

**RENCANA PENGEMBANGAN LANDASAN PACU PADA  
BANDAR UDARA SIBISA PARAPAT TOBA SAMOSIR**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Syarat Dalam Sidang Sarjana*

*Universitas Medan Area*

**Disusun Oleh :**

**BONGOT YOGI LESTOBER MUNTE**

**NIM : 158110044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)14/12/21

**PENGESAHAN**  
**RENCANA PENGEMBANGAN LANDASAN PACU PADA**  
**BANDAR UDARA SIBISA PARAPAT TOBA SAMOSIR**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Syarat Dalam Sidang Sarjana*  
*Universitas Medan Area*

Disusun Oleh;  
**BONGOT YOGI LESTOBER MUNTE**  
NIM : 15.811.0044

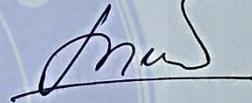
Disetujui:

**Pembimbing 1**



**(Ir. H. Edy Hermanto, MT)**

**Pembimbing 2**



**(Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT)**

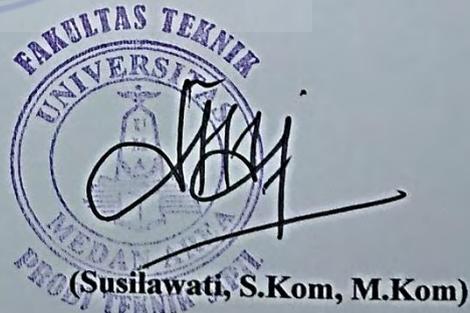
Diketahui:

**Dekan Fakultas Teknik**

**Ka. Prodi Teknik Sipil**



**(Dr. Ir. Dina Maizana, MT)**



**(Susilawati, S.Kom, M.Kom)**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,

2021



Bongot Yogi Lestober Munte

(15.811.0044)

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa telah memberikan rahmat dan karunianya berupa kesehatan dan ilmu pengetahuan sehingga terselesaikannya Skripsi ini dengan baik yang berjudul “**Rencana Pengembangan Landasan Pacu Pada Bandar Udara Sibisa Parapat Toba Samosir**”.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan dan bantuan. Sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir., Dina Maizana, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati S.kom M.kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ir. H. Edy Hermanto, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Staf pengajar dan pegawai Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
7. Staf – staf Bandar Udara Sibisa yang telah mengizinkan serta menerima saya dengan baik untuk melakukan peneltian dan penerimaan data.

8. Seluruh anggota keluarga saya yang telah banyak memberikan motivasi baik itu berupa materil maupun spiritual yang tak ternilai harganya.

9. Rekan-rekan mahasiswa yang turut membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Saya menyadari banyak kekurangan dalam Skripsi ini, untuk itu kritik dan saran diharapkan agar dapat menyempurnakan Skripsi ini.



Medan,

2021

(Bongot Yogi Lestober Munte)

## ABSTRAK

Bandar udara Sibisa adalah Bandar udara yang terletak di Kota Parapat, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara yang melayani penerbangan domestic dan dikelola oleh Kementrian Perhubungan. Sejak awal beroperasi Bandar udara ini hanya melayani jenis pesawat ringan yaitu jenis pesawat susi air. Diperkirakan Bandar udara ini akan mengalami peningkatan dimasa yang akan datang. Oleh sebab itu, perlu dilakukan peningkatan fasilitas Bandar udara seperti landasan pacu (runway).

Landasan pacu merupakan daerah persegi panjang yang ditentukan pada bandar udara di daratan atau perairan yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Direncanakan landasan pacu ini akan melayani jenis pesawat ATR 72-600. Karena bandar udara ini hanya melayani satu jenis pesawat maka perhitungan tebal perkerasannya dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan cara menggunakan rumus perhitungan yang telah ditentukan oleh FAA dan cara penaksiran (hasil asumsi penulis). Untuk hasil perhitungan tebal perkerasan landasan yang dilakukan dengan cara menggunakan rumus didapat sebesar 19 inch (48,26 cm) ,dan hasil tebal perkerasan landasan yang dilakukan dengan cara penaksiran (asumsi) didapata sebesar 19 inch (48,26 cm). Dan nilai ARFL untuk jenis pesawat atr 72-600 sebesar 1290 m, sehingga perlu adanya peningkatan landasan pacu Bandara seperti penambahan ukuran, penempatan untuk marka, dan fasilitas-fasilitas pendukung lainnya agar sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

**Kata Kunci : Bandara Sibisa, Landasan Pacu (Runway), Tebal Perkerasan, Standar Nasional Indonesia (SNI)**

## ABSTRACT

*Sibisa Airport is an airport located in Parapat City, Toba Samosir Regency, North Sumatra Province which serves domestic flights and is managed by the Ministry of Transportation. Since the beginning of its operation, the airport has only served light aircraft, namely Susi Air aircraft. It is estimated that this airport will experience an increase in the future. Therefore, it is necessary to increase airport facilities such as runways.*

*Runway is a rectangular area defined at an airport on land or water that is used for aircraft landing and take-off. The type of pavement used for the foundation is flexible pavement and rigid pavement. It is planned that this runway will serve ATR 72-600 aircraft. Because the airport only serves one type of aircraft, the thickness calculation of the pavement is done 2 ways, namely by using the calculation formula that has been determined by the FAA and the estimation method (the author's assumption) For the results of calculating the thickness of the foundation pavement using the formula, it is found that it is 19 inches (48,26 cm), while the results of the thickness of the base pavement performed by estimation (assumption) were obtained at 19 inch (48,26 cm). And the ARFL value for the type of aircraft atr 72-600 is 1290 m, so it is necessary to increase the airport runway such as increasing the size, placement for markers, and other supporting facilities to comply with the Indonesian National Standard (SNI).*

**Keywords:** *Sibisa Airport, Runway, Pavement Thickness, Indonesian National Standard (SNI)*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	2
1.3. Perumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Definisi Bandar Udara.....	5
2.1.1 Pengertian dan Istilah - istilah Dalam Bandar Udara .....	8
2.2. Fasilitas Bandar Udara .....	13
2.3. Landasan Pacu (Runway).....	14
2.3.1 Pengertian Landasan Pacu .....	15
2.3.2 Jenis-Jenis Landasan Pacu .....	15
2.3.3 Elemen Landasan Pacu .....	23
2.3.4 Kelengkapan Panjang Landasan Pacu .....	24
2.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Panjang Landasan Pacu.....	25
2.3.6 Struktur Perkerasan Landasan Pacu.....	27
2.4. Dasar Perencanaan Bandar Udara .....	30
2.4.1 Jangka Waktu Perencanaan. ....	31
2.5. Perencanaan Landasan Pacu.....	32

2.5.1	Perencanaan Tebal Perkerasan Landasan Pacu.....	34
2.6.	Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Panjang Runway.....	38
2.7.	Metode - Metode Perencanaan Perkerasan.....	42
2.7.1	Metode Perencanaan Test CBR .....	42
2.7.2	Metode FAA.....	44
2.7.3	Metode LCN .....	50
2.7.4	Metode Asphalt Institute.....	51
2.7.5	Metode Canadian Departement Of Trasportation.....	51
2.8.	Penentuan Nilai CBR .....	52
2.9.	Alat Bantu Pendaratan.....	53
2.9.1	Marka .....	55
2.9.2	Airfield Lighting System.....	56
<b>BAB III</b>	.....	<b>63</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>63</b>
3.1.	Metode Penelitian.....	63
3.2.	Lokasi Penelitian .....	64
3.3.	Tahap Penelitian .....	66
3.4.	Bagan Alir Penelitian .....	68
<b>BAB IV</b>	.....	<b>69</b>
<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA</b>	.....	<b>69</b>
4.1.	Spesifikasi Bandar Udara Sibisa .....	69
4.2.	Perkembangan Lalu Lintas Angkutan Udara Di Bandara .....	71
4.3.	Perhitungan Aeroplane Reference Field Length ( ARFL ) .....	72
4.4.	Perhitungan Tebal Lapisan Perkerasan Landasan Pacu .....	74
<b>BAB V</b>	.....	<b>82</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	.....	<b>84</b>
5.1.	Kesimpulan.....	84
5.2.	Saran.....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>87</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

VFR	= VISUAL FLIGHT RULE
IFR	= INSTRUMEN FLIGHT RULE
PCI	= Pavement Clasification Index
IRI	= Integrated Rouhgnes Index
CBR	= California Bearing Ratio
MR	= Resilient Modulus
K	= Modulus Reaksi Tanah Dasar
ASTM	= American Standard Testing and Material
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
PI	= Indeks Plastisitas
psi	= Pounds per Square Inch (besaran nilai tekanan)
KPa	= Kilo Pascal (besaran nilai tekanan dan tegangan)
R1	= Equivalent Annual Departure Pesawat Rencana
R2	= Annual Departure pesawat – pesawat campuran  dinyatakan dalam roda Pendaratan pesawat rencana
W1	= Beban roda dari pesawat rencana
W2	= Beban roda dari pesawat yang dinyatakan
LCN	= Load Classification Number
ICAO	= International Civil Aviation Organization

SNI	= Standard National Indonesia
MTOW	= Maximum Structural Take Off Weight
FAA	= Federal Aviation Administration
EAD	= Equivalent Annual Departure
RESA	= Runway End Safety Area
SFC	= Side Force Coeficien



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik pesawat terbang komersial .....	13
Tabel 2.2 Hubungan antara nilai SFC dengan kondisi permukaan .....	29
Tabel 2.3 Konversi untuk Roda Pendaratan.....	33
Tabel 2.4 Pengaruh Angin Permukaan Terhadap Panjang Runway .....	39
Tabel 2.5 Aerodrome Reference Code (ARC).....	40
Tabel 2.5 Klasifikasi tanah untuk merencanakan perkerasan FAA .....	47
Tabel 4.1 Grafik Penumpang Bandara Sibisa Tahun 2019 .....	69
Tabel 4.2 Grafik Kargo Bandara Sibisa Tahun 2019 .....	70
Tabel 4.3 Data - data Perencanaan Perkerasan .....	72
Tabel 4.4 MTOW Pesawat Udara .....	72
Tabel 4.5 Karakteristik Pesawat Udara .....	73
Tabel 4.6 Faktor Konversi.....	73
Tabel 4.7 Data Karakteristik Pesawat .....	78
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan.....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Landasan Tunggal .....	21
Gambar 2.2 Landasan Pararel .....	21
Gambar 2.3 Landasan V Terbuka.....	22
Gambar 2.4 Element Landasan Pacu.....	22
Gambar 2.5 Konfigurasi Roda Pesawat .....	26
Gambar 2.6 Kurva ACN untuk Perkerasan Lentur .....	34
Gambar 2.7 Gambar 2.4 Konfigurasi PAPI .....	59
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....	62
Gambar 3.2 Bandar Udara Sibisa .....	63
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian .....	66
Gambar 4.1 Kurva Perencanaan Perkerasan Single Wheel Gear.....	74
Gambar 4.2 Tebal Minimum Base Coarse.....	76
Gambar 4.3 Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Landasan Pacu.....	77
Gambar 4.4 Kurva Perencanaan Perkerasan Single Wheel Gear.....	79
Gambar 4.5 Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Landasan Pacu.....	81

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, pengguna transportasi lebih menginginkan suatu moda transportasi yang lebih cepat dan mempunyai ketepatan waktu untuk melakukan perpindahan orang/barang dari suatu tempat ke tempat lain. Salah satunya transportasi udara, dimana transportasi udara mempunyai kelebihan bila dibandingkan dengan jenis transportasi lain yaitu kecepatan lebih tinggi, perjalanan lebih berlanjut dan bisa menjangkau daerah lain yang terpencil yang tidak dapat dijangkau oleh jenis transportasi lain. Selain itu transportasi udara juga dapat memudahkan seseorang untuk menjangkau daerah yang cukup jauh. Dengan adanya transportasi udara perekonomian suatu daerah dan budaya masyarakat juga dapat berkembang dengan baik, dikarenakan aktivitas pergerakan yang semakin meningkat. Maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan akan transportasi udara diperlukan perencanaan yang serius mulai dari perencanaan fasilitas umum bandar udara dan fasilitas pendukung lainnya.

Untuk melayani transportasi udara, Kabupaten Toba Samosir memiliki Bandar Udara Perintis yaitu Bandara Sibisa Parapat Toba Samosir. Bandar Sibisa – Danau Toba adalah Bandar Udara yang terletak di kota Parapat, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara. Bandara ini dikelola oleh Kementerian Perhubungan. Bandara yang berada di Kabupaten Toba Samosir ini berlokasi di Jl. DL. Sitorus, Kecamatan Ajibata dan jarak dari kota Parapat ke bandara Sibisa – Parapat yaitu 18 km. Maskapai yang beroperasi di bandara ini yaitu Susi Air,

dengan rute penerbangan Tobasa – Gunung Sitoli, Nias. Bandara Sibisa merupakan bandara dengan akses terdekat menuju tempat wisata internasional Danau Toba dengan jarak ±18 km. Dan dengan meningkatnya jumlah pengguna transportasi udara di Bandara Sibisa, maka sejalan dengan itu harus juga ditingkatkan prasarana lapangan terbang salah satunya tebal dan perpanjangan areal pendaratan dan lepas landas pesawat terbang atau disebut landasan pacu (runway) agar mampu menunjang lebih kepuasan dan keamanan wisatawan dalam menggunakan transportasi udara di Bandara Sibisa.

Dalam pokok bahasan ini penulis akan membahas mengenai perencanaan teknis Bandar udara, yaitu merencanakan pengembangan landasan pacu yang meliputi panjang landasan pacu minimum serta lapisan perkerasan landasan pacu pada Bandar Udara Sibisa Parapat, Kabupaten Toba Samosir yang sesuai untuk kebutuhan pesawat tipe ATR 72-600, dari saat ini masih menggunakan pesawat tipe Cessna. Sebab, pentingnya pemenuhan kriteria landasan pacu (runway) serta fasilitasnya berdasarkan standar yang diisyaratkan pemerintah melalui Peraturan Dirjen Perhubungan Udara KP 29 tahun 2014 tentang manual standar Teknis dan operasional peraturan keselamatan penerbangan sipil-bagian 139.

## **1.2. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini ialah untuk merencanakan pengembangan landasan pacu pada Bandar Udara Sibisa Parapat Toba Samosir

Tujuannya untuk mengetahui panjang landasan pacu minimum serta tebal lapisan perkerasan landasan pacu pada Bandar Udara Sibisa Parapat Toba Samosir untuk kebutuhan pesawat regional jarak pendek (ATR 72-600).

### 1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana panjang landasan pacu minimum ARFL (Aeroplane Reference Field Length) yang dibutuhkan pesawat untuk lepas landas pada Bandar udara Sibisa Parapat Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara?
2. Data-data apa saja yang diperlukan dalam menghitung tebal perkerasan landasan pacu (runway) pada suatu bandara?
3. Bagaimana tebal perkerasan landasan pacu (runway) pada Bandara Sibisa Parapat Toba Samosir sesuai kebutuhan pesawat regional ATR 72-600

### 1.4. Batasan Masalah

Mengingat adanya keterbatasan waktu yang ada pada kami sebagai penulis. Adapun masalah yang di ambil antara lain :

1. Data yang di gunakan adalah data fisik bandara yang bersumber dari Data Entry Officer yaitu bagian pelaksana pada Bandar Udara Sibisa Danau Toba serta hasil wawancara dari pihak yang bersangkutan.
2. Di dalam menentukan ketebalan lapisan perkerasan dibutuhkan nilai CBR dari material subgrade, nilai CBR lapisan subbase, berat total/berat lepas landas pesawat rencana dan jumlah annual departure dari pesawat rencana beserta pesawat-pesawat yang sudah dikonversikan sebagai bahan acuan dalam perencanaan.

3. Bahasan utama tentang tebal lapisan perkerasan runway dan tidak membahas lebih jauh bagian lain dari bandar udara ( apron, taxiway, dll) serta bagian sisi darat (land side).

### **1.5. Metodologi Penelitian**

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengamatan dan pengumpulan data menggunakan data primer dan data sekunder, data primer didapat langsung di lapangan, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi dan dalam bentuk yang sudah jadi dari suatu badan atau instansi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Definisi Bandar Udara

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 antar moda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Kebandarudaraan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan penyelenggaraan Bandar udara dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi keselamatan, keamanan, kelancaran, dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, penumpang, kargo dan/atau pos, tempat perpindahan antar moda serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional dan daerah. (*Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 56 Tahun 2015 Undang-Undang No. 1 Tentang Kegiatan Pengusahaan di Bandar Udara*).

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. (*Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 39 Tahun 2019 Tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional*)

Tatanan Kebandarudaraan Nasional adalah sistem kebandarudaraan secara nasional yang menggambarkan perencanaan Bandar udara berdasarkan rencana tata ruang, pertumbuhan ekonomi, keunggulan komparatif wilayah, kondisi alam dan geografi, keterpaduan antar moda transportasi, kelestarian lingkungan, keselamatan dan keamanan penerbangan, serta keterpaduan dengan sektor pembangunan lainnya. *(Sumber:Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 69 Tahun 2013 Tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional).*

Disamping pengertian Bandar Udara yang telah dijelaskan diatas maka fungsi Bandar Udara adalah sebagai tempat pemindahan moda transportasi dari darat ke udara, sebagai pusat kegiatan ekonomi wilayah dan pusat, memberifasilitas bagi pesawat terbang mendarat dan lepas landas.

Sebelum kita merancang sebuah lapangan terbang lengkap dengan fasilitasnya dibutuhkan pengetahuan sifat-sifat pesawat terbang secara umum untuk merencanakan prasarananya. Pesawat terbang yang digunakan dalam operasi penerbangan mempunyai kapasitas yang bervariasi mulai dari 10 sampai hampir 500 penumpang. Pesawat-pesawat terbang "Genaral Aviation" (penerbangan umum) dikategorikan semua pesawat-pesawat terbang kecil yang bisa mengangkut penumpang dan atau barang kurang dari 20 orang dan pengaturannya sebagai mobil pribadi. untuk memberi gambaran macam-macam pesawat terbang yang melayani penerbangan komersil lihat tabel 2.1

Tabel 2.1 Karakteristik pesawat terbang komersial

JENIS PESAWAT	REF CODE	KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA					
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Airbus A320	3C	2090	34.1		37.6	73500	1140
Airbus A319	3C	1820	34.1		33.8	64000	1070
CESSNA CAR-206	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
DASH 6	1B	695	19.8	4.1	15.8	5670	220
CN-235-300	1C	1200	25.81	7.0	21.4	16500	
DASH 7	1C	910	28.3	7.8	24.6	19505	626
C 208	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
CASBA 212-300	2B	866	20.3	3.6	16.1	6100	
Dornier 328-100	2B	1090	20.1		21.3	13.988	
Dornier 328-300	2B	1088	21		21.3	13.988	
ATR 42-500	2C	1160	24.6	4.10	22.7	18600	790
DASH 8 (300)	2C	1100	27.4	8.5	25.7	18642	805
MA 60	2C	1100	29.2		24.71	21800	
Challenger 605	3B	1780	19.61		20.88	21900	
Snort 330-200	3B	1310	22.76		17.69	10387	
ATR 72-500	3C	1220	27.0	4.10	27.2	22500	
ATR 72-600	3C	1290	27.05	4.10	27.16	23800	
Bombardier Global Express	3C	1774	28.7	4.9	30.3	42410	1150
Embraer EMB 120	3C	1560	19.78	7.3	20	11500	828
Fokker F100	3C	1620	28.1	5.0	35.5	44450	920
Fokker F27-500	3C	1670	29.0	7.9	28.1	20412	540
Fokker F28-4000	3C	1680	25.1	5.8	29.6	32205	779
Fokker F80	3C	1760	29.0	8.0	28.2	20820	582
McDonnell Douglas DC-3	3C	1204	28.8	3.8	19.6	14100	358
McDonnell Douglas DC9-20	3C	1851	28.5	6.0	31.8	45360	972
RJ-200	3C	1600	28.34	4.72	30.99	44226	
SAAB 340	3C	1300	21.4	7.5	19.7	12371	655
Airbus A300 B2	3D	1676	44.8	10.9	53.6	142000	1241
ATP	3D	1350	30.6	9.3	26	22930	720
C 130 H (Hercules)	3D	1783	39.7	4.3	29.3	70300	95
EMB 145 LR	4B	2269	20	4.1	29.87	22000	999.74
Airbus A320-200	4C	2090	34.1	8.7	37.6	72000	1360
Boeing B717-200	4C	1680	28.5	6.0	37.8	51710	1048
Boeing B737-200	4C	1990	28.4	6.4	30.83	52400	1148

(Sumber: Peraturan Dirjen Perhubungan Udara Nomor: KP 39 Tahun 2015

Tentang Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil –

Bagian 139 )

### 2.1.1 Pengertian dan Istilah – istilah Dalam Bandar Udara

#### 1. Landasan Pacu

Suatu daerah persegi empat yang ditetapkan pada bandar udara yang dipersiapkan untuk kegiatan pendaratan (landing) dan lepas landas (take-off) pesawat udara.

#### 2. Aeroplane reference field length (ARFL)

Panjang landas pacu minimum yang diperlukan untuk lepas landas pada MTOW (maksimum massa lepas landas tersertifikasi) seperti yang diperlihatkan pada manual penerbangan pesawat udara yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dalam memberikan sertifikasi atau data yang setara dari pabrik pesawat udara. Panjang landas pacu yang dimaksud adalah panjang landas pacu yang sesuai untuk pesawat udara.

#### 3. Aircraft classification number (ACN)

Nilai yang menunjukkan efek relatif sebuah pesawat udara di atas pavement (lapisan aspal) untuk kategori sub-grade standar yang ditentukan.

#### 4. Apron

Suatu area bandar udara di darat yang telah ditentukan untuk mengakomodasi pesawat udara dengan tujuan naik turun penumpang, bongkar muat kargo, penumpang, surat, pengisian bahan bakar, parkir, atau pemeliharaan pesawat udara.

#### 5. Pavement classification number (PCN)

Angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat udara dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN.

#### 6. Take-off runway

Landasan pacu (runway) yang hanya ditujukan untuk pesawat melakukan lepas landas.

#### 7. Taxiway

Jalur yang menghubungkan antara landasan pacu dengan apron pada bandar udara di darat yang ditujukan untuk pesawat udara.

#### 8. Fillet

Bagian perkerasan/pavement yang menghubungkan tepitaxiway dan tepi runway atau tepi taxiway dan tepi apron.

#### 9. Berat (Weight)

Berat pesawat diperlukan datanya, untuk merencanakan tebal lapisan perkerasannya dan kekuatan landasan pacu, taxiway dan apron. Untuk lebih jelas bagi perencana perlu mengetahui macam-macam istilah berat pesawat selama lepas landas, mendarat dan sebagainya. Berat pesawat dan komponen-komponen berat adalah yang paling menentukan dalam menghitung panjang landasan pacu dan kekuatan perkerasan. Ada 6 macam pengertian berat pesawat, yaitu:

a. *Operating Weight Empty*

Adalah berat dasar pesawat, termasuk didalamnya Crew (awak pesawat) dan peralatan pesawat, tetapi tidak termasuk bahan bakar dan penumpang/barang yang membayar.

b. *Pay Load*

Adalah produksi muatan (barang/penumpang) yang membayar, diperhitungkan menghasilkan pendapatan bagi perusahaan. Termasuk didalamnya penumpang, barang dan paket-paket. Maximum structural pay load adalah muatan maximum yang diizinkan untuk tipe pesawat itu oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, sertifikat muatan maximum bisa untuk penumpang/barang bisa campuran keduanya, tercantum dalam izin yang dikeluarkan. *Maximum pay load* yang dibawa biasanya lebih kecil dari *maximum structural pay load*, mengingat batasan-batasan ruangan.

c. *Zero Fuel Weight*

Adalah batasan berat, spesifik pada tiap jenis pesawat, diatas batasan berat itu tambahan berat harus berupa bahan bakar, sehingga ketika pesawat sedang terbang tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan. Sayap pesawat berupa rongga-rongga yang berhubungan seperti bejana berhubungan, waktu pesawat sedang miring kesamping cairan bahan bakar tidak terkumpul ke satu sisi melainkan tetap terbagi rata.

d. *Maximum Ramp Weight*

Berat maximum pesawat diizinkan untuk *taxiing* (meluncur). Pada saat pesawat *taxiing* (meluncur) dari apron menuju ujung landasan pacu pesawat berjalan dengan kekuatannya sendiri, membakar bahan bakar sehingga kehilangan berat. Selisih dan perbedaan maximum rampweight sangat sedikit hanya beberapa ratus kilogram saja.

e. *Maximum structural landing weight*

Adalah kemampuan struktural pesawat pada saat mendarat. *Main gear* (roda pendaratan) utama yang strukturnya direncanakan untuk menyerap gaya yang lebih besar atau harus dengan gear (roda) yang lebih kuat. Selama penerbangan pesawat akan kehilangan berat dengan dibakarnya bahan bakar lebih-lebih untuk pesawat-pesawat yang baru menerbangi rute-rute jauh. Bisa dimengerti apabila main gear direncanakan untuk menahan berat yang lebih kecil dari maximum structural take off weight terutama pada pesawat-pesawat transport.

f. *Maximum structural take off weight*

Adalah berat *maximum* pesawat termasuk *crew* (awak pesawat), berat pesawat kosong, bahan bakar, *pay load* yang diizinkan oleh pabrik sehingga momen tekuk yang terjadi pada badan pesawat rata-rata masih dalam batas kemampuan material pembentuk pesawat. Tidak ekonomis merencanakan *main gear* (roda pendaratan) pesawat untuk menahan maximum

*structural take off weight*, waktu mendarat sangat jarang terjadi pesawat mendarat dengan berat *maximum structural take off weight*. Apabila terjadi ketika pesawat baru lepas landas, pesawat harus kembali karena kerusakan, pilot pesawat harus terbang berputar–putar untuk membakar bahan bakar sampai berat tidak lebih dari *maximum landing weight*.

#### 10. Ukuran (*size*)

Lebar sayap dan panjang badan pesawat mempengaruhi dimensi parkir area pesawat dan apron, selanjutnya mempengaruhi konfigurasi terminal, lebar landasan pacu, taxiway, jarak antar keduanya sangat ditentukan oleh ukuran pesawat.

#### 11. Kapasitas

Kapasitas penumpang mempunyai arti yang penting bagi perencanaan terminal Building dan sarana lainnya.

#### 12. Panjang landasan pacu

Panjang landasan pacu berpengaruh terhadap luas tanah yang dibutuhkan oleh lapangan terbang, namun panjang landasan pacu pada tabel 2.1 adalah panjang kira–kira.

Anggapan bahwa semakin besar pesawat maka semakin panjang landasan pacu yang dibutuhkan tidak selalu benar. bagi pesawat besar, yang sangat menentukan kebutuhan panjang landasan pacu adalah jarak yang akan ditempuh sehingga menentukan berat lepas landas.

## 2.2. Fasilitas Bandar Udara

Fasilitas bandar udara dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik fungsi bandar udara yaitu *originating-terminating station*, *transfer station*, atau *through station*.

Fasilitas *originating-terminating station* adalah proses terhadap penumpang yang memulai atau mengakhiri perjalanan udara mereka pada bandar udara tersebut. *Transfer station* atau *connecting airport* lebih banyak melayani penumpang yang akan melanjutkan penerbangan ke bandar udara berikutnya. Jarak antar*gate/parking stand* harus sedekat mungkin satu sama lain untuk meminimalkan arus penumpang di dalam terminal dan mempersingkat waktu hubung. *Through station* mengombinasikan antara persentase jumlah penumpang tertinggi dengan persentase jumlah penumpang terendah. Fasilitas pokok bandar udara adalah fasilitas yang wajib ada di suatu bandar udara untuk kelancaran pengoperasian bandar udara tersebut. Fasilitas tersebut adalah sebagai berikut.

1. Fasilitas sisi udara (*airside facilities*), meliputi:

- a. Landasan pacu (*runway*)
- b. Landasan penghubung (*taxiway*)
- c. Area parkir pesawat atau *apron*
- d. *Runway end safety area (RESA)*
- e. Marka dan rambu, dan
- f. Pertolongan kecelakaan penerbangan dan pemadam kebakaran (*PKPPK*).

2. Fasilitas sisi darat (landside facilities), meliputi:

- a. Bangunan terminal penumpang dan terminal kargo
- b. Bangunan VIP
- c. Bangunan administrasi dan perkantoran
- d. Menara pengawas lalu lintas udara (air traffic control tower)
- e. Bangunan meteorology
- f. Bangunan SAR
- g. Depo pengisian bahan bakar
- h. Akses masuk bandar udara, dan
- i. Marka dan rambu.

3. Fasilitas komunikasi penerbangan, meliputi:

- a. Komunikasi antara stasiun penerbangan
- b. Peralatan transmisi, dan
- c. Peralatan komunikasi lalu lintas penerbangan.

4. Fasilitas alat bantu pendaratan visual (airfield lighting system).

5. Fasilitas navigasi penerbangan.

**2.3. Landasan Pacu (Runway)**

Landasan adalah suatu daerah persegi panjang yang ditentukan pada bandar udara di daratan atau perairan yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat udara.

### 2.3.1 Pengertian Landasan Pacu

Landasan pacu (runway) adalah suatu daerah persegi panjang yang ditentukan pada bandar udara di daratan atau perairan yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat. Pada awalnya, permukaan landasan pacu adalah rumput atau pun tanah yang dipadatkan. Akan tetapi, ketika badan pesawat bertambah besar maka yang lazim digunakan saat ini adalah aspal dan beton. Panjang dan lebarnya pun bervariasi mulai dari yang panjangnya 1000 m hingga 5000 m lebih.

Sementara ukuran landasan pacu di Indonesia sendiri kurang lebih 3200 m x 45 m. Dengan ukuran seperti itu, tidaklah cukup untuk didarati pesawat berbadan lebar seperti Boeing B747. Hanya beberapa bandara saja di Indonesia yang ukurannya 4000 m x 60 m. Namun itu cukup wajar mengingat wilayah Indonesia adalah kepulauan yang sangat membutuhkan bandara kecil untuk penerbangan perintis. Ukuran landasan pacu pun tidaklah mutlak karena juga dipengaruhi iklim, semakin tinggi suhu yang berada di sekitar bandara, maka semakin panjang pula landasan pacu yang diperlukan.

### 2.3.2 Jenis-Jenis Landasan Pacu

Adapun jenis-jenis landasan pacu antara lain sebagai berikut:

#### 1. Berdasar Perkerasan

##### a. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat elastis dimana perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan.

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan surface course, base course dan subbase course. Masing-masing bisa satu lapis bisa lebih, semuanya digelar

di atas tanah asli yang dipadatkan yang disebut dengan subgrade (tanah dasar).

Lapisan subgrade (tanah dasar) pada perencanaan tebal perkerasan akan menentukan kualitas konstruksi perkerasan sehingga sifat-sifat tanah dasar menentukan kekuatan dan keawetan konstruksi landasan pacu. Banyak metode yang dipergunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, dari cara yang sederhana sampai kepada yang rumit seperti CBR (California Bearing Ratio), MR (Resilient Modulus), dan K (Modulus Reaksi Tanah Dasar). bisa terletak di atas timbunan atau galian. Lapisan ini merupakan yang terpenting dari struktur konstruksi perkerasan lentur, dimana tanah dasar yang akan mendukung konstruksi landasan pacu (runway) serta muatan lalu lintas lainnya, maka daya dukung tanah (CBR) yang ada harus cukup baik.

Terdapat beberapa ketentuan untuk tanah dasar Bandar udara, antara lain:

- a. Uji CBR di laboratorium berdasarkan ASTM D-1883 dan uji CBR lapangan harus dilakukan untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar yang akan digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur.
- b. Untuk perancangan perkerasan lentur (fleksible), nilai CBR tanah dasar tidak boleh kurang dari 3%.
- c. Untuk perancangan perkerasan kaku (rigid), nilai modulus reaksi tanah dasar tidak boleh kurang dari 13,5 MN/m<sup>3</sup>.
- d. Nilai CBR yang digunakan untuk keperluan perancangan tidak boleh diambil lebih besar dari 85% nilai CBR laboratorium.

- e. Uji daya dukung pelat (plate bearing test) berdasarkan AASHTO T 222 harus dilakukan untuk mengetahui modulus reaksi tanah yang akan digunakan dalam perancangan perkerasan kaku.

(Sumber: Direktorat Jenderal Pehubungan Udara, 2005)

Kemudian lapisan pondasi bawah (subbase course) dibuat dari material yang diperbaiki dahulu, bisa juga material alam. Lapisan ini sering dibuat dengan menghamparkan Jenis agregat sirtu apa adanya dari tempat pengambilan lalu dipadatkan. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas umumnya harus cukup kuat, mempunyai nilai CBR minimum 20% dan Indeks Plastisitas (PI) <10%. Fungsi utamanya sama dengan base course, tetapi tidak selalu perkerasan lentur memerlukan subbase course, di lain pihak perkerasan lentur yang tipis kadang-kadang membutuhkan lebih dari satu lapis subbase course.

Selanjutnya lapisan pondasi atas (Base course) bisa dibuat dari material yang dipersiapkan (dicampur dengan semen atau aspal), bisa juga dari bahan-bahan alam tanpa campuran. Seperti halnya surface course lapisan harus mampu menahan beban, serta pengaruh-pengaruhnya dan membagi/meneruskan beban tersebut kepada lapisan di bawahnya. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas umumnya harus cukup kuat dan tahan lama, mempunyai nilai CBR minimum 50% dan indeks plastisitas (PI) < 4%.

Adapun fungsi utama dari lapisan pondasi atas adalah:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapis dibawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

c. Bantalan terhadap lapisan pondasi bawah

Setelah itu Lapisan permukaan (Surface course) terdiri dari campuran aspal dan agregat yang biasanya mempunyai ketebalan 5 cm atau lebih. Fungsi utamanya adalah agar pesawat dikendarai di atas permukaan yang rata dan keselamatan penerbangan, untuk menumpu beban roda pesawat dan menahan beban repitisi serta membagi beban tersebut kepada lapisan-lapisan di bawahnya.

Lapisan permukaan biasanya menggunakan bahan aspal panas (Hot Mix) yang dihamparkan. Pelapisan perkerasan ini menggunakan lapisan bahan pengikat (Binder Coarse ), antara lain:

1) Prime coat

Prime Coat merupakan peleburan aspal dingin (cair) kepada permukaan pondasi yang belum beraspal, dengan maksud sebagai pendahuluan untuk lapisan perkerasan yang berikutnya. Tujuan Prime Coat adalah:

- a) Lapisan perkerasan menahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapisan kedap air yang berfungsi agar air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap kelapisan bawahnya
- c) Lapisan aus (wearing course) lapisan yang langsung menderita akibat gesekan rem kendaraan sehingga lebih mudah menjadi aus
- d) lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah, dimana memikul daya dukung lebih kecil dan akan menerima beban yang kecil juga.

## 2) Take Coat

Take Coat merupakan peleburan aspal kepada permukaan yang belum beraspal atau permukaan beton yang cukup umurnya. Maksud dan tujuannya adalah memberikan ikatan antara lapisan permukaan yang lama dan lapis permukaan baru.

Penggunaan lapisan beraspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan tegangan tarik yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan perlu dipertimbangkan kegunaannya, umur rencana serta tahapan konstruksi agar tercapai manfaat yang sebesar-besarnya dari segi biaya konstruksi yang dikeluarkan.

### b. Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (rigid) terdiri dari slab-slab beton tebal 6 – 20 cm, digelar di atas lapisan yang telah dipadatkan, lebih baiknya apabila lapisan di bawah beton dicampur dengan semen atau aspal setebal 10 – 15 cm, hal ini agar efek pompa bisa ditekan sekecil mungkin. Lapisan yang berdampingan di bawah lapisan beton, kadang-kadang disebut subbase, bukan base course, sebab kualitasnya tidak perlu setinggi material yang ada di bawah lapisan surface course pada perkerasan lentur (fleksible).

Pada perencanaan perkerasan landasan pacu (runway), memiliki konsep dasar yang sama dengan perencanaan perkerasan jalan raya, dimana perencanaan berdasarkan beban yang bekerja dan kekuatan bahan yang digunakan untuk mendukung beban yang bekerja. Namun pada aplikasi

sesungguhnya, terdapat perbedaan pada perencanaan perkerasan landasan pacu (runway) dan jalan raya, yaitu:

- a. Jalan raya dirancang untuk kendaraan yang berbobot sekitar 9000lbs (4082,331kg), sedangkan runway dirancang untuk memikul beban pesawat yang rata-rata berbobot jauh lebih besar yaitu sekitar 100.000lbs (45359,237kg)
- b. Jalan raya direncanakan mampu melayani perulangan beban (repitisi) 1000 - 2000 truk per-harinya. Sedangkan runway direncanakan untuk melayani repitisi beban 20.000 – 40.000 kali selama umur rencana.
- c. Tekanan ban pada kendaraan yang bekerja kira-kira 80 sampai 90 psi. sedangkan pada runway tekanan ban yang bekerja di atasnya adalah mencapai 400 psi.
- d. Perkerasan jalan raya mengalami distress (kesulitan) yang lebih besar karena beban bekerja lebih dekat ke tepi lapisan, berbeda dengan runway dimana beban bekerja pada bagian tengah perkerasan.

### 3. Berdasar Konfigurasi Landasan Pacu

#### a. Landasan Tunggal

Adalah konfigurasi yang paling berbentuk sederhana, sebagian besar lapangan terbang di Indonesia adalah landasan pacu tunggal. Kapasitas landasan tunggal dalam kondisi Visual Flight Rule ( VFR ) antara 45-100 gerakan tiap jam, sedangkan dalam kondisi Instrumen Flight Rule (IFR) kapasitas berkurang menjadi 40-50 gerakan tergantung pada komposisi pesawat campuran beserta tersedianya alat bantu navigasi. Visual Flight Rule (VFR) adalah keadaan cuaca yang kurang baik terutama jarak pandang

yang rendah menyebabkan penerbangan tidak dapat menerbangkan pesawatnya dengan cara konvensional, sedangkan Instrumen Flight Rule adalah teknologi penerbangan memungkinkan penerbang untuk menerbangkan pesawat tanpa melihat keluar, hanya mengikuti panduan instrument di dalam pesawat.



Gambar 2.1 Landasan Tunggal  
(Sumber: Djoko Warsito, 2017)

b. Landasan Paralel

Kapasitas landasan pacu sejajar terutama tergantung pada jumlah landasan dan pemisahan dua landasan yang biasanya adalah dua landasan sejajar atau empat landasan sejajar.



Gambar 2.2 Landasan Paralel  
(Sumber : Djoko Warsito, 2017)

c. Landasan Dua Jalur

Landasan pacu dua jalur ini terdiri dari dua landasan yang sejajar dipisahkan berdekatan dengan exit taxiway secukupnya. Walaupun kedua landasan dapat dipakai untuk operasi penerbangan campuran, tetapi diinginkan operasinya diatur, landasan terdekat dengan terminal untuk keberangkatan pesawat dan landasan jauh untuk kedatangan pesawat. Keuntungan dari landasan pacu dua jalur adalah bisa meningkatkan kapasitas dalam IFR tanpa menambah luas tanah dan lalu lintas pesawat

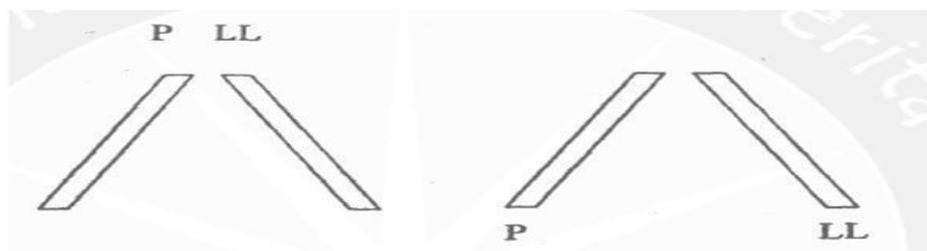
lebih banyak 60% dari landasan pacu tunggal dalam kondisi VFR  
diperhitungkan lalu lintas lebih banyak 70%.

d. Landasan Bersilangan

Landasan ini diperlukan jika angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasan mengarah kesatu mata angin (landasan ini banyak ditemukan di luar negeri). Perpotongan landasan tergantung pada perletakan di ujungnya atau ditengah. Apabila angin bertiup kencang pada satu arah maka hanya satu landasan yang berpotongan yang dapat digunakan, ini bisa mengurangi kapasitas tetapi lebih baik dari pada pesawat tidak bisa mendarat di daerah tersebut.

e. Landasan V Terbuka

Landasan ini dengan arah menyebar, tetapi tidak saling bepotongan disebut landasan V – terbuka. Landasan pacu ini disebabkan arah angin dari banyak arah, maka harus membuat landasan dengan arah. Ketika angin bertiup kencang dari satu arah, maka landasan hanya bisa dioperasikan satu arah saja, sedangkan pada angin yang bertiup lambat landasan dua-duanya bisadipakai bersama-sama.



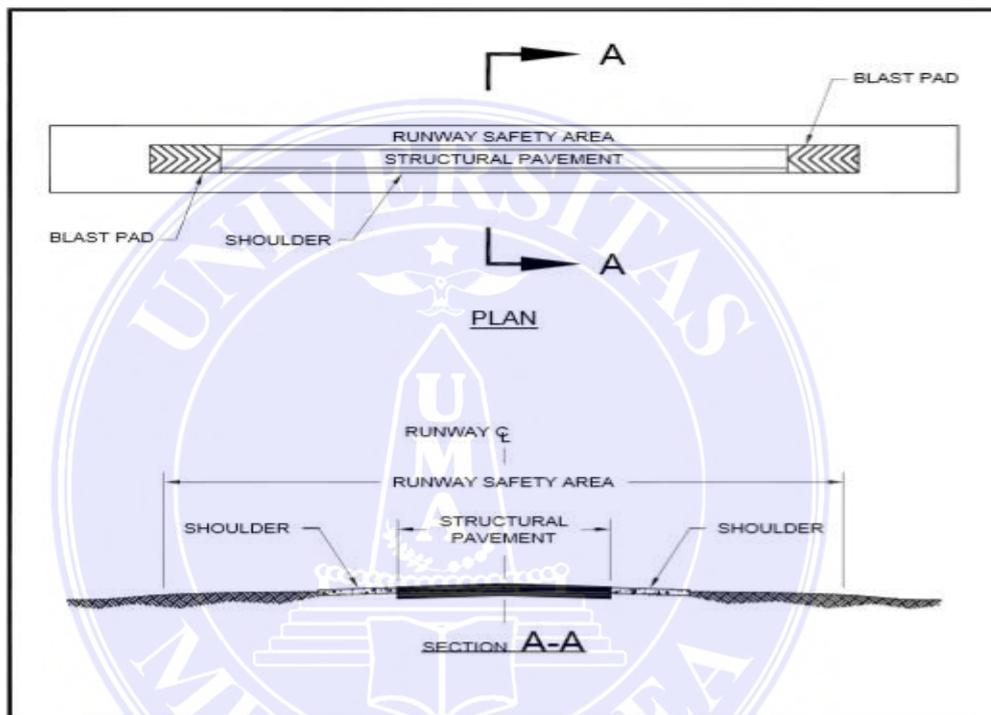
Gambar 2.3 Landasan V Terbuka  
(Sumber: Djoko Warsito, 2017)

### 2.3.3 Elemen Landasan Pacu

Landasan pacu terdiri dari berbagai elemen sebagai berikut, yaitu:

- 1) Perkerasan struktural yang berlaku sampai tumpuan pesawat.
- 2) Bahu landasan, berbatasan dengan perkerasan struktural direncanakan sebagai penahan erosi akibat air dan semburan jet serta melayani peralatan perawatan pesawat.
- 3) Area keamanan landasan (*runway safety area*) termasuk didalamnya perkerasan struktural, bahu landasan dan area bebas halangan. Area ini harus mampu dilalui peralatan-peralatan pemadam kebakaran, mobil- mobil ambulans, truk-truk pembersih landasan (*sweeper*).
- 4) *Blast pad* (bantalan hembusan) ialah suatu area yang direncanakan untuk mencegah erosi pada permukaan yang berbatasan dengan ujung landasan. Area ini selalu menerima *jet blast* (semburan udara yang dihasilkan oleh mesin jet pesawat terbang) yang berulang, area ini bisa dengan perkerasan atau ditanami gebalan rumput. Pengalaman menunjukkan bahwa panjang blast pad untuk pesawat-pesawat transport sebaiknya 200 feet atau 60 m kecuali untuk pesawat berbadan lebar maka panjang yang dibutuhkan blast pad adalah 400 feet atau 120 m.
- 5) Perluasan area keamanan (*safety area*) direncanakan apabila dianggap perlu, ukurannya tidak tertentu, tergantung kebutuhan lokal. (Sumber: Heru Basuki, 2014).

Elemen dasar runway meliputi perkerasn yang secara structural cukup untuk mendukung beban pesawat, sistem runway di suatu bandara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan atau shoulder, bantal hembusan atau blast pad, dan daerah aman runway atau runway end safety area yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Element Landasan Pacu  
(Sumber: Heru Basuki, 2014)

#### 2.3.4. Kelengkapan Panjang Landasan Pacu

1. Lebar Landasan Pacu
2. Longitudinal Slope
3. Transverse Slope
4. Runway Shoulder
5. Runway Strip
6. RESA singkatan dari runway end safety area

7. Clearway

8. Stopway

9. Declared Distances

- a. TORA adalah panjang landasan pacu yang tersedia yang digunakan untuk take-off.
- b. TODA adalah panjang TORA ditambah panjang clearway jika ada.
- c. ASDA adalah panjang TORA ditambah dengan panjang stopway jika ada.
- d. LDA adalah panjang landasan pacu yang bisa digunakan untuk pendaratan.

### 2.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Panjang Landasan Pacu

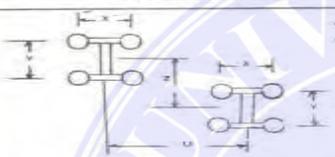
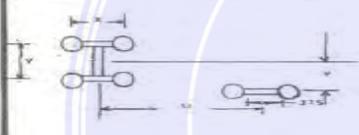
#### 1. Kinerja atau Performance Jenis Pesawat Rencana

Setiap jenis pesawat mempunyai karakteristik dan kinerja yang spesifik sesuai dengan kriteria desain pada pesawat tersebut. Selain itu, berat pesawat juga mempunyai pengaruh terhadap kebutuhan panjang landasan pacu untuk tinggal landas atau take off maupun pendaratan atau landing. Berat pesawat terdiri dari berat dimensi aircraft dan konfigurasi roda pesawat saat pendaratan.

Selain berat pesawat, konfigurasi roda pendaratan utama sangat berpengaruh terhadap perancangan tebal lapis perkerasan. Pada umumnya konfigurasi roda pendaratan utama dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang ditimbulkan selama melakukan pendaratan (semakin besar gaya yang ditimbulkan semakin kuat roda yang digunakan), dan untuk menahan beban yang lebih kecil dari beban pesawat lepas landas maksimum. Dan selama pendaratan berat pesawat akan berkurang akibat terbakarnya bahan bakar yang cukup besar.

Konfigurasi roda pendaratan utama, ukuran dan tekanan pemompaan tipikal untuk beberapa jenis pesawat dilihat dalam Gambar 2.5. berikut:

**Tabel 1-2**

Konfigurasi roda pendaratan utama	Type pesawat	Ukuran (in)				Tekanan angin roda pesawat psi
		X	Y	Z	U	
 Single Wheel Gear	DC-9	25,0				152
	B-737	30,5				148
	B-727	34,0				168
 Dual Wheel Gear	DC-8-61	30,0	55,0			188
	DC-8-62	32,0	55,0			187
	DC-8-63	32,0	55,0			196
	DC-10-10	54,0	64,0			173
	B-720B	32,0	49,0			145
	B-707-120B	34,0	56,0			170
	B-707-320B	34,6	56,0			180
Conquest	26,4	65,7			184	
A 300 B	35,0	55,0			168	
 Dual Tandem Wheel Gear	747 A	44,0	58,0	121,2	142,0	204
	747 B,C,E	44,0	58,0	121,2	142,0	185
	DC-10-30	54,0	64,0	30,0	216,0	157 <sup>#</sup>
	DC-10-40	54,0	64,0	30,0	216,0	165 <sup>+</sup>

Gambar 2.5 Konfigurasi Roda Pesawat  
(Sumber: Heru Basuki, 2014)

## 2. Suhu Udara

Suhu udara di permukaan landasan pacu suatu bandar udara berpengaruh terhadap kebutuhan panjang landas pacu. Berdasarkan standar ISA singkatan dari International Standard Atmospheric Conditions, suhu standar yang ditetapkan untuk perhitungan panjang landas pacu adalah sebesar 15°C atau 27°F. Temperatur yang lebih tinggi dibutuhkan landasan yang lebih panjang.

### 3. Keadaan Angin

Untuk keperluan perencanaan, faktor angin baik itu berupa angin sakal atau head-wind ataupun angin buritan atau tail-wind perlu dipertimbangkan. Dalam perhitungan kebutuhan panjang landas pacu, keadaan angin pada umumnya diasumsikan dalam kondisi calm sehingga diabaikan.

#### 2.3.6 Struktur Perkerasan Landasan Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Perkerasan yang dibuat dari campuran aspal dengan agregat digelar diatas suatu permukaan material granular mutu tinggi disebut perkerasan lentur (flexible), sedangkan perkerasan yang dibuat dari slab slab beton (Portland Cement Concrete) disebut perkerasan Rigid. Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata akan menghasilkan jalan pesawat yang baik, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas ke bawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami perubahan karena tidak mampu menahan beban. Pada umumnya susunan lapisan perkerasan landasan terdiri dari beberapa lapisan, yaitu:

1. Lapisan permukaan (surface course)
2. Lapisan pondasi atas (base course)
3. Lapisan pondasi bawah (subbase course)
4. Lapisan tanah dasar (subgrade)

Permukaan landasan pacu (runway) juga harus memenuhi standar/nilai keandalan (performance) agar pengoperasian suatu fasilitas teknik bandar udara dapat dipenuhi unsur keselamatan penerbangan yaitu:

I. Pavement Clasification Index (PCI)

Penelitian dilaksanakan secara visual pada permukaan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku, diawali dengan membagi bidang landasan menjadi bidang pias dengan panjang dan lebar yang telah ditentukan.

$$PCI = 100 - CDV$$

Satu sampel nilai  $CDV < IDV$  diambil nilai terbesar yang dipakai

CDV = Corrected Deduct Value

IDV = Individual Deduct Value

Persyaratan kondisi permukaan perkerasan untuk operasi adalah  $>45\%$

II. Kerataan (IRI/Integrated Rouhngnes Index)

Biasanya dilakukan pada daerah yang selalu dilewati oleh roda pesawat, (alat yang dipakai NAASRA) dimana alat ini akan menunjukkan bilangan atau angka kerataan suatu perkerasan secara maksimal.

III. Kekesatan permukaan perkerasan / Skid Resistance

a. MU-Meter

Kekesatan diukur dengan cara mengukur friksi antara roda dan permukaan perkerasan dan dilakukan pada permukaan perkerasan dalam kondisi basah dengan alat MU-Meter.

Selanjutnya pengujian kekesatan dilakukan dengan cepat dan menerus yang hasilnya berupa grafik serta menunjukkan besaran nilai SFC (Side Force Coeficien) kemudian hubungan antara nilai kekesatan/SFC dengan kondisi permukaan perkerasan versi GG.Giles adalah.

Tabel 2.2 Hubungan antara nilai SFC dengan kondisi permukaan

Nilai SFC	Resiko yang terjadi
>0,60	Kemungkinan kecelakaan sangat kecil, permukaan perkerasan dapat dikatakan kasar
0,55 - 0,60	Kemungkinan kecelakaan akan terjadi, permukaan perkerasan masih dalam kondisi kasar
0,40 - 0,55	Kecelakaan terjadi dan kondisi fatal, terjadi dalam bentuk slip

(Sumber: SKEP/129/2017 Direktorat Jenderal Perhubungan Udara)

Angka Skid resistance yang direkomendasikan untuk operasional permukaan perkerasan adalah  $> 0,6$  dengan alat ukur MU-Meter.

b. Grip tester

Angka kekesatan/skid resistance yang direkomendasikan untuk operasional permukaan perkerasan dengan alat grip tester adalah 0,74 – 0,53 (Annex14 – Aedromes, hal. 193)

#### IV. Kemiringan Memanjang atau Longitudinal Slope

Faktor kemiringan memanjang landas pacu akan mempengaruhi kebutuhan panjang landas pacu cukup dominan dibandingkan dengan landas pacu horizontal atau rata. Kemiringan 1% akan menyebabkan kebutuhan panjang landas pacu bertambah sekitar 5% tergantung dari jenis pesawat yang beroperasi.

#### 2.4. Dasar Perencanaan Bandar Udara

Perencanaan suatu bandar udara akan berbeda untuk setiap lokasinya. Ada beberapa unsur perencanaan bandar udara, yaitu:

##### 1. Perencanaan sistem

Perencanaan sistem mencakup tiga aspek yaitu perencanaan sistem tingkat nasional, perencanaan sistem tingkat regional, dan perencanaan sistem tingkat provinsi.

##### 2. Perencanaan induk

Perencanaan induk dimaksudkan sebagai petunjuk pengembangan yang akan datang, agar dapat mengakomodasikan permintaan penerbangan sesuai dengan lingkungan, perkembangan masyarakat, moda angkutan, dan bandar udara lainnya. Menurut Federal Aviation Administration (FAA), penyusunan rencana induk terdiri dari:

##### a. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan meliputi inventaris, perkiraan, permintaan kapasitas, kebutuhan akan fasilitas, dan studi lingkungan.

b. Pemilihan lahan

Pemilihan lahan meliputi analisis ruang udara, rintangan menuju ruang udara, dampak terhadap lingkungan, lokasi terkait dengan kebutuhan penerbangan, karakter fisik dari lokasi bandar udara, ketersediaan transportasi darat dan kebutuhan umum yang memadai, serta harga dan ketersediaan tanah.

c. Rancangan bandar udara

Rancangan bandar udara meliputi denah bandar udara, rencana penggunaan tanah, rencana area terminal, dan rencana jalan bandar udara.

d. Rencana keuangan

Rencana keuangan meliputi jadwal pembangunan atau pengembangan, perkiraan biaya pembangunan atau pengembangan, analisis kelayakan ekonomi, dan analisis kelayakan finansial.

3. Perencanaan proyek

Perencanaan proyek merupakan perencanaan yang diwujudkan dari perencanaan induk dengan durasi waktu yang lebih singkat.

2.4.1 Jangka Waktu Perencanaan

Perencanaan transportasi memiliki pentahapan dan batasan waktu, sesuai dengan karakteristik dari rencana serta factor-faktor pendukungnya, maka pada bagian ini dijelaskan berbagai batasan waktu perencanaan beserta apa yang direncanakan, termasuk factor pendukungnya.

1. Jangka Pendek

Batasan waktu antara 0 sampai 4 tahun, yang direncanakan adalah segala sesuatu yang segera terwujud. Sumber-sumber pendukungnya, entah berupa dana, keahlian, materi, maupun data yang diperlukan dalam

jumlah banyak. Biasanya berupa program penambahan armada, pengaturan jadwal, dan pemeliharaan fasilitas dan prasarana.

## 2. Jangka Menengah

Batasan waktu antara 5 sampai 20 tahun, rencana ini berbentuk kajian atau studi terhadap kebijakan yang sudah digariskan. Secara prosedur berupa kegiatan-kegiatan seperti: pengumpulan data dan informasi, analisis data, peramalan dan penaksiran kondisi masa depan, perumusan beberapa rencana, dan pengevaluasian kelayakan rencana. Tahapan ini bersifat semi-fleksibel terhadap situasi yang terjadi selama jangka waktu rencana.

## 3. Jangka Panjang

Batasan waktunya diatas 20 tahun, dalam formatnya rencana ini berupa kebijakan-kebijakan jangka panjang yang telah menetapkan sasaran 25 tahun kedepan dan ditentukan oleh badan legislative. Secara prosedur, rencana ini berupa ide-ide dengan sasaran yang dituju berada pada masa diatas 25 tahun. Rencana ini adalah tujuan yang ingin dicapai oleh masyarakat dan mutlak fleksibel dengan perubahan situasi yang terjadi selama jangka waktu rencana.

### 2.5. Perencanaan Landasan Pacu

#### 1. Koreksi elevasi

$$Fe = 1 + 0,07h / 300$$

Dengan: Fe = faktor koreksi elevasi

h = elevasi di atas permukaan laut (m)

## 2. Koreksi temperatur

$$F_t = 1 + 0,01 (T - 0,0065 h)$$

Dengan:  $F_t$  = faktor koreksi temperatur

$T$  = temperatur di bandara ( $^{\circ}\text{C}$ ), didapat dari data PT. Angkasa Pura II

## 3. Koreksi kemiringan

$$F_s = + 0,01S$$

Dengan:  $F_s$  = faktor koreksi kemiringan

$S$  = kemiringan runway (%), didapat dari data PT. Angkasa Pura II

## 4. Panjang Landasan Pacu

$$ARFL = \frac{L_r}{F_t \times F_e \times F_s}$$

Dengan :  $L_r$  = Panjang runway rencana

$F_t$  = Faktor koreksi temperatur

$F_e$  = Faktor koreksi elevasi

$F_s$  = Faktor koreksi kemiringan

Penentuan panjang landasan pacu akan bergantung kepada :

1. Akibat koreksi ketinggian,
2. Akibat koreksi temperatur,
3. Akibat koreksi gradient efektif.

## 2.5.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Landasan Pacu

### 1. Tebal Perkerasan dengan Grafis

Metode FAA menganggap bahwa berat kotor pesawat atau gross weight aircraft dipikul oleh roda pendaratan utama atau main landing gear sebesar 95%, sedangkan sisanya dipikul oleh nose wheel.

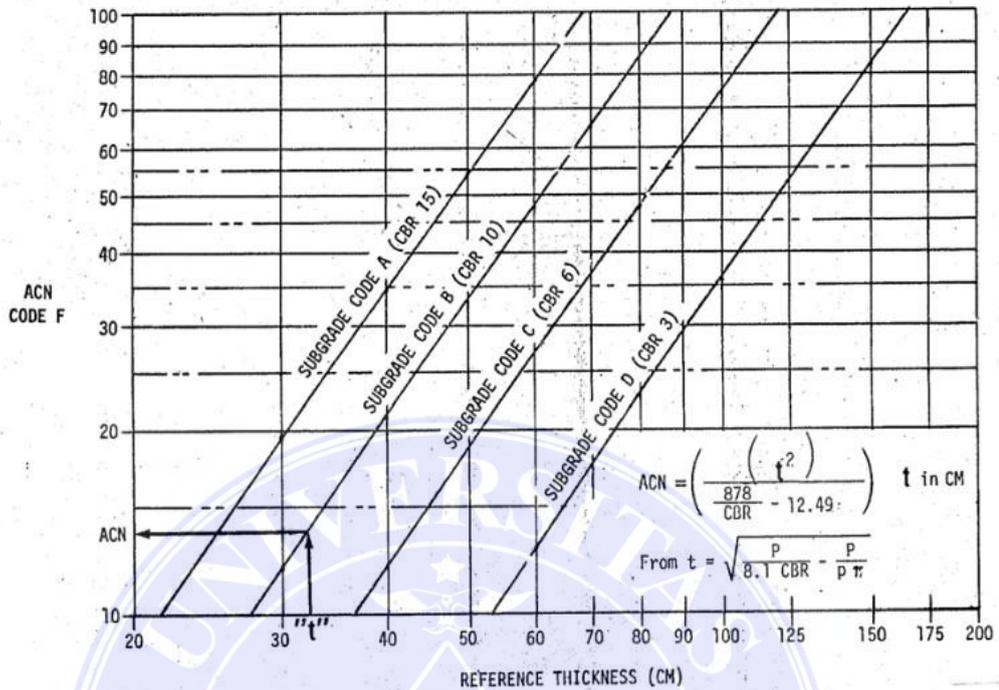
Tabel 2.3 Konversi untuk Roda Pendaratan

Konversi dari	Ke-	Faktor Pengali
Single wheel	Dual wheel	0,8
Single wheel	Dual tandem	0,5
Dual wheel	Dual tandem	0,6
Dual tandem	Dual tandem	1,0
Dual tandem	Single wheel	2,0
Dual tandem	Dual wheel	1,7
Dual wheel	Single wheel	1,3
Double dual tandem	Dual tandem	1,7

(Sumber: Heru Basuki, 2014)

Tipe roda pendaratan menentukan bagaimana berat pesawat dibagi bebannya kepada roda–roda diteruskan ke perkerasan selanjutnya akan menentukan berapa tebal perkerasan yang bisa/mampu melayani berat seluruh pesawat tersebut.

## 2. Tebal Perkerasan dengan Analitis



Gambar 2.6 Kurva ACN untuk Perkerasan Lentur  
(Sumber: Djoko Warsito, 2017)

ACN adalah suatu nomor atau angka yang menyatakan kekuatan relatif yang memberikan pengaruh terhadap perkerasan dan ACN berasal dari beban roda pesawat jika berada di bandar udara.

$$ACN = \frac{t^2}{\frac{878}{\%CBR} - 12.49}$$

Dimana : t = tebal perkerasan yang dibutuhkan (cm), yang dapat dirumuskan menjadi :

$$t = \sqrt{\frac{P}{8.1 CBR} - \frac{P}{\rho \pi}}$$

Dimana : P = Beban yang dipikul oleh roda setelah dihitung ESWL (pound)

$\rho$  = Tekanan Udara pada Roda (psi)

ESWL adalah nilai yang menunjukkan beban roda tunggal yang akan menghasilkan respon dari struktur perkerasan pada satu titik tertentu di dalam struktur perkerasan, dimana besarnya sama dengan beban yang dipikul pada titik roda pendaratan. Dalam penentuan nilai ESWL biasanya prosedur perhitungannya berdasarkan tegangan vertikal, lendutan, dan regangan.

Pesawat rencana dapat ditentukan dengan melihat jenis pesawat yang beroperasi dan besar MSTOW singkatan dari Maksimum Structural Take Off Weight dan data jumlah keberangkatan tiap jenis pesawat yang berangkat tersebut. Lalu dipilih jenis pesawat yang menghasilkan tebal perkerasan yang paling besar. Pemilihan pesawat rencana ini pada dasarnya bukanlah berasumsi harus berbobot paling besar, tetapi jumlah keberangkatan yang paling banyak melalui runway yang direncanakan. Pesawat rencana kemudian ditetapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar dan tidak perlu pesawat yang paling besar yang beroperasi di dalam bandara.

Jumlah total repetisi beban pesawat rencana yang telah dihitung dalam bentuk ESWL selama umur rencana digunakan untuk menghitung tebal perkerasan total. Total repetisi pesawat rencana tersebut mencakup data keberangkatan dan kedatangan pesawat rencana. Dari data yang diperoleh maka dapat ditentukan jumlah lintasan pesawat tahunan yang direncanakan dengan cara mengalikan jumlah penerbangan setiap minggunya dalam satu tahun.

Dari sudut pandang struktural, sebuah pesawat dapat beroperasi pada suatu Bandar udara dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Nilai ACN lebih kecil atau sama dengan PCN
2. Tekanan ban/roda pesawat tidak melebihi tekanan roda batas yang diijinkan pada perkerasan.
3. Mematuhi berbagai perbatasan berat maksimum yang diijinkan, terutama untuk pesawat yang mempunyai berat lebih kecil atau sama dengan 5700 kg.

Operator pesawat harus terlebih dahulu melaporkan pada operator Bandar udara yang berwenang, jika pesawatnya akan beroperasi di atas nilai pavement strength atau PCN yang dilaporkan. Kriteria berikut disarankan untuk menentukan dapat tidaknya diterima suatu pesawat terbang beroperasi overload pada perkerasan.

1. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 10% di atas PCN yang dilaporkan.
2. Untuk perkerasan kaku, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas nilai PCN yang dilaporkan.
3. Untuk perkerasan yang strukturnya tidak diketahui, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas PCN yang dilaporkan.
4. Jumlah pergerakan overload tiap tahun maksimal 5% dari total pergerakan pesawat tiap tahun.

## 2.6. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Panjang Runway

Lingkungan Bandara yang berpengaruh terhadap panjang runway adalah: temperatur, angin permukaan ( surface wind ), kemiringan runway ( effective gradient ), elevasi runway dari permukaan laut ( altitude ) dan kondisi permukaan runway. Sesuai dengan rekomendasi dari International Civil Aviation Organization ( ICAO ) bahwa perhitungan panjang runway harus disesuaikan dengan kondisi lokal lokasi Bandara. Metoda ini dikenal dengan metoda Aeroplane Reference Field Length ( ARFL ). Menurut International Civil Aviation Organization ( ICAO ), Aeroplane Reference Field Length ( ARFL ) adalah runway minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada maximum sertificated take off weight, elevasi muka laut, kondisi standard atmosfer, keadaan tanpa ada angin, runway tanpa kemiringan ( kemiringan = 0 ). Jadi didalam perencanaan persyaratan - persyaratan tersebut harus dipenuhi dengan melakukan koreksi akibat pengaruh dari keadaan lokal. Adapun uraian dari faktor koreksi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Koreksi ketinggian ( elevasi ) Menurut International Civil Aviation Organization ( ICAO ) bahwa panjang runway bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300 m ( 1000 ft ) dihitung dari ketinggian di atas permukaan laut.

Maka rumusnya adalah:

$$F_e = 1 + 0,07 \frac{h}{300}$$

Dengan,  $F_e$  : Faktor koreksi elevasi

$h$  : Elevasi di atas permukaan laut ( m )

## 2. Koreksi temperatur

Pada temperatur yang lebih tinggi dibutuhkan runway yang lebih panjang sebab temperatur tinggi akan menyebabkan kepadatan (density) udara yang rendah, menghasilkan output daya dorong yang rendah. Suhu temperatur standar adalah 15°C atau 59°F. Menurut ICAO panjang runway harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1°C. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000 m dari permukaan laut temperatur akan turun 6.5°C. Dengan dasar ini International Civil Aviation Organization ( ICAO ) menetapkan hitungan koreksi temperatur dengan rumus:  $F_t = 1 + 0,01 \{ T - ( 15 - 0,0065 \times h ) \}$

Dengan,  $F_t$  : Faktor koreksi temperatur

$T$  : Temperatur di bandara ( °C )

## 3. Koreksi kemiringan runway

Kemiringan (slope) memerlukan runway yang lebih panjang untuk setiap kemiringan 1%, maka panjang runway harus ditambah dengan 10%. Faktor koreksi kemiringan runway dapat dihitung dengan persamaan berikut:  $F_s = 1 + ( 0,1 S )$

Dengan,  $F_s$  : Faktor koreksi kemiringan

$S$  : Kemiringan runway ( % )

## 4. Koreksi angin permukaan (surface wind)

Panjang runway yang diperlukan lebih pendek bila bertiup angin haluan (head wind) dan sebaliknya bila bertiup angin buritan (tail wind) maka runway yang diperlukan lebih panjang. Angin buritan ( tail wind )

maksimum yang diizinkan bertiup dengan kekuatan 10 knots. Tabel 2.4 berikut memberikan perkiraan pengaruh angin terhadap panjang runway.

Tabel 2.4 Pengaruh Angin Permukaan Terhadap Panjang Runway

Kekuatan Angin	Persentase Pertambahan / pengurangan Runway
+5	-3
+10	-5
-5	+7

(Sumber: Djoko Wasito, 2017)

Untuk perencanaan Bandara diinginkan tanpa tiupan angin tetapi tiupan angin lemah masih baik.

#### 5. Kondisi permukaan runway

Untuk kondisi permukaan runway hal sangat dihindari adalah adanya genangan tipis air ( standing water ) karena membahayakan operasi pesawat. Genangan air mengakibatkan permukaan yang sangat licin bagi roda pesawat yang membuat daya pengereman menjadi jelek dan yang paling berbahaya lagi adalah terhadap kemampuan kecepatan pesawat untuk lepas landas. Menurut hasil penelitian NASA dan FAA tinggi maksimum genangan air adalah 1,27 cm. Oleh karena itu drainase Bandara harus baik untuk membuang air permukaan secepat mungkin. Jadi panjang runway minimum dengan metoda ARFL dihitung dengan persamaan berikut:

$$ARFL = \frac{PL}{Fe \times Ft \times Fs}$$

Dengan, PL : Panjang runway aktual

Ft : Faktor koreksi temperatur

Fe : Faktor koreksi elevasi

Fs : Faktor koreksi kemiringan

Setelah panjang runway menurut ARFL diketahui dikontrol lagi dengan Aerodrome Reference Code (ARC) dengan tujuan untuk mempermudah membaca hubungan antara beberapa spesifikasi pesawat terbang dengan berbagai karakteristik Bandara. Kontrol dengan ARC dapat dilakukan berdasarkan pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Aerodrome Reference Code (ARC)

Kode Elemen I		Kode Elemen II		
Kode Angka	ARFL (m)	Kode Huruf	Bentang Sayap ( m )	Jarak terluar pada pendaratan (m)
1	< 800	A	< 15	< 4.5
2	800 – 1200	B	15 – 24	4.5 – 6
3	1200 -1800	C	24 – 36	6 – 9
4	>1800	D	36 – 52	9 – 14
		E	52 – 60	9 – 14

(Sumber : Djoko Warsito, 2017)

## 2.7. Metode - Metode Perencanaan Perkerasan

Ada beberapa macam metode perencanaan perkerasan lapangan terbang, antara lain adalah:

### 2.7.1 Metode Perencanaan Test CBR

Metode CBR pertama-tama dipakai oleh badan California Division Of Highway, bina marga Negara bagian California di Amerika pada tahun 1928, orang yang menghasilkan metode ini bernama O.J. PORTER. Karena cepat dan sederhananya metode ini lalu diambil oleh Corps Of Engineer Angkatan Darat Amerika, beberapa saat setelah perang dunia ke II. Kebutuhan mendesak sesudah perang dunia ke II, untuk membangun lapangan terbang, jalan-jalan raya, tanpa ditunda-tunda. Maka Angkatan Darat Amerika mengambil metode yang sederhana dan cepat ini, sebab saat itu belum ada metode yang tersedia khusus untuk perkerasan lapangan terbang.

Untuk mengembangkan sebuah metode perencanaan perkerasan lapangan terbang yang baru sudah tidak memungkinkan mengingat program-program mendesak untuk mengatasi akibat perang. Pada saat menentukan pilihan metode mana yang patut dipakai dalam perencanaan perkerasan lapangan terbang telah dibuat beberapa kriteria sebagai dasar pemilihan, antara lain:

- a. Prosedur test untuk subgrade dan komponen-komponen perkerasan lainnya cukup sederhana
- b. Metodenya telah menghasilkan perkerasan yang memuaskan

- c. Dapat dipakai untuk mengatasi persoalan-persoalan perkerasan lapangan terbang dalam waktu yang relatif singkat.

Dari kriteria diatas, telah memenuhi persyaratan metode CBR. Penggunaan metode CBR memungkinkan perencanaan untuk menentukan ketebalan lapisan-lapisan subbase, base course dan surface yang diperlukan dengan memakai kurva-kurva design dengan test-test lapisan tanah yang sederhana. Test CBR menyatakan index kuat geser tanah, pada dasarnya test diadakan dengan memadatkan tanah 4,5kg kedalam cetakan silinder 152mm (6”), tempatkan beban diatas contoh tanah yang dipadatkan tadi, selanjutnya ada dua CBR direndam dan tidak direndam. CBR contoh direndam, rendamlah contoh dalam silinder yang dibebani tadi dalam air selama 4 hari atau menurut spesifikasi, lalu penetrasilah contoh tanah tadi dengan torak penetrasi lebih kurang 2” dengan variasi pembebanan. Harga CBR contoh tanah adalah daya tahan tanah terhadap penetrasi dibandingkan dengan daya tahan batu pecah standart terhadap pembebanan yang sama.

Pemilihan merendam contoh tanah selama 4 hari, sebab sebagian besar tanah akan menagalami jenuh air sesudah direndam selama 4 hari. Maka contoh tanah yang direndam mewakili kondisi tanah paling jelek hubungannya dengan kemampuan beban pada perkerasan struktural.

Untuk jelasnya penelitian CBR baca “Manual Pemeriksaan Bahan Jalan” Direktorat Jenderal Bina Marga No. 01/MN/BM/1976 pemeriksaan No. 0113-76 identik dengan pemeriksaan AASHTO T 193-74 atau ASTM .D-1883-73. Beban yang diletakkan diatas silinder contoh tanah sebelum direndam dalam air disebut

“surcharge”, besarnya beban surcharge berkaitan dengan beban perkerasan struktural.

Apabila tanah asli karena sesuatu alasan tidak bisa diperbaiki dengan pemadatan, test CBR-nya diadakan pada contoh tanah yang tidak terganggu. Akan tetapi bila tanah subgrade mempunyai jenis tanah yang menghasilkan daya dukung tinggi dengan pemadatan maka prosedur test CBR-nya harus dimodifikasi.

Sebagaimana diketahui, test standart pemadatan adalah contoh tanah dalam silinder, dengan 3 lapisan, beban pemadat 2,5 kg dan tinggi jatuh 30 cm. maka untuk lapangan terbang dengan subgrade pada jenis tanah yang baik, test pemadatannya harus dimodifikasi oleh AASHTO adalah contoh tanah pada silinder yang sama, tanah contoh 5 lapisan, berat pemadat 4,5 kg dan tinggi jatuh pemadat 45 cm. tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 55 kali pukulan.

### 2.7.2 Metode FAA

Metode perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA, pada dasarnya ialah analisa statistik perbandingan-perbandingan kondisi lokal dari tanah, sistem drainage (saluran), cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban. Topografi, jenis-jenis lapisan tanah, serta evaluasi air tanah akan berpengaruh besar terhadap sistem drainage dilapangan. Drainage yang jelek akan menghasilkan subgrade yang tidak stabil, dengan sistem drainage yang baik akan menghindarkan subgrade dari genangan air permukaan.

FAA telah membuat klasifikasi tanah untuk perencanaan perkerasan. Tanah diklasifikasikan menjadi 13 klas dari E1 sampai E13, klasifikasi ini diambil dari buku Airport Paving FAA-AC-150/5320-6B.

### Grup E1

Adalah jenis tanah yang mempunyai gradasi baik, kasar, butiran butirannya tetap stabil walaupun sistem drainage-nya tidak baik. Di Negara negara dingin jenis tanah ini tidak terpengaruh oleh salju yang merugikan. Biasanya terdiri dari pasir bergradasi baik, kerikil tanpa butiran-butiran halus. Didaerah dengan salju yang kuat, tanah harus di check kandungan material yang diameter butirannya kurang dari 0,02 mm.

### Grup E2

Jenis tanah ini tidak jauh berbeda dengan jenis tanah grup E1, tetapi kandungan pasirnya lebih sedikit, dan mungkin mengandung prosentase lumpur dan tanah liat yang lebih banyak. Jenis tanah ini juga bisa menjadi tidak stabil apabila sistem drainage-nya tidak baik.

### Grup E3 dan E4

Tanah ini terdiri dari tanah berbutir halus, tanah berpasir dengan gradasi lebih jelek dibanding dengan Jenis tanah grup E1 dan E2. Biasanya terdiri dari pasir berbutir halus tanpa daya kohesi atau tanah liat berpasir dengan kualitas pengikatan mulai dari cukup sampai baik. Tanah ini kurang stabil dibanding tanah grup E2 dibawah pengaruh kondisi sistem drainage yang tidak baik.

### Grup E5

Tanah ini terdiri dari tanah bergradasi jelek, dengan kandungan lumpur dan tanah liat campuran lebih dari 35% tetapi kurang dari 45%. Tanah dengan

kandungan lumpur plus tanah liat kurang dari 45% harga plasticity index-nya antara 10-15.

#### Grup E6

Jenis tanah ini terdiri dari lumpur dan lumpur berpasir dengan plasticity yang sangat rendah. Tanah ini relatif stabil bila kering atau pada moisture content rendah. Stabilitasnya akan hilang dan menjadi sangat lembek dalam keadaan basah, maka sangat sukar dipadatkan kecuali jika moisture contentnya betul-betul di kontrol dengan teliti sesuai kebutuhan.

#### Grup E7

Termasuk didalamnya tanah liat berlumpur, tanah liat berpasir, pasir berlumpung dan lumpur berlumpung mempunyai rentang consistency kaku sampai lunak ketika kering dan plastis ketika basah. Jenis tanah ini dipadatkan akan kaku dan padat moisture content yang tepat. Perubahan kelembaban akan menghasilkan perubahan volume tanah. Tekanan kapilernya sangat kuat, tetapi kenaikan air kapilernya lebih lambat dibandingkan pada tanah grup E6.

#### Grup E8

Tanah ini tidak jauh berbeda dengan tanah grup E7, tetapi pada liquid limit yang lebih tinggi akan menghasilkan derajat pemampatan yang lebih besar, pengembangan pengaturan dan stabilitas yang lebih rendah di bawah kondisikelembaban yang kurang menguntungkan.

### Grup E9

Terdiri dari campuran lumpur dan tanah liat, sangat elastis dan sangat sulit dipadatkan. Stabilitasnya rendah, baik keadaan basah atau kering.

### Grup E10

Adalah jenis tanah liat berlumpur dan tanah liat yang membentuk gumpalan keras dalam keadaan kering, serta sangat plastis bila basah. Pada pemadatan perubahan volumenya sangat besar, mempunyai kemampuan mengembang menyusut dan derajat elastisnya tinggi. Jenis tanah ini lebih sukar dipadatkan dibanding tanah grup E7 dan E8, membutuhkan kontrol kelembaban yang lebih teliti agar menghasilkan penimbunan yang stabil dan padat.

### Grup E11

Serupa dengan tanah grup E10, tetapi mempunyai liquid limit yang lebih tinggi, termasuk di dalamnya tanah dengan liquid limit antara 70-80 dengan plasticity index-nya di atas 30.

### Grup E12

Jenis-jenis tanah yang mempunyai liquid limit di atas 80 tidak diukur berapapun plasticity index-nya. Bisa terbentuk oleh tanah liat dengan plastisitas tinggi, sangat baik dengan adanya kelembaban atau bahan-bahan organik dalam jumlah yang berlebihan.

## Grup E13

Meliputi semua jenis tanah rawa organik, seperti gambut, mudah dikenal dilapangan. Dalam keadaan asli, sangat rendah stabilitasnya, sangat rendah density-nya, sangat tinggi kelembabannya.

(Sumber: Heru Basuki 2014)

Pada table 2.6 ditunjukkan jenis tanah ( grup tanah) mana yang baik untk subgrade perkerasan flexible dan mana yang baik untuk subgrade perkerasan rigid. Apabila didalam test laboratorium yang kita dapatkan nilai CBR-nya, pada table 2.6 ini diberikan hubungan CBR dengan mutu tanah menurut FAA.

Tabel 2.6 Klasifikasi tanah untuk merencanakan perkerasan FAA

Grup Tanah	Analisa Saringan				Liquid limit	Plasti city Index	Subgrade Class	
	Presentase bahan ter-tahan sa-ringan No. 10	Bahan lebih kecil dari Saringan No.10 (%)					Drainage baik	Drainage jelek
		Pasir kasar lolos sari- rangan No. 10 tapi ditahan No. 40	Pasir halus lewat sa- ringan No. 40 ditahan No. 200	Campuran lumpur dan tanah liat lolos No. 200				
<b>Kerikil</b>								
E-1	0 - 45	40 +	60 -	15 -	25 -	6 -	Fa atau Fa	Fa atau Ra
E-2	0 - 45	15 +	85 -	25 -	25 -	6 -	Fa atau Ra	F1 atau Rā
E-3	0 - 45			25 -	25 -	6 -	F1 atau Ra	F2 atau Rb
E-4	0 - 45			35 -	35 -	10 -	F1 atau Ra	F3 atau Rb
<b>Butiran Halus.</b>								
E-5	0 - 55			45 -	40 -	15 -		F3 atau Rb
E-6	0 - 55			45 +	40 -	10 -		F4 atau Rc
E-7	0 - 55			45 +	50 -	10-30		F5 atau Rc
E-8	0 - 55			45 +	60 -	15-40		F6 atau Rc
E-9	0 - 55			45 +	40 +	30 -		F7 atau Rd
E-10	0 - 55			45 +	70 -	20-50		F8 atau Rd
E-11	0 - 55			45 +	80 -	30 +		F9 atau Re
E-12	0 - 55			45 +	80 +			F10 atau Re
<b>E-13</b>	Tanah gambut, tidak bisa untuk Subgrade							

(Sumber: Heru Basuki, 2014)

Untuk menentukan baik buruknya jenis tanah kita tidak bisa hanya mendasarkan kepada analisa laboratorium saja, perlu diadakan penelitian dilapangan terutama yang berhubungan dengan drainage-nya, kemampuan melewati air permukaan.

Ada dua prosedur pemilihan ketebalan perkerasan yaitu prosedur untuk menentukan ketebalan perkerasan bagi lapangan terbang yang melayani pesawat dengan berat kotor di atas 30.000 lbs (13607,771 kg) dan untuk menentukan tebal perkerasan di bawah 30.000 lbs (13607,771 kg) yaitu pesawat-pesawat ringan.

Perhitungan ketebalan tiap lapisan didasarkan kepada grafik. Grafik ini dibuat untuk perhitungan berat pesawat kotor dimana 95% berat totalnya ditumpu pada dua roda pendaratan utama. Gerakan pendaratan tidak diperhitungkan karena berat pendaratan selalu lebih kecil dibanding berat lepas landas.

Grafik-grafik yang dibuat oleh FAA berdasarkan kepada pengalaman-pengalaman dari Corps Of Engineer yang diangkat dari metode CBR telah teruji bahwa perhitungan dengan memakai grafik-grafik FAA bisa dipakai sampai 20 tahun, bebas dari perbaikan yang berarti kecuali ada perubahan lalu lintas pesawat. Rehabilitasi sebelum 20 tahun perlu dilakukan terutama pada lapisan permukaan untuk menjamin skid resistance (permukaan jangan licin).

Didalam menentukan ketebalan lapisan perkerasan terlebih dahulu harus ditentukan pesawat rencana yaitu yang bebannya menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak perlu harus yang terberat. Dalam rancangan lalu lintas pesawat, perkerasan harus melayani beragam macam

pesawat yang mempunyai tipe roda pendaratan berbeda-beda dan berlainan beratnya. Tekanan roda pesawat mempunyai variasi dari 75 sampai 200 psi (516 sampai 1380 KPa) tergantung kepada konfigurasi roda pendaratan dan berat total pesawat. Pengaruh dari semua jenis model lalu lintas harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat- pesawat tersebut.

Rumus konversinya adalah:

$$\text{Log } R1 = (\text{Log } R2) (W1/W2)^{1/2}$$

Dimana :

$R1 = \text{Equivalent annual departure pesawat rencana}$

$R2 = \text{Annual Departure pesawat – pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana}$

$W1 = \text{Beban roda dari pesawat rencana}$

$W2 = \text{Beban roda dari pesawat yang dinyatakan.}$

Bagi pesawat berbadan lebar, dianggap mempunyai berat 30.000 lbs dengan roda pendaratan dual tandem, dalam perhitungan *Equivalent Annual Departure*. Tipe roda pendaratan juga berlainan bagi tiap-tiap jenis pesawat maka perlu dikonversikan juga seperti terdapat pada tabel 2.3.

Tipe roda pendaratan menentukan bagaimana berat pesawat dibagi bebannya kepada roda-roda diteruskan ke perkerasan selanjutnya akan menentukan berapa tebal perkerasan yang bisa/mampu melayani berat seluruh pesawat tersebut.

Di dalam menentukan ketebalan lapisan perkerasan juga diperlukan nilai CBR dari material *subgrade* (tanah dasar) nilai CBR *subbase*, berat total/berat lepas landas pesawat rencana dan jumlah *annual departure* dari pesawat rencana beserta pesawat-pesawat yang sudah di konversikan.

### 2.7.3 Metode LCN

Metode *Load Classification Number* (LCN) adalah metode perencanaan perkerasan dan evaluasi, merupakan formulasi dari *Air Ministry Directorate General Of Work*, Inggris. Dewasa ini telah diakui oleh ICAO dalam *Aerodrome Manual*.

Dalam prosedurnya kapasitas daya dukung perkerasan dinyatakan dalam angka LCN. Seperti halnya ESWL, setiap pesawat dapat dinyatakan dalam LCN. Angka-angka LCN tergantung kepada geometri roda pendaratan, tekanan roda pesawat, komposisi dari tebal perkerasan.

ICAO (*International Civil Aviation Organization*) menggunakan sistem penggolongan perkerasan untuk menentukan kekuatan perkerasan suatu Bandar udara berguna untuk menentukan kelayakan suatu perkerasan melayani pesawat dengan tipe tertentu sesuai dengan daya dukung perkerasan tersebut.

LCN (*Load Classification Number*) adalah nilai yang menunjukkan beban tertentu dari pesawat yang harus dipikul suatu sistem perkerasan bandara. LCN adalah angka yang menunjukkan kekuatan dukung tanah dasar bandar udara terhadap pesawat yang boleh beroperasi di bandara tersebut.

Maka apabila angka LCN perkerasan lapangan terbang lebih besar daripada LCN pesawat, pesawat dapat mendarat dilapangan terbang itu dengan selamat.

#### 2.7.4 Metode Asphalt Institute

Metode ini dipakai hanya untuk menghitung perkerasan aspal beton yang digelar diatas *subgrade* yang telah dipadatkan terlebih dulu. Kondisi kritis untuk perencanaannya adalah:

- I. Perpanjangan relative horizontal pada lapisan dibawah perekat aspal, apabila perpanjangan relative horizontal berlebihan akan terjadi keretakan pada lapisan aspalnya. Harga regangan tergantung kepada karakteristik kelelahan dari campuran aspalnya. dengan nilai regangan  $2,3 \times 10^{-3}$  in berkaitan dengan repitisi *strain*  $10^6$  kali. Untuk menentukan tebal rencana perlu diketahui modulus *subgrade*, temperature udara rata-rata tahunan, dan proyeksi ramalan pesawat-pesawat campuran dimasa depan.
- II. Tegangan tekanan vertical pada permukaan lapisan *subgrade*, untuk mengurangi gaya-gaya yang mengakibatkan rutting pada permukaan.

#### 2.7.5 Metode Canadian Department Of Transportation

Bermacam-macam tipe perkerasan kaku (*rigid*) dan perkerasan lentur (*flexible*) telah diuji memakai test bearing plate dengan rentang kontak area dari 200 – 700 yang mewakili pesawat-pesawat yang beroperasi di dunia saat ini.

Namun demikian tidak ada yang dianggap standard oleh badan-badan dunia penerbangan ICAO, ada yang dipakai secara luas di dunia tetapi bukan standard adalah yang dikembangkan oleh CORPS OF ENGINEERS, tentara Amerika.

## 2.8. Penentuan Nilai CBR

Ada dua cara untuk menentukan nilai CBR, yaitu:

### 1) Uji CBR Lapangan

Standar ini hanya menetapkan penentuan nilai CBR langsung di tempat dengan membandingkan tegangan penetrasi pada suatu lapisan/bahan tanah dengan tegangan penetrasi bahan standar. Cara uji ini digunakan untuk mengukur kekuatan struktural tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis pondasi yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan.

Data lain yang harus diperoleh pada waktu dan tempat yang sama adalah kadar air dan kepadatan. Tata cara pelaksanaan pengujian sesuai dengan metode pengujian kadar air tanah dengan alat *speedy*, SNI 03-1965.1-2000 dan metode pengujian kepadatan lapangan dengan alat konus pasir, SNI 03-1744-1989.

Apabila pengujian CBR lapangan tidak dapat dilakukan di lapangan maka nilai CBR dapat diperoleh dengan pengujian CBR laboratorium. Benda uji yang digunakan untuk CBR laboratorium merupakan benda uji *undisturbed*. Tata cara pelaksanaan pengujian sesuai dengan metode pengujian laboratorium, SNI 03-1744-1989.

## 2) Uji CBR Laboratorium

CBR laboratoium adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR laboratorium biasanya digunakan untuk perencanaan lapisan perkerasan.

Untuk menentukan nilai CBR laboratorium harus disesuaikan dengan peralatan dan data hasil pengujian kepadatan, yaitu pengujian pemadatan ringan untuk tanah dan pengujian pemadatan berat untuk tanah.

### 2.9. Alat Bantu Pendaratan

Di dalam FAR part 77 dan ICAO Annex 14 part IV membicarakan ruangan imajiner. Bandar Udara dengan luas tertentu untuk kepentingan operasi pesawat dan navigasi udara. Di dalam part 77 Bandar Udara diklasifikasikan sebagaiberikut:

#### 1. Landasan Visuil

Adalah landasan yang semata – mata hanya untuk operasi pesawat dengan menggunakan prosedur *visuil approach*. Alat – alat bantu navigasi penerbangan untuk landas pacu yang dilengkapi dengan alat bantu navigasi penerbangan *Non Directional Beacon* ( NDB ).

#### 2. Non Precision Instrument

Adalah landasan yang mempunyai prosedur pendaratan dengan instrument, dengan tuntunan horizontal atau dengan peralatan navigasi tipe area. Alat – alat bantu navigasi penerbangan untuk landas pacu yang dilengkapi dengan alat bantu navigasi penerbangan *Doppler Very High Frequency Directional Omni Range* ( DVOR ).

### 3. Precision Instrument

Adalah landasan dengan prosedur pendaratan instrument, menggunakan sebuah *Instrument Landing System* ( ILS ) atau pendaratan tepat dengan radar ( *Precision Approach Radar/ PAR* ). Dengan tujuan menentukan apakah sebuah benda merupakan halangan bagi navigasi udara dibuat beberapa permukaan imajiner di sekeliling di atas Bandara dengan pandangan sentral landasan.

#### 2.9.1 Marka

Berdasarkan keputusan Direktorat Jendral Perhubungan Udara dan Direktorat Keselamatan Udara melalui modul yang berjudul *Safety Regulation* yang dimaksud dengan marka adalah suatu tanda yang dituliskan atau digambarkan diatas permukaan daerah pergerakan pesawat dengan maksud untuk memberikan suatu petunjuk, menginformasikan suatu kondisi ( gangguan/larangan ) atau menggambarkan batas – batas.

Bandar Udara wajib menerapkan persyaratan marka, memelihara kondisi marka yang terdapat didaerah pergerakan sehingga dapat terlihat jelas dan memberikan informasi dengan jelas sesuai dengan standar.

Marka didaerah pergerakan dituliskan atau digambarkan atau dibuat / ditempatkan pada permukaan *runway, taxiway, dan apron*. Marka *runway* terdiri dari :

1. Runway Side Stripe Marking
2. Runway Designation Marking
3. Threshold Marking
4. Runway Centre Line Marking

## 5. Aiming Point Marking

## 6. Touchdown Zone Marking

### 2.9.2 Airfield Lighting System

Kebutuhan penerbang akan alat bantu visual, sejak awal mula penerbangan. Penerbang telah menggunakan tanda – tanda di darat sebagai alat bantu navigasi ketika mendekati suatu Bandar Udara, seperti halnya dengan pelaut menggunakan di tepi pantai ketika mendekati pelabuhan. Penerbang membutuhkan alat bantu baik dalam cuaca baik maupun dalam cuaca buruk, pada siang hari maupun malam hari.

*Airfield Lighting System* ( AFL ) merupakan alat bantu navigasi udara yang berfungsi membantu dan melayani pesawat terbang selama tinggal landas, mendarat dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman. Fasilitas ini terdiri dari lampu – lampu khusus, yang memberikan isyarat dan informasi secara visual kepada penerbang terutama pada waktu penerbang akan melakukan pendaratan atau tinggal landas. Isyarat dan informasi visual ini disediakan dengan mengatur konfigurasi warna dan intensitas cahaya dari lampu – lampu khusus tersebut. Pada umumnya, sewaktu akan melakukan pendaratan atau tinggal landas, penerbangan lebih mengandalkan penglihatannya ke luar pesawat dari pada melihat instrument yang terdapat dalam *cockpit* pesawatnya.

Fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) tidaklah diperlukan hanya karena cahaya atau penerangan yang dipancarkan, melainkan lebih pada isyarat dan informasi yang disediakan. Karena itu, fasilitas ini tidaklah diperlukan pada malam hari saja, namun pada siang hari dalam cuaca buruk dan setiap kali atas permintaan penerbangan. kebutuhan akan instalasi fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) ditentukan menurut kelas Bandar Udaranya dan kategori dari runwaynya. Semua

fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) ini dioperasikan dan dikendalikan secara jarak jauh dari tower oleh petugas *Air Traffic Control* (ATC ).

Karena operasi penerbangan meliputi dunia internasional, maka standarisasi atau pembakuan instalasi fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) tersebut merupakan suatu persyaratan yang sangat penting. Standarisasi ini ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization* ( ICAO ) dan wajib dipatuhi oleh semua Negara di dunia. Seperti halnya fasilitas navigasi udara, maka terhadap fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) harus dilakukan *flight calibration* secara berkala, menurut prosedur dan tata cara yang juga ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization* ( ICAO ).

Sesuai dengan kelas Bandaranya atau juga karena keadaan cuaca pada umumnya di Bandara itu. Fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) dapat diinstalasi *High Intensity, Medium Intensity* atau *Low Intensity*. Disini, intensitas mengacu pada intensitas pancaran cahaya lampu – lampu dari fasilitas tersebut. Dengan perkataan lain, besaran watt dari lampu – lampunya.

Mengingat pentingnya fasilitas *Airfield Lighting System* ( AFL ) untuk memberikan pelayanan dan bantuan bagi keselamatan operasi pesawat terbang. Maka setiap fasilitas telah didesain untuk tujuan tertentu dan masing – masing fasilitas menjadi penyumbang bagi tercapainya tujuan utamanya yaitu keselamatan penerbangan.

Maka perencanaan yang matang dalam pemasangan *Airfield Lighting System* ( AFL ) di Bandar Udara harus memperhatikan :

1. Klasifikasi *Airfield Lighting System*
2. Utility *Airfield Lighting System*

### 3. Persyaratan teknis

#### 4. Installation design

*Airfield Lighting System* ( AFL ) atau alat bantu pendaratan visual, yaitu merupakan fasilitas pada Bandar Udara untuk membantu pendaratan secara visual. Serta menunjang pendaratan dan tinggal landas pada kondisi cuaca buruk atau penerbangan malam guna mempertinggi tingkat pelayanan keselamatan penerbang.

##### a. Peralatan *Airfield Lighting System* ( AFL )

*Airfield Lighting System* ( AFL ) meliputi peralatan–peralatan sebagai berikut:

##### 1. Threshold Lighting

Threshold Lighting adalah rambu penerangan yang berfungsi sebagai penunjuk ambang batas landasan. Dipasang pada batas ambang landasan pacu dengan menggunakan filter hijau dan merah.

##### 2. Taxiway Lighting

Taxiway Lighting adalah rambu penerangan yang terdiri dari lampu – lampu yang memancarkan cahaya biru yang dipasang pada tepi kiri dan kanan *taxiway*. Berfungsi memandu penerbang untuk mengemudikan pesawat terbangnya dari *apron* ke landasan pacu.

##### 3. Runway End Identification Lighting

Dua ( 2 ) unit lampu yang berkedip ( *flash* ) terpasang di kedua sisi ujung landasan.

##### 4. Flood Lighting

Flood Lighting adalah lampu penerangan untuk menerangi latar tempat parkir pesawat terbang.

## 5. Approach Lighting

Approach Lighting adalah instalasi penerangan bagi ancangan pendaratan yang dipasang simetris dari ujung perpanjangan landasan pacu.

## 6. Precision Approach Path Indicator

Precision Approach Path Indicator (PAPI) yaitu alat bantu / panduan pendaratan visual yang memancarkan cahaya untuk memberi informasi kepada penerbang mengenai sudut luncur (*slope angle*) yang benar, untuk memandu penerbang melakukan pendekatan menuju titik pendaratan yang digunakan pada siang atau malam hari.

Pemakaian *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) tidak memerlukan tambahan instrument apapun pada pesawat terbang, jadi setiap penerbang dapat mempergunakannya segera setelah alat tersebut terpasang di Bandar Udara. Dengan berpedoman *Precision Approach Path Indicator* (PAPI), penerbang dapat mengetahui posisinya dengan tepat pada sudut pendaratan, serta dapat mengetahui dengan segera setiap penyimpangan dari jalur yang benar dan penerbang pada saat itu dapat segera melakukan koreksi /pembenaran arah / sudut pendaratan.

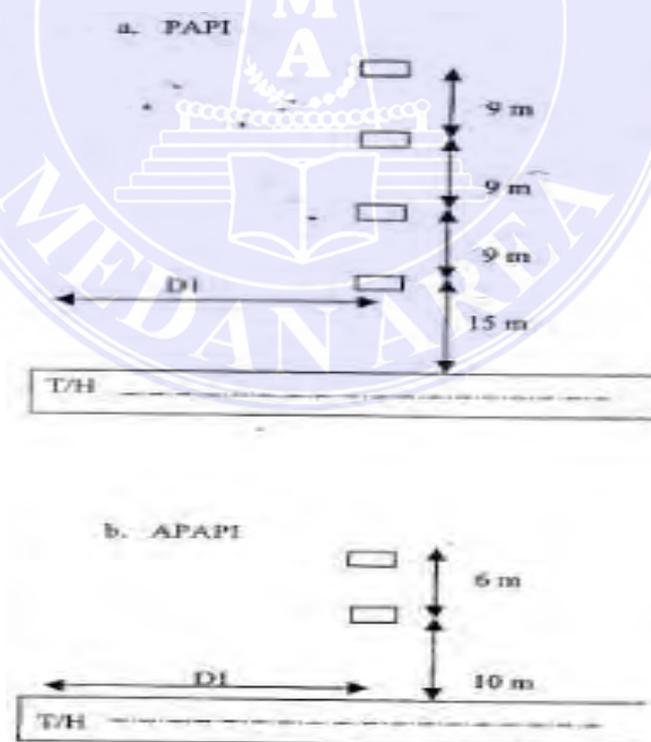
Pada konfigurasi dua sisi, masing – masing unit dari kedua sisi landasan harus disetel secara tepat dan secara terus menerus penampilan harus tetap sama dilihat oleh penerbang. Beberapa alasan yang menjadikan acuan dalam pemilihan pemasangan *Precision Approach Path Indicator* ( PAPI ) dua sisi adalah :

1. Berdasarkan prinsip kerja, *Precision Approach Path Indicator* ( PAPI ) harus menampilkan secara terus menerus empat sinyal yang dipancarkan

oleh 4 unit box, dimana setiap sinyal yang dilihat sangat tergantung pada situasi / posisi pesawat udara terhadap sudut pendaratan.

2. Pemasangan *Precision Approach Path Indicator* ( PAPI ) dua sisi akan memberikan keyakinan yang lebih bagi penerbang, karena penerbang akan memperoleh informasi yang sama dari sisi lain atau dapat dipergunakan sebagai pembandingan.

Kebutuhan area minimal yang diperlukan pada pemasangan *Precision Approach Path Indicator* ( PAPI ) adalah  $42 \pm 1$  meter ( dimana bila jarak antara box tidak mencukupi 9 meter dapat direduksi menjadi 6 meter ) dan apabila kebutuhan area tersebut tidak dapat dipenuhi, maka dapat dilaksanakan pemasangan APAPI ( *simple PAPI* ).



Gambar 2.7 Konfigurasi PAPI

(Sumber : Robert Horonjeff/ Francis X,2020)

#### 7. Rotating Beacon atau Petunjuk Lokasi Bandar Udara

Rotating Beacon adalah dua rambu sumber cahaya bertolak belakang yang dapat berputar sehingga dapat memancarkan cahaya berputar yang diberi warna hijau dan putih untuk akan didarati. Pada umumnya dipasang di atas *tower*.

#### 8. Turning Area Light

Turning Area Light adalah lampu untuk memberi tanda bahwa disitu terdapat tempat pemuatan pesawat terbang.

#### 9. Sequence Flasher Lighting

Sequence Flasher Lighting adalah lampu berkedip berurutan sebagai alat bantu pendekatan bagi pesawat terbang pada jalur dan posisi di tengah landasan sebelum pesawat tersebut mendarat.

#### 10. Obstruction Light

Obstruction Light adalah lampu hambatan kesegala arah yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian suatu bangunan yang dapat menyebabkan halangan / gangguan pada penerbangan.

#### 11. Wind Cone

Wind Cone adalah suatu tanda yang memberi tahu arah angin bagi pendaratan atau lepas landas suatu pesawat terbang.

#### 12. Constant Current Regulation

Constant Current Regulation adalah pengatur arus agar konstan sesuai yang diinginkan. Biasanya digunakan pada peralatan yang mengatur arus konstan untuk rambu – rambu pada peralatan visual.

## b. Klasifikasi *Airfield Lighting System* ( AFL )

*Airfield Lighting System* ( AFL ) dapat disebut juga dengan *Aeronautical Lights*. Yang diklasifikasikan berdasarkan kepentingan dan penggunaan di suatu Bandar Udara.

### a. *Airway Lighting*

Pengertian *Airway* adalah suatu control area berbentuk koridor atau lorong yang dilengkapi dengan fasilitas bantuan navigasi udara dan bantuan panduan dari stasiun – stasiun di darat bagi operasi penerbangan.

### b. *Airport Lighting*

*Airport Lighting* pengertiannya mencakup visual aids dan berbagai instalasi penerangan listrik lainnya di Bandara seperti penerangan di *apron* untuk naik turunnya penumpang dan bongkar muat barang. Instalasi penerangan jalan dilingkungan Bandara, instalasi tempat parkir kendaraan *airport lighting* dibagi menjadi 3 fungsi :

#### 1. Landing and Take Off Lighting

Alat bantu pendaratan visual guna mendukung kegiatan operasional pesawat terbang pada saat tinggal landas maupun mendarat disuatu Bandara

#### 2. Runway Light System

#### 3. Other

Ini merupakan peralatan yang memberikan berbagai informasi kepada penerbang dan juga kepada para petugas Bandar Udara serta penerangan di *apron* pada saat pesawat menaikkan atau menurunkan penumpang pada malam hari.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Proses perencanaan dalam melakukan penelitian perlu dilakukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Materi pokok yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah evaluasi perhitungan tebal perkerasan runway di Bandar Udara Sibisa Danau Toba, sesuai dengan syarat dan Keputusan Menteri Perhubungan KM 47 tahun 2017.

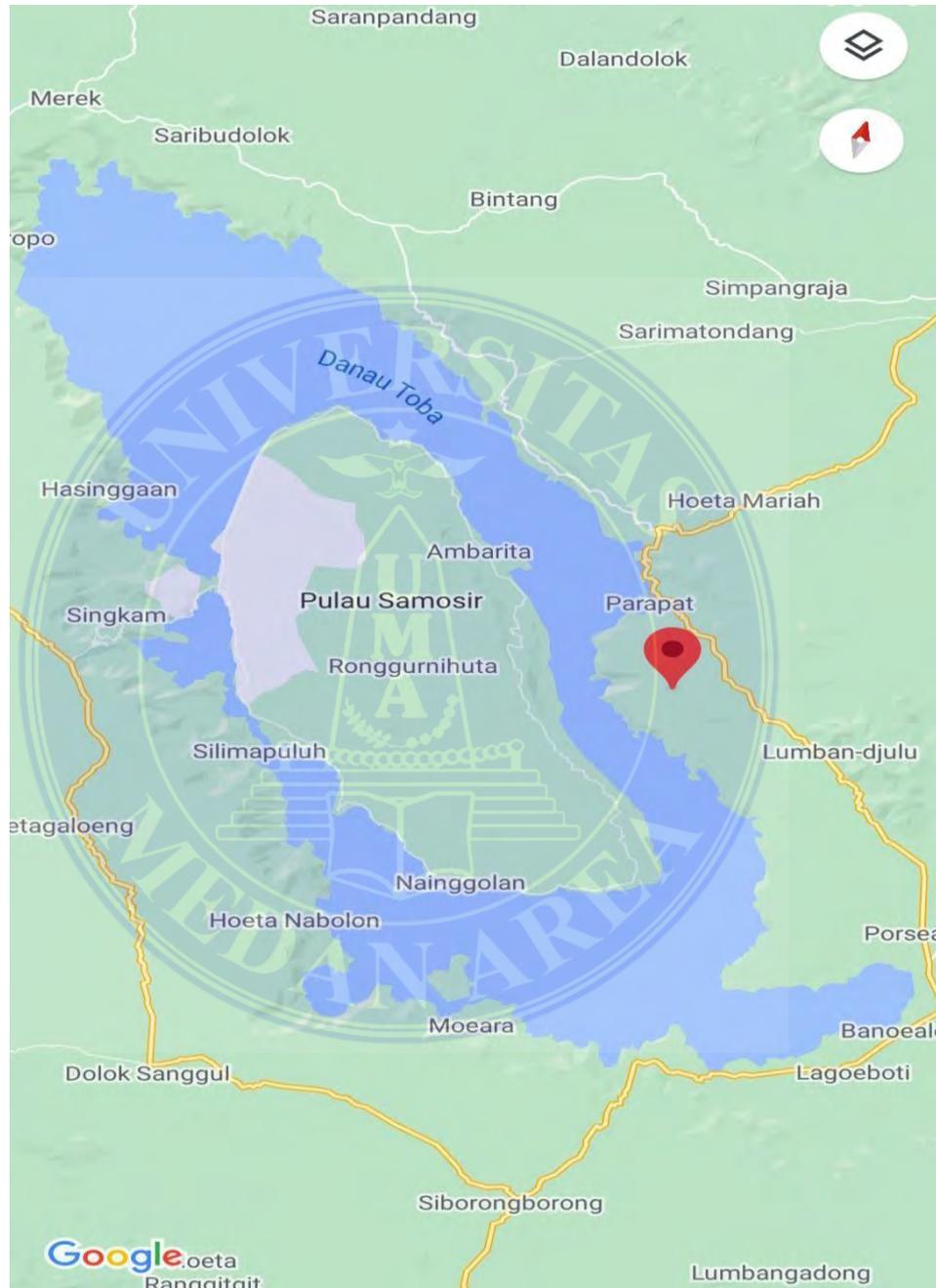
Langkah-langkah yang perlu proses penelitian di antaranya :

1. Tahap persiapan,
2. Pengumpulan data penelitian,
3. Metode analisa dan pengolahan data

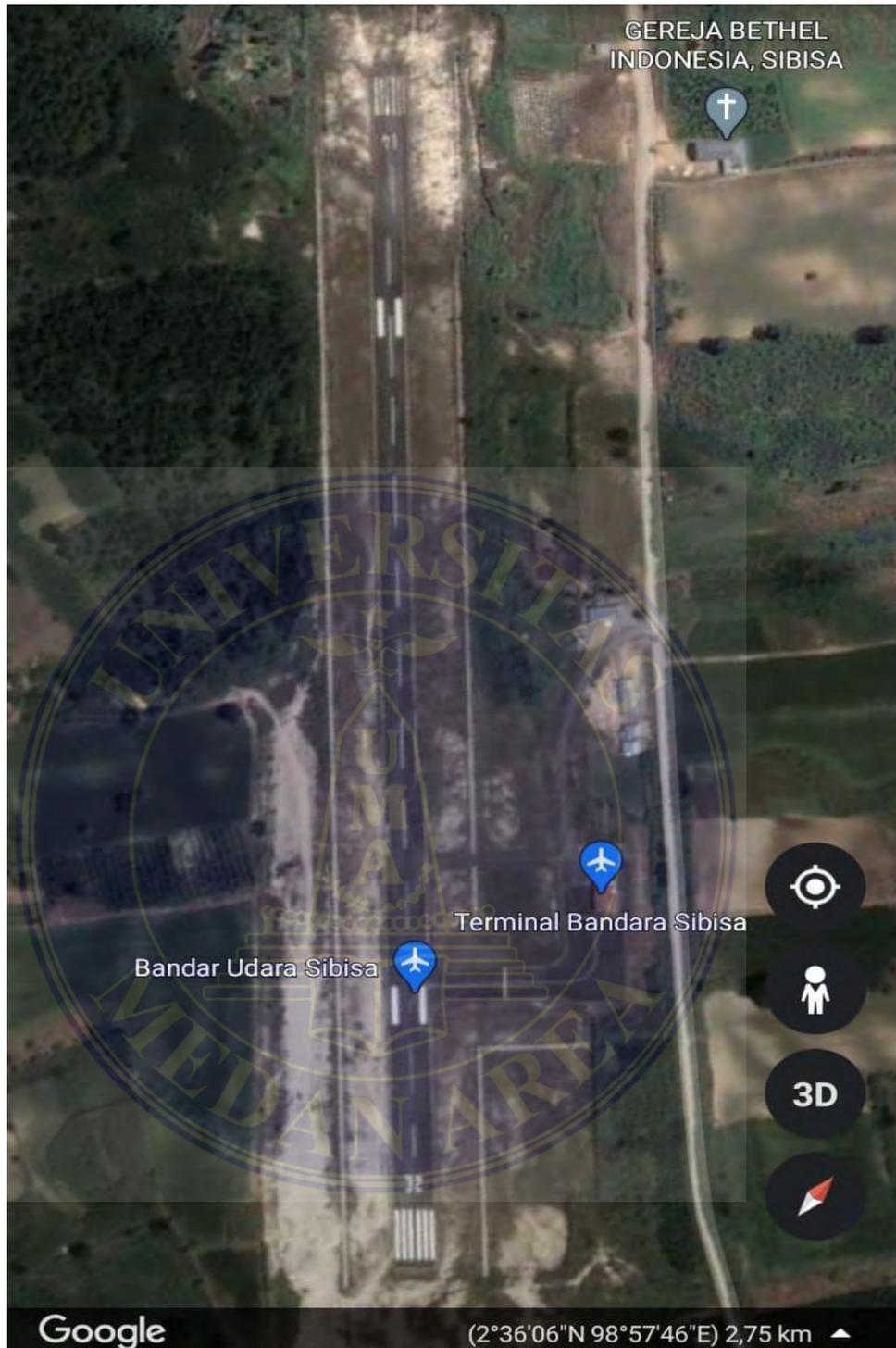
Dalam penelitian ini diperlukan data-data pendukung berupa data primer dan data sekunder yang digunakan untuk pengolahan data dan analisa. Data primer diperoleh dengan cara observasi atau survei langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dengan meminta langsung ke Dinas Perhubungan atau ke Dinas terkait.

### 3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan yang dijadikan objek adalah bandar udara Sibisa yang terletak di Sibisa, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian  
(Sumber: google.com)



Gambar 3.2 Bandar Udara Sibisa  
(Sumber: google earth)

### 3.3. Tahap Penelitian

Penelitian tersebut akan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

#### a. Tahap persiapan penelitian

Persiapan penelitian meliputi penjabaran maksud dan tujuan penelitian, penyiapan metodologi penelitian, check list kebutuhan pelaksanaan penelitian, kajian awal hasil studi kepustakaan dan perencanaan terkait.

#### b. Tahap pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi :

##### 1. Observasi merupakan pengamatan yang dilakukan secara sengaja dan sistematis

Dalam observasi ini penulis melakukan pengamatan secara langsung dan yang sedang digunakan sebagai sumber data penelitian. Data yang dikumpulkan dari pengamatan secara langsung antara lain :

- a. Informasi dari Kadin Teknik Umum Bandar Udara Sibisa Danau Toba tentang kondisi eksisting, serta perencanaan pengembangan runway.
- b. Pesawat apa saja yang mendarat di Bandar Udara Sibisa Danau Toba.
- c. Fasilitas alat bantu pendaratan yang dimiliki oleh Bandar Udara Sibisa Danau Toba
- d. Studi literature merupakan kajian teoritik yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara mencari sumber – sumber data lewat buku yang berkaitan dengan penulisan yang diambil oleh penulis.

Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Data perkembangan jumlah penumpang, pesawat dan cargo pada Bandar Udara Sibisa Danau Toba
2. Data eksisting runway Bandar Udara Sibisa Danau Toba.
3. Data Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan untuk menjamin keselamatan penerbangan.
4. Data-data lain yang diperlukan.

c. Tahap Analisis

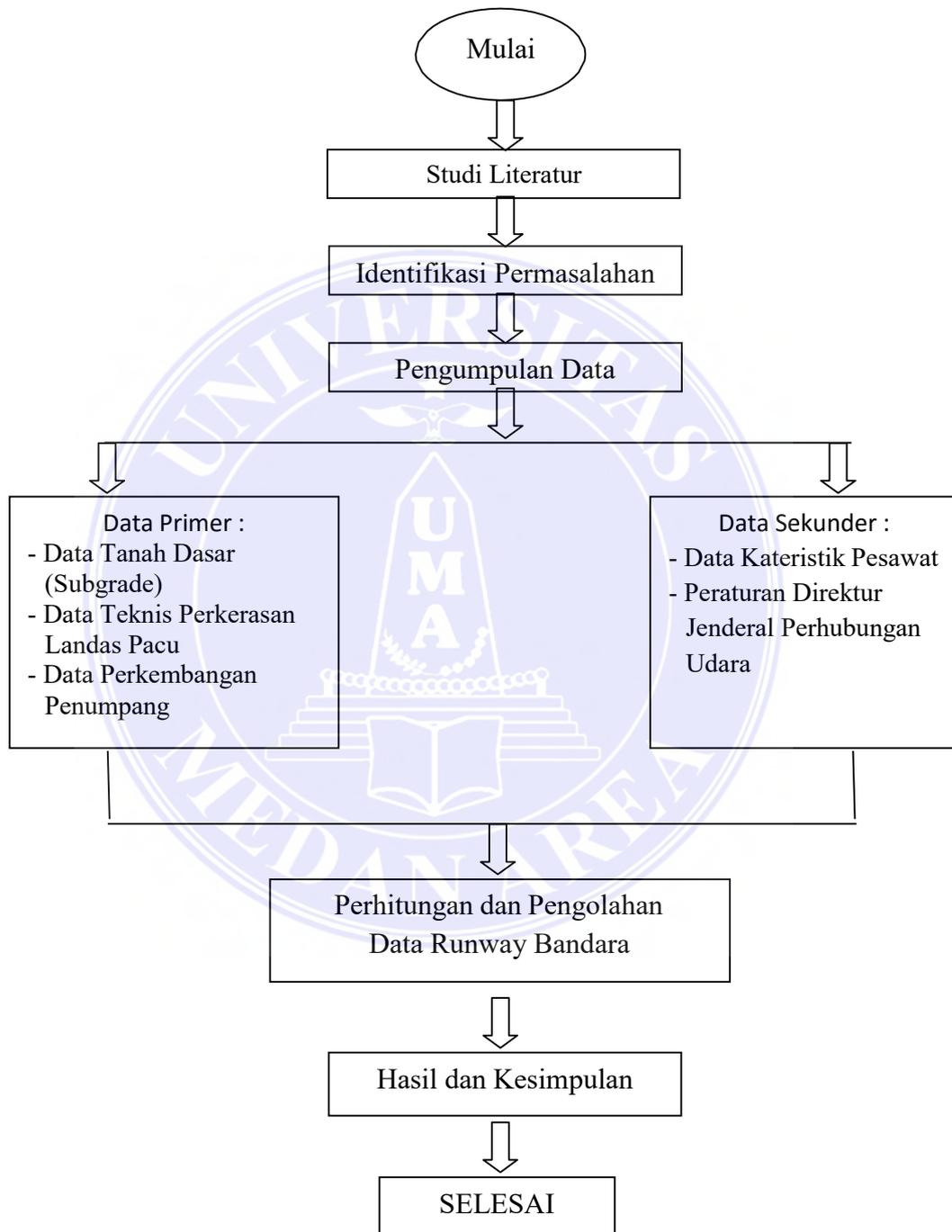
Merupakan kajian data primer dan sekunder yang berupa analisis kebutuhan peningkatan kapasitas runway dan fasilitas alat bantu pendaratan guna antisipasi peningkatan kebutuhan angkutan udara.

1. Analisis dimensi runway, apakah perencanaan runway dapat melayani pesawat yang direncanakan.
2. Fasilitas alat bantu pendaratan apa saja yang dimiliki oleh Bandar Udara Sibisa Danau Toba, serta Keputusan Menteri Perhubungan untuk membandingkan standarisasi dari pengembangan runway dan fasilitas alat bantu pendaratan yang dimiliki oleh Bandar Udara Sibisa Danau Toba.

### 3.4. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir urutan kerja penelitian yang akan dilakukan

:



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan yang dilakukan penulis, tebal perkerasan dengan grafis menggunakan metode FAA untuk kebutuhan pesawat ATR 72-600 didapat tebal perkerasan total sebesar 19 inch (48,26 cm) dan nilai CBR subgrade = 6% maka didapat tebal lapisan surface atau aspal sebesar 4 inch (10 cm), tebal lapisan base atau crush stone base sebesar 6 inch (15,24 cm), dan tebal lapisan subbase sebesar 9 inch (22,86 cm).
2. Bandara Udara Sibisa, dapat diketahui bahwa Aeroplane Reference Field Length (ARFL) Bandar Udara Sibisa setelah dikoreksi adalah 863,367 m, Dalam pengembangan runway pesawat rencana yang akan dilayani adalah ATR 72 dengan Aeroplane Reference Field Length ( ARFL ) 1290 meter lebih besar dari ARFL Bandar Udara Sibisa - Parapat yaitu 863,367 meter, sehingga perlu perpanjangan Aeroplane Reference Field Length ( ARFL ) yaitu 426,633 meter untuk dapat melayani pesawat yang direncanakan yaitu ATR 72-600 dengan Maximum Take Off Weight ( MTOW ) maksimum.
3. Fasilitas alat bantu pendaratan yang dimiliki oleh Bandar Udara Sibisa adalah marka yang terdiri dari Runway Side Strip Marking, Runway Designation Marking, Threshold Marking, Runway Centre Line Marking, Aiming Point Marking, dan Touchdown Marking , beserta alat bantu

pendaratan visual seperti windsock dan yang berbentuk lampu / cahaya ( lights ) yang terdiri dari Approach Lighting, Windsock, Threshold Lighting, Runway End Identification Lighting, Runway Edge Light, Precision Approach Path Indicator.

4. Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No : KM 47 Tahun 2018 tentang Sertifikasi Operasi Penerbangan Bandar Udara, fasilitas alat bantu pendaratan visual yang dimiliki oleh Bandar udara Sibisa, harus dilakukan peningkatan agar sesuai dengan standar yang diberlakukan oleh ICAO ( Annex 14 ) dan Standar Nasional Indonesia ( SNI ). Peningkatan yang harus dilakukan seperti penambahan ukuran, penempatan untuk marka, dan fasilitas-fasilitas pendukung lainnya.

## 5.2. Saran

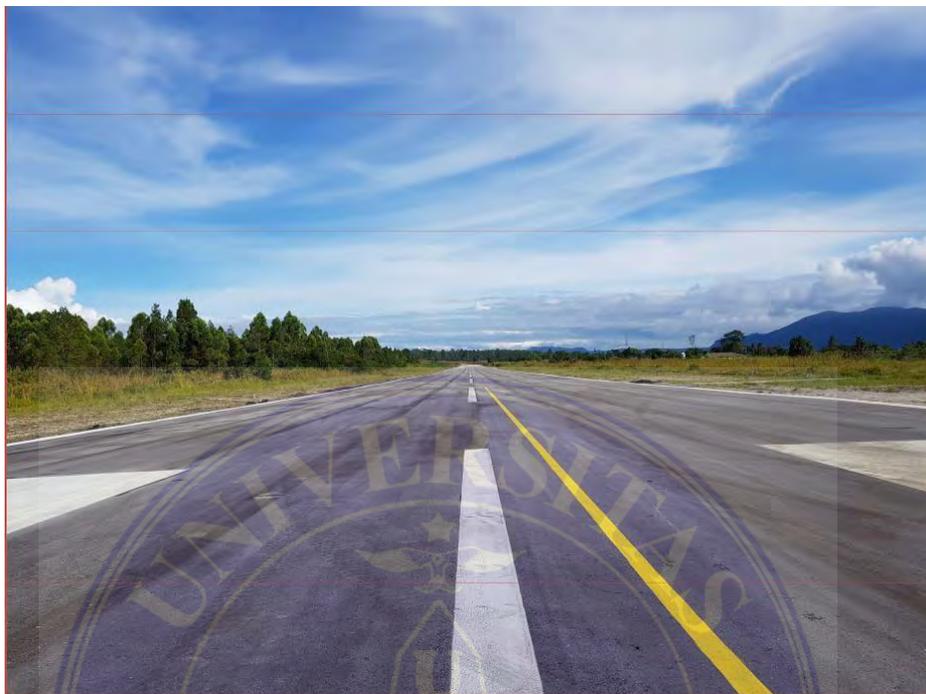
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran atau usulan sebagai berikut :

1. Kelengkapan dan kemampuan fasilitas / peralatan pemanduan lalu lintas udara saat ini akan lebih baik jika dilengkapi dengan Instrument Landing System ( ILS ).
2. Hendaknya pembangunan Bandar Sibisa - Parapat, Kota Parapat segera diselesaikan, karena mengingat Danau Toba akan dijadikan sebagai objek wisata, sehingga hal ini akan membuat semakin bertambahnya jumlah penumpang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki Heru, “Merancang Dan Merencanakan Lapangan Terbang” Bandung (Alumni), 2014
- Djoko Warsito, “Manajemen Bandar Udara, landasan pacu, taxiway, dan apron” Erlangga, 2017
- Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey, “Perencanaan Dan Perancangan Bandar Udara” Erlangga 2020
- Asiyanto, “Metode Kontruksi Proyek Jalan” Universitas Indonesia (UI Press), 2016
- Internasional Civil Aviation Organization (ICAO). “Volume I Aerodroma Design and Operation, (Terjemahan) 2015
- Fidel Miro, “Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi” , Jakarta Erlangga, 2015
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 24 Tahun 2018, Tentang “Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil”
- Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/129/2017, “Tentang Persyaratan Teknis pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara”
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 69 Tahun 2019 Tentang “Tatanan Kebandarudaraan Nasional”
- Jurnal Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin 2014. “Perencanaan Struktur Perkerasan Landas Pacu Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin’.
- Peraturan Menteri Perhubungan” Nomor: PM 56 Tahun 2015 Undang-Undang No. 1 Tentang Kegiatan Pengusahaan di Bandar Udara).
- Peraturan Dirjen Perhubungan Udara Nomor: KP 39 Tahun 2015 Tentang” “Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139”

## LAMPIRAN



Gambar 1 : Landasan Pacu (Runway) Bandar Udara Sibisa



Gambar 2 : Landasan Pacu (Runway) Bandar Udara Sibisa



Gambar 3 : Taxiway Bandar Udara Sibisa



Gambar 4 : Apron Bandar Udara Sibisa



Gambar 5 : Tampak Depan Gedung Bandar Udara Sibisa



Gambar 6 : Tampak Samping Gedung Bandar Udara Sibisa



Gambar 7 : Gedung Adminitrasi Bandar Udara Sibisa



Gambar 8 : Gedung Operasional Bandar Udara Sibisa



Gambar 9 : Fasilitas Komunikasi Bandar Udara Sibisa



Gambar 10 : Personil Bandar Udara Sibisa



Gambar 11 : Fasilitas Keamanan & Keselamatan Bandar Udara Sibisa



Gambar 12 : Fasilitas Keamanan & Keselamatan Bandar Udara Sibisa



Gambar 13 : Staf Pekerja Bandar Udara Sibisa



Gambar 14 : Staf Pekerja Bandar Udara Sibisa