

BAB IV

DATA PERANCANGAN

4.1 Kapasitas Lalulintas Udara

Bandar udara Adisutjipto Yogyakarta merupakan bandar udara domestik, dengan landas pacu tunggal yang melayani kedatangan dan keberangkatan pesawat. Pada analisis perancangan lapis keras landas pacu, kapasitas lalulintas udara digunakan untuk menentukan kemampuan pengolahan suatu fasilitas pelayanan selama jangka waktu tertentu. Untuk mengetahui kapasitas maksimum dari suatu fasilitas pelayanan, harus terdapat permintaan yang berkesinambungan terhadap pelayanan itu.

Dari data lalulintas udara yang ada di PT (persero) Angkasa Pura I bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, diperoleh data lalulintas udara tahun 1990-1995 seperti dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data lalulintas udara tahun 1990-1995

No	Tahun	Pesawat		Penumpang		
		Kedatangan	Keberangkatan	Kedatangan	Keberangkatan	<i>Transit</i>
1	1990	2,443	2,442	276,864	291,491	4,555
2	1991	4,982	4,973	297,108	322,891	12,026
3	1992	6,286	6,363	370,238	378,782	34,191
4	1993	7,164	7,172	487,602	499,461	43,280
5	1994	8,877	8,844	583,348	584,169	45,351
6	1995	10,038	10,056	565,537	570,503	46,039
Jumlah		39,790	39,850	2,580,697	2,647,297	185,442

Sumber: PT (persero) Angkasa Pura I bandar udara Adisutjipto Yogyakarta [1995]

Prakiraan lalu lintas udara pada masa yang akan datang dilakukan dengan cara menganalisis data lalu lintas udara pada masa-masa yang lalu, kemudian diproyeksikan ke masa yang akan datang. Analisis data historis yang digunakan adalah analisis *trend* pergerakan pesawat (lihat lampiran 2). Analisis *trend* pergerakan pesawat untuk tahun 1990-1995, dapat dilihat dalam tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Analisis *trend* pergerakan pesawat tahun 1990-1995

No	Tahun	Pesawat (Y)	X	X ²	Y ²	X . Y
1	1990	4,885	- 5	25	23,863,225	-24,425
2	1991	9,955	- 3	9	99,102,025	-29,865
3	1992	12,649	- 1	1	159,997,201	-12,649
4	1993	14,336	1	1	205,520,896	14,336
5	1994	17,721	3	9	314,033,841	53,163
6	1995	20,094	5	25	403,768,836	100,470
Jumlah		79,640	0	70	1,206,286,024	101,030

Dari tabel 4.2, analisis *trend* pergerakan pesawat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-1) berikut ini.

$$y = a + bx$$

$$\text{dengan: } a = \frac{\sum Y}{n} = \frac{79,640}{6} = 13,273.3333$$

$$b = \frac{\sum(X.Y)}{\sum(X^2)} = \frac{101,030}{70} = 1,443.2857$$

Persamaan garis *trend* pergerakan pesawat, menjadi:

$$y = 13,273.3333 + 1,443.2857x$$

Perhitungan koefisien korelasi, didapat dengan menggunakan persamaan (2-2) berikut ini.

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

$$r = \frac{6 (101,030) - (0) (79,640)}{\sqrt{[(6) (70) - (0)^2] \cdot [(6) (1,206,286,024) - (79,640)^2]}}$$

$$r = \frac{606,180}{613,170.7336} = 0.9885990423$$

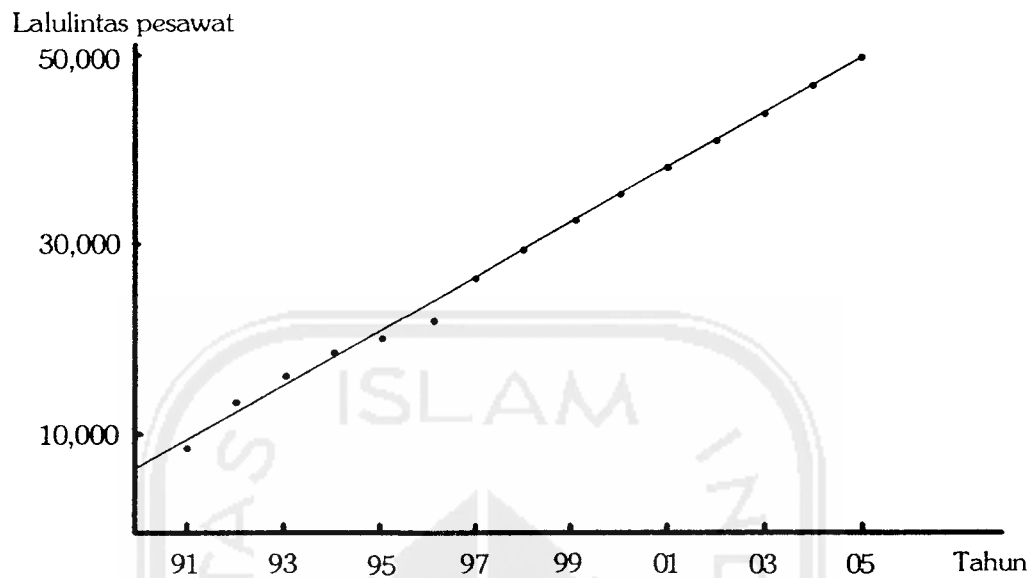
Perhitungan uji waktu, didapat dengan menggunakan persamaan (2-3) berikut ini.

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t_0 = \frac{0,9885990423 \sqrt{(6-2)}}{\sqrt{[1 - (0.9885990423)^2]}}$$

$$t_0 = \frac{1,977198085}{0.1505720213} = 13.13124489$$

Persamaan *trend* pergerakan pesawat: $y = 13,273.3333 + 1,443.2857x$, dengan koefisien korelasi $(r) = 0.988590423$, dibuat diagram pencar (*scatter plot*) seperti dalam gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik prakiraan lalulintas udara bandar udara Adisutjipto Yogyakarta

Dari gambar 4.1 didapat prakiraan lalulintas udara bandar udara Adisutjipto Yogyakarta mulai tahun 1995-2005, yang dirangkum dalam tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Prakiraan lalulintas udara

No	Tahun	Pergerakan Pesawat
1	1995	20,490
2	1996	23,377
3	1997	26,263
4	1998	29,150
5	1999	32,036
6	2000	34,923
7	2001	37,810
8	2002	40,696
9	2003	43,583
10	2004	46,469
11	2005	49,356
Jumlah		384,153

Kategori pesawat campuran yang dipertimbangkan untuk perancangan lapis keras dikelompokkan menurut kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut, seperti dalam tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Kategori pesawat campuran berdasarkan kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut

No.	Kapasitas	Tipe Pesawat Terbang
1	M 150	B-737-300
2	M 100	DC-9-32 , B-737-200, F-100,
3	M 75	F-28-4000 , ATP, F-70
4	M 50	F-27-500 , CN-235, HS-748

Sumber: PT (persero) Angkasa Pura I bandar udara Adisutjipto Yogyakarta [1995]

Dari data pada tabel 4.3 dan data lalulintas pesawat di bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, didapat prakiraan pergerakan menurut jenis pesawat yang akan beroperasi pada bandar udara tersebut, yang dirangkum dalam tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Prakiraan pergerakan pesawat menurut kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut

Jenis Pesawat Tebang	Persentase Pergerakan	Pergerakan Tahun 1995	Pergerakan Tahun 2000	Pergerakan Tahun 2005
M 150	57	11,679	19,906	28,133
M 100	25	5,123	8,731	12,339
M 75	8	1,639	2,794	3,948
M 50	10	2,049	3,492	4,936
Total	100	20,490	34,923	49,356

4.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Untuk keperluan perancangan, dipilih pesawat terbesar dari setiap kelompok pesawat campuran. Data karakteristik pesawat yang berpengaruh pada perancangan lapis keras, dirangkum dalam tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Karakteristik pesawat untuk perancangan lapis keras

Pesawat		MTOW (lbs)	Landing Gear			
Kapasitas	Tipe		Tipe	T. Roda (psl)	% NG	% MG
M 150	B-737-300	124,500	<i>Dual wheel</i>	166	7.4	46.3
M 100	DC-9-32	121,000	<i>Dual wheel</i>	152	7.6	46.2
M 75	F-28-4000	73,000	<i>Dual wheel</i>	98	8.0	46.0
M 50	F-27-500	45,000	<i>Dual wheel</i>	77	5.0	47.5

Keterangan : NG = *nose gear* dan MG = *main gear*

Sumber: PT (persero) Angkasa Pura I bandar udara Adisutjipto Yogyakarta [1995]

4.3 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar

Dari hasil penelitian tanah dasar di lokasi landas pacu dan sekitarnya (tes CBR lapangan), tanah dasar berupa campuran antara pasir vulkanis dengan pasir lanau (*silty sand*), atau dengan pasir berkerikil (*sandy silt*) dengan plastisitas tinggi dan kompresibilitas tinggi yang tertutup lapisan tanah keras.

Hasil pengujian pemadatan sampel tanah setempat (tes CBR laboratorium), menunjukkan bahwa nilai CBR pada kepadatan 95 % MPOD dan direndam dalam air selama 4 hari didapat hasil rata-rata kadar air optimum sebesar 15 %, dengan kepadatan tanah kering maksimum 1.8 gram/cm³.

Persyaratan kepadatan di bawah tanah dasar, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Pada kedalaman 0-15 cm, 95 % dari kepadatan maksimum (*maksimum density*) pada OMC.
2. Pada kedalaman 15-30 cm, 95 % dari kepadatan maksimum (*maksimum density*) pada OMC.
3. Pada kedalaman 30-50 cm, 85 % dari kepadatan maksimum (*maksimum density*) pada OMC.
4. Pada kedalaman 50-65 cm, 80 % dari kepadatan maksimum (*maksimum density*) pada OMC.

Untuk perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, pada tanah dasar dilakukan perbaikan dengan cara pemadatan tanah dasar setempat, sehingga diperoleh nilai CBR 6 % dan memenuhi persyaratan ASTM D-154-66 & D-1883-73 (*Soaked CBR, Field CBR*). Selanjutnya untuk keperluan perancangan, pada tanah dasar digunakan parameter nilai CBR minimum 6 %.

4.4 Bahan Lapis Keras Lentur

Bahan lapis keras yang digunakan, sesuai dengan ketentuan yang dikeluarkan oleh Direktorat Teknik Bandar Udara, dan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta.

Penggunaan bahan lapis keras, dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus, aman dan tahan terhadap segala cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup untuk menjamin bahwa beban lalu lintas yang bekerja tidak merusak lapisan dibawahnya. Bahan lapis keras yang digunakan [Rencana dan Syarat-Syarat, 1995], terdiri dari:

1. Bahan lapis permukaan.
2. Bahan lapis pondasi atas.
3. Bahan lapis pondasi bawah.

4.4.1 Bahan Lapis Permukaan

Bahan lapis permukaan yang digunakan dalam perancangan, [Rencana Kerja dan Syarat-Syarat, 1995] terdiri dari:

1. Aspal penetrasi untuk *binder course*.
2. Aspal beton untuk *binder course* dan *wearing course*.

1. Aspal Penetrasi Untuk *Binder Course*

Bahan aspal yang digunakan, adalah aspal AC 60/70 sesuai dengan spesifikasi ASTM D-946-82. Agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah (*course, fine aggregate, filler*), krikil dan pasir. Agregat tersebut harus keras, tahan lama (tidak rapuh/tidak porous), bersegi-segi (*angular*), tidak mengandung kotoran, dan tahan ausan maksimum 45 % pada 500 putaran AASTHO, *Los Angeles Abrasion Test*.

Persyaratan gradasi limit agregat aspal penetrasi untuk *binder course*, dapat dilihat dalam tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Gradasi limit agregat aspal penetrasi untuk *binder course*

Saringan ASTM	% Berat Lolos Saringan		
	1,5"	1"	3/4"
1.05"	100	100	100
1"	-	100	100
3/4"	80-100	82-100	100
1/2"	-	70-90	75-95
3/8"	55-80	60-82	60-62
No. 4	40-60	42-70	42-70
No. 8	30-50	-	-
No. 10	-	30-60	30-60
No. 40	15-30	15-40	15-40
No. 80	-	8-26	8-26
No. 200	0-10	3-8	3-8

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

2. Aspal Beton Untuk *Binder Course* dan *Wearing Course*

Bahan aspal yang digunakan untuk aspal semen, adalah aspal dengan penetrasi AC 60/70, spesifikasi ASTM D-946-82, dan suhu standar campuran antara 145 °C - 160 °C. Agregat halus yang digunakan terdiri dari batu pecah hasil dari *screening*, pasir, dan bahan lain yang mempunyai sifat dan kualitas yang sama. Pencampuran aspal dan agregat halus yang dilakukan, harus memenuhi persyaratan spesifikasi batas toleransi hasil gradasi agregat, seperti dalam tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Spesifikasi batas toleransi hasil gradasi agregat

No.	Toleransi Job Mix	Plus or Minus
1	Agregat lolos saringan No. 8	4 %
2	Agregat lolos saringan No. 4	7 %
3	Agregat lolos saringan No. 100 dan 200	2 %
4	Aspal semen	0.4 %
5	Temperatur campuran	14° C

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat. [1995]

Course agregat harus terdiri dari bahan yang bersifat tahan aus, keras, bebas dari lapisan yang melekat, sesuai dengan persyaratan ASTM D-692-79 & ASTM D-693-77, dan mempunyai keausan maksimum sebesar 25 % bila ditest berdasarkan *Los Angeles Abrasion Test*.

Untuk *wearing course* yang direncanakan menerima langsung pesawat, maka semua *course* agregat pada batu pecah harus memenuhi persyaratan tertinggal pada saringan No. 8 minimum 60 % dari total berat batu pecah dengan tiga atau lebih muka bidang pecah. Selain itu, batu pecah tersebut harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- = batu pecah tidak boleh menunjukkan akan pecah / *disintegrasi*,
- = jika dilakukan percobaan lima kali dengan bahan *sodium sulphate soundness test*, jumlah kehilangan < 9% untuk *surface course*, dan untuk *binder course* < 12 %,
 - = jika dilakukan percobaan dengan bahan *magnesium soundness test* pada material *surface*, jumlah kehilangan < 12 %.

Persyaratan gradasi agregat untuk aspal semen, dapat dilihat dalam tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Gradasi agregat untuk aspal semen

Saringan ASTM	% Berat lolos saringan	
	<i>Binder Course</i> 1" Max.	<i>Wearing Course</i> 3/4 " Max.
1"	100	100
3/4"	80-100	100
1/2"	70-90	75-95
3/8"	60-82	60-82
No. 4	42-70	42-70
No. 10	30-60	30-60
No. 40	15-40	15-40
No. 80	8-26	8-26
No. 200	3-8	3-8

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Bahan tambahan berupa *filler*, terdiri dari debu batu pecah, semen *portland* atau bahan lain yang memenuhi persyaratan ASTM D-242, sedangkan untuk kadar bitumen pada campuran aspal semen, diperhitungkan dari berat campuran secara keseluruhan. Persyaratan gradasi kadar bitumen, dirangkum dalam tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Gradasi kadar bitumen

No	Bitumen	% Bitumen	
		<i>Binder Course</i>	<i>Wearing Course</i>
1	<i>Stone of gravel</i>	4.5-7.0	5.5- 8.0
2	<i>Slag</i>	6.0-9.0	7.0-10.0

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Semua bahan lapis permukaan yang digunakan, diproduksi oleh AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dengan menggunakan metode *Marshall*. Maksud dilakukannya *Marshall test*, adalah untuk mengetahui ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Desain *hotmix* untuk *surface course* yang dilakukan di laboratorium, harus memenuhi ketentuan batas toleransi metode *Marshall*, seperti dalam tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Batas toleransi *Marshall test*

No	Test Property	Airport Surface Course	Pavement Base Courses
1	Number of blows	75	75
2	Stability (min)	2200 lbs	1800 lbs
3	Flow	2 MM-4 MM	2 MM-4 MM
4	Voids total Mix	3 %-4 %	3 %-5 %
5	Voids Fillet with bitumen	76 %-82 %	76 %-82 %

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Setelah melewati hasil *Marshall test* dengan *trial area* yang memuaskan, *design mixture* tersebut ditetapkan sebagai *plant mixture* dan *job mix*, yang kemudian menjadi *approved mixture*. Batas toleransi yang diijinkan untuk *plant mixture* dan *job mix* adalah sebagai berikut:

- Toleransi material : *Job mix formula* sesuai syarat campuran menurut klasifikasi.
- *Mixture* : ± 1 % dari *job mix formula*.
- Bitumen : ± 5 % dari *job mix formula*.
- Stabilitas : < 2200 lbs (*Airport pavement*).

- Temperatur material: Aspal semen antara 149 °C - 177 °C,
Agregat antara 160 °C - 175 °C,
Suhu agregat tidak boleh lebih dari 14 °C diatas suhu aspal semen.
- Temperatur campuran 135 °C - 173 °C
- Temperatur penggilasan dibawah 122 °C
- Kepadatan ditentukan berdasarkan:
 - i. prosentase *density absolute* 100 %,
 - ii. jumlah persentase agregat terhadap berat agregat dan bitumen terhadap berat bitumen,
 - iii. spesifikasi gradasi agregat dan bitumen.

Marshall test dilakukan dengan cara membuat sampel sebanyak 20 buah, kemudian dipadatkan dengan kepadatan tidak boleh kurang dari 99 % kepadatan *job mix* atau 95 % *field absolute*. Nilai rata-rata dari kepadatan tersebut diambil sebagai *field density*, dan tidak boleh kurang dari 98 % kepadatan *job mix* atau 94 % dari *field absolute*.

4.4.2 Bahan Lapis Pondasi Atas

Agregat untuk lapis pondasi atas terdiri dari kerikil, batu pecah (*fine aggregate crushed hasil screening*) yang diperoleh dari pemecahan batu gunung/batu kali (minimum pecah tiga sisi). Batuan ini harus bebas dari bahan yang tidak diinginkan (gepeng, panjang, mudah hancur, dan kotor).

Persyaratan gradasi batuan pecah untuk lapis pondasi bawah, dirangkum dalam tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Gradasi batuan pecah untuk *base course/*
crushed stone

Saringan ASTM	% Berat Lolos Saringan		
	3"	1,5"	3/4"
3"	100	100	100
1.5"	80-100	100	100
3/4"	60-100	80-100	100
3/8"	45-60	55-80	80-100
No. 4	30-50	40-60	50-75
No. 8	20-40	30-50	35-60
No. 40	10-30	15-30	15-35
No. 200	0-10	0-10	0-10

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Kepadatan *base course* yang ditetapkan melalui tes CBR, harus memenuhi persyaratan nilai CBR minimum 80 %.

4.4.3 Bahan Lapis Pondasi Bawah

Bahan untuk lapis pondasi bawah, adalah butiran batuan kering yang telah diuji di laboratorium dengan gradasi limit, seperti dalam tabel 4.13 dan 4.14 berikut ini.

Tabel 4.13 Gradasi limit batuan *granular* untuk *subbase/ granular course*

Saringan ASTM	% Berat Lolos Saringan		
	3"	1.5"	3/4"
3"	100	100	100
1.5"	80-100	100	100
3/4"	60-100	80-100	100
3/8"	45-65	55-80	80-100
No. 4	30-50	40-60	50-75
No.8	30-50	30-50	35-60
No. 40	10-30	15-30	15-35
No. 200	0-10	0-10	0-10

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Tabel 4.14 Gradasi limit untuk *subbase/compacted sand*

Saringan ASTM	Berat Kering Lolos Saringan
3/8"	+ 100 %
No. 10	+ 97 %
No. 40	+ 69 %
No. 200	+ 4 %

Sumber: Rencana Kerja dan Syarat-Syarat [1995]

Klasifikasi dan gradasi dalam tabel 4.13 dan 4.14, menggambarkan batas-batas agregat yang dapat diambil dari sumber pengadaan. Hasil akhir dari penggabungan gradasi limit tersebut harus masuk dalam batas limit, sehingga penggabungan gradasi tersebut mempunyai susunan *uniform* dari *course* agregat sampai *fine* agregat yang lewat pada saringan No. 40.

Semua agregat yang digunakan untuk *base/granular base*, termasuk fraksi agregat yang lewat pada saringan No. 40, harus mempunyai *liquid limit* maksimum 25 %, dan *plasticity index*nya maksimum 60 % apabila ditest dengan persyaratan ASTM D-423 dan D-424, serta *sand equitment* + 95 %. Kepadatan *subbase course* yang ditetapkan melalui tes CBR (*Soaked and field CBR*), harus mempunyai nilai CBR minimum 25 %.

4.5 Data Landas Pacu

Dari Kantor Wilayah XII Departemen Perhubungan DIY, diperoleh data lapis keras landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*surface course*), untuk *binder course* digunakan aspal penetrasi setebal 5 cm., dan aspal beton setebal 5 cm., sedangkan untuk *wearing course* digunakan aspal beton setebal 7.5 cm.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), digunakan bahan batu pecah (*crushed stone*) dengan nilai CBR 80 %, setebal 30 cm.
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), digunakan batu *granular* dengan nilai CBR 25 %, setebal 45 cm.
4. Nilai CBR *subgrade* 6 %.