

**OPTIMASI KONSEP DESAIN TERMINAL PADA BANDAR UDARA
INTERNATIONAL SULTAN HASANUDDIN MAKASSAR**

*OPTIMAZION TERMINAL DESIGN CONCEPT OF SULTAN
HASANUDDIN INTERNATIONAL AIRPORT MAKASSAR*

**PANCI YOCING
P2302216006**



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



TESIS

OPTIMASI KONSEP DESAIN TERMINAL PADA BANDARA SULTAN HASANUDDIN MAKASSAR

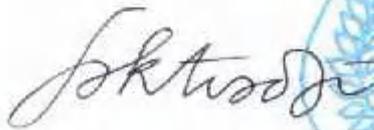
Disusun dan diajukan oleh
PANCI YOCING
Nomor Pokok P2302216006

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 25 Januari 2019

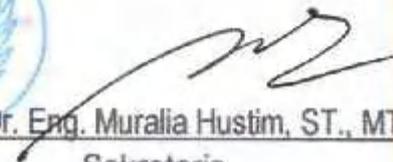
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat



Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmitha, M.Si., M.Eng.Sc., Ph.D

Ketua



Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah serta petunjuk sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam penyusunan tesis ini, dalam kesempatan ini pula dengan tulus menghaturkan terima kasih kepada Bapak Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si, M.Eng.Sc, Ph.D selaku Pembimbing I, dan Ibu Dr.Eng. Muralia Hustim, S.T, M.T selaku Pembimbing II yang telah memberi bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tesis ini.

Ucapan terima kasih pula dihaturkan kepada Bapak Dr.Eng. Ir. Farouk Maricar, M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, teman-teman mahasiswa Magister Teknik Sipil , pengelola administrasi, serta keluarga atas dukungan dan doanya.

Makassar, Januari 2019

Panci Yocing



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Panci Yocing

Nim : P2302216006

Program Studi : Teknik sipil, Sistem Transportasi

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis saya yang berjudul **“OPTIMASI KONSEP DESAIN TERMINAL PADA BANDARA SULTAN HASANUDDIN MAKASSAR”** benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut. Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Januari 2019

Yang membuat pernyataan;

The image shows a handwritten signature in black ink over a rectangular official stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS WAWASAN' at the top, 'F2854310' in the middle, and 'E-MAIL: WAWASAN@UNWAWASAN.COM' at the bottom. There is also a small logo on the right side of the stamp.

Panci Yocing



ABSTRAK

PANCI YOCING, Optimasi Konsep desain Terminal Pada Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar (dibimbing oleh Sakti Adji Adisasmita dan Muralia Hustim)

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi Konsep desain terminal antara type pier dan type satelit di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar, lebih jauh penelitian ini menghasilkan desain konsep terminal yang paling optimum dengan biaya minimum pada rencana pengembangan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Penelitian ini berfokus pada sisi air side (Apron) Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Variabel yang dijadikan sebagai variabel constrain untuk mengoptimasi desain konsep terminal adalah parking stand area, type pesawat, jumlah pesawat, luas gedung rencana, tarif sewa parking stand / tahun, tarif sewa bus / tahun dan biaya pembangunan gedung. Analisis optimasi konsep terminal desain untuk kapasitas maksimum dan biaya minimum menggunakan program linear dengan bantuan Solver Excel dan Lingo ver 17. Hasil analisis optimasi memperlihatkan bahwa type terminal yang paling optimum adalah type Satelit, dengan menggunakan type pesawat A-320 kapasitas 146 org/unit, kapasitas parking stand meningkat 13.54%, kapasitas pelayanan penumpang meningkat 166.66 % (org/thn), pergerakan pesawat meningkat 17.12 % dengan biaya sewa parking stand sebesar 24.51%, sewa bus sebesar 18.11% dan biaya pembangunan menurun sebesar -78.32 % dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Kata Kunci : Optimasi, Desain Konsep Terminal, Program Linear, Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar



ABSTRACT

PANCI YOCING, Optimization concept design terminal of Sultan Hasanuddin International Airport Makassar (supervised by Sakti Adji Adisasmita and Muralia Hustim)

This study aims to optimize the design concept of terminal between pier and satellite type at Sultan Hasanuddin International Airport Makassar, furthermore this research results the design concept terminal of the most optimum with minimum costs on the plan to develop Sultan Hasanuddin International Airport Makassar. This study focuses on the airside (Apron) Sultan Hasanuddin International Airport Makassar. Variables that are used as constraints variables to optimize the design of terminal concepts are area parking stand, aircraft type, number of aircraft, plan building area, rental rates of parking stand every year, rental rates of bus every year and building construction costs. Terminal design concept optimization analysis for maximum capacity and minimum cost using a linear program Solver Excel and Lingo ver 17. The results of the optimization analysis show that the most optimum type of terminal is Satellite type, using the type A-320 aircraft capacity of 146 persons, parking stand capacity increased 13.54%, passenger service capacity increased 166.66% (person/year), aircraft movements increased 17.12 % with a parking stand rental cost of 24.51%, shuttle bus rental of 18.11% and construction costs decreased by -78.32% compared to existing conditions.

Keywords: Optimization, Terminal Concept Design, Linear Program, Sultan Hasanuddin International Airport Makassar



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--------------------------------|----------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Tujuan Penelitian | 5 |
| D. Manfaat Penelitian | 5 |
| E. Batasan Masalah | 6 |
| F. Sistematika Penulisan | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Pengertian Bandar Udara | 8 |
| B. Tinjauan Umum Bandar Udara | 9 |
| C. Fasilitas Bandar Udara | 10 |



| | |
|--|----|
| D. Klasifikasi Pesawat | 12 |
| E. Karakteristik Pesawat Terbang | 14 |
| F. Persyaratan Perencanaan Apron | 16 |
| G. Konsep Parkir Pesawat | 21 |
| H. Konfigurasi Parkir Pesawat | 25 |
| I. Populasi dan Sampel | 29 |
| J. Peramalan (<i>Forecasting</i>) | 30 |
| K. Parameter Optimasi Konsep Terminal Desain | 32 |
| L. Optimasi | 37 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|--|----|
| A. Rancangan Penelitian | 42 |
| B. Waktu dan Lokasi Penelitian | 44 |
| C. Populasi dan Sampel | 45 |
| D. Alat Pengukuran | 46 |
| E. Teknik Pengumpulan Data | 47 |
| F. Teknik Analisis | 49 |
| G. Forecasting | 50 |
| H. Optimasi menggunakan Linear Program | 51 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| A. Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar | |
| Kondisi Eksisting | 59 |



| | |
|---|-----|
| B. Perencanaan Terminal Design Concept | 73 |
| C. Hasil Uji Korelasi | 89 |
| D. Hasil optimasi terminal design concept | 90 |
| 1. Optimasi Kapasitas Penumpang | 90 |
| a. Optimasi Menggunakan Solver add in | 91 |
| b. Optimasi Menggunakan Lingo Ver.17 | 94 |
| 2. Optimasi Biaya Optimum | 97 |
| a. Optimasi Menggunakan Solver add in | 97 |
| b. Optimasi Menggunakan Lingo Ver.17 | 101 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Kesimpulan | 105 |
| B. Saran | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |



Daftar Tabel

| No | Judul Tabel | Halaman |
|----|--|---------|
| 1 | ICAO Apron Aircraft wingtip clearances | 17 |
| 2 | Jarak pemisah minimum antara taxiway dengan taxiway dan objek | 18 |
| 3 | Dimensi kebutuhan apron | 18 |
| 4 | Kriteria validitas instrument tes | 40 |
| 5 | Daftar harga satuan penyewaan fasilitas bandara sultan Hasanuddin Makassar | 40 |
| 6 | Waktu penelitian | 47 |
| 7 | Pergerakan pesawat domestic | 59 |
| 8 | Pergerakan pesawat internasional | 60 |
| 9 | Total Pergerakan Pesawat domestik dan internasional | 61 |
| 10 | Pergerakan penumpang Domestik | 62 |
| 11 | Pergerakan Penumpang Internasional | 63 |
| 12 | Total Pergerakan Penumpang domestik dan internasional | 64 |
| 13 | Fasilitas garbarata dan Bus | 65 |
| 14 | Peak Hour (jam puncak) | 66 |
| 15 | Ground Time Pesawat | 67 |
| 16 | Kapasitas apron kondisi eksisting | 68 |
| 17 | Waktu dan jarak dari pintu pemotongan tiket menuju | 69 |



arking stand

Waktu dan jarak dari parking stand menuju terminal

kedatangan

71

| | | |
|----|---|-----|
| 19 | Waktu dan jarak dari pesawat menuju gate | 72 |
| 20 | Hasil forecasting pergerakan pesawat 20 tahun | 73 |
| 21 | Hasil forecasting pergerakan penumpang 20 tahun | 75 |
| 22 | Waktu dan jarak type pier (Apron lama) | 81 |
| 23 | Waktu dan jarak type pier (Apron baru) | 81 |
| 24 | Waktu dan jarak type satelit (Apron Lama) | 86 |
| 25 | Waktu dan jarak type satelit (Apron baru) | 86 |
| 26 | Hasil Uji Korelasi | 89 |
| 27 | Hasil optimasi kapasitas penumpang type pier | 90 |
| 28 | Hasil optimasi kapasitas penumpang type satelit | 91 |
| 29 | Variabel Kapsitas Optimum Type Satelit dan Type Pier | 92 |
| 30 | Hasil optimasi biaya minimum type Pier | 97 |
| 31 | Hasil optimasi biaya minimum type Satelit | 98 |
| 32 | Variabel Biaya Optimum Type Satelit dan Type Pier | 99 |
| 33 | Summary Hasil solver add in excel dan solver Lingo ver.17 | 104 |



Daftar Gambar

| No | Judul Gambar | Halaman |
|----|--|---------|
| 1 | Fasilitas sisi udara (airside) bandara Sultan Hasanuddin Makassar | 12 |
| 2 | Penampang Melintang Jarak pemisah di taxiline | 17 |
| 3 | Posisi Jarak pemisah ke objek | 19 |
| 4 | Konsep linear | 22 |
| 5 | Konsep Distribusi Dermaga / Jari | 23 |
| 6 | Konsep Distribusi Satelit | 23 |
| 7 | Konsep Transporter | 24 |
| 8 | Konfigurasi parker pesawat Nose-In dan Angled Nose-in Konfigurasi parker pesawat Nose-Out dan Angled Nose | 26 |
| 9 | Out | 27 |
| 10 | Metode Parkir Pesawat | 28 |
| 11 | Garbarata Bandara Sultan Hasanuddin Maskassar | 37 |
| 12 | Bus pada Wilayah Apron | 38 |
| 13 | Contoh Ramp Berjalan/ Travelator | 39 |
| 14 | Rancangan penelitian optimasi konsep desain terminal bandara Sultan Hasanuddin Makassar | 43 |
| 15 | Peta Lokasi Penelitian | 45 |
| | alat pengambilan data Walking Distance | 47 |
| | pengambilan data walking distance menggunakan bus | 48 |



| | | |
|----|--|----|
| | Pengambilan data walking distance menggunakan | |
| 18 | Garbarata | 48 |
| | Tahap Optimasi Konsep terminal Bandara Sultan | |
| 19 | Hasanuddin Makassar | 58 |
| 20 | Pergerakan Pesawat Domestik dan Internasional | 62 |
| | Jumlah Pergerakan Penumpang Domestik dan | |
| 21 | Internasional | 65 |
| 22 | Grafik Pergerakan Pesawat Domestik dan Internasional | 74 |
| 23 | Grafik Pergerakan Penumpang Domestik dan Internasional | 76 |
| 24 | Type pesawat A - 320 | 77 |
| 25 | Konsep distribusi pier | 78 |
| 26 | Konsep Distribusi Satelit | 78 |
| 27 | Type terminal pier rencana (Apron lama 16 Unit) | 79 |
| 28 | Type terminal pier rencana (Apron baru 35 Unit) | 80 |
| 29 | Layout apron type pier | 80 |
| 30 | Type terminal satelit rencana (Apron lama 10 Unit) | 84 |
| 31 | Type terminal satelit rencana (Apron baru 20 Unit) | 85 |
| 32 | Layout apron type satelit | 85 |



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, kebutuhan akan moda transportasi udara di Indonesia terus meningkat. Bandar udara merupakan infrastruktur transportasi yang wajib ada dalam setiap negara, selain menjadi pintu gerbang suatu negara dengan negara lain, bandar udara juga merupakan simbol dari kemajuan suatu negara maupun suatu daerah tertentu.

Peningkatan pergerakan penumpang setiap tahunnya pada bandara akan mempengaruhi kapasitas fasilitas sisi udara suatu bandara udara. Oleh sebab itu kapasitas fasilitas sisi udara suatu bandara udara harus disampaikan secara terbuka berupa *notification of apron capacity* karena hal ini berpengaruh pada keselamatan penerbangan.

Bandar Udara Internasional Hasanuddin Makassar merupakan bandara internasional yang dibangun pada tahun 1935 yang berfungsi sebagai tempat transit bagi arus penumpang angkutan udara yang terletak 23 km dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Bandara tersebut tergabung dengan beberapa bandara lainnya yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura yang melayani 320 penerbangan setiap harinya selama 24

(lebesOnline, Makassar 2017).

pada penelitian PT. Angkasa Pura I Cab. Makassar pada tahun 2012



menerangkan bahwa kapasitas Apron pada jam sibuk Bandara Sultan Hasanuddin Makassar telah mengalami kekurangan parking stand sebanyak 24 pesawat dari 45 utilitas pesawat.

Selanjutnya, Pada penelitian tahun 2016 oleh PT. Angkasa Pura I, menerangkan pergerakan penumpang yang melalui Bandara Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar sepanjang tahun 2016 mencapai 10,757,000 penumpang dan berdasarkan data terbaru ditahun 2017 jumlah penumpang pada bandara international Sultan Hasanuddin Makassar telah mencapai 12,294,226 penumpang.

Berdasarkan data terakhir PT Angkasa Pura I tahun 2017 tersebut pula maka diperkirakan angka tersebut tumbuh hingga 14,29% dibandingkan dengan pergerakan tahun sebelumnya yang mencapai 10.757.000 penumpang. Komposisi penumpang dengan rute domestik mencapai 12.065.635 juta penumpang sedangkan sisanya merupakan penumpang international sebanyak 228.591 ribu penumpang. Pertumbuhan jumlah penumpang sepanjang tahun 2017 juga diikuti dengan peningkatan pergerakan pesawat di Bandara Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar sebesar 13.20%, yang mana dari 100.634 pergerakan pada 2016 menjadi 113.914 pergerakan pada tahun 2017.

Pada penelitian selanjutnya yang berjudul Analisis Kapasitas Apron pada tahun 2017 oleh Bayu Rezeki, pertama disimpulkan bahwa

an apron di Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar
a tahun kedepan (*forecasting*) berdasarkan peramalan



pergerakan jumlah pesawat per tahun, diperoleh kebutuhan apron bandara di tahun 2020 ialah sebanyak 34 parking stand, kebutuhan apron di tahun 2025 sebanyak 43 parking stand dan kebutuhan apron di tahun 2030 sebanyak 53 parking stand. Kesimpulan Kedua, berdasarkan data jumlah pergerakan penumpang di bandar udara Sultan Hasanuddin Makassar dan melihat acuan FAA (*Federal Aviation Administration*) konsep parkir linear di Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar tidak lagi dianjurkan untuk digunakan sehingga diusulkan untuk menggunakan type terminal design concept model Pier atau model Satelit yang dianggap mampu melayani kapasitas penumpang hingga 35 juta pertahun.

Pada data terbaru melalui Surat Keputusan General Manager PT. Angkasa Pura I (Persero) cabang Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar Nomor: SKEP. 28/HK.01.01/2018/GM.UPG tentang standar pelayanan pada Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar, direncanakan bahwa pengembangan luas apron pada bandara Sultan Hasanuddin Makassar menjadi 214.491 m², yang terdiri dari apron lama 450 m x 124 m dan 939 m x 169 m apron baru, serta penambahan parking stand area dari 37 parking stand (data 2017) menjadi 51 parking stand, terdiri dari 16 parking stand di area lamadan 35 parking stand di area baru.

Pemilihan *model terminal design concept* yang tepat sangat

aruh terhadap pelayanan kapasitas penumpang. Oleh karena itu
 rkan data penelitian sebelumnya yang mengusulkan dua *model*



terminal design concept pada Bandara Sultan Hasanuddin Makassar serta mempertimbangkan rencana pengembangan sisi *airside Apron* Bandara Sultan Hasanuddin Makassar, maka penulis melakukan penelitian untuk mengoptimasi *model terminal design concept* yang tepat pada bandara Sultan Hasanuddin dengan mempertimbangkan biaya serta fasilitas pelayanan yang paling optimum, sehingga akan digunakan sebagai acuan dalam pengembangan fasilitas sisi udara utamanya dalam pemilihan type terminal sehingga pengembangan fasilitas sisi *airside* yakni pengembangan Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar dapat melayani penumpang hingga beberapa tahun kedepan.

B. Rumusan Masalah

Dengan melihat pergerakan pertumbuhan penumpang di Bandar Udara International Sultan Hasanuddin Makassar yang semakin meningkat setiap tahunnya baik pada penumpang domestik maupun internasional serta melihat perencanaan pengembangan fasilitas sisi udara utamanya apron, maka peneliti merumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan model optimasi terminal design concept apron pada Bandar Udara International Sultan Hasanuddin

kassar?



2. Bagaimana meningkatkan system pelayanan apron dengan adanya rencana penambahan jumlah *parking stand area* Bandara Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar ?

C. Tujuan Penelitian

Dari uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan variabel constrain yang mempengaruhi optimasi desain konsep terminal pada Bandara Sultan Hasanuddin Makassar
2. Mengoptimasi konsep desain terminal apron antara type pier dan type satelit yang tepat pada pengembangan sisi *airside* Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang peneliti harapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi sistem kerja fasilitas sisi Udara utamanya Apron pada Bandar Udara International Sultan Hasanuddin Makassar
2. Sebagai bahan masukan pada pemerintah khususnya pihak Angkasa Pura I untuk mengoptimalkan sistem kerja Bandar Udara International Sultan Hasanuddin Makassar pada fasilitas sisi udara

utamanya apron.



E. Batasan Masalah

Mengingat akan keterbatasan waktu dan menghindari meluasnya pembahasan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Penelitian dilakukan pada sisi udara (*Air side*) Bandara Sultan Hasanuddin Makassar
- b. Penelitian ini hanya mengoptimasi konsep terminal desain sesuai type terminal rujukan pada penelitian sebelumnya yakni type Pier dan type Satelit
- c. Untuk menganalisis forecasting kapasitas penumpang dan pesawat menggunakan SPSS V.17
- d. Untuk mengoptimasi type terminal menggunakan solver pada Microsoft Excel dan Lingo 17.

F. Sistematika Penulisan

Hasil dari penelitian ini disajikan dengan susunan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang diadakannya penelitian ini, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan dalam penelitian.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang terkait dengan fokus pembahasan penelitian ini. Teori-teori inilah yang digunakan oleh peneliti sebagai dasar dalam melakukan studi kasus.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai waktu dan lokasi penelitian, jenis dan sumber data, metode pengolahan dan analisis data serta alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan tentang gambaran umum daerah penelitian, analisis kinerja fasilitas sisi udara Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makasar, analisis kapasitas fasilitas sisi udara Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makasar dan analisis pemilihan model optimasi terbaik.

BAB V PENUTUP

Bab ini akan menguraikan tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

G. Pengertian Bandar Udara

Berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia / UURI Nomor 1 Tahun 2009 Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas- batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat Udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya

Dalam document 4444 *Air Traffic Management, ICAO (Internasional Civil Aviation Organization)* bandar udara didefinisikan sebagai suatu tempat atau daerah, didarat atau di perairan dengan batas – batas tertentu, termasuk bangunan dan instalasi yang dibangun untuk keperluan pergerakan pesawat terbang lepas landas (*take-off*), pendaratan (*landing*) atau pergerakan di permukaan (*taxiing*).

Menurut PT (persero) Angkasa Pura : Bandar Udara, ialah lapangan udara, termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara udara untuk masyarakat.



B. Tinjauan Umum Bandar Udara

Pedoman - pedoman perencanaan bandara secara detail ada pada peraturan- peraturan yang dikeluarkan FAA dan ICAO, di Indonesia sendiri aturan-aturan tersebut tercakup dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 tahun 2001 tentang Kebandarudaraan dan Kepmen Perhubungan No. KM 44 Tahun 2002 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional dan CASR 139 untuk wilayah *aerodrome*.

1. Fungsi Bandar Udara

Menurut peraturan direktur jenderal perhubungan Udara No.SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Bandar Udara, Fungsi Bandar udara yaitu untuk menunjang kelancaran, keamanan dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, kargo dan/atau pos, keselamatan penerbangan, tempat perpindahan intra dan/atau moda serta mendorong perekonomian baik daerah maupun secara nasional.

Bandar udara berdasarkan fungsinya menurut keputusan Menteri Perhubungan No. 11/2010 pasal 5 dibedakan menjadi tiga bagian,yaitu:

- a. Bandar udara yang merupakan simpul dalam jaringan transportasi udara sesuai dengan hierarki fungsinya yaitu Bandar Udara pusat penyebaran dan bukan pusat penyebaran.

Bandar udara sebagai pintu gerbang kegiatan perekonomian



nasional dan Internasional.

c. Bandar udara sebagai tempat kegiatan alih modatransportasi.

2. Klasifikasi BandarUdara

Menurut Horonjeff (1988), perencanaan area suatu Bandar udara tidak sama, mulai dari bandara yang sederhana (simple) sampai dengan yang besar (kompleks), tergantung pada pertumbuhan bandar udara itu sendiri. Klasifikasi bandar Udara berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. KM 44 tahun 2002 ayat 1 terdiri dari :

- a. Bandar Udara Kelompok A;
- b. Bandar Udara Kelompok B;
- c. Bandar Udara Kelompok C;

Secara umum bandar udara dengan kelompok Bandar Udara A merupakan Bandar Udara yang masih belum berkembang dan banyak melayani rute-rute perintis. Sedangkan kelompok Bandar Udara C merupakan Bandar Udara yang telah berkembang bahkan telah menjadi Bandar Udara Internasional.

C. Fasilitas Bandar Udara

Sebuah bandar udara terdiri atas fasilitas transportasi yang luas dan kompleks, serta dirancang untuk melayani pesawat, penumpang,



kargo dan kendaraan lainnya (Wardhani Sartono dkk, 2015). Komponen bandar udara secara umum terbagi menjadi dua kategori , yaitu *air side* (sisi udara) dan *land side* (sisi darat).

1. Fasilitas Sisi darat (Lanside)

Menurut Heru Basuki (1986), Bandar Udara harus memiliki fasilitas sisi darat (*land side*) seperti :

- a. Terminal
- b. Jalan masuk
- c. Perparkiran
- d. Fasilitas bagasi.

2. Fasilitas sisi Udara (Airside)

Pada prinsipnya beberapa fungsi fasilitas bandar udara dari segi sisi udara yang harus tercapai antara lain sebagai berikut :

1. Runway

Runway atau landasan pacu adalah bagian *airside* dari lapangan terbang yang digunakan pesawat terbang untuk lepas landas atau mendarat.

2. Taxiway

Taxiway adalah daerah yang berfungsi untuk menyediakan akses antara landasan pacu, daerah terminal dan hangar.



3. Apron

Aircraft Parking Stand atau apron secara umum merupakan area dalam Bandar udara yang berguna sebagai tempat parkir pesawat. Apron merupakan tempat bagi pesawat yang melakukan ground service.

Untuk lebih jelasnya fasilitas sisi udara dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Sumber: (Google Maps, 2018)

Gambar 1. Fasilitas sisi udara (Airside) Bandara Sultan Hasanuddin

D. Klasifikasi Pesawat

Beberapa klasifikasi dan tipe pesawat secara lazim didengar dan berdasarkan kegunaan pesawat, secara umum dibagi menjadi 4 yaitu :



1. *General Aviation aircraft (GA)*

Secara typical, pesawat pesawat ini memiliki satu (single) atau dua mesin (*twin engine*). Berat maksimum kotor pesawat ini biasanya kurang dari 7.000 kg. Pesawat tipe ini biasanya digunakan untuk berbagai kegiatan komersial dan nonkomersial antara lain, pelatihan pesawat, wisata, bisnis, pertanian, dan sebagainya. Contoh type pesawat ini adalah ; *Single Engine Beechcraft A36*.

2. *Corporate Aircraft (CA)*

Pesawat type ini merupakan pesawat yang biasa digunakan untuk mengangkut beberapa penumpang atau barang untuk keperluan bisnis, evakuasi, kegiatan pemerintah, angkatan udara dan sebagainya. Secara typical, pesawat – pesawat jenis ini memiliki satu atau dua turboprop (baling – baling) atau mesin jet. Berat maksimum kotor pesawat ini biasanya kurang dari 40.000 kg. Contoh pesawat ini adalah *Cessna Citation II*.

3. *Commuter Aircraft (COM)*

Merupakan pesawat kecil untuk mengangkut penumpang untuk jarak dekat dengan frekuensi tinggi, biasanya melayani penerbangan dari bandara hub menuju daerah – daerah kecil. Secara typical, pesawat jenis ini memiliki satu, dua, tiga, bahkan empat turboprop (baling-baling) atau mesin jet. Berat maksimum kotor (*maksimum gross*

weight) pesawat ini biasanya kurang dari 31.000 kg. Contoh: Pesawat adalah ATR-72 series dan pesawat Nusantara 219 (N-219)



buatan PT. Dirgantara Indonesia yang beroperasi sejak tahun 2016.

4. *Transport aircraft (TA)*

Merupakan pesawat tersertifikasi yang dirancang untuk mengangkut penumpang dan kargo dalam jumlah besar. Pesawat jenis ini memiliki mesin jet lebih dari satu. Menurut berat dan jarak tempuhnya diklasifikasikan sebagai berikut:

a. *Short Range (Jarak Dekat)*

Berat maksimum kotor pesawat ini biasanya kurang dari 68.000 kg, dengan jarak tempuh maksimum 2.222 km. Contoh; Airbus A320, Fokker F100, Boing 737

b. *Medium Range (Jarak Menengah)*

Berat maksimum kotor pesawat ini biasanya kurang dari 160.000 kg, dengan jarak tempuh 2.223 – 6.482 km. Contoh; Boing 757 – 200, Airbus A330 dan Airbus A300.

c. *Long Range (Jarak Jauh)*

Berat maksimum kotor pesawat ini biasanya lebih dari 160.000 kg, dengan jarak tempuh lebih dari 6.482 km. Contoh; Boing 737 – 300 ER, Airbush A340, dan Boing 747 – 400.

E. Karakteristik Pesawat Terbang

Dimensi pesawat terbang yang penting terhadap perencanaan dan pengembangan bandar udara adalah:



- a. *Length* (panjang) adalah sebuah pesawat terbang yang didefinisikan sebagai jarak dari ujung depan badan pesawat (*fuselage*) atau badan utama (*main body*) pesawat sampai keujung belakang ekor pesawat yang dikenal sebagai *empennage*. Panjang pesawat digunakan untuk menentukan panjang dari area parkir (*parking area*) pesawat, hangar.
- b. *Wingspan* (panjang sayap) sebuah pesawat terbang didefinisikan sebagai jarak dari ujung sayap keujung sayap lainnya pada sayap utama pesawat. *Wingspan* pesawat digunakan untuk menentukan lebar dari parking area (area parkir) pesawat dan jarak antara gates. Selainitu, juga untuk menentukan lebar dan separasi (jarak pemisah) Runway dan Taxiway di Bandar Udara.
- c. *Maximum height* (tinggimaksimum) sebuah pesawat secara typical didefinisikan sebagai jarak dari lantai dasar (*ground*) sampai puncak bagian ekor (*tail*) pesawat.
- d. *Wheelbase* sebuah pesawat terbang didefinisikan sebagai jarak antara as roda pendaratan utama (main landing gear) pesawat dengan as rodadepan (*nose gear*), atau roda ekor (*tail-wheel*), pada kasus pesawat *tail-wheel*.
- e. *Wheel track* sebuah pesawat terbang didefinisikan sebagai jarak antara as rodaterluar (*outer wheels*) dari main landing gear pesawat. *Wheelbase* dan *wheel track* sebuah pesawat digunakan untuk



menetapkan radius putar (*turning radius*) minimum yang berperan besar dalam perancangan *taxiway turnoffs*, *taxiway intersections* dan area lainnya dibandar udara yang membutuhkan pesawat berbelok.

- f. *Turning radius* adalah fungsi dari sudut kemudi roda depan *nose gear steering angle*. Semakin besar sudutnya, semakin kecil radiusnya. Jarak dari pusat rotasi terhadap berbagai bagian dari pesawat seperti *wingtip*, *nose*, atau *tail* menghasilkan besaran radii. Radius terbesar menghasilkan jarak bersih kritis antara pesawat dan bangunan serta pesawat yang berpapasan. *Turning radius* minimum berhubungan erat dengan sudut kemudi roda depan (*steering angle*) maksimum yang dirancang oleh manufaktur pesawat. Sudut terbesar bervariasi dari 60° sampai 80° , meskipun untuk kepentingan perancangan biasanya sudut kemudi (*steering angle*) sebesar 50° .

F. Persyaratan Perencanaan Apron

Persyaratan perencanaan apron mempunyai beberapa hal penting yang harus diperhatikan, seperti :

1. Jarak Clearance

Sebuah pesawat yang berada dalam *aircraft-stand* dengan bangunan/ pesawat/ objek lain mempunyai nilai *clearance* masing -

masing yang tergantung kepada jenis pesawat yang beroperasi, jarak *clearance* pesawat dapat dilihat pada tabel berikut :



Tabel 1. ICAO apron aircraft wingtip clearances

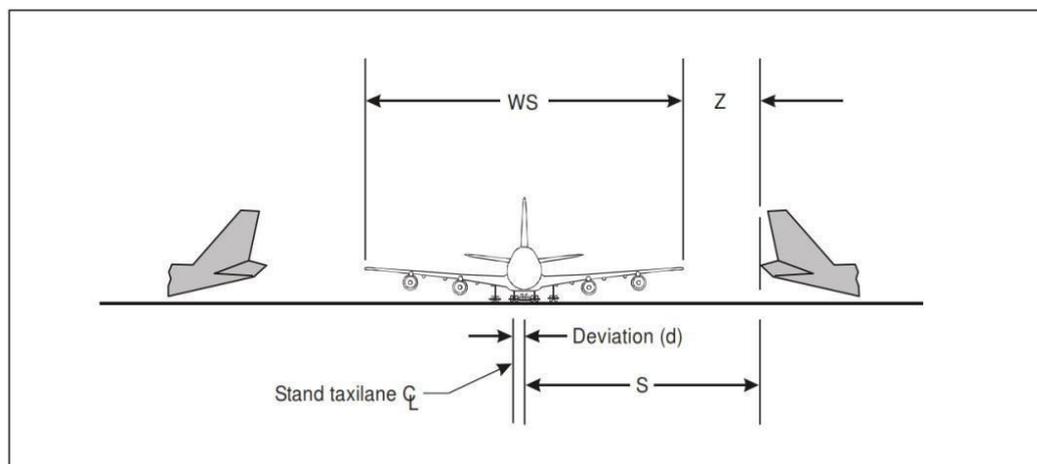
| Code element 1 | | Code element 2 | | |
|----------------|---|----------------|-----------------------------------|---|
| Code number | Aeroplane reference field length | Code letter | Wing span | Outer main gear wheel span ^a |
| 1 | Less than 800 m | A | Up to but not including 15 m | Up to but not including 4.5 m |
| 2 | 800 m up to but not including 1 200 m | B | 15 m up to but not including 24 m | 4.5 m up to but not including 6 m |
| 3 | 1 200 m up to but not including 1 800 m | C | 24 m up to but not including 36 m | 6 m up to but not including 9 m |
| 4 | 1 800 m and over | D | 36 m up to but not including 52 m | 9 m up to but not including 14 m |
| | | E | 52 m up to but not including 65 m | 9 m up to but not including 14 m |
| | | F | 65 m up to but not including 80 m | 14 m up to but not including 16 m |

a. Distance between the outside edges of the main gear wheels.

Sumber: ICAO

2. Jarak pemisah di taxilane

Untuk jarak pemisah di taxilane dapat dilihat dibawah ini :



Sumber: *Aerodrome design manual part 2*, ICAO doc 1957

Gambar 2. Penampang Melintang Jarak pemisah di taxilane

Kecepatan pesawat di taxilane yang lebih rendah memungkinkan deviasi lateral yang lebih kecil untuk dipertimbangkan dibandingkan taxiway lainnya.

Gambar diatas menggambarkan hubungan clearance pesawat untuk



sebuah objek dalam taxilane stand. Sehingga jarak pemisahan, S , ditemukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$S = \frac{WS}{2} + d + Z \quad (1)$$

Dimana:

WS = *Wing Span*

D = *Deviasi Lateral*

Z = *Clearence*

3. Jarak pemisah antara taxiway dan objek

Untuk jarak pemisah antara taxiway dan objek dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Jarak Pemisah Minimum antara taxiway dengan taxiway dan objek

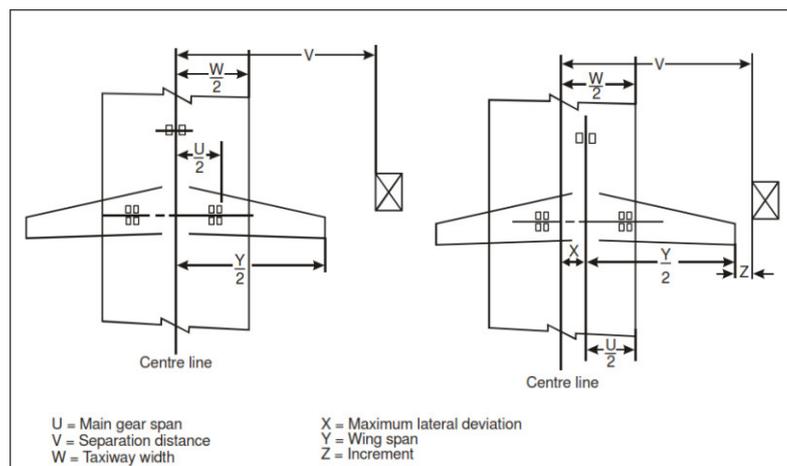
| Separation distances | Code letter | | | | | |
|---|-------------|-------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Between apron taxiway/taxiway centre line and taxiway centre line: | | | | | | |
| wing span (Y) | 15.00 | 24.00 | 36 | 52.0 | 65.0 | 80.0 |
| + maximum lateral deviation (X) | 1.50 | 2.25 | 3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| + increment (Z) | 7.25 | 7.25 | 5 | 10.0 | 10.5 | 13.0 |
| Total separation distance (V) | 23.75 | 33.50 | 44 | 66.5 | 80.0 | 97.5 |
| Between taxiway centre line and object: | | | | | | |
| ½ wing span (Y) | 7.50 | 12.00 | 18 | 26.0 | 32.5 | 40.0 |
| + maximum lateral deviation (X) | 1.50 | 2.25 | 3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| + increment (Z) | 7.25 | 7.25 | 5 | 10.0 | 10.5 | 13.0 |
| Total separation distance (V) | 16.25 | 21.50 | 26 | 40.5 | 47.5 | 57.5 |
| Between apron taxiway centre line and object: | | | | | | |
| ½ wing span (Y) | 7.50 | 12.00 | 18 | 26.0 | 32.5 | 40.0 |
| + maximum lateral deviation (X) | 1.50 | 2.25 | 3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| + increment (Z) | 7.25 | 7.25 | 5 | 10.0 | 10.5 | 13.0 |
| Total separation distance (V) | 16.25 | 21.50 | 26 | 40.5 | 47.5 | 57.5 |
| Between aircraft stand taxilane centre line and object: | | | | | | |
| wing span (Y) | 7.5 | 12.00 | 18.0 | 26.0 | 32.5 | 40.0 |
| + maximum lateral deviation (X) | 1.5 | 1.50 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 |
| + increment (Z) | 3.0 | 3.00 | 4.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Total separation distance (V) | 12.0 | 16.50 | 24.5 | 36.0 | 42.5 | 50.5 |

Source: *Aerodrome design manual part 2, ICAO doc 1957*



Dalam annex yang sama pada Aerodrome reference code dijelaskan tentang code dijelaskan tentang code letter tipe pesawat udara berdasarkan panjang rentang sayap, antara lain:

1. Code letter A, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 15 m
2. Code letter B, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 15 m hingga kurang dari 24 m
3. Code letter C, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 24 m hingga kurang dari 36 m
4. Code letter D, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 36 m hingga kurang dari 52 m
5. Code letter E, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 52 m hingga kurang dari 65 m
6. Code letter F, bagi pesawat udara yang memiliki rentang sayap kurang dari 65 m hingga kurang dari 80 m.



Sumber: Aerodrome design manual part 2, ICAO doc

Gambar 3. Posisi Jarak pemisah ke objek



4. Luas Apron

Apron akan menampung sejumlah pesawat sesuai perhitungan jumlah pergerakan pesawat setiap jenis pada jam sibuk. Maka, luas area *apron* harus dapat menampung pesawat pada kondisi *peak hour* (jam sibuk).

Tabel 3. Dimensi Kebutuhan Apron

| Uraian | Penggolongan pesawat | | | | | |
|---|----------------------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 1. Dimensi untuk satupesawat | | | | | | |
| a. Slef taxiing (45° taxiing) | | | | | | |
| o Panjang (m) | 40 | 40 | 70 | 70- 85 | 70- 85 | 70- 85 |
| o Lebar (m) | 25 | 25 | 55 | 55- 80 | 55- 80 | 55- 80 |
| b. Nose in | | | | | | |
| o Panjang (m) | - | - | 95 | 19 0 | 190 | 19 0 |
| o Lebar (m) | - | - | 45 | 70 | 70 | 70 |
| c. Clereance antar pesawat dengan pesawat diApron (m) | 3 | 3 | 4,5 | 4, 5 | 4,5 | 4, 5 |
| 2. Slope/Kemiringan | | | | | | |
| a. Ditempat Pesawat Parkir, Maksimum | 1 ≤ | 1 ≤ | 1 ≤ | 1 ≤ | 1 ≤ | 1 ≤ |
| b. Didaerah Pemuatan Bahan Bakar Pesawat | + | + | + | + | + | + |
| | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |

Sumber: Skep No. 77/VI/ 2005



5. Lama pemakaian Apron

Lamanya suatu pesawat melakukan aktifitas pada apron tergantung pada ukuran pesawat dan tipe operasi. Selain itu waktu penggunaan apron juga sangat bergantung pada tatalaksana pemrosesan penumpang baik dengan menggunakan *aviobridge* atau menggunakan mobil. Suatu pesawat pada penerbangan terusan hanya membutuhkan sedikit pelayanan atau tanpa pelayanan sama sekali sehingga waktu penggunaan apron hanya bersekitar 20 - 30 menit, sebaliknya untuk pesawat pada penerbangan pulang pergi akan membutuhkan pelayanan yang lengkap, sehingga membutuhkan pemakaian apron, sekitar 40 - 60 menit.

G. Konsep Parkir Pesawat

Macam konsep terminal pada bandar udara yaitu Konsep Distribusi Horizontal (Single Level Terminal) merupakan konsep pelayanan pada terminal bandar udara dengan pengaturan dan pendistribusian kegiatan proses keberangkatan dan kedatangan penumpang melalui satu tingkat terminal.

a. Konsep linear / *Frontal*

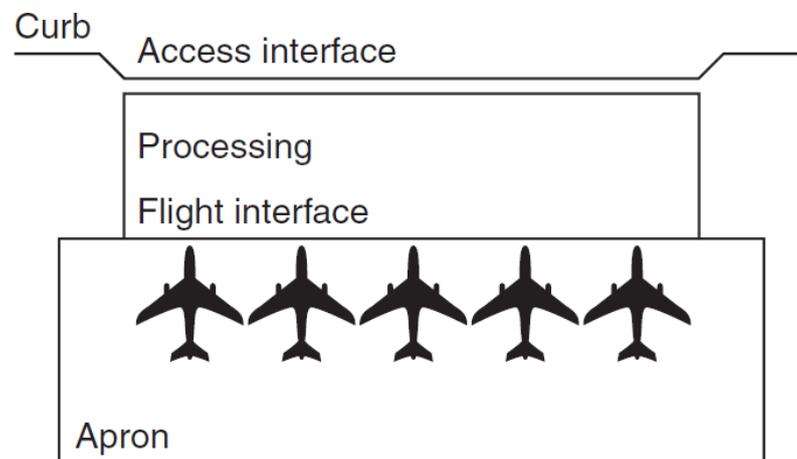
Terminal linear sederhana terdiri dari sebuah ruangan tunggu bersama dan daerah pelayanan tiket dengan pintu ke luar menuju

apron pesawat. Sebagaimana Gambar 4 pesawat di apron diparkir langsung berhadapan dengan bangunan tempat ruang tunggu dan



pemrosesan penumpang yang memungkinkan akses masuk dan jarak tempuh penumpang menuju pesawat yang relatif rendah.

Konsep ini cocok untuk Bandar Udara dengan tingkat kepadatan yang rendah. Dalam perkembangannya terdapat beberapa variasi dari konsep ini yaitu linear terminal single loading, linear terminal single loading variation, linear terminal dual loading, linear terminal compact module, dan segregated terminal module.



Sumber : Planning and Design of Airports fifth edition

Gambar 4. Konsep linear

b. Konsep pier(finger) / Dermaga

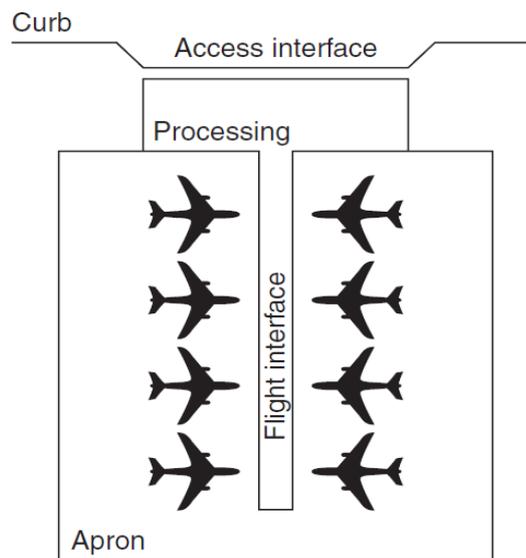
Konsep dermaga mempunyai pertemuan dengan pesawat di sepanjang dermaga yang menjulur dari daerah terminal utama. Gambar 5 memperlihatkan letak pesawat biasanya diatur mengelilingi sumbu dermaga dalam suatu pengaturan sejajar atau

ujung pesawat mengarah ke terminal (*nose in*).

Dalam konsep parkir pier memungkinkan pengembangan



dengan memperpanjang dermaga untuk menambah jumlah posisi parkir pesawat tanpa membedakan fasilitas pemrosesan bagasi dan penumpang. Dalam perkembangannya terdapat beberapa variasi dari konsep ini yaitu two fingers pier, round pier terminal, dan Y pier terminal.



Sumber : Planning and Design of Airports fifth edition

Gambar 5. Konsep Distribusi Dermaga / Jari

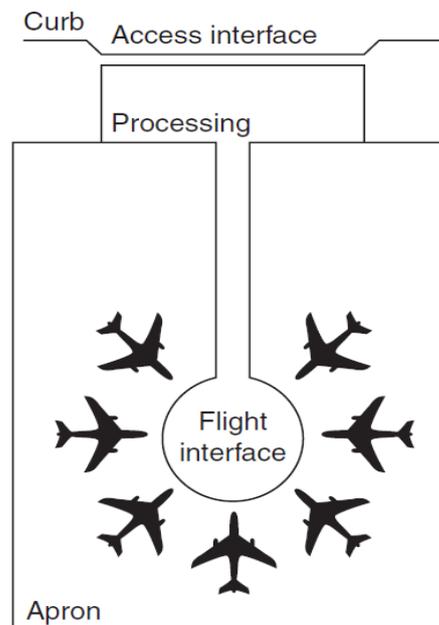
c. Konsep satelit

Konsep satelit terdiri dari sebuah gedung yang dikelilingi oleh pesawat yang terpisah dari terminal utama dan biasanya dicapai melalui penghubung (*connector*) yang terletak pada permukaan tanah, di bawah tanah, atau di atas tanah yang terpisah dari terminal

dan biasanya diparkir dalam posisi melingkar atau sejajar mengelilingi satelit.



Konsep satelit dapat meningkatkan fleksibilitas manuver dan parkir dengan penempatan *concourse* di bawah *apron* serta mengurangi jumlah kepadatan di terminal utama.



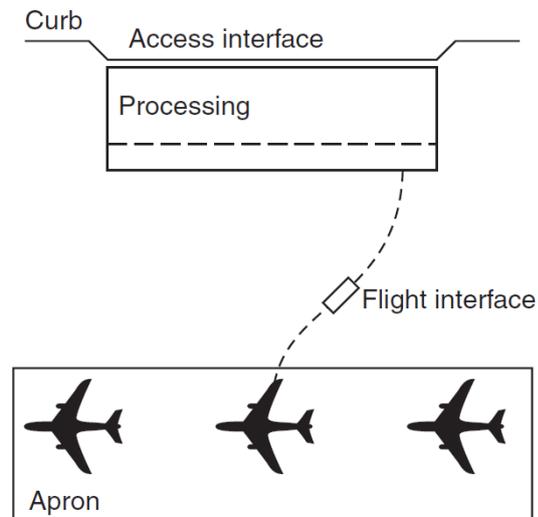
Sumber : Planning and Design of Airports fifth edition

Gambar 6. Konsep Distribusi Satelit

d. Konsep Transporter

Pesawat dan fungsi-fungsi pelayanan pesawat dalam konsep transporter, letaknya terpisah dari terminal. Untuk mengangkut penumpang yang akan naik ke pesawat atau yang baru turun dari pesawat dari dan ke terminal, disediakan kendaraan khusus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :





Sumber : Planning and Design of Airports fifth edition

Gambar 7. Konsep Transporter

H. Konfigurasi Parkir Pesawat

Metode dari pesawat yang akan memasuki atau meninggalkan parkir, baik dengan kemampuan pesawat itu sendiri (*self-manoeuvring*), maupun dengan menggunakan alat bantu tarik (*tractor assisted*). Jenis-jenis konfigurasi parkir pesawat adalah *nose-in parking*, *angled nose-in parking*, *angled nose-out parking*, *nose-out parking*, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Nose – In Parking

Pengertian *nose-in parking* adalah pesawat diparkir tegak lurus

yang terminal dan bagian depan pesawat berhadapan langsung,

berjarak dekat dengan gedung terminal.



2. Angled Nose-in Parking

Pengertian angled nose-in parking adalah pesawat parkir menyudut ke arah terminal dan bagian depan pesawat berhadapan langsung, serta berjarak dekat dengan gedung terminal.

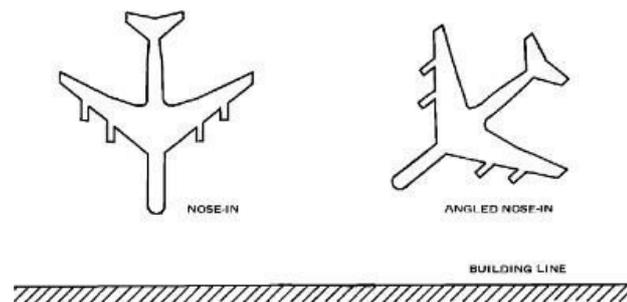
a. Keuntungan dan kerugian memakai Nose-In atau Angle Nose-in

Keuntungan :

1. Suara pesawat tidak terlalu keras, karena pada waktu masuk tidak perlu membelok
2. Asap panas tidak terarah ke gedung terminal
3. Pintu depan pesawat dekat dengan gedung terminal

Kerugian :

1. Memerlukan tenaga yang besar untuk keluar dari gate position, biasanya menggunakan kendaraan pandu
2. Pintu belakang jauh dari gedung terminal



Sumber : ICAO doc 9184 Airport Planning Manual part 1 Master-Planning

Gambar 8. Konfigurasi parker pesawat Nose-In dan Angled Nose-in



and Nose-out Parking

Pengertian angled nose-out parking adalah pesawat diparkir

menyudut kearah terminal, tetapi bagian depan pesawat membelakangi gedung terminal.

4. *Nose-out Parking*

Pengertian nose-out parking adalah pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal dan bagian depan pesawat membelakangi gedung terminal.

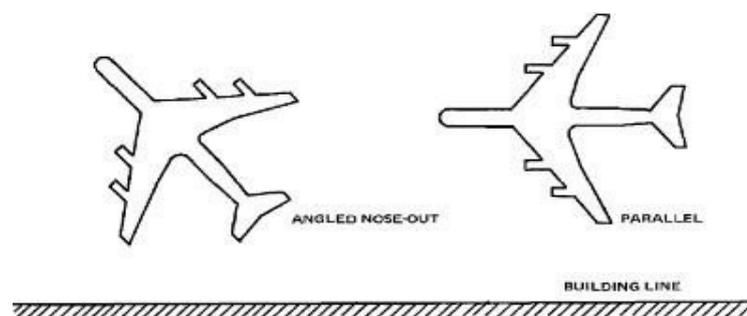
a. Keuntungan dan kerugian memakai Nose-Out atau Angle Nose-Out

Keuntungan :

1. Tidak memerlukan tenaga yang besar untuk keluar dari gate position
2. Asap panas tidak terarah ke gedung terminal
3. Pintu belakang pesawat dekat dengan gedung terminal

Kerugian :

1. Pintu depan jauh dari gedung terminal
2. Asap panas terarah ke gedung terminal, baik pada saat masuk maupun keluar

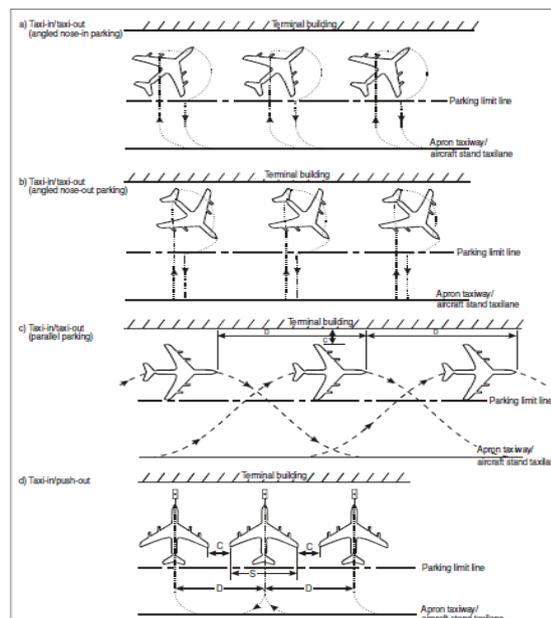


: ICAO doc 9184 Airport Planning Manual part 1 Master-Planning

9. Konfigurasi parker pesawat Nose-Out dan Angled Nose Out



Menurut ICAO pada dokumen 1957, disebutkan ada beberapa metode yang digunakan pesawat dalam memasuki dan meninggalkan *aircraft-stand*, yaitu *self-manoeuving* dan *tractor-assited self-manoeuving* merupakan istilah yang menunjukkan prosedur sebuah pesawat dalam memasuki dan meninggalkan *aircraft-stand* dengan menggunakan tenaga sendiri. (a), (b) ataupun (c) Gambar 12 menunjukkan area yang dibutuhkan untuk pesawat bermanuver ke dalam dan keluar dari posisi *aircraft-stand* untuk *angle nose-in*, *angle nose-out* dan konfigurasi parkir paralel. Manuver sebuah pesawat masuk dan keluar *aircraft-stand* sebelah gedung terminal atau dermaga dengan menggunakan konfigurasi *nose-in* dan *nose-out* melibatkan 180 derajat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 (a dan b). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibawah ini :



umber: Aerodrome design manual part 2, ICAO doc 1957

Gambar 10. Metode parkir pesawat



I. Populasi dan Sampel

Untuk menentukan jumlah populasi dan jumlah sampel akan diuraikan sebagai berikut:

1. Populasi

Populasi adalah keseluruhan dari subjek penelitian Menurut **Arikunto (2013:173)**, Sedang menurut sugiyono populasi adalah generalisasi yang terdiri atas obyek / subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya **Sugiyono (2013: 117)**.

2. Sampel

Sampel adalah sebagian untuk diambil dari keseluruhan objek yang diteliti dan dianggap mewakili seluruh populasi.

Menentukan jumlah sampel dapat dilakukan dengan berbagai macam persamaan salah menggunakan rumus Lemeshow, hal ini dikarenakan jumlah populasi tidak terhingga. Berikut rumus Lemeshow yaitu :

$$n = \frac{Z^2 \cdot a/2P(1-P)}{d^2} \quad (2)$$

Ket:

n : Jumlah Sampel

z : skor pada pada kepercayaan 95% = 1.96

: Maksimal estimasi = 0.5

: alpha (0.10) atau sampling eror = 10%



Menurut rumus diatas maka jumlah sampel yang akan diambil adalah :

$$n = \frac{Z^2 \cdot a/2P(1 - P)}{d^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0,5 (1 - 0,5)}{0,1^2}$$

$$n = \frac{3,8416 \cdot 0,25}{0,01}$$

$$n = 96,04 = 100 \text{ Sampel}$$

J. Forecasting

Suatu rencana bandar udara menurut **Horonjeff / McKelvey, 1988** harus dikembangkan berdasarkan prakiraan (*forecast*). Dari prakiraan permintaan dapat ditetapkan evaluasi keefektifan berbagai fasilitas bandar udara. Pada umumnya prakiraan dibutuhkan untuk jangka pendek, menengah, dan jangka panjang atau kira-kira 5 tahun, 10 tahun dan 20 tahun. Makin panjang jangka prakiraan, ketepatannya makin berkurang dan harus dilihat sebagai suatu pendekatan saja. Tetapi pada penelitian ini membatasi melakukan peramalan untuk jangka menengah (10 tahun) mengingat perkembangan perencanaan bandar udara sangat cepat.

Dalam melakukan peramalan dikenal beberapa metode peramalan, diantaranya :

1. Model Linear

Dalam analisa data sering dilakukan pembuatan suatu kurva yang

at mewakili suatu rangkaian data yang diberikan dalam sistem koordinat x-y. Trend linier mengestimasi besarnya koefisien-koefisien yang dihasilkan dari persamaan yang bersifat linier, yang melibatkan



suatu variabel bebas (x), untuk digunakan sebagai alat prediksi besarnya nilai variabel tak bebas (y).

$$y = a + bx \quad (3)$$

dimana :

Y = variabel tak bebas

X = variabel bebas

a, b = konstanta regresi

2. Model Persamaan Berpangkat

Persamaan berpangkat diberikan oleh bentuk berikut ini:

$$y = ax(9)^b$$

dimana :

y = variabel tak bebas

x = variabel bebas

a, b = konstanta regresi

Forecasting akan dilakukan dengan menggunakan software SPSS versi 17. SPSS. SPSS adalah kependekan dari *Statistical Package for the Social Science* yang merupakan paket statistik untuk Ilmu Sosial (SPSS) adalah program untuk memanipulasi, menganalisis, dan menyajikan data, paket banyak digunakan dalam ilmu-ilmu sosial. Ada beberapa bentuk SPSS, Program inti disebut SPSS *Base* dan ada jumlah *add-on* modul yang memperluas jangkauan data, statistik, atau kemampuan laporan.

& Everitt, 2004, hal. 1).



K. Parameter Optimasi Terminal Design Concept

Untuk mengoptimasi terminal design concept maka di perlukan beberapa variabel dalam pengambilan keputusan, diantaranya :

1. Cost / Biaya

Biaya atau cost dalam perencanaan terminal design concept sangat diperlukan, hal ini sangat tergantung pada pemilihan terminal design concept yang akan di optimasi dengan memperhitungkan :

a. Walking Distance Area Penumpang

Walking distances area merupakan faktor kuantitas utama yang memperhitungkan psikologi pengguna dan proporsi bangunan terminal terhadap kebutuhan pengguna. Jarak gate ke parking stand area sangat mempengaruhi waktu yang akan dibutuhkan, hal ini akan berdampak pula pada pelayanan bandara tersebut.

Beberapa organisasi Bandar Udara Memberikan standar normal untuk *walking distances*, diantaranya:

1. *International Air Transport Association (IATA)* adalah sebuah organisasi maskapai penerbangan terjadwal (*scheduled carriers*) dalam transportasi udara international. Organisasi yang bertempat di Kanada ini memberikan jarak normal walking distances < 300 m

2. AdP adalah salah satu organisasi penerbangan dunia memberikan standar jarak walking distance yaitu < 300 dan



jika mencapai jarak < 900 maka disarankan menggunakan jalan penghubung.

3. BAA merupakan sebuah organisasi yang memberikan standar jarak walking distance adalah sejauh < 250 m jika jarak walking distance < 650 m maka disarankan menggunakan trotoar bergerak.

b. Parking Stand

Aircraft Parking Area (APA) adalah area di mana pesawat udara di parkir selama pelayanan darat, dengan jarak minimum 7,5 meter terhadap sisi pesawat udara, kecuali untuk jarak aman Wing tip yang dapat berkurang hingga jarak minimum. Area ini harus aman dari setiap kendaraan atau peralatan selama pesawat udara bergerak dan di perjelas oleh garis batas peralatan atau oleh *Aircraft Boundary Line (ABL)*.

Untuk pemakaian parking stand area pada sebuah apron digunakan sistem penyewaan per unit parking stand pertahunnya, untuk bandara Sultan Hasanuddin sendiri tarif sewa parking stand adalah Rp. 16.983.744 perunit parking stand pertahunnya.

Jika jarak tempuh dari terminal menuju parking stand melebihi standar yang telah ditetapkan diatas maka perlu penyewaan asilitas pelayanan menuju parking stand area.



1. Avio / Garbarata

Passenger Boarding Bridge atau lebih akrab dikenal dengan sebutan Garbarata adalah merupakan lorong (*Tunnel*) yang dapat bergerak secara horizontal (memanjang dan memendek), *vertical* (naik dan turun) dan berotasi sebesar 175° dengan Rotunda sebagai poros serta pada bagian cabin (*Contact Head*) yang dapat berotasi ke kiri dan kekanan sebesar 100° (17° kanan dan 85° kiri). Garbarata dibuat berbentuk lorong, dipasang pada sebuah terminal bandara.

Biasanya fasilitas ini disewa perunit pertahunnya dengan tarif Rp. 22.962.806 perunit pertahunnya.

Untuk lebih jelasnya gambar garbarata dapat dilihat dibawah ini :



Sumber : Google

Gambar 11. Garbarata Bandara Sultan Hasanuddin Maskassar

2. Bus

Penggunaan Bus pada wilayah apron Bandara dapat memudahkan penumpang menuju parking stand area tanpa membutuhkan waktu yang lama. Jumlah bus disesuaikan dengan jumlah penumpang pada bandara sehingga dapat melayani penumpang untuk menghindari keterlambatan penumpang menuju parking stand area. Contoh bus yang dimaksud dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber : Google

Gambar 12. Bus pada wilayah apron

Bus umum memiliki berbagai tipe berdasarkan jumlah kapasitas penumpang yang dapat diangkut, yaitu :

- a. Bus kecil dengan kapasitas antara 9 - 16 orang.
- b. Bus sedang disebut juga bus 3/4 dengan kapasitas 17 sampai 35 orang.
- c. Bus besar dengan kapasitas 36 - 60 orang.



- d. Bus tingkat dengan kapasitas 70 sampai 120 orang.
- e. Bus tempel dengan kapasitas 100 - 170 orang

Biasanya fasilitas ini untuk kapasitas 40 orang disewa perunit per sekali jalan dengan tarif Rp. 65.000 yang dipotong pada harga tiket penerbangan.

3. Travelator

Travelator adalah alat angkut perpindahan orang dan barang dari satu tempat ke tempat lain pada satu lantai atau pada lantai yang berbeda level dan bergerak sesuai dengan prinsip pergerakan pada eskalator. Dengan demikian, konveyor ini adalah pengembangan ide dari eskalator dan bisa dipasang pada posisi mendatar (*horisontal*) ataupun miring (*inclined*) dengan kemiringan 10 – 20 derajat.

Dalam aplikasinya, terdapat juga sudut kemiringan 15° untuk penggunaan pada perbedaan ketinggian lantai. Kecepatan antara 0,6 m/s hingga 1,3 m/s .



Sumber : Google

Gambar 13. Contoh Ramp Berjalan/ Travelator



Jika memungkinkan fasilitas ini akan ditambahkan sebagai fasilitas baru untuk memudahkan penumpang menuju walking distance dengan asumsi harga pengadaan travelator adalah Rp. 385.000.000 per unitnya.

Harga satuan untuk masing masing fasilitas menuju parking stand dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel. 5 Harga Satuan Penyewaan Fasilitas Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

| Data Penyewaan Fasilitas Bandara Sisi Udara eksisting (2017) | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|--------------------|------|
| No | Uraian | Jumlah (Unit) | Harga Satuan (Rp) | Satuan | Total Harga (Rp) | Ket |
| 1 | Aviobridge | 6,0 | Rp22.962.806 | Unit/Tahun | Rp 137.776.838 | Eks |
| 2 | Parking Stand | 34,0 | Rp16.983.744 | Unit/Tahun | Rp 577.447.311 | Eks |
| 3 | Bus (Kap. 40 Org) | | | | | |
| | - Lion Air, Batik Air dan Wings Air | 12,0 | Rp 65.000 | Per Sekali jalan | | Eks |
| | - Garuda Airlines, Citilink | 10,0 | Rp 65.000 | Per Sekali jalan | | Eks |
| | - Sriwijaya | 5,0 | Rp 65.000 | Per Sekali jalan | | Eks |
| 4 | Travelator | - | Rp385.000.000 | Per Unit | | Renc |

Sumber : PT. Angkasa Pura 1 (2017)

M. Optimasi

1. Optimasi dengan bantuan Solver



Salah satu kata kunci dalam *operational research* adalah optimasi, yang berarti pengambilan keputusan sebaik mungkin dengan memperhatikan batasan-batasan atau kendala – kendala yang ada (Surachman; Murti, 2012:1)

Penerapan teknik *operational research* pada kehidupan nyata sangat bergantung pada kecepatan hitung agar pengambil keputusan dapat melaksanakan tugasnya sesegera mungkin dan inilah keuntungan dari penggunaan *add in solver*. Penggunaan *add-in solver* merupakan hal yang penting dalam merancang suatu sistem pendukung keputusan berbasis optimasi pada *ms.excel*. Fungsi tujuan dari masing – masing model program linier dapat diselesaikan dengan bantuan *solver* tanpa harus melakukan perhitungan matematis secara manual, sehingga hasil yang optimal mampu kita dapatkan sesegera mungkin.

2. Optimasi dengan Program Linear

Pada dasarnya program Linear adalah suatu pemecahan masalah melalui model matematis. Model matematis dalam program linier menggunakan fungsi tujuan maupun kendala yang memenuhi kaidah fungsi linier (*Hillier;Lieberman : 2001:3*). Ada 2 fungsi linear yang dipertimbangkan pada program linier, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala

Bentuk umum persamaan Program Linear :

$$\text{Max (or Min) : } f_0 (X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4)$$

$$\text{Subject to : } f_1 (X_1, X_2, \dots, X_n) < = b_1$$

$$f_k (X_1, X_2, \dots, X_n) > = b_k$$

.

.



$$f_1 (X_1, X_2, \dots , X_n) \leq b_1$$

jika seluruh fungsi bersifat linear maka disebut dengan masalah Program Linear / Linear Programming (LP) Problem.

3. Program Integer

Program integer merupakan bilangan bulat pada dasarnya adalah Program Linear yang mana variabel keputusannya berupa bilangan bulat tanpa meninggalkan optimalitas penyelesaian. Terdapat tiga jenis model Program integer berdasarkan penyelesaian variabel keputusannya yaitu :

- Model Total Integer, dalam model ini semua variabel keputusannya bernilai integer.
- Model integer 0-1, model ini juga dikenal dengan sebutan Program Integer Biner, karena semua variabel keputusannya bernilai 0 – 1, atau dapat diartikan sebagai “tidak” atau “ya”.
- Model integer campuran , pada model ini tidak semua variabel keputusan harus bernilai integer, tapi bernilai real.

Bentuk umum model Program Integer dirumuskan sebagai berikut :

Menentukan : X_1, X_2, \dots, X_n

Untuk meminimumkan / memaksimumkan : $Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$ (5)

Yang memenuhi kendala : $Z = \sum_{n=1}^n C_j X_j (\leq, =, \geq) b_i; i = 1, 2, \dots, m$

X_j bernilai integer untuk semua atau beberapa dengan :

variabel keputusan ke – j

Konstanta variabel keputusan ke- j



a_{ij} = konstanta kendala ke i variabel keputusan ke j

b_i = kapasitas kendala ke i

Untuk fungsi Z maksimum variabel constraintnya adalah :

1. Jumlah parking stand
2. Type pesawat
3. Jumlah pesawat
4. Luas gedung rencana

Untuk fungsi Z minimum variabel constraintnya adalah :

1. Tarif sewa parking stand / tahun
2. Tarif sewa bus per sekali jalan
3. Biaya pembangunan gedung

4.Lingo Versi 17

Untuk memudahkan mengerjakan Linear Program maka digunakan bantuan Software Lingo Versi 17. Lingo merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi berskala besar (*large scale optimization*). Model program matematika yang dapat diselesaikan antara lain Linear Programming (LP), Integer Programming (IP), dan Quadratic Programming (QP), dan Non linear Programming (NLP). Pembuatan model matematika menggunakan bahasa Lingo dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara eksplisit dan menggunakan Lingo modeling sets.

model yang berukuran kecil (jumlah variabel dan pembatas) cara eksplisit lebih cepat dan efisien. Akan tetapi semakin besar



model semakin tidak efisien cara eksplisit, sehingga modeling sets lebih efisien dibandingkan dengan eksplisit.



BAB III