan penyimpanan pesawat udara.
3. Landasan Pacu atau *Runway* adalah area yang berfungsi untuk lepas landas dan mendarat pesawat udara.
4. *Taxiway*, adalah jalur yang digunakan pesawat udara bergerak antara landasan pacu dan hanggar.
5. *Stop Away*, adalah jalur yang digunakan untuk pesawat berhenti, sebelum mendarat atau lepas landas.

Secara karakteristik Bandara dapat dibagi menjadi dua sisi, yaitu sisi udara (*Air side*) dan sisi darat (*Land Side*). Sisi Udara merupakan sisi yang berhubungan dengan operasional inti dari penerbangan, seperti *take-off* dan *landing*, sedangkan pada sisi darat, berhubungan dengan kegiatan penumpang dan kargo, seperti *check-in*, melakukan *boarding*, penimbangan *cargo*, dan sebagainya.

Bandara memiliki perbatasan yang tidak semua orang dapat memasukinya dan mempunyai persyaratan untuk memasuki area tersebut. Secara definisi, bandara perlu dilindungi dengan pembatas fisik dan selalu diawasi, diperiksa pada selang waktu tertentu, dan diberi tanda peringatan dan keamanan penerbangan. Pembatas fisik dapat berupa tembok atau pagar, serta harus memenuhi persyaratan untuk bandar udara. Persyaratan untuk

masuk ke area bandara, seseorang yang memiliki kartu pas yang diterbitkan oleh Kantor Otoritas Wilayah dan memenuhi persyaratan tertentu.

### **Restrict Area**

*Restrict Area* atau area terbatas merupakan bagian dari area bandar udara yang ditetapkan sebagai daerah yang tidak dapat diakses atau dimasuki secara umum tanpa persyaratan tertentu. Secara definisi area terbatas merupakan kawasan terlarang adalah kawasan yang ditetapkan, dalam suatu bandara yang digunakan untuk pergerakan personel dan peralatan kerja untuk kegiatan penerbangan, pergerakan penumpang, dan bagasi di dalam pesawat udara, serta pergerakan barang dan surat yang dimuat ke dalam pesawat udara, serta peralatan yang berhubungan langsung dengan operasional penerbangan.

Daerah terbatas terbagi menjadi dua bagian, yaitu (Budd and Ison n.d.).

#### 1. *Non-Public Area (NPA)*

Kawasan yang dibatasi untuk masyarakat umum, seperti apron/platform, fasilitas kritikal, gudang kargo, ruang tunggu keberangkatan, Kawasan imigrasi daerah pabean, kawasan karantina, dan kawasan kedatangan internasional. Berikut area yang masuk dalam kategori NPA.

- a. *Airside Area*, merupakan area yang berhubungan operasional penerbangan. Contoh: Runways dan taxiways merupakan kawasan yang digunakan untuk lepas landas dan mendarat pesawat serta pergerakan pesawat di darat. Hanya personel yang berwenang dan kendaraan khusus yang diizinkan memasuki area ini.

- b. Area Keamanan dan Pengawasan, kawasan ini digunakan untuk keamanan bandara dengan menggunakan CCTV, serta mengawasi dan memeriksa penumpang dan barang bawaan penumpang.
- c. Area Teknis dan Pemeliharaan, merupakan kawasan tempat melakukan pemeliharaan pesawat udara, kantor untuk mengelola infrastruktur dan fasilitas bandara.
- d. Area Layanan Darurat dan Medis, merupakan kawasan untuk darurat, seperti fasilitas pemadam kebakaran dan untuk layanan medis.
- e. Area Operasional Maskapai dan Kru, adalah area yang digunakan maskapai dan kru untuk istirahat atau perencanaan penerbangan maskapai.
- f. Area Fasilitas Kargo dan Logistik, adalah area untuk bongkar muatan kargo, penyimpanan, dan pengelolaan kargo.

## 2. *Restricted Public Area (RPA)*

*Restricted Public Area (RPA)* merupakan area di dalam bandara yang mempunyai akses terbatas namun tetap terbuka untuk umum dengan kondisi tertentu dan pengawasan ketat. Berbeda dengan NPA yang sepenuhnya tertutup untuk umum. Berikut area yang masuk dalam kategori RPA.

- a. Ruang Tunggu Kedatangan, area untuk menunggu penerbangan. Area ini hanya bisa dimasuki oleh penumpang yang sudah melakukan boarding pass dan personel yang bertugas pada area tersebut.
- b. Area Pemeriksaan Imigrasi dan Bea Cukai, area ini untuk penumpang dengan penerbangan

internasional untuk melakukan pemeriksaan paspor dan visa. Selain melakukan pemeriksaan paspor dan visa, perlu melakukan bea cukai sebelum keluar dari area publik.

- c. Ruang Tunggu Transit, adalah merupakan kawasan yang digunakan penumpangan sebagai area menunggu penerbangan lanjutan.
- d. Fasilitas Layanan Khusus, merupakan kawasan yang diperuntukan untuk penumpang pesawat yang memiliki tiket penerbangan *first class* dan untuk penumpang yang memiliki kebutuhan khusus.

Seluruh area tersebut, perlu menggunakan kartu pas sebagai persyaratan untuk masuk ke lingkungan area yang akan dituju. Kartu pas ini merupakan cara untuk mengidentifikasi personel yang akan masuk ke dalam area yang akan dituju. Hal ini bertujuan untuk keamanan, keselamatan, dan efisiensi operasional pada bandara.

#### **Persyaratan Akses *Restricted Area***

*Restricted Area* pada bandara memiliki persyaratan yang perlu dipenuhi untuk menjaga keselamatan dan keamanan bandar udara. Berikut beberapa persyaratan yang berlaku untuk memasuki area terbatas.

1. Identifikasi dan Kredensial, ini persyaratan yang paling utama untuk memasuki area terbatas. Identifikasi penumpang dan personel atau karyawan yang bekerja di area ini, seperti kartu identitas, kartu akses, atau lencana petugas.
2. Pemeriksaan keamanan, untuk memasuki area terbatas perlu dilakukan pemeriksaan keamanan yang detail, seperti barang bawaan dan fisik dari personel yang akan memasuki area terbatas. Hal ini bertujuan untuk menghindari personel yang

memasuki area terbatas tidak membawa benda-benda berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan dan keamanan personel/penumpang yang berada pada area tersebut.

3. Kepatuhan terhadap peraturan dan prosedur, untuk menjaga area terbatas agar tetap aman, diberlakukannya peraturan untuk memastikan keselamatan dan keamanan pada personel/penumpang, serta semua komponen yang berada pada area terbatas sesuai dengan standar operasional.
4. Pengawasan dan kontrol akses, untuk area terbatas perlu pengawasan lebih untuk memantau kondisi pada area terbatas.
5. Izin Khusus dan pembatasan akses, tidak semua yang memiliki akses pada area terbatas dapat memasuki seluruh wilayah. Setiap area terbatas hanya dapat dimasuki oleh personel yang terdaftar pada area tersebut. Contoh penumpang hanya bisa memasuki area tunggu penerbangan, tetapi tidak dapat memasuki area keamanan.

#### **Regulasi Restricted Area**

*Restricted Area* diatur oleh berbagai regulasi untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan efisiensi operasional pada area terbatas terjamin. Regulasi tentang area terbatas di bandara diatur oleh peraturan Pemerintah Nomor 4 tahun 2018 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 288 Tahun 2015.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2018, area terbatas adalah ruang udara tertentu di atas daratan dan perairan dengan pembatasan bersifat tidak tetap dan hanya dapat digunakan untuk operasi penerbangan oleh pesawat udara (Penelitian et al. 2015), sedangkan menurut Peraturan Pemerintahan Menteri perhubungan

Nomor 288 tahun 2015, area terbatas adalah daerah tertentu di dalam maupun di luar bandara yang diidentifikasi sebagai daerah keamanan terbatas.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 288 Tahun 2015 mengatur bahwa pas bandara diterbitkan secara terbatas dengan memperhatikan fungsi pengendalian dan pengawasan keamanan. Kuota pas bandara ditetapkan berdasarkan kebutuhan operasional pada setiap bandara.

Dalam regulasi area terbatas di bandar udara mengatur penggunaan ruang udara tertentu dengan pembatasan bersifat tidak tetap, serta pengendalian jalan masuk dan penggunaan Pas Bandar Udara untuk kendaraan yang bersifat tetap dan incidental.

#### **Kebijakan Restricted Area**

Kebijakan yang diterapkan di Kawasan *Restricted Area* di bandara, meliputi jasa angkutan udara akibat keterlambatan penerbangan (Wahid Yaurwarin and Siwabessy 2023).

##### 1. Pembatasan Bersifat tidak Tetap

Kawasan *restricted area* mempunyai pembatasan yang bersifat tidak tetap, yang berarti pembatasan ini dapat berubah-ubah dan tidak permanen.

##### 2. Penggunaan Operasi Penerbangan Tertentu

Kawasan *restricted area* hanya bisa digunakan untuk operasi penerbangan tertentu, seperti, kunjungan kedinasan, survei, praktik pendidikan dan pelatihan, dan operasional penerbangan.

### 3. Penggunaan Penerbangan Sipil

Pada waktu tidak digunakan untuk operasi penerbangan, Kawasan *restricted* area dapat dipergunakan untuk penerbangan sipil.

### 4. Pengendalian Jalan Masuk

Pengendalian jalan masuk di *restricted* area perlu dilakukan dengan cara sistem penggunaan jalan masuk dan pemeriksaan keamanan. Jalan masuk harus ditutup secara permanen.

### 5. Pas Bandar Udara

Pas Bandara digunakan untuk kendaraan yang bersifat tetap dan incidental. Pas Bandara harus diterbitkan oleh kantor otoritas bandara dan memiliki jangka waktu yang berbeda untuk orang perseorangan dan kendaraan.

### 6. Kuota Pas Bandar Udara

Pas bandara diterbitkan secara terbatas dengan memperhatikan fungsi pengendalian dan pengawasan keamanan. Kuota pas bandara ditetapkan berdasarkan kebutuhan operasional pada setiap bandar udara.

### 7. Pengawasan Keamanan

Pengawasan keamanan di *restricted* area dilakukan secara ketat untuk memastikan keselamatan penerbangan dan keamanan negara.

### **Pelanggaran dan Hukuman di *Restricted Area***

Tindakan yang dianggap melanggar di *restricted* area di bandara adalah sebagai berikut (Anon, n.d.).

1. Memasuki *Restricted Area* tanpa Izin

Pasal 432 UU No.1 Tahun 2009 tentang penerbangan yang menyatakan bahwa setiap individu yang memasuki *restricted area* tanpa memiliki izin masuk atau tiket pesawat akan dipidanakan dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun atau denda paling banyak Rp500.000.000 (lima ratus juta rupiah).

2. Melanggar Kegiatan Penerbangan

Pada pasal 216 UU No.1 Tahun 2009 menyatakan bahwa rancangan Teknik terinci sebagai dasar pelaksanaan kegiatan pembangunan bandar udara mencakup spesifikasi teknis fasilitas dan prasarana sebagai penunjang keselamatan penerbangan.

3. Melanggar Kegiatan Keamanan Penerbangan

Berdasarkan dengan Pasal 226 Ayat (1) UU No.1 Tahun 2009 menjelaskan bahwa pembinaan kegiatan penerbangan termasuk pembinaan di bidang keselamatan, Keamanan, dan pengawasan.

4. Melanggar Kegiatan Keamanan Bandara

Dalam Pasal 204 ayat (1) UU No.1 tahun 2009 menjelaskan bahwasanya tempat pelaporan keberangkatan (*city check in counter*) merupakan fasilitas atau tempat di luar kawasan *restricted area*.

## **Daftar Pustaka**

- Anon. n.d. *Undang-Undang RI No.1 Tahun 2009 tentang Penerbangan*.
- Budd, Lucy, and Stephen Ison. n.d. *Air Transport Management; An International Perspective; Second*.
- Jasa Angkutan Udara Akibat Keterlambatan Penerbangan Wahid Yaurwarin, Pengguna, and Dominggus J. Siwabessy. 2023. *Law Number 8 of 1999 Concerning Consumer Protection, Law Number 1 of 2009, and Minister of Transportation Regulation Number*. Vol. 4.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (n.d). Bandar Udara. <https://hubud.dephub.go.id/hubud/website/bandara/101>.
- Perhubungan, K. Kementerian Perhubungan. *Direktorat Jenderal Sipil*, 13.

## Profil Penulis



**Rafika Arum Sari S.T., M.T.**

Ketertarikan penulis terhadap dunia penerbangan dimulai pada tahun 2014 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk Perguruan Tinggi Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma dengan mengambil jurusan Teknik Penerbangan dan menyelesaikan Studi S-1 pada tahun 2019, kemudian penulis melanjutkan studi S-2 pada tahun yang sama di Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara di Institut Teknologi Bandung dan pada tahun 2022 penulis menyelesaikan studinya dengan mengambil program studi Teknik Aeronautika dengan peminatan Desain, Operasional, Perawatan pesawat terbang.

Penulis memiliki kepakaran di bidang operasioanal pesawat terbang. Saat pendidikan Studi S-2 penulis membuat penelitian tentang penilaian risiko yang berkaitan dengan pesawat tanpa awak dengan misi pengiriman barang dengan menggunakan metode *Specific Operation Risk Assessment (SORA)* sebagai syarat untuk menyelesaikan studinya dan sebagai salah satu cara untuk mewujudkan mimpinya untuk menjadi dosen profesional. Saat ini penulis telah bekerja menjadi dosen pada tahun 2023 di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma sebagai seorang dosen di prodi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri.

E-mail Penulis: [rafika@unsurya.ac.id](mailto:rafika@unsurya.ac.id)



## ONTIME PERFORMANCE PESAWAT

**Ir. Freddy Franciscus, M.M., IPU**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

### **Pengantar *On-time Performance* Pesawat**

Mobilitas menjadi salah satu elemen kunci dalam era globalisasi dan kehidupan modern saat ini. Dengan pertumbuhan industri penerbangan yang semakin pesat, terutama pascapandemi Covid-19, harapan akan penerbangan yang tepat waktu semakin meningkat. Kinerja tepat waktu penerbangan bukan hanya menjadi parameter kualitas layanan bagi maskapai penerbangan, tetapi juga memengaruhi pengalaman perjalanan dan efisiensi bisnis.

Tulisan di *chapter* ini bertujuan untuk menjelajahi fenomena kinerja tepat waktu penerbangan dengan lebih mendalam. Dari pengukuran kinerja hingga analisis faktor-faktor yang memengaruhi keterlambatan, chapter ini akan menyajikan pemahaman yang komprehensif tentang tantangan dan peluang di balik operasi penerbangan yang sukses. Berdasarkan kajian-kajian tersebut, diharapkan akan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pembaca, termasuk pengelola maskapai penerbangan, regulator, dan pengguna layanan penerbangan. Kinerja tepat waktu penerbangan bukan hanya tentang kehandalan dalam jadwal penerbangan, tetapi juga mencerminkan keselamatan, kepuasan

pelanggan, dan efisiensi industri penerbangan secara keseluruhan.

Kami mengundang pembaca untuk memahami lebih dalam tentang bagaimana kinerja tepat waktu penerbangan memainkan peran penting dalam dunia penerbangan yang sangat dinamis saat ini. Pengantar ini bertujuan untuk mengkomunikasikan pentingnya topik *ontime performance* pesawat dan menjelaskan mengapa penelitian atau analisis kinerja tepat waktu penerbangan ini relevan dan bermanfaat.

### **Konsep Dasar Kinerja Tepat Waktu**

#### 1. Definisi Kinerja Tepat Waktu

Definisi kinerja tepat waktu mengacu pada kemampuan suatu sistem atau entitas, seperti maskapai penerbangan, untuk memenuhi jadwal atau waktu yang telah ditentukan dengan akurat dan konsisten. Dalam konteks penerbangan, kinerja tepat waktu mencakup kemampuan sebuah maskapai untuk melakukan penerbangan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, termasuk keberangkatan dan kedatangan sesuai dengan waktu yang dijadwalkan.

Secara lebih formal, definisi kinerja tepat waktu dalam industri penerbangan seringkali didasarkan pada metrik keterlambatan atau ketepatan waktu, yang mengukur seberapa sering sebuah penerbangan memenuhi waktu keberangkatan dan kedatangan yang dijadwalkan. Keterlambatan bisa diukur dalam jumlah menit atau persentase dari total penerbangan. Dengan demikian, kinerja tepat waktu penerbangan tidak hanya mencakup ketepatan waktu keberangkatan, tetapi juga kedatangan, karena keduanya sama-sama penting bagi pengalaman perjalanan penumpang dan efisiensi operasional maskapai.

Secara esensial, kinerja tepat waktu penerbangan merupakan indikator utama dari kehandalan sebuah maskapai penerbangan dalam menjalankan operasinya, dan menjadi faktor penting dalam penilaian kualitas layanan yang diberikan kepada pelanggan.

## 2. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kinerja Tepat Waktu

Faktor-faktor yang memengaruhi kinerja tepat waktu penerbangan dapat bervariasi dari kondisi cuaca hingga faktor internal dalam operasi maskapai. Berikut adalah beberapa faktor utama yang dapat memengaruhi kinerja tepat waktu penerbangan.

### a. Kondisi Cuaca

Cuaca yang buruk, seperti badai, kabut tebal, atau angin kencang, dapat menyebabkan keterlambatan atau pembatalan penerbangan karena keselamatan penumpang dan awak pesawat.

### b. Masalah Teknis Pesawat

Kerusakan atau masalah teknis pada pesawat sebelum atau selama penerbangan, dapat memaksa maskapai untuk membatalkan atau menunda penerbangan untuk perbaikan.

### c. Keterlambatan Pesawat Sebelumnya

Keterlambatan pada penerbangan sebelumnya bisa berdampak domino pada penerbangan berikutnya, karena pesawat yang sama mungkin harus menunggu penumpang yang terlambat atau proses peralihan kargo yang tertunda.

### d. Keterlambatan Penumpang dan Kru

Keterlambatan penumpang atau kru pesawat juga dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses *boarding* dan keberangkatan.

e. Kepadatan Lalu Lintas Udara

Bandara yang padat atau jalur udara yang ramai dapat menyebabkan penundaan dalam proses lepas landas dan pendaratan.

f. Proses Keamanan dan Imigrasi

Antrian panjang di pintu keamanan atau proses imigrasi yang lambat juga dapat menyebabkan penundaan dalam proses *boarding*.

g. Keterbatasan Infrastruktur Bandara

Fasilitas yang terbatas atau infrastruktur bandara yang tidak memadai, seperti landasan pacu yang pendek atau kurangnya gerbang pesawat, dapat mengakibatkan penundaan dalam operasi penerbangan.

h. Faktor Manajemen dan Operasional

Manajemen yang tidak efisien, koordinasi yang buruk antara berbagai departemen maskapai, atau kebijakan operasional yang kurang fleksibel juga dapat memengaruhi kinerja tepat waktu penerbangan.

Memahami faktor-faktor ini dan bagaimana mereka saling berinteraksi, dapat membantu maskapai penerbangan dalam mengidentifikasi area-area yang perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kinerja tepat waktu mereka.

3. Manfaat Kinerja Tepat Waktu bagi Industri Penerbangan

Kinerja tepat waktu dalam industri penerbangan memiliki sejumlah manfaat yang signifikan, baik bagi maskapai penerbangan itu sendiri maupun bagi industri secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari kinerja tepat waktu dalam industri penerbangan.

a. Kepuasan Pelanggan

Kinerja tepat waktu membantu meningkatkan kepuasan pelanggan, dengan memberikan pengalaman perjalanan yang lebih lancar dan dapat diandalkan. Penumpang cenderung lebih puas, dengan maskapai yang konsisten dalam memenuhi jadwal penerbangan.

b. Peningkatan Reputasi

Maskapai dengan kinerja tepat waktu yang baik, cenderung memiliki reputasi yang lebih baik di mata pelanggan. Reputasi yang baik dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan dan membantu maskapai dalam mempertahankan dan menarik lebih banyak penumpang.

c. Efisiensi Operasional

Kinerja tepat waktu mengurangi gangguan dalam operasi maskapai, sehingga meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Dengan menjaga jadwal penerbangan yang tepat waktu, maskapai dapat menghindari biaya tambahan yang terkait dengan keterlambatan atau pembatalan penerbangan.

d. Peningkatan Pendapatan

Maskapai dengan kinerja tepat waktu cenderung memiliki pendapatan yang lebih tinggi, karena mereka dapat menarik lebih banyak penumpang dan mempertahankan bisnis dari pelanggan setia.

Kinerja tepat waktu juga dapat membantu maskapai dalam memenangkan kontrak dengan mitra bisnis atau agen perjalanan.

e. Keunggulan Kompetitif

Kinerja tepat waktu dapat menjadi salah satu faktor penentu dalam persaingan antara maskapai penerbangan. Maskapai yang mampu memberikan layanan tepat waktu yang konsisten memiliki keunggulan kompetitif dalam menarik pelanggan dan memenangkan pangsa pasar.

f. Keselamatan dan Keamanan

Kinerja tepat waktu juga berkontribusi pada keselamatan dan keamanan penerbangan dengan memastikan bahwa pesawat beroperasi sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dan memungkinkan waktu yang cukup untuk prosedur keselamatan yang tepat sebelum keberangkatan.

Secara keseluruhan, kinerja tepat waktu sangat penting bagi industri penerbangan karena berdampak langsung pada pengalaman pelanggan, reputasi maskapai, efisiensi operasional, dan keberlanjutan bisnis. Dengan memahami pentingnya kinerja tepat waktu, maskapai dapat mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan operasi mereka dan mengoptimalkan hasil mereka.

### **Analisis Data Kinerja Tepat Waktu**

1. Metrik Kinerja Utama

Dalam mengukur kinerja tepat waktu penerbangan, terdapat beberapa metrik utama yang sering digunakan oleh industri penerbangan dan regulator penerbangan. Berikut ini adalah beberapa metrik kinerja utama yang umumnya dipertimbangkan.

- a. *On-Time Performance (OTP)*, metrik ini mengukur persentase penerbangan yang berangkat atau tiba tepat waktu, sesuai dengan jadwal yang dijadwalkan. Standar waktu yang digunakan untuk menentukan "tepat waktu" dapat bervariasi, tetapi umumnya diterima jika penerbangan berangkat atau tiba dalam waktu 15 menit dari jadwal yang dijadwalkan.
- b. *Delay minutes*, metrik ini mengukur total waktu keterlambatan dalam menit untuk semua penerbangan dalam periode waktu tertentu. Ini mencakup semua keterlambatan, baik yang disebabkan oleh faktor internal maupun eksternal.
- c. *Cancellation rate*, metrik ini mengukur persentase penerbangan yang dibatalkan dari total penerbangan yang dijadwalkan. Pembatalan penerbangan bisa terjadi karena berbagai alasan, termasuk cuaca buruk, masalah teknis pesawat, atau masalah operasional lainnya.
- d. *Flight completion rate*, metrik ini mengukur persentase penerbangan yang diselesaikan dari total penerbangan yang dijadwalkan, termasuk penerbangan yang berangkat dan tiba tepat waktu serta penerbangan yang mengalami keterlambatan atau pembatalan.
- e. *Minimum Connect Time (MCT) compliance*, metrik ini mengukur seberapa sering maskapai mematuhi waktu minimum yang diperlukan antara kedatangan dan keberangkatan penumpang yang melakukan transit di bandara tertentu. Kepatuhan terhadap MCT penting untuk memastikan koneksi yang lancar bagi penumpang.

- f. *Misconnect rate*, metrik ini mengukur persentase penumpang yang kehilangan koneksi akibat keterlambatan atau pembatalan penerbangan. Hal ini dapat memberikan gambaran tentang seberapa baik maskapai dalam menyediakan koneksi yang andal bagi penumpang yang melakukan transit.
- g. *Waiting time*, metrik ini mengukur rata-rata waktu tunggu penumpang sebelum keberangkatan pesawat. Ini bisa mencakup waktu antre di gerbang keberangkatan, waktu tunggu di pesawat sebelum lepas landas, atau waktu tunggu di area keamanan bandara.

Dengan menggunakan metrik-metrik ini, maskapai penerbangan dapat memantau dan mengevaluasi kinerja tepat waktu mereka serta mengidentifikasi area-area yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan pengalaman pelanggan dan efisiensi operasional.

## 2. Metode Pengumpulan Data

Dalam industri penerbangan, pengumpulan data untuk menganalisis kinerja tepat waktu penerbangan biasanya melibatkan beberapa metode yang berbeda. Berikut ini adalah beberapa metode umum yang digunakan untuk mengumpulkan data terkait kinerja tepat waktu.

- a. Sistem manajemen operasional (*operations management systems*), banyak maskapai penerbangan menggunakan sistem manajemen operasional khusus yang mencatat detail operasional setiap penerbangan, termasuk waktu keberangkatan dan kedatangan, keterlambatan, pembatalan, dan alasan-alasan terkait. Data ini, biasanya tersedia secara digital dan dapat dianalisis untuk mengevaluasi kinerja tepat waktu.

- b. Data penerbangan *real-time (real-time flight data)*, yang diperoleh dari sistem penerbangan seperti *FlightAware*, *Flightradar24*, atau layanan serupa menyediakan informasi langsung tentang posisi dan status penerbangan. Data ini dapat digunakan untuk memantau kinerja penerbangan secara aktual dan mengidentifikasi keterlambatan atau pembatalan.
- c. Data pelanggan (*customer data*), data dari sistem reservasi dan manajemen pelanggan dapat memberikan wawasan tentang pengalaman pelanggan, terkait kinerja tepat waktu, termasuk tingkat kepuasan, keluhan pelanggan terkait keterlambatan, atau penilaian secara umum terhadap kinerja maskapai.
- d. Data infrastruktur bandara (*airport infrastructure data*), data terkait infrastruktur bandara, seperti waktu antrean di gerbang keberangkatan atau waktu tunggu di area keamanan, dapat memberikan informasi tambahan tentang faktor-faktor yang memengaruhi kinerja tepat waktu di bandara.
- e. Survei dan kuesioner, maskapai penerbangan sering kali melakukan survei dan mengirim kuesioner kepada penumpang untuk mendapatkan umpan balik tentang pengalaman perjalanan mereka, termasuk pengalaman terkait kinerja tepat waktu. Data dari survei ini dapat memberikan wawasan yang berharga tentang persepsi pelanggan terhadap kinerja tepat waktu maskapai.
- f. Laporan kinerja tepat waktu (*on time performance reports*), regulator penerbangan sering kali mengumpulkan dan menerbitkan laporan kinerja

tepat waktu, untuk maskapai penerbangan dalam yurisdiksinya. Data dari laporan ini dapat digunakan untuk membandingkan kinerja tepat waktu antara maskapai dan mengidentifikasi tren kinerja.

Dengan menggunakan kombinasi metode pengumpulan data ini, maskapai penerbangan dapat memiliki pemahaman yang lebih holistik tentang kinerja tepat waktu mereka dan mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi operasional serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

### 3. Analisa *Trend* Kinerja Tepat Waktu

Analisis tren kinerja tepat waktu penerbangan melibatkan penggunaan data historis untuk mengidentifikasi pola dan perubahan dalam kinerja tepat waktu dari waktu ke waktu. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam melakukan analisis tren kinerja tepat waktu.

- a. Pengumpulan data, kumpulkan data historis tentang kinerja tepat waktu penerbangan dari sumber yang relevan, seperti sistem manajemen operasional maskapai, data penerbangan *real-time*, atau laporan kinerja tepat waktu regulator penerbangan.
- b. Penyusunan data, susun data tersebut dalam format yang sesuai dan pastikan data tersebut lengkap dan akurat. Ini mungkin melibatkan penghapusan data yang tidak lengkap atau tidak relevan, serta pengelompokan data berdasarkan parameter waktu, seperti bulanan, musiman, atau tahunan.
- c. Visualisasi data, gunakan grafik atau diagram untuk memvisualisasikan data kinerja tepat

waktu dari waktu ke waktu. Ini dapat meliputi grafik garis untuk menunjukkan tren kinerja secara keseluruhan, serta grafik batang atau diagram lingkaran untuk membandingkan kinerja antar periode waktu atau antar maskapai.

- d. Identifikasi pola tren, analisis data untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam kinerja tepat waktu penerbangan. Perhatikan apakah ada tren peningkatan atau penurunan dalam persentase penerbangan yang berangkat atau tiba tepat waktu dari tahun ke tahun, bulan ke bulan, atau musim ke musim.
- e. Analisis penyebab, tinjau faktor-faktor yang mungkin memengaruhi kinerja tepat waktu penerbangan, selama periode waktu yang dianalisis. Ini bisa mencakup perubahan dalam kondisi cuaca, pembaruan jadwal penerbangan, atau peningkatan atau penurunan dalam lalu lintas udara.
- f. Prediksi dan proyeksi, gunakan tren yang diidentifikasi untuk membuat prediksi atau proyeksi tentang kinerja tepat waktu di masa depan. Ini dapat membantu maskapai dalam merencanakan strategi operasional dan mengantisipasi perubahan yang mungkin terjadi.
- g. rekomendasi perbaikan, berdasarkan analisis tren kinerja tepat waktu, buat rekomendasi untuk perbaikan atau perubahan dalam operasi maskapai. Ini bisa meliputi peningkatan dalam manajemen jadwal, perbaikan dalam manajemen keterlambatan, atau investasi dalam teknologi dan infrastruktur yang lebih baik.

Dengan melakukan analisis tren kinerja tepat waktu secara teratur, maskapai penerbangan dapat

mengidentifikasi area-area yang perlu diperbaiki dan mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi operasional serta memenuhi harapan pelanggan.

### **Strategi Peningkatan Kinerja Tepat Waktu**

#### 1. Teknologi dan Inovasi dalam Pengelolaan Kinerja

Teknologi dan inovasi memainkan peran krusial dalam pengelolaan kinerja tepat waktu maskapai penerbangan. Berikut beberapa contoh bagaimana teknologi dan inovasi dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja tepat waktu.

- a. Sistem manajemen operasional terintegrasi, penggunaan sistem manajemen operasional terintegrasi yang memadukan berbagai aspek operasional maskapai, termasuk manajemen jadwal, penjadwalan awak pesawat, manajemen pesawat, dan manajemen kru, dapat membantu meningkatkan koordinasi dan efisiensi operasional secara keseluruhan.
- b. Pemantauan *real-time*, teknologi pemantauan *real-time* menggunakan data penerbangan langsung untuk memantau posisi dan status pesawat secara langsung. Ini memungkinkan maskapai untuk mengidentifikasi potensi keterlambatan atau masalah operasional secara cepat, dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan.
- c. Analisis *big data*, pemanfaatan analisis *big data* untuk mengolah volume besar data operasional, termasuk data cuaca, data operasional pesawat, dan data penumpang, dapat membantu maskapai dalam mengidentifikasi pola, tren, dan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja tepat waktu.

- d. Penggunaan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*, AI), teknologi AI dapat digunakan untuk membuat model prediktif yang mampu memperkirakan keterlambatan penerbangan dengan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan berbagai faktor, seperti kondisi cuaca, lalu lintas udara, dan sejarah operasional.
- e. Sistem manajemen jadwal yang dinamis, penggunaan sistem manajemen jadwal yang dinamis yang dapat menyesuaikan jadwal penerbangan secara otomatis, berdasarkan permintaan penumpang, kondisi cuaca, atau perubahan lainnya dapat membantu maskapai dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan menghindari keterlambatan.
- f. Teknologi komunikasi dan kolaborasi, penggunaan teknologi komunikasi dan kolaborasi yang canggih, seperti platform kolaborasi berbasis *cloud*, dapat membantu meningkatkan koordinasi antara berbagai departemen dalam maskapai dan antara maskapai dengan otoritas bandara serta penyedia layanan terkait lainnya.
- g. Pemantauan efisiensi bahan bakar, penggunaan teknologi pemantauan efisiensi bahan bakar dan sistem manajemen bahan bakar yang canggih, dapat membantu maskapai mengoptimalkan konsumsi bahan bakar pesawat dan mengurangi risiko keterlambatan akibat kekurangan bahan bakar.

Dengan memanfaatkan teknologi dan inovasi ini, maskapai penerbangan dapat meningkatkan efisiensi operasional mereka, mengurangi keterlambatan, dan meningkatkan kinerja tepat waktu secara keseluruhan.

## 2. Pelatihan dan Pengembangan SDM

Pelatihan dan pengembangan sumber daya manusia (SDM) adalah aspek penting dalam pengelolaan kinerja tepat waktu maskapai penerbangan. Berikut beberapa cara pelatihan dan pengembangan SDM dapat berkontribusi pada meningkatkan kinerja tepat waktu.

- a. Pelatihan dalam penanganan situasi darurat, memberikan pelatihan yang komprehensif kepada awak pesawat dan staf darat dalam penanganan situasi darurat, termasuk prosedur evakuasi cepat dan tindakan darurat lainnya, dapat membantu memastikan respons yang cepat dan efektif dalam mengatasi masalah operasional yang tidak terduga.
- b. Pelatihan dalam manajemen waktu dan stres, pelatihan dalam manajemen waktu dan stres dapat membantu awak pesawat dan staf darat untuk tetap tenang dan fokus dalam menghadapi tekanan dan tantangan yang terkait dengan operasi penerbangan. Ini dapat membantu mengurangi kesalahan dan meningkatkan kinerja tepat waktu.
- c. Pelatihan dalam manajemen konflik dan komunikasi, pelatihan dalam manajemen konflik dan komunikasi yang efektif dapat membantu meningkatkan kerja sama dan koordinasi antara berbagai departemen dalam maskapai, serta antara maskapai dengan otoritas bandara dan penyedia layanan terkait lainnya.
- d. Pelatihan teknis dan pemeliharaan, memberikan pelatihan teknis yang berkualitas kepada kru pesawat dan personel pemeliharaan pesawat dapat meningkatkan pemahaman mereka tentang

sistem pesawat dan prosedur operasional, yang dapat membantu mencegah masalah teknis dan meminimalkan waktu pemeliharaan yang tidak terjadwal.

- e. Pelatihan dalam penggunaan teknologi, pelatihan dalam penggunaan sistem manajemen operasional, perangkat pemantauan *real-time*, dan teknologi lainnya yang digunakan dalam operasi penerbangan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas staf dalam memantau dan merespons situasi operasional.
- f. Pengembangan keterampilan analitis, memberikan pelatihan dalam keterampilan analitis dan pemrosesan data kepada personel operasional dan manajerial dapat membantu mereka dalam mengidentifikasi pola dan tren kinerja tepat waktu serta mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkannya.
- g. Pengembangan kepemimpinan, pelatihan kepemimpinan yang efektif dapat membantu manajer dan pemimpin di semua tingkatan dalam maskapai untuk menginspirasi dan memotivasi staf mereka untuk mencapai tujuan kinerja tepat waktu yang ditetapkan.

Dengan memberikan pelatihan dan pengembangan SDM yang tepat, maskapai penerbangan dapat memastikan bahwa staf mereka memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan, untuk mengelola operasi penerbangan dengan efisien dan efektif, yang pada gilirannya akan berkontribusi pada peningkatan kinerja tepat waktu secara keseluruhan.

### 3. Kerja Sama antara Maskapai dan Otoritas Bandara

Kerja sama antara maskapai penerbangan dan otoritas bandara sangat penting dalam memastikan kinerja tepat waktu dalam industri penerbangan. Berikut adalah beberapa cara kerja sama ini dapat meningkatkan kinerja tepat waktu.

- a. Koordinasi Jadwal: Maskapai dan otoritas bandara dapat bekerja sama untuk mengkoordinasikan jadwal penerbangan agar lebih efisien. Ini termasuk penjadwalan jendela waktu lepas landas dan mendarat yang optimal untuk menghindari tumpukan pesawat di landasan pacu.
- b. Manajemen Lalu Lintas Udara : Kerja sama antara maskapai dan otoritas bandara dalam manajemen lalu lintas udara dapat membantu mengoptimalkan rute penerbangan dan penggunaan jalur udara untuk menghindari kemacetan dan mempercepat waktu perjalanan.
- c. Pemeliharaan Infrastruktur: Otoritas bandara bertanggung jawab untuk memelihara dan mengembangkan infrastruktur bandara, termasuk landasan pacu, apron, dan terminal. Kerja sama dengan maskapai dalam perencanaan dan implementasi proyek pemeliharaan dan pengembangan infrastruktur dapat membantu memastikan bahwa fasilitas bandara dapat mendukung operasi penerbangan yang tepat waktu.
- d. Pemantauan Cuaca dan Laporan Lalu Lintas : Otoritas bandara sering memiliki akses ke informasi cuaca dan laporan lalu lintas udara yang penting untuk pengelolaan operasi penerbangan. Berbagi informasi ini dengan maskapai dapat membantu mereka dalam

merencanakan dan menyesuaikan operasi mereka sesuai dengan kondisi yang ada.

- e. Pengembangan Proses dan Prosedur Operasional : Maskapai dan otoritas bandara dapat bekerja sama dalam pengembangan proses dan prosedur operasional yang lebih efisien dan responsif. Ini termasuk prosedur *boarding* yang lebih cepat, penanganan kargo yang lebih efisien, dan peningkatan komunikasi antara maskapai, otoritas bandara, dan penyedia layanan lainnya.
- f. Penanganan Keterlambatan dan Kecelakaan : Ketika terjadi keterlambatan atau kecelakaan, kerja sama antara maskapai dan otoritas bandara dalam penanganan insiden dapat membantu memastikan respons yang cepat dan koordinasi yang efektif untuk meminimalkan dampaknya terhadap operasi penerbangan lainnya.
- g. Koordinasi dalam Perencanaan Krisis : Maskapai dan otoritas bandara dapat bekerja sama dalam perencanaan dan latihan untuk situasi darurat atau krisis, seperti cuaca ekstrem, insiden keamanan, atau bencana alam. Ini dapat membantu memastikan bahwa semua pihak terlibat siap untuk merespons dengan cepat dan efektif dalam situasi yang darurat.

Dengan menjalin kerja sama yang erat antara maskapai penerbangan dan otoritas bandara, keduanya dapat bekerja sama untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kinerja tepat waktu, serta meningkatkan keselamatan dan keamanan penerbangan secara keseluruhan.

## **Daftar Pustaka**

- Ahmadi, M., & Ali, A. (2019). Factors Affecting On-Time Performance in Airlines. *Journal of Air Transport Management*
- Bowen, B. D., & Headley, D. E. (2018). Benchmarking Airline OnTime erformance: A Systematic Review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Jiang, H., & Zhang, A. (2014). Measuring Airline Service Quality: Pax Complaints as an Indicator of Service Performance. *Journal of Air Transport Management*.
- Mahmassani, H. S., & Chen, S. (2009). Airline Flight Delays: Trends, Causes, and Impacts. *Journal of Transportation Engineering*.
- Wu, C. L. (2010). Airline Operations and Delay Management: Insights from Airline Economics, Networks and Strategic Alliances. *Ashgate Publishing*, 102-118.

## **Profil Penulis**



### **Ir. Freddy Franciscus, M.M., IPU.**

Penulis adalah Dosen tetap Program Studi S-1 Teknik Penerbangan, Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri (FTDI), Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (UNSURYA). Lahir di Tanjung Redeb-Berau, 16 desember 1960. Lulus Sarjana Teknik Mesin (Penerbangan) ITB Tahun 1985 dan pendidikan terakhir program Magister Manajemen UI, Manajemen Internasional, lulus tahun 1992. Mata kuliah yang diampu adalah Manajemen Industri Penerbangan dan Manajemen Hanggar serta Hukum Penerbangan. Sebelum menjadi dosen tetap di Prodi Teknik Penerbangan FTDI UNSURYA, penulis bekerja di PT. Garuda Indonesia mulai tahun 1986, berbagai pelatihan (Boeing, SwissAir, KLM, Duri Kosambi Garuda dll) dan jabatan telah dialami. Tahun 2007-2011 menjadi Direktur Utama di PT. Indopelita Aircraft Services, anak usaha Pelita Air Service. Sejak tahun 2013 bergabung sebagai dosen tetap di UNSURYA dan sejak awal tahun 2017 menjadi Dekan Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri sampai saat ini. Penulis saat ini juga aktif sebagai Sekretaris Jenderal IAMSA (Indonesia Aircraft Maintenance Services Association) dan sebagai Wakil Ketua II Badan Kejuruan Dirgantara/BKD-PII serta sebagai Ketua Korwil IKAMISA Jabodetabek (Ikatan Alumni Mitreka Satata) SMAN 1 Malang.

E-mail Penulis: [freddyf60@rocketmail.com](mailto:freddyf60@rocketmail.com)



# PENANGANAN BARANG BERBAHAYA PADA ANGKUTAN UDARA

**Cynthia Rahmawati, S.Si., M.Si(Han)**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Pendahuluan**

Barang-barang berbahaya diangkut secara teratur dan rutin melalui udara ke seluruh dunia. Untuk memastikan bahwa hal tersebut, tidak membahayakan pesawat terbang dan para penumpang. Oleh karena itu, terdapat standar internasional yang wajib diterapkan oleh setiap negara bagian dan berdasarkan ketentuan Konvensi Chicago yang masuk ke dalam undang-undang nasional. Sistem ini menjamin kendali pemerintah atas pengangkutan barang berbahaya melalui udara dan memberikan harmonisasi standar keselamatan di seluruh dunia.

Annex 18 mengatur tentang Pengangkutan Barang Berbahaya yang Aman melalui Udara dan menetapkan prinsip-prinsip dewan; namun salah satu Standar mengharuskan barang berbahaya diangkut sesuai dengan Petunjuk Teknis Pengangkutan Barang Berbahaya yang Aman melalui Udara (“Petunjuk Teknis”). Negara-negara diwajibkan oleh Annex 18 untuk memiliki prosedur inspeksi dan penegakan hukum untuk memastikan

bahwa barang-barang berbahaya diangkut sesuai dengan persyaratan.

Petunjuk teknis berisi serangkaian persyaratan yang komprehensif; antara lain, mereka mengatur klasifikasi barang berbahaya dan mencantumkan barang-barang tersebut. Daftar tersebut mengidentifikasi barang-barang dengan keadaan tertentu, antara lain a) dilarang dalam keadaan apa pun; b) dilarang digunakan pada pesawat penumpang dan kargo dalam keadaan normal namun dapat diangkut dalam keadaan luar biasa dengan pengecualian dari negara yang bersangkutan; c) dilarang di pesawat penumpang tetapi diperbolehkan di pesawat kargo dalam keadaan normal; dan d) diperbolehkan berada di pesawat penumpang dan kargo dalam keadaan normal (ICAO, 2024).

Dengan demikian, pada bab ini akan menjelaskan mengenai bagaimana penanganan barang berbahaya, pada angkutan udara yang telah ditentukan dalam peraturan, perundang-undangan, dan ketentuan atau petunjuk teknis dari berbagai sumber yang valid.

### **Pengertian**

#### **1. Penanganan**

Penanganan menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI) penanganan memiliki suatu arti yaitu penanganan yang berasal dari kata tangan. Penanganan memiliki arti yang menyatakan sebuah tindakan yang dilalukan dalam melakukan sesuatu. Penanganan juga dapat berarti proses, cara, perbuatan menangani sesuatu yang sedang dialami (Amirudin dkk., 2023).

#### **2. Barang Bahaya**

Menurut Asosiasi Angkutan Udara International (IATA) dalam

buku peraturan barang berbahaya (*Dangerous Goods Regulation*) dan Annex 18 tentang *The Safe Transport of Dangerous Goods by Air*, bahwa barang berbahaya didefinisikan sebagai berikut.

“Bahwa suatu barang berbahaya adalah bahan atau zat yang berpotensi dapat membahayakan secara nyata terhadap kesehatan, keselamatan atau harta milik apabila diangkut dengan pesawat udara. Bahaya yang ditimbulkan akan berakibat pada keselamatan penerbangan.”

Pada dasarnya, barang berbahaya dapat diangkut dengan pesawat udara, namun harus memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan yang berlaku, termasuk aturan kemasan dan cara pengemasannya, pemberian label serta penyimpanan dan muatannya. Barang berbahaya dapat diangkut dengan pesawat udara, namun harus memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan yang berlaku, termasuk aturan kemasan dan cara pengemasannya, pemberian label, serta penyimpanan dan pemuatan barang. Apabila petugas yang menangani barang berbahaya menyimpang dari peraturan, maka dimungkinkan adanya bahaya yang akan mencelakakan manusia, merugikan perusahaan atau merusak fasilitas lain (Benny, 2012). Oleh karena itu, untuk menjamin keselamatan dan pengamanan serta lancarnya pengangkutan barang berbahaya diperlukan penanganan yang sebaik-baiknya dan penuh rasa tanggung jawab.

Dengan demikian, yang dimaksud dengan *Dangerous Goods* adalah barang bahaya atau zat yang berpotensi dapat membahayakan secara nyata terhadap kesehatan, keselamatan atau harta memiliki apabila diangkut dengan pesawat udara. Bahaya yang ditimbulkan, akan berakibat pada keselamatan. Bahaya yang ditimbulkan akan berakibat pada keselamatan penerbangan. *Dangerous*

*Goods* sendiri terdiri dari 9 *Classification* yaitu: (1) *Explosives* (2) *Gases* (3) *Flammable Liquids* (4) *Flammable Solid* (5) *Oxidizing Substances* (6) *Toxic and Infectious Substances* (7) *Radioactive Material* (8) *Corrosive* (9) dan *Miscellaneous* (Amirudin dkk., 2023).

### **Penerapan**

#### 1. Tanggung Jawab Pengirim

Pengirim yang melakukan penanganan barang berbahaya harus memastikan barang berbahaya yang diserahkan kepada Operator Pesawat Udara. Oleh karena itu, harus memperhatikan

- a. barang berbahaya tidak termasuk yang dilarang untuk diangkut;
- b. klasifikasi barang berbahaya yang akan dikirim;
- c. jumlah barang berbahaya yang akan dikirim;
- d. pengemasan;
- e. pelabelan dan penandaan; dan
- f. dokumen pengangkutan barang berbahaya (*shipper declaration*) (PM. Perhubungan RI, 2013).

#### 2. Tanggung Jawab Operator Pesawat Udara

Operator pesawat udara memiliki beberapa tanggung jawab, antara lain:

- a. operator pesawat udara yang menerima kiriman barang berbahaya harus
  - 1) memastikan barang kiriman disertai dengan dokumen pengangkutan; dan
  - 2) memeriksa dan mengkonfirmasi kiriman sesuai prosedur penerimaan.

- b. dalam melakukan penerimaan sebagaimana operator pesawat udara harus menggunakan format data penerimaan (*acceptance checklist*) termutakhir;
- c. operator pesawat udara wajib menyusun prosedur pemuatan dan penempatan barang berbahaya dan material radioaktif di pesawat udara; dan
- d. operator pesawat udara harus memastikan kemasan barang berbahaya atau material radioaktif yang mengalami kerusakan atau kebocoran tidak dimuat dalam pesawat udara (PM. Perhubungan RI, 2013).

Dalam hal kemasan barang berbahaya atau material radioaktif yang telah dimuat di dalam pesawat udara mengalami kerusakan atau kebocoran, operator pesawat udara harus melakukan langkah-langkah:

1. menurunkan barang berbahaya atau material radioaktif sesegera mungkin;
2. memastikan kondisi barang berbahaya atau material radioaktif masih layak diangkut; dan
3. memastikan tidak ada barang lain yang terkontaminasi.

Operator pesawat udara harus melakukan pengawasan terhadap barang berbahaya pada saat proses pemuatan (*loading*) dan penurunan (*unloading*). Apabila dalam pengawasan tersebut ditemukan kerusakan atau kebocoran, maka area penempatan barang berbahaya atau unit *loading device* di pesawat udara harus dilakukan pemeriksaan terhadap kerusakan atau kontaminasi. Selain itu, Operator Pesawat Udara harus membuat ketentuan mengenai barang berbahaya yang dapat dibawa ke dalam kabin pesawat udara yang digunakan penumpang atau *flight deck*. Operator pesawat udara

harus menurunkan barang yang terkontaminasi akibat kerusakan atau kebocoran barang berbahaya sesegera mungkin.

1. Dokumen pengangkutan barang berbahaya. *Shipper declaration* yang perlu diperhatikan, berisi informasi antara lain barang berbahaya yang dikirim; nama dan alamat lengkap pengirim; nama dan alamat lengkap penerima; nama bandar udara keberangkatan; nama bandar udara tujuan; dan nomor surat muatan udara.
2. Dokumen untuk penanganan barang berbahaya, ditandatangani oleh pengirim dengan mencantumkan: nama jelas; nomor lisensi personel penanganan pengangkutan barang berbahaya; jabatan; dan tempat dan tanggal penandatanganan.
3. Barang berbahaya yang akan dikirim dengan penerbangan internasional, pengirim harus memahami aturan khusus, tentang pengangkutan barang berbahaya dengan pesawat udara di negara tujuan.
4. Pengirim barang bahaya harus mempunyai personel yang memiliki kompetensi dan lisensi.
5. Kompetensi dan lisensi akan diatur lebih lanjut dalam Peraturan Direktur Jenderal (PM. Perhubungan RI, 2013).

### **Pelatihan**

Pelatihan Sertifikasi Barang Berbahaya membantu memastikan bahwa peserta pelatihan akan terlatih dengan baik, dalam mempersiapkan dan menangani barang berbahaya. Pelatihan barang berbahaya diperlukan, tidak hanya bagi setiap individu bagi seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam proses pengiriman barang berbahaya melalui udara, tetapi juga

bagi mereka yang tidak membawa barang berbahaya (Kementerian Perhubungan, 2009).

### 1. Pentingnya Sertifikasi Barang Berbahaya

Keselamatan adalah prioritas nomor satu IATA, terutama dalam hal pengangkutan barang berbahaya dan kepatuhan terhadap persyaratan peraturan. Oleh karena itu, pelatihan barang berbahaya diperlukan bagi setiap orang yang menyiapkan, menawarkan, menerima, dan menangani barang berbahaya. Pelatihan berulang juga wajib dan diwajibkan setiap 24 bulan untuk menjaga validitas sertifikasi. Memperoleh sertifikat barang berbahaya melalui pelatihan dan penilaian berbasis kompetensi, memastikan bahwa standar tertinggi dalam pembelajaran terpenuhi, dan relevan bagi karyawan dan fungsi pekerjaan yang harus mereka lakukan (Kementerian Perhubungan, 2009).

### 2. Sertifikat IATA

Pelatihan barang berbahaya diberikan untuk berbagai fungsi dalam rantai pasokan, seperti Peraturan Barang Berbahaya untuk Persiapan Pengiriman Ditjen dan Peraturan Barang Berbahaya untuk Anggota Awak Penerbangan. Bagi peserta yang memperoleh nilai 80% atau lebih tinggi, Sertifikat Penyelesaian IATA diberikan dan penghargaan khusus diberikan kepada mereka yang memperoleh nilai 90% atau lebih.

Selain pelatihan barang berbahaya untuk fungsi pekerjaan tertentu, IATA menawarkan tiga kursus untuk mendapatkan sertifikasi sebagai Instruktur Barang Berbahaya dan/atau perancang kursus pengajaran barang berbahaya.

- a. Pelatihan Berbasis Kompetensi Perancang Instruksional Barang Berbahaya.
  - b. Pelatihan Berbasis Kompetensi bagi Instruktur Barang Berbahaya.
3. Proses Pelatihan

IATA menawarkan berbagai pelatihan barang berbahaya termasuk pilihan ruang kelas, serta kursus kelas virtual. Alternatif pelatihan internal dapat dikirimkan ke lokasi sesuai keinginan calon peserta untuk 8-10 peserta atau lebih.

Peserta dapat memilih kursus yang ada atau meminta versi khusus untuk mendapatkan sertifikat barang berbahaya di area yang diperlukan. Tersedia paket kursus tunggal dan ganda, semuanya mengarah ke Sertifikat dan Diploma IATA (IATA, 2023).

#### **Keamanan**

Perlakuan yang baik dan efektif, untuk angkutan udara harus memperhatikan keamanan, terutama untuk barang berbahaya, harus ditegakkan oleh staf yang menangani produk berbahaya yang berwenang sebagai bukti keterampilan dan didukung oleh transportasi yang mengurus sarana dan sistem standar. Untuk mengurangi kecelakaan yang disebabkan oleh kesalahan dalam mengurus pengangkutan barang berbahaya, diperlukan pedoman dan sistem yang luas dan sesuai dengan pedoman global.

Oleh karena itu, hal ini menyinggung Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Pasal 136, “pengangkutan barang yang luar biasa dan berbahaya harus memenuhi kebutuhan keselamatan dan kesejahteraan avionik” (Kementerian Perhubungan, 2009). Dengan demikian, Badan Usaha yang menangani dan juga mengirimkan

barang berbahaya wajib memperhatikan jasa transportasi dengan memperhatikan pedoman yang sesuai.

1. Pengiriman *Dangerous Goods* harus berpedoman pada
  - a. pedoman berbahaya yang diberikan oleh IATA;
  - b. berapa, jumlah liter atau kg per bundel sehingga dapat dipindahkan dengan baik melalui pesawat;
  - c. cara memasukkannya ke dalam gudang atau di pesawat;
  - d. tanda yang sesuai harus diberikan pada barang; dan
  - e. dokumen yang harus dipenuhi oleh pengirim.
2. Dokumen yang diperlukan dalam pengiriman barang/kargo ini ada dua.
  - a. SMU (Surat Muatan Udara) khusus untuk penerbangan domestik.
  - b. AWB (*Air Way Bill*) khusus untuk penerbangan internasional (Yanti, 2022).

#### **Pembatasan Pengangkutan Barang Berbahaya**

Barang berbahaya dilarang diangkut di pesawat udara, barang berbahaya dilarang diangkut dengan pesawat udara sebagaimana dimaksud dapat dikecualikan, terhadap

1. barang berbahaya yang sesuai petunjuk teknis keselamatan pengangkutan barang berbahaya dengan pesawat udara; dan
2. barang berbahaya yang sesuai petunjuk teknis keselamatan pengangkutan barang berbahaya dengan pesawat udara dinyatakan dilarang dan binatang yang terinfeksi, setelah mendapatkan izin khusus, yang dimaksud dalam izin khusus ini, dalam hal: untuk kepentingan negara (*extreme urgency*); dan/atau

hanya ada moda transportasi udara untuk mengangkut, dan Izin khusus ini diberikan oleh Direktur Jenderal.

Petunjuk teknis keselamatan pengangkutan barang berbahaya dengan pesawat udara sebagaimana dimaksud yaitu:

1. memperhatikan klasifikasi barang berbahaya yang akan diangkut;
2. membatasi jumlah barang berbahaya yang akan diangkut dalam satu kemasan;
3. memperhatikan jenis angkutan pesawat udara;
4. memenuhi persyaratan:
  - a. pengemasan (*packing*);
  - b. pemberian label dan tanda (*labelling and marking*);
  - c. penanganan (*handling*);
  - d. pendokumentasian; dan
  - e. penyediaan informasi.
  - f. barang berbahaya yang diangkut dengan pesawat udara dilakukan pengemasan. Pengemasan sebagaimana dimaksud harus menggunakan kemasan dengan ketentuan sebagai berikut:
    - 1) memiliki kualitas baik;
    - 2) menggunakan bahan dan penutup yang aman untuk mencegah kebocoran yang disebabkan oleh pengangkutan, seperti perubahan suhu, kelembapan, tekanan atau getaran; dan
    - 3) memenuhi spesifikasi bahan dan konstruksi (PM. Perhubungan RI, 2013).

### **Klasifikasi**

Barang berbahaya dapat berbentuk bahan cair, bahan padat atau gas yang dapat membahayakan kesehatan, keselamatan jiwa dan harta benda serta keselamatan dan keamanan penerbangan, yang terdiri dari

1. bahan peledak (*explosives*);
2. gas yang dimampatkan, dicairkan, atau dilarutkan dengan tekanan (*compressed gases, liquified or dissolved under pressure*);
3. cairan mudah menyala atau terbakar (*flammable liquids*);
4. bahan atau barang padat mudah menyala atau terbakar (*flammable solids*);
5. bahan atau barang pengoksidasi (*oxidizing substances*);
6. bahan atau barang beracun dan mudah menular (*toxic and infectious substances*);
7. bahan atau barang material radioaktif (*radioactive material*);
8. bahan atau barang perusak (*corrosive substances*);
9. bahan atau zat berbahaya lainnya (*miscellaneous dangerous substances*); dan
10. cairan, aerosol, dan jelly (*liquids, aerosols, and gels*) dalam jumlah tertentu (PM. Perhubungan RI, 2013).

### **Kemasan**

Penanganan barang berbahaya perlu dilakukan pengemasan, berikut beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, sebagai berikut.

1. Barang berbahaya yang diangkut dengan pesawat udara dilakukan pengemasan. Pengemasan harus

menggunakan kemasan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. memiliki kualitas baik;
  - b. menggunakan bahan dan penutup yang aman untuk mencegah kebocoran yang disebabkan oleh pengangkutan, seperti perubahan suhu, kelembapan, tekanan atau getaran; dan
  - c. memenuhi spesifikasi bahan dan konstruksi.
2. Kemasan yang digunakan untuk barang berbahaya yang bersentuhan langsung harus
    - a. sesuai dengan isi; dan
    - b. tahan terhadap bahan kimia atau reaksi barang lainnya.
  3. Kemasan yang akan digunakan untuk barang berbahaya harus dilakukan pengujian oleh instansi pemerintah atau badan hukum yang membidangi pengujian kemasan.
  4. Kemasan yang lulus pengujian sebagaimana dimaksud diberikan:
    - a. sertifikat "*UN Specification Marking*"; atau
    - b. kode "*limited quantity*".Sertifikat "*UN Specification Marking*" diterbitkan oleh Direktur Jenderal.
  5. Kemasan barang berbahaya yang telah memiliki "*UN Specification Marking*" dari negara lain, tidak perlu dilakukan pengujian.
  6. Kemasan yang digunakan untuk barang berbahaya berbentuk bahan cair harus diposisikan berdiri, tanpa ada kebocoran, dan tahan terhadap tekanan.

7. Pengemasan barang berbahaya yang menggunakan kemasan dalam (*inner packaging*) harus dikemas secara aman dan dilengkapi:
  - a. bahan penahan untuk mengontrol gerakan guna mencegah kerusakan dan kebocoran; dan
  - b. bahan penyerap yang tidak bereaksi terhadap barang berbahaya.
8. Kemasan dilarang digunakan kembali kecuali telah diperiksa dan dinyatakan bebas korosi atau kerusakan lainnya oleh personel penanganan pengangkutan barang berbahaya.
9. Kemasan yang digunakan kembali harus dilakukan pengujian oleh instansi pemerintah atau badan hukum. Hasil pengujian sebagaimana dimaksud pada dikeluarkan rekomendasi untuk mendapat "UN *Specification Packaging*" jenis rekondisi dan *remanufactured* yang diterbitkan oleh Direktur Jenderal (Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, 2005).

#### **Pelabelan dan Penandaan**

Penangan barang berbahaya yang dapat diangkut dengan pesawat udara harus menggunakan pelabelan dan penandaan, yang perlu diperhatikan beberapa persyaratan yang sesuai.

Setiap paket barang berbahaya harus dilakukan pelabelan dan penandaan.

1. Pelabelan menggunakan label yang terdiri dari
  - a. label barang berbahaya (*hazard label*; dan/atau
  - b. label penanganan barang berbahaya (*handling label*).
2. Penandaan setiap paket barang berbahaya harus memperhatikan sebagai berikut:

- a. nama barang berbahaya (*proper shipping name*);
- b. nomor UN (*UN number*);
- c. jumlah bersih (*nett quantity*) barang berbahaya dalam kemasan;
- d. nama dan alamat lengkap pengirim;
- e. nama dan alamat lengkap penerima; dan
- f. kode spesifikasi kemasan UN (*UN Specification Packaging Code*) (PM. Perhubungan RI, 2013).

### **Kesimpulan**

Pada dasarnya, barang berbahaya dapat diangkut dengan pesawat udara, namun harus memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan yang berlaku, termasuk aturan kemasan dan cara pengemasannya, pemberian label, serta penyimpanan dan pemuatan barang. Apabila petugas yang menangani barang berbahaya menyimpang dari peraturan, maka dimungkinkan adanya bahaya yang akan mencelakakan manusia, merugikan perusahaan atau merusak fasilitas lain.

Oleh karena itu, untuk menjamin keselamatan dan pengamanan serta lancarnya pengangkutan barang berbahaya diperlukan penanganan yang sebaik-baiknya dan penuh rasa tanggung jawab. *Dangerous goods* adalah unsur-unsur zat bahan dan atau barang berbahaya yang sangat peka terhadap suhu udara, tekanan dan getaran serta dapat mengganggu terhadap kesehatan manusia maupun binatang, dapat mengganggu serta membahayakan keselamatan penerbangan dan dapat merusakkan peralatan pengangkutan.

Barang berbahaya sebagai kargo dapat diangkut dengan pesawat udara dikelompokkan menjadi tiga, yaitu barang berbahaya yang dapat diangkut dengan menggunakan pesawat udara penumpang atau pesawat udara kargo.

Barang berbahaya yang hanya dapat diangkut dengan pesawat kargo saja. Barang berbahaya yang tidak boleh diangkut dengan pesawat udara, pengelompokan ini didasarkan pada ciri-ciri atau jenis barang berbahaya jumlahnya yang akan diangkut dengan pesawat udara.

## Daftar Pustaka

- Benny, Daniel J. (2012). *General Aviation Security*. Jakarta: CRC Press.
- Dedek Fitri Yanti. (2022). Analysis of Miscellaneous Dangerous Goods Kargo Handling at PT Angkasa Pura Kargo Pontianak. *Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA)*, 2(4), 2043–2052.
- IATA. (2023). *IATA Knowledge Hub: Learn, apply, improve*. Diakses pada: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/how-to-get-trained-and-certified-on-dangerous-goods-transported-by-air/>. Diakses pada tanggal 1 Juni 2024: pukul 20:54 WIB.
- ICAO. (2024). *Background: The Transport of Dangerous Goods by Air*. <https://www.icao.int/safety/DangerousGoods/Pages/background.aspx>. Diakses pada tanggal 2 Juni 2024: pukul 20:01WIB.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2013). Nomor: PM 90 tahun 2013. Tentang Keselamatan Pengangkutan Barang Berbahaya dengan Pesawat Udara.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2005). No. SKEP/77/VI/2005 tentang *Persyaratan Teknis Bandar Udara*.
- Sriwulan Sari Amirudin, Djoko Widagdo. (2023). Penanganan Dangerous Goods Classification 6 Menurut Annex 18 di Bandara Udara Sultan Babullah Ternate. *Jurnal Ground Handling Dirgantara*, 5(1).
- Undang-Undang No.1 Tahun 2009, Kementerian Perhubungan, Jakarta.

## Profil Penulis



### **Cynthia Rahmawati, S.Si., M.Si(Han)**

Penulis adalah dosen tetap prodi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Penulis merupakan sarjana Sains yang memperoleh beasiswa dari Bank Mandiri dan semasa S1nya menjadi asisten dosen/laboratorium hingga menghasilkan sertifikat asisten yang diakui oleh Dekan Fakultas MIPA Universitas Lampung tahun 2013. Penulis juga mendapatkan *full* beasiswa dari Kementerian Pertahanan untuk melanjutkan Perkuliahan jenjang S-2 bidang manajemen bencana di Universitas Pertahanan. Cita-cita penulis sebagai pengajar terwujud saat lulus S-2 selang beberapa bulan menjadi seorang dosen tahun 2016. Penulis juga sebagai Widyaiswara di bidang manajemen bencana tingkat manajerial tersertifikasi oleh BNPB pada tahun 2019 dan Keamanan Nasional tersertifikasi oleh Pusat Kajian Keamanan Nasional Universitas Bhayangkara Jakarta. Penulis memiliki kepakaran di bidang manajemen diwujudkan dengan sertifikasi dosen dari Kemenristek Dikti diperoleh pada tahun 2020. Penulis memiliki kepakaran di bidang manajemen khususnya kebencanaan, metode penelitian, dan statistik. Dan untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis pun aktif sebagai peneliti pada bidang kepakarannya tersebut. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didanai oleh internal perguruan tinggi dan juga Kemenristek DIKTI dari tahun 2020 hingga 2024 ini. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara yang sangat tercinta ini dan aktif dalam berbagai kegiatan sosial di antaranya sekolah aman bencana bersama BPBD Kota Bogor tahun 2018, sedekah komunitas yatim dan dhuafa, dan pengelolaan sampah digital di lingkungan sekitar hingga saat ini.

*E-mail* Penulis: [crahmawati@unsurya.ac.id](mailto:crahmawati@unsurya.ac.id)



# SISTEM KEAMANAN BANDAR UDARA DALAM PERSPEKTIF TEKNOLOGI INFORMASI

**Muryan Awaludin, S.Kom., M.Kom.**  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

## **Pendahuluan**

Sistem keamanan bandar udara sangat penting untuk keselamatan dan keamanan penerbangan (Qian, Tang, Xiong, Chen, & Wang, 2022). Dengan perkembangan teknologi informasi yang pesat, pentingnya penerapan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara, semakin meningkat (Huang et al., 2023). Bab ini membahas berbagai aspek sistem keamanan bandar udara dari sudut pandang teknologi informasi. Ini mencakup teknologi yang digunakan, keuntungan dan kekurangan, serta kebijakan dan peraturan yang terkait.

Dalam teknologi yang digunakan, berbagai sistem deteksi keamanan seperti pemindai logam, bahan peledak, cairan, dan radiologi digunakan untuk mengidentifikasi potensi ancaman bagi penumpang dan barang bawaan mereka (Mehta, Sahai, Mittal, & Monga, 2023). Selain itu, sistem identifikasi biometrik seperti suara, sidik jari, iris mata, dan wajah digunakan untuk mengidentifikasi dan memastikan bahwa penumpang atau staf bandar udara adalah orang yang sebenarnya. Selain itu, sistem pemantauan CCTV digunakan untuk mengawasi aktivitas

di bandar udara dan menemukan perilaku mencurigakan (Beisenbayeva, Ergaliev, Bogacheva, Suleymanova, & Mukhambetov, 2023). Selain itu, teknologi informasi mencakup sistem keamanan jaringan untuk melindungi infrastruktur teknologi informasi bandar udara dari serangan siber; pengawasan kargo dan bagasi melalui teknologi barcode, RFID, dan sistem pelacakan.

Teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara dapat meningkatkan efisiensi dan kecepatan, meningkatkan keakuratan identifikasi, dan meningkatkan pengawasan. Teknologi informasi mempercepat pemeriksaan keamanan, menurunkan waktu tunggu penumpang, dan meningkatkan *throughput* bandar udara (Gao & Li, 2017). Selain itu, kemampuan deteksi ancaman keamanan, seperti bahan peledak atau senjata tersembunyi diperkuat oleh teknologi informasi dan algoritma canggih. Sistem pemantauan CCTV dan pelacakan kargo secara *real-time*, memungkinkan pengawasan yang lebih baik terhadap aktivitas di bandar udara, sementara sistem identifikasi biometrik memberikan keakuratan yang tinggi dalam mengidentifikasi dan memverifikasi identitas penumpang.

Namun, teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara menghadapi banyak tantangan, seperti masalah privasi dan etika terkait pengumpulan data pribadi, kepercayaan teknologi untuk mencegah kesalahan atau kesalahan yang membahayakan keamanan, pengelolaan data yang kompleks, termasuk penyimpanan dan perlindungan data yang tepat, dan keterampilan dan pelatihan personel yang bertanggung jawab untuk mengoperasikan dan memelihara data (Gandhi & Abraham, 2023).

Dalam rangka menjaga keamanan bandar udara, kebijakan dan regulasi yang relevan perlu diterapkan. Hal ini mencakup kebijakan perlindungan data pribadi,

keamanan jaringan dan sistem, standar keamanan penerbangan, serta kebijakan identifikasi dan verifikasi untuk memastikan keakuratan dan keandalan sistem identifikasi.

### **Teknologi yang Digunakan dalam Sistem Keamanan Bandar Udara**

#### 1. Pendeteksian Keamanan

##### a. Pendeteksian Logam



Gambar 13.1  
Pendeteksian Logam

Sistem pemindai logam biasanya menggunakan medan magnetik atau elektromagnetik untuk mendeteksi logam. Ketika seseorang atau barang melewati pintu deteksi, sistem mengirimkan medan magnetik atau elektromagnetik melalui antena atau sensor yang terpasang pada pintu (Orłowska et al., 2023).

Jika ada logam di dekat pintu, medan magnetik atau elektromagnetik akan mengalami gangguan atau pola yang berubah, dan sistem akan mengeluarkan sinyal alarm untuk mengidentifikasi logam. Perbedaan medan magnetik atau elektromagnetik yang dihasilkan oleh logam dapat diidentifikasi oleh sensor yang sensitif dalam sistem ini.

##### b. Pendeteksian Bahan Peledak

Ada beberapa keuntungan menggunakan teknologi pemindai bahan peledak. Pertama, itu dapat meningkatkan keamanan bandar udara dan pesawat dengan mencegah bahan peledak masuk. Kedua, pemeriksaan dapat dilakukan dengan cepat dan efisien dengan sedikit, atau tanpa

interaksi fisik langsung dengan penumpang atau barang bawaan. Ketiga, teknologi ini dapat mendeteksi bahan peledak dalam berbagai bidang (Gandhi & Abraham, 2023). Dengan teknologi saat ini, beberapa bahan peledak mungkin memiliki fitur yang sulit dideteksi.



Gambar 13.2 Pendeteksian bahan peledak.

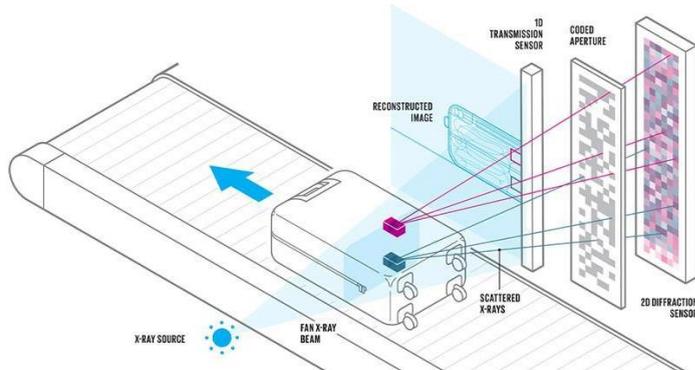
Selain itu, teknologi ini juga dapat menghasilkan alarm palsu jika terdapat jejak bahan peledak yang terkontaminasi pada pakaian atau objek lain yang tidak terkait dengan niat jahat.

c. Pendeteksian Cairan

Sistem pemindai cairan biasanya menggunakan teknologi spektrometri atau analisis kimia untuk mendeteksi cairan. Sistem ini menggunakan perangkat khusus yang dapat mendeteksi dan mengidentifikasi cairan berdasarkan komponen kimianya (Welling et al., 2020). Saat cairan diuji, sensor atau alat analisis akan memeriksa komposisi kimia cairan tersebut dan membandingkannya dengan database yang mencakup cairan yang dilarang atau berpotensi berbahaya. Sistem pemindai cairan dapat mendeteksi berbagai jenis cairan. Ini termasuk bahan kimia beracun, bahan peledak cair,

narkoba, atau bahan cair yang dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Sistem ini dapat mendeteksi cairan dalam tabung, botol, atau wadah plastik.

d. Pendeteksian Radiologi



Gambar 13.3 Pendeteksian Radiologi  
Sumber Gambar: [secom.co.id](http://secom.co.id)

Pendeteksian radiologi adalah teknik yang mendeteksi benda-benda yang mencurigakan atau berbahaya di dalam bagasi atau barang bawaan dengan menggunakan pemindai radiologi dan sinar-X. Teknologi ini merupakan bagian penting dari pemeriksaan keamanan di bandar udara dan area lain.

Pendeteksian radiologi biasanya melibatkan memancarkan sinar-X melalui objek atau bagasi yang akan diperiksa (Kwak, Jang, Lee, & Yoo, 2009). Sinar-X ini, kemudian dideteksi oleh sensor atau detektor, yang mengukur jumlah radiasi yang melewati objek tersebut. Selanjutnya, data radiografi dianalisis menggunakan perangkat lunak dan algoritma khusus untuk menemukan benda yang mencurigakan atau berbahaya,

seperti senjata, bahan peledak, atau benda tajam yang terlarang.

Teknologi pendeteksian radiologi memiliki beberapa keuntungan. Pertama, itu dapat mendeteksi objek yang tersembunyi di dalam bagasi atau barang bawaan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kedua, itu dapat dilakukan secara cepat dan efisien, sehingga penumpang tidak perlu menunggu lama di area pemeriksaan keamanan. Ketiga, teknologi ini dapat mendeteksi berbagai jenis benda-benda yang mencurigakan atau berbahaya tanpa memerlukan penumpang untuk melakukannya.

## 2. Sistem Identifikasi dan Verifikasi

### a. Identifikasi Biometrik

Dalam bidang keamanan bandar udara, penggunaan identifikasi biometrik memiliki beberapa keuntungan. Pertama, teknologi biometrik memungkinkan identifikasi individu yang cepat dan akurat, mengurangi kemungkinan kesalahan identitas atau penyalahgunaan identitas. Kedua, karena teknologi ini bergantung pada karakteristik unik individu yang sulit dipalsukan, ia meningkatkan keandalan sistem identifikasi (Gurnani, Kaur, Sharma, & Sharma, 2023). Terakhir, teknologi ini dapat mengurangi waktu tunggu penumpang di bandar udara dan mempercepat proses pemeriksaan keamanan.

Namun, identifikasi biometrik menghadapi beberapa masalah. Pertama, penggunaan biometrik membutuhkan infrastruktur yang canggih dan mahal, termasuk perangkat keras dan perangkat lunak yang kuat, karena privasi dan keamanan data pribadi sangat penting untuk

teknologi ini. Ketiga, keakuratan pengenalan biometrik dapat dipengaruhi oleh perubahan fisik atau kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, sistem keamanan bandar udara menggunakan teknologi identifikasi biometrik seperti suara, sidik jari, iris mata, dan wajah untuk mengidentifikasi dan memverifikasi identitas penumpang atau staf (Niazy, Ahmad, Habibi, Niazi, & Nasrullah, 2023). Penggunaan teknologi ini meningkatkan keamanan dan efisiensi proses identifikasi, tetapi juga memastikan perlindungan privasi dan keamanan data.

b. Sistem Pemantauan CCTV

Sistem Pemantauan CCTV adalah teknologi yang menggunakan kamera pengawas untuk memantau aktivitas di area bandar udara dan menemukan perilaku mencurigakan. Sistem ini terdiri dari kamera pengawas yang terhubung ke jaringan dan pusat pemantauan, dan operator dapat melihat dan merekam gambar dari berbagai lokasi (Gyamfi et al., 2022). Namun, penting untuk diingat bahwa penggunaan sistem pemantauan CCTV harus mempertimbangkan peraturan privasi dan perlindungan data pribadi. Langkah-langkah yang tepat harus diambil untuk memastikan bahwa kamera pengawas tersebut digunakan sesuai dengan undang-undang dan peraturan yang berlaku.

3. Sistem Pemantauan dan Pengawasan

a. Sistem Keamanan Jaringan

Sistem keamanan jaringan adalah kumpulan tindakan dan teknologi yang bertujuan untuk melindungi infrastruktur teknologi informasi (TI) bandar udara dari serangan siber dan upaya

peretasan yang berpotensi merusak. Sistem keamanan jaringan di bandar udara sangat penting untuk melindungi integritas sistem dan data, melindungi infrastruktur TI dari serangan siber, dan menjaga operasionalitas bandar udara aman (Li, 2024). Upaya terus-menerus diperlukan untuk menjaga keamanan jaringan dan menghadapi ancaman keamanan yang berkembang, serta mematuhi standar. Tujuan utama sistem keamanan jaringan adalah untuk menjaga kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan data serta menjaga operasionalitas sistem.

b. Pengawasan Kargo dan Bagasi

Pengawasan kargo dan bagasi adalah proses memantau pergerakan dan lokasi kargo dan bagasi di bandar udara menggunakan teknologi barcode, RFID (*Radio Frequency Identification*), dan sistem pelacakan (Ahmed, 2018). Tujuan utama dari pengawasan ini adalah memastikan pengiriman kargo dan bagasi aman, andal, dan akurat. Penggunaan teknologi barcode, RFID, dan sistem pelacakan sangat penting untuk menjaga keamanan, keandalan, dan efisiensi (Rajabi, Tavassoli, Mohammadi, & Javadi, 2012). Sistem ini memastikan bahwa kargo dan bagasi tiba dengan aman dan tepat waktu dengan melacak secara *real-time* dan memberikan informasi yang akurat.

**Manfaat Teknologi Informasi dalam Sistem Keamanan Bandar Udara**

Semakin banyak pengawasan yang dilakukan melalui teknologi informasi membantu dalam deteksi dan penanganan lebih baik dari ancaman keamanan (Rebholz, Hatke, & Campbell, 2019). Bandar udara dapat

meningkatkan keamanan operasional dan melindungi penumpang dan staf dengan sistem peringatan dini, pemantauan visual yang canggih, pelacakan kargo *real-time*, dan analisis data yang cerdas.

#### 1. Peningkatan Kecepatan dan Efisiensi

Teknologi informasi mempercepat dan mengefektifkan proses pemeriksaan keamanan, mengurangi waktu tunggu penumpang, dan meningkatkan *throughput* di bandar udara.

#### 2. Peningkatan Deteksi Ancaman

Ancaman keamanan seperti bahan peledak atau senjata tersembunyi dapat dideteksi dengan lebih baik dengan teknologi informasi dan algoritma canggih.

#### 3. Peningkatan Keakuratan Identifikasi

Sistem identifikasi biometrik sangat akurat dalam mengidentifikasi dan memverifikasi identitas penumpang, yang mengurangi risiko penyalahgunaan identitas atau perjalanan menggunakan dokumen palsu.

#### 4. Peningkatan Pengawasan

Sistem pemantauan CCTV dan pelacakan kargo secara *real-time* memungkinkan pengawasan yang lebih baik terhadap aktivitas di bandar udara.

### **Tantangan dalam Implementasi Teknologi Informasi dalam Sistem Keamanan Bandar Udara**

Untuk mengatasi masalah ini, bandar udara harus merencanakan dengan cermat, menggunakan praktik terbaik dalam implementasi teknologi informasi, dan melibatkan semua pihak terkait secara aktif (Zhao, Song, & Yuan, 2023). Dengan menggunakan strategi yang tepat, masalah ini dapat diatasi untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan bandar udara.

### 1. Privasi dan Etika

Penerapan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara memerlukan pemantauan dan pengumpulan data pribadi, yang menimbulkan pertanyaan tentang privasi dan etika.

### 2. Keandalan Teknologi

Sistem keamanan bandar udara yang bergantung pada teknologi informasi harus memiliki keandalan yang tinggi agar tidak terjadi kegagalan atau kesalahan yang dapat membahayakan keamanan bandar udara.

### 3. Pengelolaan Data yang Kompleks

Implementasi teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara memerlukan pengelolaan data yang kompleks, termasuk penyimpanan, analisis, dan perlindungan data yang tepat.

### 4. Keterampilan dan Pelatihan

Penggunaan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara memerlukan keterampilan khusus dan pelatihan bagi personel yang bertanggung jawab untuk mengoperasikan dan memelihara sistem tersebut.

### **Kebijakan dan Regulasi yang Relevan**

Berikut ini adalah beberapa kebijakan dan peraturan yang berlaku terkait dengan penggunaan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara (Zheng, 2023).

#### 1. *International Civil Aviation Organization (ICAO)*

ICAO adalah lembaga PBB yang bertanggung jawab untuk menetapkan kebijakan dan standar penerbangan sipil internasional. Salah satu contohnya adalah Standar dan Rekomendasi ICAO Annex 17 tentang Keamanan Penerbangan, yang

membahas cara melindungi sistem informasi dan infrastruktur teknologi informasi dalam bandar udara.

2. *Transportation Security Administration (TSA)*

TSA adalah lembaga pemerintah AS yang bertanggung jawab atas keamanan penerbangan negara. Mereka menetapkan peraturan dan kebijakan yang mengatur penggunaan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara AS. Transportasi Keamanan Peraturan (TSR), misalnya, mencakup peraturan keamanan yang harus dipatuhi oleh bandar udara dan maskapai penerbangan.

3. *General Data Protection Regulation (GDPR)*

GDPR adalah undang-undang Uni Eropa yang mengatur perlindungan data pribadi penumpang. Bandar udara yang beroperasi di negara-negara anggota UE harus mematuhi GDPR saat mengumpulkan, menyimpan, dan menggunakan data penumpang. Data yang dikumpulkan secara langsung maupun melalui teknologi informasi seperti pemindai tubuh atau sistem identifikasi biometrik harus memenuhi peraturan ini.

#### 4. *Regional Regulations*

Regulasi regional, seperti European Civil Aviation Conference (ECAC) untuk negara-negara Eropa dan Civil Aviation Authority (CAA), dapat mencakup persyaratan teknis, pedoman pelaksanaan, dan prosedur operasional yang berkaitan dengan penggunaan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara.

#### 5. *National Security Regulations*

Kebijakan dan regulasi keamanan penerbangan nasional ditetapkan oleh otoritas penerbangan sipil atau badan keamanan terkait di setiap negara. Regulasi ini mewajibkan bandar udara dan maskapai penerbangan untuk mematuhi standar keamanan, seperti penggunaan teknologi informasi dalam sistem keamanan bandar udara. Contohnya adalah Transportation Security Regulations (TSR) di Amerika Serikat dan Civil Aviation Security Regulations di berbagai negara.

#### 6. *Cybersecurity Regulations*

Dalam konteks teknologi informasi, kebijakan dan regulasi terkait keamanan siber juga relevan dalam sistem keamanan bandar udara. Beberapa negara memiliki undang-undang dan regulasi cyber yang mengatur perlindungan infrastruktur kritis, termasuk bandar udara. Contohnya adalah *National Institute of Standards and Technology (NIST) Cybersecurity Framework* di Amerika Serikat yang memberikan panduan tentang pengelolaan risiko keamanan siber.

## Daftar Pustaka

- Ahmed, S. Y. (2018). Design of Mobile Application for Travelers to Transport Baggage and Handle Check-in Process. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(2), 28–33. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090205>
- Beisenbayeva, A., Ergaliev, D., Bogacheva, M., Suleymanova, E., & Mukhambetov, A. (2023). Profiling as a Technology in the Airport Aviation Security System. *Reliability & Quality of Complex Systems*, (4). <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2023-4-15>
- Gandhi, S., & Abraham, A. (2023). Novel odor sensing intelligence and surveillance capabilities in controller-responder robots. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, 20(1), 1–22. <https://doi.org/10.3233/HIS-230017>
- Gao, S., & Li, X. (2017). *Design of Video Surveillance System based on Power Line Carrier and RFID*. <https://doi.org/10.25236/ICMIT.2017.75>
- Gurnani, B., Kaur, K., Sharma, T., & Sharma, V. (2023). Commentary: Unfolding the role of biometric identification procedures in the current digital era. *Indian Journal of Ophthalmology*, 71(1), 61. [https://doi.org/10.4103/IJO.IJO\\_2239\\_22](https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_2239_22)
- Gyamfi, E. O., Danso, J. M., Opoku-Mensah, N., Botchey, F. E., Gyamerah, S., Adom, D. K., & Awewonu, G. A. (2022). Using 3D Tools to Design CCTV Monitoring System for Ghanaian University: A Case of C.K. Tedam University of Technology and Applied Sciences (CKT-UTAS). *Asian Journal of Research in Computer Science*, 130–146. <https://doi.org/10.9734/AJRCOS/2022/V14I4298>
- Huang, J., Wang, W., Yuan, Y., Xi, S., Shi, Z., & Yuan, J. (2023). Design and Implementation of Airport Security Management Platform Based on Intelligent Locks. *2023 IEEE 5th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, 387–392. <https://doi.org/10.1109/ICCASIT58768.2023.10351675>

- Kwak, S., Jang, S., Lee, J.-H., & Yoo, H. (2009). *A Study on Current Status of Detection Technology and Establishment of National Detection Regime against Nuclear/Radiological Terrorism*.
- Li, K. (2024). Design and application of airport data storage under an information security optimization system. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/AMNS-2024-0738>
- Mehta, M., Sahai, J., Mittal, S., & Monga, C. (2023). Security Metrics of WSNs in Airport Cargo Handling. *International Conferences on Contemporary Computing and Informatics*, 429–434. <https://doi.org/10.1109/IC3I59117.2023.10397754>
- Niazy, M., Ahmad, N., Habibi, Z., Niazi, B., & Nasrullah. (2023). Comparative Analysis of Different Biometric Techniques for Security Systems. *Australian Journal of Engineering and Innovative Technology*, 141–153. <https://doi.org/10.34104/AJEIT.023.01410153>
- Orłowska, K., Mognaschi, M. E., Kwoka, K., Piasecki, T., Kunicki, P., Sierakowski, A., ... Gotszalk, T. (2023). A method of magnetic field measurement in a scanning electron microscope using a microcantilever magnetometer. *Metrology and Measurement Systems*, 27(1), 141–149. <https://doi.org/10.24425/MMS.2020.131710>
- Qian, C., Tang, W., Xiong, W., Chen, H., & Wang, Y. (2022). Design and Implementation of Airport Security System Based on IoT Data Cloud Platform. *2022 International Conference on Algorithms, Data Mining, and Information Technology (ADMIT)*, 62–67. <https://doi.org/10.1109/ADMIT57209.2022.00019>
- Rajabi, A., Tavassoli, M., Mohammadi, S., & Javadi, M. (2012). RFID for Cargo and Passenger Automation and Control in Airline Industry. *Computer Science, Engineering*.

- Rebholz, M., Hatke, G., & Campbell, S. D. (2019). Active Geolocation Using the Small Airport Surveillance Sensor (SASS) System. *IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology, 2019-October*.  
<https://doi.org/10.1109/PAST43306.2019.9021075>
- Welling, T. A. J., Sadighikia, S., Watanabe, K., Grau-Carbonell, A., Bransen, M., Nagao, D., ... van Huis, M. A. (2020). Observation of Undamped 3D Brownian Motion of Nanoparticles Using Liquid-Cell Scanning Transmission Electron Microscopy. *Particle & Particle Systems Characterization*, 37(6).  
<https://doi.org/10.1002/PPSC.202000003>
- Zhao, Z., Song, M., & Yuan, J. (2023). Pre-flight plan conflict resolution algorithm design and strategy research. *International Conference on Electronic Information Engineering, Big Data and Computer Technology*, 104.  
<https://doi.org/10.1117/12.2674861>
- Zheng, L. (2023). Research on Computer Intelligent Whole Process Construction Information System in Large International Hub Airport Project. *International Conferences on Computers, Information Processing and Advanced Education*, 391–395.  
<https://doi.org/10.1109/CIPAE60493.2023.00081>

## Profil Penulis



### **Muryan Awaludin, S.Kom., M.Kom.**

Lahir di Pemalang, 1 Desember 1985. Menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah di SD Negeri Petarukan 09 dan SMP PGRI 5 Petarukan-Pemalang. Menamatkan SMK di SMK Islam Pemalang pada tahun 2003. Menempuh pendidikan S1 di Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika (STIKOM CKI) Jakarta Timur dan S-2 di STMIK ERESHA Kalibata-Jakarta Selatan. Aktif sebagai dosen juga menyempatkan diri untuk menulis bebas di situs blog <http://ilmudesaingrafis.blogspot.com/> dan sebagai reviewer di Journal of Intelligent Systems (JIS, ISSN 2356-3982). Terjun di dunia industri IT semenjak masa kuliah sampai menyalurkan passion dengan menjadi konsultan IT dengan membentuk PT Brainflit Karya Informatika (<https://www.brainflit.com/>). Memulai karier sebagai pengajar pada tahun 2008 sebagai guru TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) di SD Putra 1 dan SMP Putra 1 Jakarta dan mulai mengajar sebagai dosen pada tahun 2010 di Stikom CKI sampai tahun 2017. Saat ini, penulis bergabung bersama Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma sebagai Kepala Program Studi Sistem Informasi.

E-mail Penulis: [muryanawaludin1@gmail.com](mailto:muryanawaludin1@gmail.com)

- 1 PENERBANGAN DAN MANAJEMEN BANDARA UDARA  
Syamsunasir
- 2 PENGELOLAAN AVIATION SECURITY  
I Gusti Ngurah Willy Hermawan
- 3 PERENCANAAN TERMINAL BANDAR UDARA  
Hari Moektiwibowo
- 4 FASILITAS TERMINAL BANDARA UDARA  
Riskha Agustianingsih
- 5 RADIO NAVIGASI PENERBANGAN  
Bekti Yulianti
- 6 PENGELOMPOKAN PESAWAT TERBANG  
Amat Chaeroni
- 7 RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON  
Muhamad Jayadi
- 8 DESAIN GREEN AIRPORT  
Aprilia Sakti Kusumalestari
- 9 RUNWAY GEOMETRI  
Simon Sindhu Hendradjaja
- 10 RESTRICT AREA BANDAR UDARA  
Rafika Arum Sari
- 11 ONTIME PERFORMANCE PESAWAT  
Freddy Franciscus
- 12 PENANGANAN BARANG BERBAHAYA PADA ANGKUTAN UDARA  
Cynthia Rahmawati
- 13 SISTEM KEAMANAN BANDAR UDARA DALAM PERSPEKTIF  
TEKNOLOGI INFORMASI  
Muryan Awaludin

*Editor:*

Hartini

Untuk akses **Buku Digital**,  
Scan **QR CODE**



**Media Sains Indonesia**  
Melong Asih Regency B.40, Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
Email : [penerbit@medsan.co.id](mailto:penerbit@medsan.co.id)  
Website : [www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

