

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Secara umum struktur lapis keras, adalah suatu konstruksi yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan ketebalan yang berlainan. Fungsi utama lapis keras, adalah untuk mendukung beban lalu lintas yang bekerja di atasnya secara aman dan nyaman, sehingga tidak terjadi kerusakan yang cukup berarti selama umur rencana. Untuk itu, lapis keras perlu dirancang dan dibangun sedemikian rupa, sehingga mampu menahan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan disekitarnya.

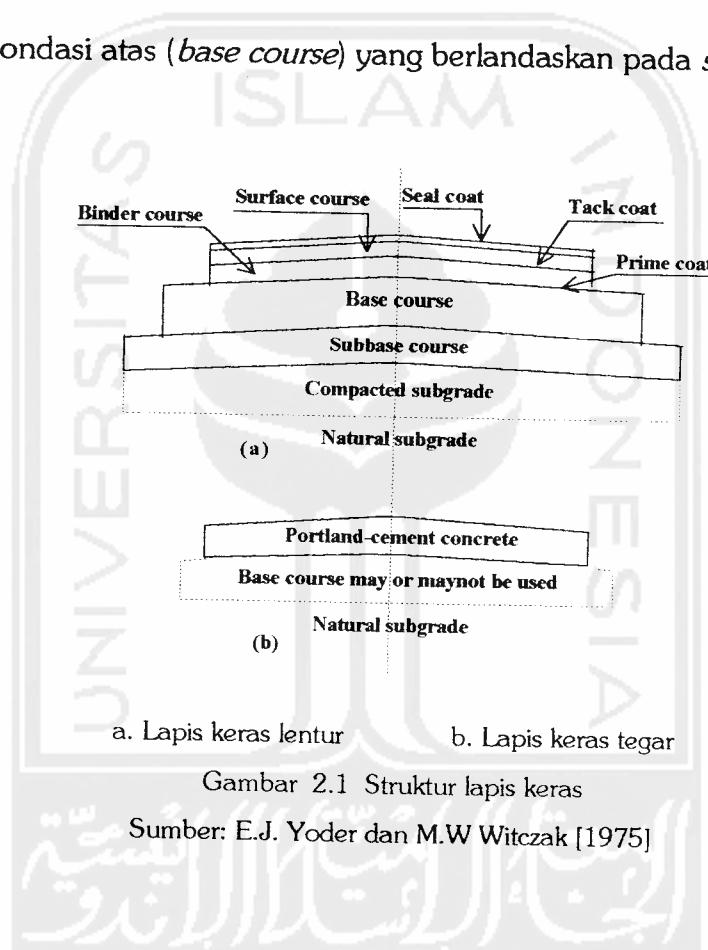
Struktur lapis keras menurut bahan pengikatnya dapat dibedakan menjadi dua jenis [E.J. Yoder dan M.W. Witczak, 1975], yaitu:

##### **1. Lapis Keras Lentur (*Flexible Pavement*)**

Lapis keras lentur (*flexible pavement*), adalah lapis keras yang menggunakan bahan pengikat aspal, dan lapisan lapis keras lainnya bersifat mendukung dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Umumnya, lapis keras lentur terdiri dari lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan tanah dasar (*subgrade*).

## 2. Lapis Keras Tegar (*Rigid Pavement*)

Lapis keras tegar (*rigid pavement*), adalah lapis keras dengan bahan pengikat semen *portland* (*portland cement*). Lapis keras tegar, umumnya terdiri dari pelat beton semen *portland* dengan atau tanpa pondasi atas (*base course*) yang berlandaskan pada *subgrade*.



Gambar 2.1 Struktur lapis keras

Sumber: E.J. Yoder dan M.W Witzcak [1975]

### 2.2 Khusus

Struktur lapis keras lentur (*structural flexible pavement*), adalah konstruksi yang mendukung beban pesawat yang berhubungan dengan struktur, stabilitas, kriteria dimensi, kemampuan *manuver*, pengendalian, dan operasi lainnya.

Di Indonesia, hampir semua landas pacu menggunakan struktur lapis keras lentur. Untuk bandar udara tertentu yang memerlukan kajian khusus, misalnya bandar udara Internasional Soekarno-Hatta Cengkareng, landas pacu ditetapkan menggunakan lapis keras kaku. Ada beberapa keuntungan jenis lapis keras lentur digunakan untuk landas pacu dibandingkan dengan jenis lapis keras tegar [Wardhani S., 1995], antara lain:

1. Beban yang didukung merupakan beban dinamik (pesawat yang bergerak).
2. Pemeliharaan berkala relatif lebih mudah.
3. Bagi perusahaan penerbangan, yaitu keawetan (*durability*) roda pesawat (*main landing gear wheel*) terhadap keausan, akibat gesekan antara roda pesawat dengan permukaan landas pacu lebih lama.
4. Bagi *crew* dan penumpang, yaitu kenyamanan pada saat lepas landas maupun mendarat lebih nyaman.

### **2.2.1 Struktur Lapis Keras Lentur**

Struktur lapis keras lentur, terdiri dari lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*) yang dihamparkan pada permukaan tanah dasar (*subgrade*) yang telah diperbaiki mutunya (tanah dasar dapat berupa galian atau timbunan yang telah dipadatkan).

### 1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan, adalah lapisan atas yang mempunyai tekstur kekesatan (*skid resistance*), kekasaran (*roughness*), kerataan (*eveness*), meneruskan, dan menyebarkan beban yang didukung lapis atas ke lapis *base course*. Lapis permukaan [Wardhani S., 1992], terdiri dari:

- a. ***Wearing Course***, berfungsi sebagai lapis aus yang dapat diganti/dikupas, jika permukaan lapis keras mengalami kerusakan (cacat/aus) atau akan diperlakukan sebagai lapis pondasi atas bagi lapisan permukaan yang baru.
- b. ***Binder Course***, berfungsi untuk menyediakan lapis ikat yang rata bagi *wearing course* dan menerima beban dari *wearing course* yang kemudian diteruskan pada lapis pondasi dibawahnya.

Selain itu, fungsi dari lapis permukaan adalah untuk mencegah daya tembus air permukaan ke lapisan dibawahnya, memberi kebebasan permukaan yang terikat dari partikel-partikel bebas yang dapat membahayakan pesawat terbang maupun penumpang, menahan tekanan gesek yang disebabkan oleh roda pesawat, dan menyempurnakan kualitas tekstur lapisan tersebut sehingga tidak mudah slip.

## 2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas, adalah komponen struktur lapis keras lentur yang berfungsi dalam mendistribusikan tekanan roda pesawat yang diterima dari lapis permukaan ke lapis pondasi bawah, sehingga mampu menahan tekanan vertikal yang dapat mengakibatkan pengukuhan dan distorsi pada lapis permukaan, serta menahan perubahan volume yang disebabkan oleh naik turunnya kadar kelembaman. Penggunaan bahan yang distabilisasi akan memberikan keuntungan pada tebal akhir lapisan ini, dengan syarat tebal minimum tidak boleh kurang dari tebal yang disyaratkan oleh lapis pondasi atas.

Wardhani S. [1992], menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi atas yang distabilisasi. Ketebalan material yang distabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan ketebalan dasar dengan faktor ekuivalen, yang dirangkum dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi atas

No	Material	Faktor Ekuivalen
1	Lapis permukaan berbitumen	1.2 - 1.6
2	Lapis pondasi atas berbitumen	1.2 - 1.6
3	Lapis pondasi atas berbitumen, digelar dingin	1.0 - 1.2
4	Lapis pondasi atas, digelar setempat	1.0 - 1.2
5	Lapis pondasi atas, dengan bahan pengikat semen	1.2 - 1.6
6	Lapis pondasi atas dari campuran tanah dan semen	Tidak berlaku
7	Lapis pondasi atas dari batu pecah (CBR 80 %)	1.0
8	Lapis pondasi bawah	Tidak berlaku

Sumber: Wardhani S. [1992]

### 3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah, mempunyai fungsi meneruskan dan menyebarkan beban roda pesawat dari lapis pondasi atas ke tanah dasar, tetapi intensitas pembebanannya lebih kecil. Penggunaan bahan yang distabilisasi akan memberikan keuntungan pada tebal akhir lapisan ini.

Wardhani S. [1992], menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang distabilisasi. Ketebalan material yang distabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan tebal dasar granular dengan faktor ekuivalen, yang dirangkum dalam tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi bawah

No	Material	Faktor Ekuivalen
1	Lapis permukaan berbitumen	1.7 - 2.3
2	Lapis pondasi atas berbitumen	1.7 - 2.3
3	Lapis pondasi atas berbitumen, digelar dingin	1.5 - 1.7
4	Lapis pondasi atas, digelar setempat	1.5 - 1.7
5	Lapis pondasi atas, dengan bahan pengikat semen	1.6 - 2.3
6	Lapis pondasi atas dari campuran tanah dan semen	1.5 - 2.0
7	Lapis pondasi atas dari batu pecah	1.4 - 2.0
8	Lapis pondasi bawah (CBR 20 %)	1.0

Sumber: Wardhani S. [1992]

#### **4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Lapis tanah dasar, adalah lapis dasar yang mendukung lapis keras secara keseluruhan. Tanah sebagai dasar (*subgrade*), berfungsi untuk menahan tekanan yang diberikan oleh lapisan di atasnya, sehingga tekanan yang diterima oleh *subgrade* lebih kecil dibandingkan dengan tekanan pada lapisan di atasnya.

Tekanan pada lapis tanah dasar akan berkurang sesuai dengan kedalamannya, kecuali bila kondisi tanah yang tidak biasa. Kondisi yang tidak biasa tersebut seperti *subgrade* berlapis / kerapatan / kadar air yang bervariasi. Selain itu, kemampuan tanah untuk menahan gesekan dan deformasi akan bervariasi, sesuai dengan kadar kelembaman dan kerapatannya. Kondisi ini harus diperiksa selama penelitian tanah.

##### **2.2.2 Tegangan - Tegangan pada Lapis Keras Lentur**

Struktur lapis keras lentur yang didirikan di atas tanah dasar, dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat dari beban lalu lintas di atasnya, dapat disebarkan secara merata. Karena sifat penyebaran gaya oleh beban tersebut, maka tegangan yang diterima oleh masing-masing lapisan akan berbeda-beda (semakin ke bawah, semakin kecil tegangan yang diterima), sehingga tegangan yang sampai pada tanah dasar diharapkan tidak melampaui kapasitas daya dukung tanah yang ada.

Ada beberapa jenis tegangan yang mempengaruhi lapis keras landas pacu [R. Horonjeff dan F.X. McKelvey, 1994], antara lain:

1. Tegangan akibat pembebanan roda pesawat.
2. Tegangan akibat perbedaan temperatur dan kelembaman.
3. Tegangan akibat gesekan dan pengereman.

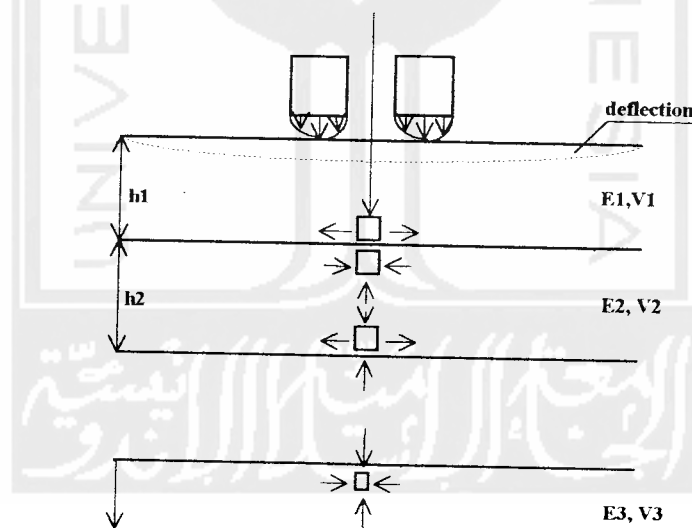
### **1. Tegangan Akibat Pembebanan Roda Pesawat**

Secara analitis, tebal lapis keras dirancang atas dasar tekanan, regangan, dan perpindahan pada bidang pemisah dibawah pusat daerah yang diheban. Dua kriteria rancangan utama yang dipergunakan adalah nilai modulus elastisitas dan *ratio poissons* untuk setiap lapisan, yang diuraikan sebagai berikut:

- a. Regangan tarik horisontal pada bagian bawah lapisan dengan bahan pengikat aspal. Besarnya regangan tarik horisontal tergantung dari karakteristik kelelahan dari campuran aspal, dengan nilai batas menurut *Shell Oil Company* sebesar  $2.3 \times 10^{-4}$  in/in, pada pengulangan regangan  $10^6$ . Jika regangan ini melebihi nilai batas, maka akan terjadi retak pada lapisan aspal.



- b. Regangan tekan vertikal pada permukaan tanah dasar (*subgrade*).  
 Besarnya regangan tekan vertikal tergantung pada jumlah pembebanan, dengan nilai batas menurut *Shell Oil Company* ditetapkan sebesar  $10.3 \times 10^{-4}$  in/in pada pengulangan regangan  $10^6$ . Jika regangan ini melebihi nilai batas, maka deformasi permanen akan terjadi pada *subgrade*, dan akhirnya dapat menimbulkan deformasi permanen pada lapis permukaan, yang mengakibatkan bentuk lapis permukaan yang bergelombang. Pembagian tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Pembagian tegangan dan regangan  
 Sumber: R. Horonjeff dan F.X. McKelvey [1994]

## **2. Tegangan Akibat Perbedaan Temperatur dan Kelembaman**

Kondisi lingkungan yang melingkupi lapis keras sangat berpengaruh terhadap lapis permukaan. Hal ini disebabkan lapis keras terletak pada tempat yang tidak terlindung, maka perbedaan temperatur dan kelembaman sangat mempengaruhi bentuk dari lapis permukaan. Selain itu, suhu dan tekanan udara yang sangat tinggi akan menambah gaya pengereman yang besar, sehingga kemampuan udara untuk melawan gaya sangat kecil.

## **3. Tegangan Akibat Gesekan dan Pengereman**

Tegangan akibat gesekan ini, ditimbulkan oleh pesawat pada saat melakukan *manuver* (tinggal landas/mendarat). Gaya gesek yang terbesar diberikan oleh roda pada saat pesawat mendarat, dan melakukan pengereman. Hal ini dapat dilihat adanya pancaran kilat api antara roda pendaratan pesawat dengan lapis keras landas pacu, terutama pada malam hari.

### **2.2.3 Kerusakan - Kerusakan pada Lapis Keras Lentur**

Pemeliharaan dan pemantauan terhadap kinerja landas pacu dapat dilakukan secara periodik, agar kerusakan-kerusakan yang terjadi pada lapis keras dapat segera diketahui dan diperbaiki. Beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada lapis keras lentur landas pacu [Djoko M., 1995], antara lain:

1. Retak kulit buaya (*alligator cracking*).
2. Retak pinggir (*edger cracking*).
3. Lendutan permanen / alur bekas roda (*rutting*).

### **1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)**

Retak kulit buaya, adalah retak yang membentuk celah-celah saling berangkaian atau kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh mutu bahan lapis keras yang kurang baik, pelapukan permukaan, dan lapisan bawah lapis keras kurang stabil atau dalam keadaan jenuh air. Daerah terjadinya retak ini, pada umumnya tidak terlalu luas. Jika ternyata cukup luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui batas beban yang dapat didukung oleh lapis permukaan.

### **2. Retak Pinggir (*Edger Cracking*)**

Retak pinggir, adalah retak arah memanjang atau melintang pada landas pacu, biasanya retak ini diikuti dengan retak cabang yang mengarah pada bahu lapis keras. Retak ini disebabkan oleh sistem drainasi yang kurang baik, dan perbedaan penurunan (*differential settlement*) pada tanah dasar.

### **3. Lendutan Permanen / Alur Bekas Roda (*Rutting*)**

Kerusakan ini terjadi, karena lapis keras menerima beban yang berlebihan atau tidak sesuai dengan perancangan semula. Salah satu faktor penyebab utama lendutan pada struktur lapis keras, disebabkan adanya pergerakan bahan pembentuk lapis keras dalam jumlah yang tidak diinginkan.

Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh diatas permukaan landas pacu, sehingga mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat menimbulkan retak.

### 2.3 Dasar - Dasar Perancangan Tebal Lapis Keras Lentur

Perencanaan bandar udara merupakan suatu proses yang demikian rumitnya, sehingga analisis suatu kegiatan harus memperhatikan pengaruhnya terhadap kegiatan lainnya. Perencanaan bandar udara akan berhasil dengan baik, jika didasarkan pada pedoman-pedoman yang dibuat berdasarkan rencana induk dan sistem bandar udara secara menyeluruh.

Heru Basuki [1985], menyatakan bahwa rencana induk adalah konsep pengembangan lapangan terbang secara ultimit, dalam arti pengembangan di seluruh areal lapangan terbang, operasi penerbangan dan tata guna tanah sekitarnya. Rencana induk yang menjadi pedoman pengembangan dikemudian hari, adalah bagian operasi penerbangan yang memadai, selaras dengan lingkungan, dan pengembangan masyarakat, serta sarana transportasi penunjang lainnya. Secara rinci tujuan rencana induk dari suatu bandar udara adalah sebagai berikut:

1. Pedoman untuk pengembangan fasilitas fisik bandar udara.
2. Pedoman bagi tata guna tanah dan pengembangannya, didalam dan sekitar bandar udara.
3. Petunjuk mengenai pengaruh lingkungan dari pembangunan bandar udara dan operasi penerbangan.
4. Petunjuk mengenai kebutuhan pembuatan jalan masuk dan keluar dari bandar udara (*access interface*).

5. Pedoman tentang kelayakan ekonomi, dan finansial yang diinginkan dari pengembangan bandar udara.
6. Pedoman untuk membuat rencana perbaikan-perbaikan secara prioritas.

Rencana induk (*master plan*) dari bandar udara [Heru Basuki, 1985], paling sedikit harus berisi antara lain:

1. Ramalan tahunan dan jam-jam sibuk harian yang mencakup operasi penerbangan, jumlah penumpang, volume barang, dan lalu lintas darat.
2. Alternatif pemecahan persoalan dari kebutuhan-kebutuhan yang diramalkan secara memadai dan memuaskan dengan memperhatikan pengaruh-pengaruhnya terhadap lingkungan, keselamatan, dan ekonomi.
3. Analisis biaya investasi dan keuntungannya.
4. Pengaruh lingkungan dan cara mengatasinya.

Proses perencanaan sistem bandar udara yang berkesinambungan, diperlukan untuk memenuhi kebutuhan transportasi udara yang dapat berubah sesuai dengan perubahan permintaan pelayanan penerbangan, kebijaksanaan pemerintah, teknologi baru, dan berbagai faktor lainnya.

Setiap perencanaan harus selalu disertai alternatif perencanaan lebih lanjut. Pilihan terhadap perencanaan yang ada, memberikan rasio terbesar antara keuntungan terhadap investasi, dan yang memiliki kemungkinan rasio terbesar untuk dipilih sebagai rancangan perencanaan.

Perancangan tebal lapis keras landas pacu [Agus T.M., 1994], dirancang berdasarkan:

1. Kapasitas lalulintas udara.
2. Karakteristik pesawat terbang.
3. Kondisi dan daya dukung tanah dasar.
4. Bahan lapis keras.


### **2.3.1 Kapasitas Lalulintas Udara**

R. Horonjeff dan F.X. McKelvey [1994], mendefinisikan kapasitas dalam dua definisi. Pertama, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang selama jangka waktu tertentu, yang berkesesuaian dengan tingkat penundaan rata-rata yang dapat diterima (kapasitas praktis). Kedua, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat dilakukan pada suatu bandar udara selama jangka waktu tertentu, ketika terdapat permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan (kapasitas ultimit). Permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan itu, berarti selalu terdapat pesawat yang siap untuk lepas landas.

Perbedaan penting kedua definisi kapasitas tersebut, bahwa kapasitas praktis dinyatakan dalam penundaan, sedangkan kapasitas ultimit tidak dinyatakan dalam penundaan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kapasitas ultimit mencerminkan kemampuan bandar udara untuk melayani pesawat selama jangka waktu tertentu pada kegiatan puncak.

Hubungan konfigurasi landas pacu dengan kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang, dapat dilihat dalam tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang

Konfigurasi Landas Pacu	Mix. Index, % (C + 3D)	Kapasitas, operasi per jam		Volume pelayanan Tahunan, operasi per Tahun
		VFR	IFR	
 <i>Arrivals = Departures</i>	0-20	98	59	230,000
	21-50	74	57	195,000
	51-80	63	56	205,000
	81-120	55	53	210,000
	121-180	51	50	240,000

(Hanya diambil untuk konfigurasi landas pacu tunggal/*single runway*)

Sumber: R. Horonjeff dan F.X. McKelvey [1994]

Untuk mengetahui pertumbuhan lalulintas udara di masa yang akan datang, dilakukan analisis *trend* lalulintas pesawat dengan menggunakan persamaan berikut ini. [B.D. Greensheilds dan F.M. Wieda, 1978]

$$y = a + bx \quad (2-1)$$

dengan:  $y$  = jumlah lalulintas pesawat,

$a$  = konstanta,

$b$  = slope, dan

$x$  = koding (waktu).

Koefisien korelasi digunakan untuk menyatakan hubungan variabel x dan y, didapat dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$r = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{[n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2] \cdot [n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (2-2)$$

Dengan: r = koefisien korelasi,

n = jumlah tahun yang dianalisis,

x = variabel independent yang dianalisis trend (waktu), dan

y = variabel pergerakan pesawat yang dianalisis.

Uji waktu digunakan untuk menyatakan hubungan variabel x yang dianalisis terhadap masa yang akan datang, didapat dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$t_0 = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2-3)$$

Dengan:  $t_0$  = uji waktu,

r = koefisien korelasi, dan

n = jumlah tahun yang dianalisis.

### 2.3.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Karakteristik pesawat terbang digunakan untuk merencanakan fasilitas-fasilitas yang diperlukan oleh pesawat tersebut. Dalam perencanaan bandar udara, karakteristik pesawat terbang akan mempengaruhi ukuran tempat parkir (*apron*), lebar landas pacu (*runway*), dan landas panghubung (*taxiway*).



Karakteristik pesawat terbang yang berhubungan dengan perancangan lapis keras bandar udara [Wardhani S., 1992], antara lain:

1. Beban pesawat.
2. Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat.

### 1. Beban Pesawat

Beban pesawat diperlukan untuk menentukan tebal lapis keras landas pacu yang dibutuhkan. Beberapa jenis beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasian pesawat [Wardhani S., 1992], antara lain:

- a. Berat Kosong Operasi ( $OWM = \text{Operating Weight Empty}$ ), adalah beban utama pesawat, termasuk awak pesawat dan konfigurasi roda pesawat, tetapi tidak termasuk muatan (*payload*), dan bahan bakar.
- b. Muatan (*Payload*), adalah beban pesawat yang diperbolehkan untuk diangkut oleh pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat. Biasanya beban muatan menghasilkan pendapatan (beban yang dikenai biaya). Secara teoritis, beban maksimum ini merupakan perbedaan antara berat bahan bakar kosong dan berat operasi kosong.
- c. Berat Bahan Bakar Kosong ( $ZFW = \text{Zero Fuel Weight}$ ), adalah beban maksimum yang terdiri dari berat operasi kosong, beban penumpang, dan barang.

- d. Berat Lereng Maksimum (MRW = *Maximum Ramp Weight*), adalah beban maksimum untuk melakukan gerakan (*manuver*), atau berjalan dari parkir pesawat ke pangkal landas pacu. Selama melakukan gerakan ini, maka akan terjadi pembakaran bahan bakar, sehingga pesawat akan kehilangan berat.
- e. Berat Maksimum Lepas Landas (MTOW = *Maximum Take Off Weight*), adalah beban maksimum pada awal lepas landas, sesuai dengan bobot pesawat, dan persyaratan kelayakan penerbangan. Beban ini meliputi berat operasi kosong, bahan bakar dan cadangan (tidak termasuk bahan bakar yang digunakan untuk melakukan gerakan awal), dan muatan (*payload*).
- f. Berat Maksimum Pendaratan (MLW = *Maximum Landing Weight*), adalah beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh lapis keras (mendarat), sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

Untuk lebih jelasnya mengenai pengertian beban pesawat saat pengoperasian, dirangkum dalam tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Beban pesawat saat pengoperasian

Komponen Pesawat	Berat Dasar	Crew	Gear	Muatan	Bahan Bakar				
					man.	t.o	Trav.	Ld.	Res.
OWE	*	*	*	-	-	-	-	-	-
Payload	-	-	-	*	-	-	-	-	-
Max. payload	-	-	-	*max.	-	-	-	-	-
ZFW	*	*	*	*max.	-	-	-	-	-
MRW	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MTOW	*	*	*	*	-	*	*	*	*
MLW	*	*	*	*	-	-	-	*	*

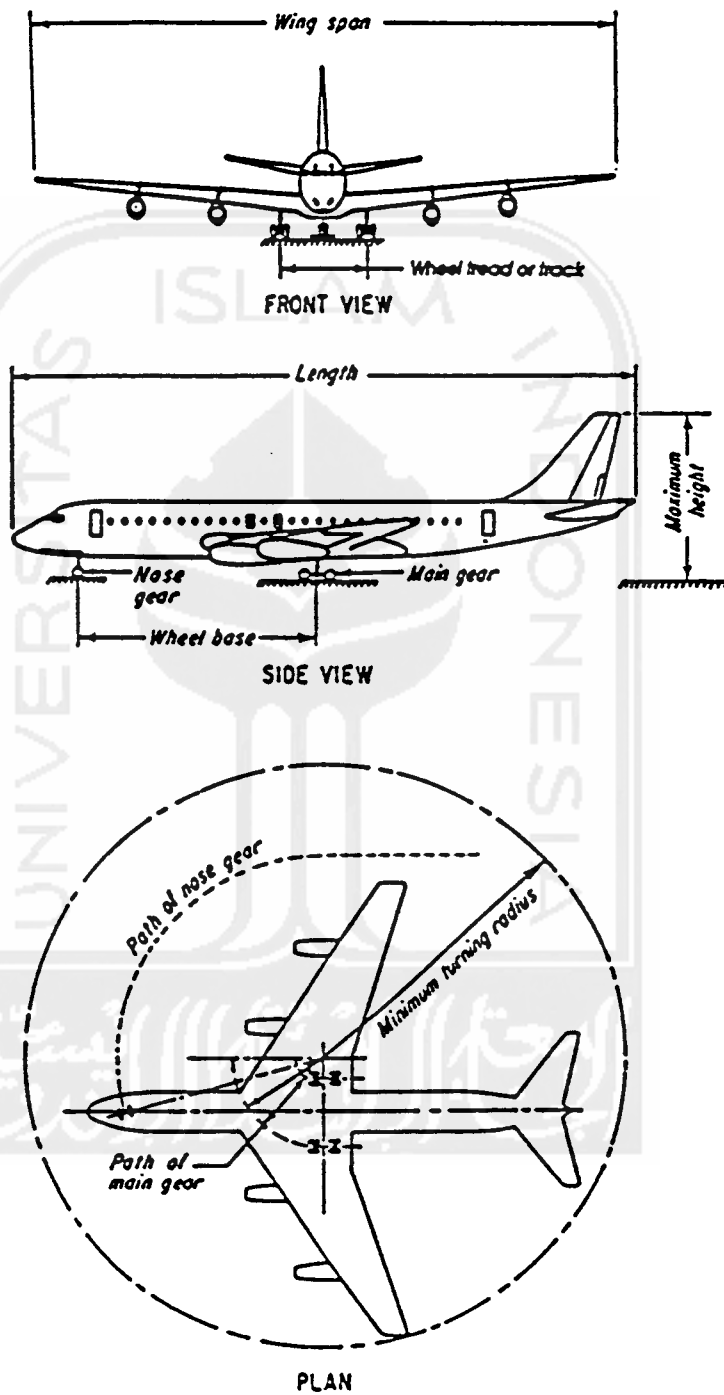
Catataan: man. = *Manuver* (gerakan), t.o = *Take off* (tinggal landas), trav. = *Travelling* (perjalanan), Ld. = *Landing* (mendarat), res. = *Reserve* (cadangan),  
Tanda (\*) = diperhitungkan, dan Tanda (-) = tidak diperhitungkan.

Sumber: Wardhani S. [1992]

## 2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Pesawat

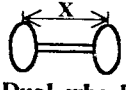
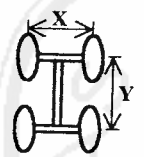
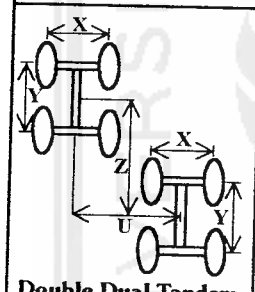
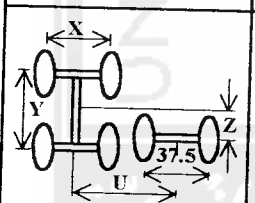
Selain berat pesawat, konfigurasi roda pendaratan utama sangat berpengaruh terhadap perancangan tebal lapis keras. Pada umumnya, konfigurasi roda pendaratan utama dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang ditimbulkan selama melakukan pendaratan (semakin besar gaya yang ditimbulkan semakin kuat roda yang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

Konfigurasi roda pendaratan utama, ukuran, dan tekanan pemompaan tipikal untuk beberapa jenis pesawat dirangkum dalam tabel 2.5, sedangkan untuk geometrik pesawat dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Geometrik pesawat terbang  
 Sumber: R. Horonjeff dan F.X. McKelvey [1994]

Tabel 2.5 Konfigurasi roda pendaratan utama

Susunan Roda Pendaratan Utama	Tipe	Ukuran (inci)					Tekanan Pemompan Tipikal (lb/in <sup>2</sup> )
		X	Y	Z	U	V	
 Dual wheel	B-727 B-737 MD-81	34.0 30.5 28.1					168 148 170
 Dual Tandem	A-300 A-310 A-320 B-707-122B B-707-320B B-720B B-757 B-767 Concorde DC-8-61 DC-8-62 DC-8-63 DC-10-10 L-1011-500	36.5 36.5 30.7 34.0 34.6 32.0 34.0 45.0 26.4 30.0 32.0 32.0 54.0 52.0	55.0 55.0 39.5 56.0 56.0 49.0 45.0 56.0 65.7 55.0 56.0 55.0 64.0 70.0				181 172 149 170 180 145 161 183 184 188 187 196 173 184
 Double Dual Tandem	B-747-100 B-747-200 B-747-400 B-747SP	44.0 44.0 44.0 44.0	58.0 58.0 58.0 58.0	121.1 121.1 121.1 121.1	141.0 141.0 141.0 141.0		192 204 195 205
	A-340 DC-10-30 DC-10-40	55.0 54.0 54.0	78.0 64.0 64.0	39.0 30.0 30.0	211.0 216.0 216.0	38.0 37.5 37.5	157* 165**

\*) Tekanan roda tengah sebesar 134 psi mendukung 16 persen dari berat total

\*\*\*) Tekanan roda tengah sebesar 140 psi mendukung 16 persen dari berat total

Sumber: R. Horonjeff dan F.X. McKelvey [1994]

### **2.3.3 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar**

Tanah adalah lapis dasar pendukung struktur lapis keras lentur, yang berguna untuk menyebarkan beban yang diterima dari lapis pondasi bawah (*subbase course*) ke tanah dasar. Untuk mengetahui kondisi dan daya dukung tanah dasar, harus dilakukan pengujian kepadatan tanah dengan cara menggali tanah pada lokasi landas pacu (test CBR di lapangan), dan mengambil sampel tanah untuk dilakukan test CBR di laboratorium.

Dengan mengetahui kepadatan tanah dasar akan menentukan ketebalan lapis keras tersebut, sehingga kondisi tanah dasar sangat diperlukan untuk perancangan lapis keras.

### **2.3.4 Bahan Lapis Keras.**

Perencanaan bahan lapis keras, dilakukan untuk menentukan bahan penyusun dan komposisi lapis keras tersebut. Dengan menentukan bahan penyusun untuk setiap lapis, dapat direncanakan ketebalan minimum yang dibutuhkan, sehingga mampu menjamin bahwa tegangan untuk setiap lapis tidak akan menimbulkan kerusakan yang terlalu dini.