

## KAJIAN PERBAIKAN PATAHAN PADA RUNWAY DI BANDAR UDARA EL TARI KUPANG

**Margareth E. Bolla**([mgi\\_ub08@yahoo.com](mailto:mgi_ub08@yahoo.com))

*Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana*

**Remigildus Cornelis**([remi\\_cor@yahoo.com](mailto:remi_cor@yahoo.com))

*Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana*

**Jelmi Y. Amtiran**( [embo1989@gmail.com](mailto:embo1989@gmail.com) )

*Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana*

### ABSTRACT

*At the runway pavement of El Tari Kupang Airport, there was damage in the form of fracture that occurred at the edge of the pavement, which could disrupt aircraft traffic line. Due to the problem, the purposes of this research are to find out the cause of fracture, and to assess the reconstruction of the runway pavement that has been done by PT Angkasa Pura, Kupang.*

*As the research conducted, it was found out that the cause of the fracture was more prevalent due to the lack of drainage system of the Airport. The slope of the runway shoulder was only 1.60% - 1.80%, was improper to the FAA minimum standard of slope that was 2.50% - 5.00%, and the unavailability of inlet pipes for subsurface drainage. The result of reconstruction done by PT Angkasa Pura has fulfilled the FAA standard. The total thickness of the reconstruction is 52.00 cm, is compliant with the minimum thickness of FAA standard 50.07 cm. However, the reconstruction of the pavement would be for short term solution only because of the poor drainage system of El Tari Kupang Airport has not been handled properly.*

**Keyword :***fracture, runway, subbase, drainage*

### ABSTRAK

Pada Bandar Udara El Tari Kupang terdapat kerusakan pada perkerasan *runway* berupa patahan di bagian tepi perkerasan, yang dapat mengganggu lalu lintas pesawat. Oleh karena itu maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang penyebab terjadinya patahan pada perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang dan hasil pekerjaan perbaikan yang telah dilakukan oleh PT. Angkasa Pura, Kupang

Dari hasil penelitian diketahui bahwa penyebab patahan yang lebih dominan di karenakan sistem drainase yang kurang baik di mana kemiringan *shoulder runway* hanya 1,60 % – 1.80 %, tidak sesuai dengan standar kemiringan minimum menurut FAA yaitu 2,5 % - 5,0 % serta tidak tersedianya pipa-pipa inlet untuk drainase bawah permukaan. Hasil pekerjaan perbaikan struktur perkerasan yang dilakukan PT. Angkasa Puratelah memenuhi persyaratan FAA. Total ketebalan perkerasan pekerjaan perbaikan adalah 52,0 cm sudah memenuhi persyaratan FAA dengan tebal total perkerasan minimum 50,07 cm. Namun perbaikan yang dilakukan hanya menjadi solusi jangka pendek karena sistem drainase yang buruk merupakan faktor penyebab yang lebih dominan terjadinya patahan pada tepi perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang.

**Kata kunci :***patahan, runway, subbase, drainase*

## PENDAHULUAN

Transportasi udara memiliki peranan penting dalam mengembangkan potensi sumber daya alam dan manusia, mengingat kondisi geografis di Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau, dan tersebar dari Sabang sampai Merauke. Bandar Udara merupakan upaya penyediaan sarana dan prasarana transportasi udara yang memenuhi permintaan jasa transportasi.

*Runway* atau landasan pacu merupakan titik perpindahan pergerakan transportasi udara dan transportasi darat sehingga dapat dikatakan bahwa *runway* merupakan elemen kunci infrastruktur Bandar Udara. Perkerasan pada *runway* berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat. Permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang *comfort* (nyaman),

Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada perkerasan lentur mencakup semua kerusakan seperti retak, perubahan bentuk, cacat permukaan dan lain-lain. Kerusakan-kerusakan seperti ini dapat mengganggu kenyamanan berlalulintas dalam bandar udara hingga dapat mengakibatkan kecelakaan penerbangan. Pada Bandar Udara El Tari Kupang terdapat kerusakan pada perkerasan *runway* berupa patahan (retak memanjang arah sejajar dengan sumbu jalan) di bagian tepi perkerasan. Pihak pemerintah selaku penanggungjawab telah menanggulangi kondisi kerusakan tersebut dengan melibatkan pihak konsultan dan kontraktor dalam perbaikan perkerasan *runway* tersebut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Bandar Udara

Secara umum sistem bandar udara terdiri dari Sistem Udara dan Sistem Darat, Sistem udara dari bandar udara meliputi suatu wilayah udara dengan radius sampai dengan 100 NM (*Nautical Mile*) pada elevasi sampai dengan 24.500 ft dari bandar udara tersebut. Wilayah ini disebut terminal area yang di dalam dunia penerbangan di singkat sebagai TMA.

### Area Pergerakan Pesawat

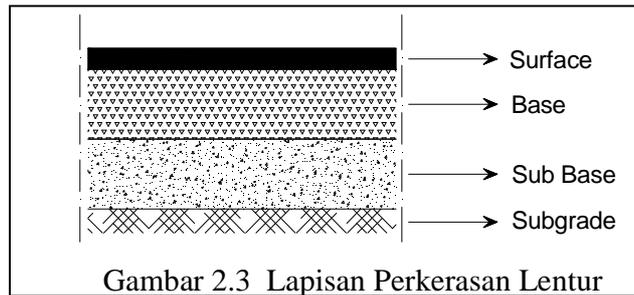
Dalam bandar udara terdapat daerah khusus yang disebut dengan area pergerakan pesawat (*movement area*). Area pergerakan pesawat merupakan fasilitas sisi udara yang merupakan daerah dimana pesawat terbang melakukan pergerakan, baik parkir, bongkar muat penumpang maupun kargo, *taxing*, lepas landas maupun pendaratan.

### Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Perkerasan juga didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu lapis atau lebih dari bahan-bahan yang telah diproses, agar memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala cuaca, serta tebal dari lapisan yang harus cukup untuk menjamin bahwa beban yang bekerja tidak merusakkan perkerasan atau lapisan dibawahnya, sehingga tidak mengalami perubahan karena tidak mampu menahan beban (*distress*).

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang dibuat dari campuran aspal dengan agregat dan digelar di atas suatu permukaan material granular mutu tinggi.

Pada umumnya perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lapisan Perkerasan Lentur

Sumber : Heru Basuki, 1986. Merancang dan Merencana Lapangan Terbang

**Penyebab Kerusakan Perkerasan**

Perkerasan sering mengalami kerusakan atau kegagalan sebelum mencapai umur rencana. Kegagalan pada perkerasan dapat dilihat dari segi kondisi kerusakan struktural dan kerusakan fungsional.

Kerusakan struktural adalah kerusakan yang mencakup kegagalan perkerasan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang mengakibatkan perkerasan tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas. Kerusakan struktural dapat disebabkan oleh kondisi lapisan tanah dasar yang tidak stabil, beban lalu lintas, kelelahan permukaan, dan pengaruh kondisi lingkungan di sekitarnya.

Kerusakan fungsional adalah suatu kondisi kerusakan dimana kenyamanan dan keamanan dari pengguna terganggu dan biaya operasi kendaraan meningkat.

Kerusakan pada konstruksi perkerasan dapat disebabkan oleh:

- a) Air, yang dapat berasal dari hujan, sistem drainase yang tidak baik.
- b) Lalu lintas, yang diakibatkan dari peningkatan beban yang melebihi volume rencana.
- c) Material konstruksi perkerasan.
- d) Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, yang mungkin disebabkan karena cara pemadatan tanah dasar yang kurang baik ataupun juga memang sifat tanah dasarnya yang memang jelek.

**Perencanaan Perkerasan Fleksibel dengan Metode FAA (*Federal Aviation Administration*).**

**Karakteristik Tanah.**

Metode yang dikembangkan oleh FAA (*Federal Aviation Administration*) ini pada dasarnya menggunakan statistik perbandingan kondisi lokal dari tanah, sistem drainase dan cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban.

**Penentuan Pesawat Rencana**

Pesawat rencana dapat ditentukan dengan melihat jenis pesawat yang beroperasi, besar MTOW (*Maximum Take Off Weight*) dan data jumlah keberangkatan tiap jenis pesawat yang berangkat tersebut.

Pesawat rencana kemudian ditetapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar dan tidak perlu pesawat yang paling besar yang beroperasi di bandara. Karena pesawat yang beroperasi di bandara memiliki angka keberangkatan tahunan yang berbeda-beda, maka harus ditentukan keberangkatan tahunan ekuivalen dari setiap pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan dari pesawat rencana.

**Penentuan Beban Roda Pendaratan Pesawat**

Penentuan beban roda pendaratan dilihat berdasarkan berat kotor pesawat saat *take off* dan jumlah roda pendaratan. Dalam perhitungannya digunakan rumus sebagai berikut (Basuki, 1986) :

$$W = \frac{P \times MTOW}{\Sigma Roda Utama} \dots\dots\dots(Pers. 2.1)$$

Di mana :

W = Beban roda pesawat (pound)

MTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas

P = Persentase beban yang diterima roda pendaratan utama

Menentukan Nilai Ekvivalen Keberangkatan Tahunan Pesawat Rencana

Pada lalu-lintas pesawat, struktur perkerasan harus mampu melayani berbagai macam jenis pesawat, yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda-beda dan bervariasi beratnya. Pengaruh dari beban yang diakibatkan oleh semua jenis model lalu-lintas itu harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan nilai ekivalen keberangkatan tahunan (equivalent annual departure) dari pesawat-pesawat.

Untuk menentukan equivalent annual departure pesawat rencana (R1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Basuki, 1986) :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{1/2} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2})$$

Dimana :

R1 = Keberangkatan tahunan ekivalen oleh pesawat rencana

R2 = Jumlah keberangkatan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana (pound)

W2 = Beban roda pesawat yang harus diubah (pound)

**Nilai CBR (California Bearing Ratio)**

CBR (California Bearing Ratio) ialah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standard dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

**Test Pit**

Test *pit* (sumur uji) merupakan salah satu cara untuk pemastian struktur lapisan dalam arah vertikal. Test *pit* ditujukan untuk mendapatkan batas-batas dan ketebalan masing-masing zona lapisan.

**Sistem Drainase Lapangan Terbang**

Sistem drainase sangat dibutuhkan dalam sebuah lapangan terbang karena dalam sebuah lapangan terbang biasanya membutuhkan sebuah sistem perairan yang terpadu sehingga dapat menjaga kestabilan air dari permukaan lapangan terbang dan membuang air yang tidak dibutuhkan dari atas maupun dari bawah landasan.

Drainase lapangan terbang terdiri dari :

- a) Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi untuk menangani air permukaan di sekitar lapangan terbang, khususnya yang berasal dari hujan.

- b) Drainase bawah permukaan.

Drainase bawah permukaan berfungsi untuk :

- 1) Membuang air dari *base coarse*,
- 2) Membuang air dari *subgrade* di bawah permukaan,
- 3) Menerima, mengumpulkan dan membuang air dari mata air atau lapisan tembus air.

## METODE PENELITIAN

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membandingkan data desain material lapisan perkerasan dan tebal lapisan dengan kondisi asli di lapangan (eksisting).
2. Meninjau sistem drainase lapangan terbang.
3. Menghitung tebal lapis perkerasan rencana untuk landasan pacu (*runway*).  
Dalam perhitungan ini metode yang dipergunakan adalah metode FAA, dimana untuk perhitungan dalam metode ini diperlukan data-data penunjang yang antara lain adalah data CBR tanah dasar, karakteristik masing-masing jenis pesawat yang beroperasi, berat lepas landas pesawat (*Maximum Take Off Weight*), jenis konfigurasi roda pesawat, serta jumlah pergerakan pesawat tahunan.
4. Menganalisis pekerjaan perbaikan patahan yang dilakukan sekarang.
5. Mengkaji hasil perhitungan perkerasan rencana dengan perkerasan existing dan pekerjaan perbaikan yang sedang dilakukan sekarang.
6. Menarik kesimpulan dari hasil kajian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lapisan Perkerasan Eksisting

Komposisi dari lapisan perkerasan eksisting adalah sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (*Surface*) dari material Item P-401 (Aspal Beton/AC) setebal 7 cm - 12 cm dan Lapisan Penetrasi setebal 5 cm.
- Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase*) dari material batu bulat (*Boulder*) setebal 25 cm – 50 cm.

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian gradasi untuk lapisan pondasi bawah (*subbase layers*) material eksisting landasan pacu Bandar Udara El Tari agar dapat dibandingkan dengan gradasi material pengganti *subbase* yang digunakan dalam perbaikan landasan pacu. Dilakukan dua (2) kali pengujian untuk mengetahui gradasi material *subbase* eksisting *runway* yang terdiri dari batu bulat. Data hasil pengujian pertama dengan berat material semula adalah 16.598 gr.

Setelah melihat gambar penampang struktur dan data hasil pengujian gradasi agregat di atas dapat diketahui bahwa material eksisting lapis pondasi mempunyai ukuran yang sangat besar yaitu berupa batu bulat (*boulder*) dengan diameter  $\pm 3$  inch. Hal ini sangat mempengaruhi daya ikat antar material, dan tentunya mempengaruhi daya dukung lapis pondasi tersebut terhadap lapisan permukaan di atasnya, sehingga Pihak Konsultan dan Kontraktor Pelaksana pekerjaan perbaikan menganggap ini sebagai penyebab dari patahan pada perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari.

Namun jika dilihat dari jenis kerusakan yang terjadi pada perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang maka dapat terlihat secara kasat mata bahwa struktur lapisan perkerasan yang kurang baik bukan merupakan faktor dominan terjadinya patahan pada tepi perkerasan *runway*, karena jika itu menjadi penyebab utama maka patahan yang terjadi seharusnya selebar daerah pelebaran yang menggunakan susunan material yang sama yaitu 7,5 m. Kondisi patahan hanya terjadi pada bagian tepi perkerasan *runway*, yakni selebar 0,5 m – 1,5 m dari tepi perkerasan, hal ini mengindikasikan adanya faktor lain sebagai penyebab patahan yang mana pada penelitian ini akan ditinjau pada sisi sistem drainase Bandar Udara El Tari Kupang.

### Sistem Drainase pada Bandar Udara El Tari Kupang

Untuk mencari penyebab lain terjadinya patahan pada *runway* Bandar Udara El Tari maka dilakukan peninjauan terhadap sistem drainase yang ada pada bandar udara, meliputi kemiringan alinyemen melintang *shoulder runway* dan saluran drainase bawah permukaan pada Bandar Udara El Tari Kupang.

Lebar *shoulder runway* bandar udara El Tari Kupang adalah 52,5 m sampai ke ujung saluran drainase. Saluran drainase yang digunakan berbentuk trapesium dengan dimensi saluran 0,3 m x 0,8 m x 1 m.

Untuk dapat mengalirkan air sampai ke saluran drainase maka *shoulder runway* harus mempunyai kemiringan yang cukup, dan FAA telah menetapkan persyaratan kemiringan minimum *shoulder runway* adalah 2,50 % - 5,00 %. (Hasmar, 2012). Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran kemiringan *shoulder runway* Bandar Udara El Tari Kupang. Karena keterbatasan waktu penelitian di mana penelitian hanya dapat dilakukan pada malam hari setelah jadwal penerbangan terakhir maka untuk mengukur kemiringan *shoulder runway* digunakan *selang waterpass* sebagai alat pengukur.

Pengukuran kemiringan *shoulder runway* Bandar Udara El Tari dilakukan pada daerah yang mengalami patahan cukup parah. Setelah dilakukan pengukuran pada beberapa titik pengamatan, diketahui bahwa kemiringan rata-rata *shoulder* yang ada pada Bandar Udara El Tari hanya 1,60 – 1.80 %. Nilai ini berada di bawah persyaratan kemiringan minimum yang ditetapkan oleh FAA yaitu berkisar 2,50 % - 5,00 %.

Kemiringan yang tidak sesuai standar menyebabkan air limpasan dari *runway* tidak dapat mengalir dengan baik menuju saluran drainase. Apabila intensitas curah hujan tinggi maka air akan tergenang dan meresap masuk ke dalam tanah. Masuknya air ke dalam tanah pada bagian tepi perkerasan dapat merusak lapisan perkerasan yang ada.

Untuk drainase bawah permukaan, dalam hal ini pipa-pipa inlet dalam tanah yang berfungsi menyalurkan air rembesan dari permukaan dan air tanah pada tanah yang memiliki muka air tanah tinggi menuju saluran drainase tidak terdapat pada Bandar Udara El Tari Kupang. Dari hasil penyidikan dan wawancara dengan pihak bagian teknis Bandar Udara El Tari Kupang dikatakan bahwa alasan tidak terdapatnya pipa-pipa inlet untuk drainase bawah permukaan adalah karena pada daerah Bandar Udara El Tari Kupang mempunyai muka air tanah yang rendah dan intensitas curah hujan yang rendah pula, sehingga dianggap tidak membutuhkan drainase bawah permukaan. Alasan ini tentu tidak sesuai dengan standar drainase bandar udara yaitu harus memiliki saluran drainase bawah permukaan.

Melihat kondisi/tipe patahan yang terjadi hanya pada bagian tepi perkerasan maka faktor rembesan air dari tepi perkerasan (daerah *shoulder*), akibat kondisi drainase yang buruk menjadi faktor penyebab yang lebih dominan sebagai penyebab patahan pada perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang. Oleh karena itu perlu perhatian serius pada sistem drainase Bandar Udara El Tari Kupang.

Masalah-masalah di atas dapat ditanggulangi dengan beberapa cara sebagai berikut :

1. Kemiringan *shoulder runway* dibuat lebih curam agar sesuai dengan syarat FAA yaitu berkisar antara 2,5 % - 5,0 %, sehingga dapat mengalirkan air dengan baik menuju saluran drainase;
2. Pematatan *shoulder runway* agar dapat menyokong lapisan perkerasan runway dengan baik;
3. Penyediaan pipa-pipa inlet untuk saluran drainase bawah permukaan agar air rembesan yang masuk ke tanah tidak menyusup ke dalam dan merusak lapisan perkerasan sehingga air dapat dialirkan menuju saluran drainase.

Dengan melakukan penanganan-penanganan tersebut maka diharapkan sistem drainase mampu berfungsi maksimal untuk menyalurkan air, baik air limpasan maupun air bawah permukaan sehingga dapat mendukung kinerja lapisan perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang.

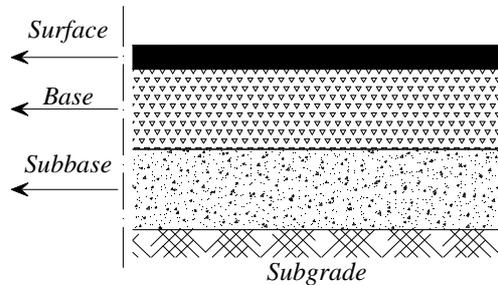
Berdasarkan pengamatan di lapangan, upaya penanganan perbaikan patahan pada lapisan perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang telah dilakukan oleh pihak Konsultan dan Kontraktor pelaksana dengan penggantian struktur lapis perkerasan. Untuk mengkaji hasil perbaikan, maka poin selanjutnya akan membahas mengenai standar perencanaan tebal dan

material yang digunakan pada lapisan perkerasan *runway* pada bandar udara menurut metode *Federal Aviation Administration*(FAA).

**Lapisan Perkerasan Rencana**

Hasil Tebal Perkerasan Rencana

Tebal Perkerasa yang diijinkan	
Kritis (cm)	Non Kritis (cm)
10	7,5
29,41	10,92
16,22	31,65
55,63	50,07



Sumber :Data Penelitian Perbaikan Patahan *Runway* Bandar Udara El Tari Kupang Tahun 2012

Komposisi dari lapisan perkerasan yang direncanakan Peneliti sesuai standar FAA adalah sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (*Surface Layers*) dari material Item P-401 (Aspal Beton/AC) setebal 7,5 cm
- Lapisan Pondasi Atas (*Base Layers*) dari material Item P-209 (*Base Coarse Agregat Pecah*) setebal 10,92 cm
- Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Layers*) dari material Item P-154 (*Subbase Coarse Standar*) setebal 31,65 cm

**Lapisan Perkerasan Pelaksanaan**

Dari semua pengumpulan data-data, maka lapisan perkerasan landasan pacu pekerjaan perbaikan mempunyai struktur sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (*Surface Layers*) dari material Item P-401 (Aspal Beton/AC) setebal 12 cm
- Lapisan Pondasi Atas (*Base Layers*) dari material Item P-209 (*Base Coarse Agregat Pecah*) atau Agregat Kelas A setebal 20 cm
- Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Layers*) dari material Item P-209 (*Base Coarse Agregat Pecah*) atau Agregat Kelas A setebal 20 cm

**Perbandingan Lapisan Perkerasan**

Perbandingan lapisan perkerasan *runway* dari hasil pengumpulan data perkerasan eksisting, analisa perhitungan lapisan perkerasan *runway* rencana dan lapisan perkerasan *runway* pekerjaan perbaikan dapat dilihat dalam Tabel Perbandingan Lapisan Perkerasan Eksisting, Rencana dan Pekerjaan Perbaikan.

Tabel. Perbandingan Lapisan Perkerasan Eksisting, Rencana dan Pekerjaan Perbaikan

Lapisan Perkerasan	Perbandingan					
	Eksisting		Rencana		Pekerjaaan Perbaikan	
	Material	Tebal (cm)	Material	Tebal (cm)	Material	Tebal (cm)
Lapisan Permukaan ( <i>Surface</i> )	P-401 (AC)	12 - 18	P-401 (AC)	7,50	P-401 (AC)	12
Lapisan Pondasi Atas ( <i>Base</i> )	-	-	P-209	10,92	P-209	20
Lapisan Pondasi Bawah ( <i>Subbase</i> )	Batu Bulat	25- 50	P-154	31,65	P-209	20
Total		37 - 68		50,07		52

Sumber :Data Penelitian Perbaikan Patahan *Runway* Bandar Udara El Tari Kupang Tahun 2012

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jenis material lapis pondasi dan ketebalan lapisan perkerasan rencana dengan lapisan perkerasan pekerjaan perbaikan khususnya untuk lapisan pondasi.

Pada lapisan pondasi rencana menurut FAA digunakan dua (2) kelas material yaitu *item* P-209 untuk *base* setebal 10,9 cm dan *item* P-154 untuk *subbase* setebal 31,6 cm. Sedangkan untuk lapisan pondasi pada pekerjaan perbaikan hanya menggunakan material *item* P-209 untuk *base* dan *subbase* dengan ketebalan masing-masing 20 cm.

Bagian *base* pada pekerjaan perbaikan dengan tebal 20 cm sudah melebihi dari tebal *base* rencana yaitu 10,9 cm. Sehingga *subbase* pada pekerjaan perbaikan tidak setebal *subbase* rencana.

Adanya perbedaan tebal lapisan pondasi ini karena pertimbangan dari pihak Kontraktor pelaksana mengenai jenis material yang digunakan, dimana *subbase* pada pekerjaan perbaikan menggunakan material *subbase* (*item* P-209) yang mempunyai komposisi dan kekuatan fisik yang lebih baik dari material *subbase* standar (*item* P-154) yang ditetapkan menurut FAA. *Item* P-209 yang digunakan sebagai *subbase* dikatakan lebih baik dari *item* P-154 karena material *item* P-209 mempunyai komposisi butiran yang lebih bervariasi dibandingkan dengan *item* P-154. Komposisi butiran yang lebih bervariasi jelas akan memperkuat daya ikat antar agregat sehingga dapat memikul beban lalu lintas dengan baik. Gradasi butiran untuk *item* P-209 dan P-154 dapat dilihat pada tabel 4.11 dan tabel 4.12.

Lapisan *base* dan *subbase* yang menggunakan material yang sama baiknya adalah alasan utama mengapa terdapat perbedaan tebal lapisan pondasi pekerjaan perbaikan dengan lapisan pondasi rencana.

## KESIMPULAN

Sesuai hasil kajian perbaikan patahan pada *runway* Bandar Udara El Tari yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dilihat dari tipe kerusakan yang terjadi pada perkerasan *runway* Bandar Udara El Tari Kupang maka sistem drainase yang kurang baik yang mana kemiringan *shoulder runway* hanya 1,60 % – 1.80 % tidak sesuai dengan standar kemiringan minimum menurut FAA yaitu 2,5 % - 5,0 % dan tidak tersedianya pipa-pipa inlet untuk drainase bawah permukaan menjadi faktor penyebab yang lebih dominan terjadinya patahan pada perkerasan *runway*. Di samping itu,

faktor lain yang dapat menyebabkan patahan adalah faktor pelaksanaan yang kurang tepat. Hal ini diketahui dari berbedanya gambar desain dengan perkerasan eksisting di lapangan.

2. Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pekerjaan perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki struktur lapis perkerasan telah memenuhi persyaratan FAA, di mana total ketebalan perkerasan *runway* pekerjaan perbaikan adalah 52,0 cm sudah memenuhi persyaratan FAA dengan tebal total perkerasan minimum 50,07 cm dan untuk penggunaan material lapisan perkerasan *runway* sudah sesuai standar FAA.

### **SARAN**

1. Perlu adanya perbaikan sistem drainase pada *runway* Bandar Udara El Tari Kupang dengan mengacu pada aturan-aturan/standar yang ada.
2. Perlu adanya perhatian yang serius dalam penentuan solusi penanganan yang tepat pada setiap kerusakan, agar perbaikan yang dilakukan sesuai dengan jenis kerusakan yang terjadi.
3. Pengawasan dalam setiap pelaksanaan pekerjaan struktur perkerasan fasilitas bandar udara perlu diperketat agar tidak menyimpang dari gambar desain yang ada sehingga perkerasan terhindar dari kerusakan-kerusakan yang seharusnya tidak terjadi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Basuki, Heru. "Merancang dan Merencana Lapangan Terbang". PT. Alumni : Bandung. (1986).
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. "Pedoman Teknis Perancangan Rinci Konstruksi Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway) dan Landas Parkir (Apron) Pada Bandar Udara Di Indonesia". Jakarta. (2005).
- Febrianti, Kartika. "Kajian Lapisan Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Adisutjipto Daerah Istimewa Yogyakarta". Universitas Gunadharma : Yogyakarta. (2003).
- Hasmar, H.A.Halim. "Drainase Terapan". UII Press : Yogyakarta. (2012).
- Maria, A. dan Sirjono, M. "Perancangan Perkerasan Fleksibel Dan Geometrik Landas Pacu Bandar Udara Adisumarmo-Solo Menggunakan Pesawat Rencana MD-11". Universitas Kristen Petra : Surabaya. (1997).
- PT. Parigraha Konsultan. "Laporan Akhir". Kupang. (2012).
- Radja, L. dan Bolla, M.E. "Perancangan Landasan dan Perkerasan Bandar Udara El Tari Kupang Dengan Pesawat Rencana Airbus A-300-B4". Universitas Kristen Petra : Surabaya. (2004).
- Setiawan H.B dan Iswanto H. "Perencanaan Sistem Drainase Bandar Udara Ahmad Yani Semarang". Universitas Diponegoro : Semarang. (2008).
- S.N. "Drainase Perkotaan". Gunadarma : Jakarta. (1997).
- Sukirman, Silvia. "Perkerasan Lentur Jalan Raya". Nova : Bandung. (1995).
- Wignall, Arthur, Cs. "Proyek Jalan : Teori dan Praktek". Erlangga : Jakarta. (2003).
- Widodo, Pramudji. "Bahan Pelengkap Kuliah : Terminal dalam Sistem Teknologi Transportasi – Moda Transportasi Udara". Institut Teknologi Bandung : Bandung. (2002).
- Yusuf, Muhammad. "Analisa Metode-Metode Perencanaan Perkerasan Struktural Runway Bandar Udara". Universitas Sumatera Utara : Medan. (2010).

