

PERENCANAAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG PERKERASAN RUNWAY BANDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI-BALI

*I Gusti Made Sudika*¹⁾, *I Gusti Ngurah Eka Partama*²⁾, dan *Akbar Agung
Ramadiansyah*³⁾

E-mail : gustisudika@gmail.com¹⁾, epartama@gmail.com²⁾, dan akbaragung17@gmail.com³⁾,

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai

ABSTRAK

Number (PCN) sebesar 83 F/C/X/T. Saat ini Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali, melayani beberapa tipe pesawat udara, salah satunya adalah pesawat Boeing 777-300ER yang memiliki Aircraft Classification Number (ACN) sebesar 86. Nilai ACN yang lebih besar dari PCN ditengarai sebagai salah satu penyebab terjadinya kerusakan dan menurunnya daya dukung runway. Kajian kondisi perkerasan eksisting dan perencanaan untuk meningkatkan nilai PCN runway diperlukan untuk dapat melayani operasional sejenis pesawat Boeing 777-300ER sampai 10 tahun ke depan. Data-data yang dikumpulkan sebagai parameter dan variabel dalam menentukan kondisi dan merencanakan perkerasan runway yaitu persentase jenis dan persentase kerusakan, tebal lapis perkerasan runway, Nilai California Bearing Ratio (CBR), karakteristik pesawat udara dan annual departure. Hasil analisa menggunakan software FAARFIELD dan COMFAA mendapatkan Pavement Classification Index (PCI) runway Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali adalah 65,83 termasuk kondisi cukup (fair). Kondisi ini mengindikasikan bahwa runway Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali dalam keadaan kelelahan (fatigue). Hasil analisis juga mendapatkan, untuk meningkatkan daya dukung runway sehingga mampu melayani pesawat sejenis Boeing 777-300ER sampai 10 tahun ke depan (sampai Tahun 2030), diperlukan tebal lapis tambahan (overlay) 10,41 cm. Overlay senilai tersebut menjadikan Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali memiliki runway dengan PCN 121 F/C/X/T.

Kata kunci: Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai, Runway, ACN, PCN

ABSTRACT

I Gusti Ngurah Rai International Airport-Bali has a 3000 m long runway with a Pavement Classification Number (PCN) of 83 F/C/X/T. Currently, I Gusti Ngurah Rai International Airport-Bali, serves several types of aircraft, one of which is the Boeing 777-300ER which has an Aircraft Classification Number (ACN) of 86. An ACN value greater than PCN is considered as one of the causes of damage and decreased runway bearing capacity. A study of the existing pavement condition and planning to increase the value of the PCN runway is needed to be able to serve operations such as Boeing 777-300ER aircraft for the next 10 years. The data collected as parameters and variables in determining the conditions and planning the runway pavement are the percentage of type and percentage of damage, thickness of runway pavement, California Bearing Ratio (CBR) value, aircraft characteristics and annual departure. The results of the analysis using FAARFIELD and COMFAA software get the Pavement Classification Index (PCI) of the runway at I Gusti Ngurah Rai International Airport-Bali is 65.83 including fair conditions. This condition indicates that the runway of I Gusti Ngurah Rai International Airport-Bali is in a state of fatigue. The results of the analysis also show that in order to increase the carrying capacity of the runway so that it can serve aircraft similar to the Boeing 777-300ER for the next 10 years (until 2030), an additional layer thickness (overlay) of 10.41 cm is required. This overlay makes I Gusti Ngurah Rai International Airport-Bali have a runway with PCN 121 F/C/X/T.

Keywords: *I Gusti Ngurah Rai International Airport, ACN, PCN, runway*

1. PENDAHULUAN

Seiring terus meningkatnya transportasi udara maka harus juga diiringi dengan peningkatan infrastruktur bandara, terutama area pergerakan pesawat udara, sehingga infrastruktur bandara mampu melayani berbagai jenis pesawat udara yang beroperasi. Salah satu bandara yang saat ini terus untuk mengembangkan infrastrukturnya yakni Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali. Dimana PT. Angkasa Pura I (Persero) selaku pengelola bandara tersebut mengharapkan Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali mampu menjadi pintu gerbang utama wisata di Indonesia, sehingga diharapkan mampu untuk menampung berbagai jenis pesawat udara yang beroperasi saat ini.

Berdasarkan data dari buku manual bandara (*aerodrome manual*), Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali terletak di Kel. Tuban, Kec. Kuta, Kab. Badung-Bali. Pada koordinat 8°44'53"LU; 115°10'3"BT dengan elevasi 4,2673 meter diatas permukaan air laut, serta memiliki landas pacu (*runway*) sepanjang 3000 m dengan daya dukung perkerasan atau *Pavement Clasification Number* (PCN) sebesar 83 F/C/X/T. Dimana nilai dan notasi tersebut bermakna *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali memiliki nilai daya dukung perkerasan sebesar 83 dengan jenis perkerasan lentur *flexible* (F) dan memiliki daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dalam kategori rendah (C) atau dalam rentang nilai *California Bearing Ratio* (CBR) 4%-8%, serta tekanan roda pneumatik maksimal yang diizinkan sebesar 1,75 Mpa (X) dan daya dukung perkerasan dihitung secara teknis (T).

Kondisi saat ini, *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali, melayani beberapa tipe pesawat udara, salah satunya adalah pesawat udara jenis *Boeing 777-300ER*. Berdasarkan KP 326 Tahun 2019, pesawat udara jenis *Boeing 777-300ER* memiliki nilai ACN sebesar 86 dengan tipe perkerasan *flexible* (F) dengan kategori *subgrade* tipe C. Hal tersebut menunjukkan bahwa di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali, pesawat udara yang beroperasi memiliki nilai ACN lebih besar dibandingkan dengan nilai ACN yang diijinkan ($ACN > PCN$). Kondisi ini tidak sesuai dengan persyaratan keselamatan operasional bandara yang mensyaratkan nilai $PCN \geq ACN$, hal inilah yang ditengarai sebagai salah satu penyebab terjadinya kerusakan *runway* di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali. Kerusakan yang terjadi antara lain: penurunan setempat (*depression*), retak (*crack*), lepas atau terurai (*raveling*) dan lainnya.

Untuk tetap dapat melayani pesawat udara yang beroperasi dengan memperhatikan keselamatan penerbangan, maka diperlukan kajian dan analisa yang tepat dalam melakukan evaluasi kondisi eksisting *runway*. Hasil kajian dan analisa diharapkan dapat memberikan petunjuk dan acuan dalam mengambil tindakan untuk meningkatkan daya dukung *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi perkerasan *runway* saat ini, serta menentukan tebal perkerasan *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali yang dibutuhkan agar dapat melayani operasional pesawat sejenis *Boeing 777-300ER* sampai 10 tahun ke depan (sampai Tahun 2030).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Bandar Udara

Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 mendefinisikan bandara 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 antar moda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

2.2 Landas Pacu (*runway*)

Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015, Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24, disebutkan yang disebut landas pacu (*runway*) adalah area segiempat yang ditentukan di *aerodrome* yang

disiapkan untuk mendarat dan lepas landas pesawat.

2.3 Kekuatan Permukaan Runway

Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015, Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 menyebutkan bahwa, tingkat kekuatan perkerasan (*Runway Bearing Strength*) sebuah runway harus ditentukan menggunakan sistem peringkat perkerasan *Pavement Clasification Number* (PCN) dan *Aircraft Clasification Number* (ACN). PCN merupakan suatu angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat udara, sedangkan ACN adalah nilai yang dimiliki oleh sebuah pesawat tertentu dengan konfigurasi tertentu pula. Sistem ACN/PCN ini berlaku untuk pesawat dengan beban total lebih dari 12500 lbs atau 5700 kg.

2.4 Jenis Pesawat Kritis

Untuk melihat pesawat mana yang menghasilkan beban terberat per rodanya adalah dengan membagi *Maximum Takeoff Weight* (MTOW) dengan jumlah roda pendaratannya. Apabila semakin banyak roda dari pesawat, maka semakin banyak juga beban yang dibagi dari pesawat udara itu dan begitu juga sebaliknya. Beban pesawat udara dikonversikan dalam bentuk nilai yang disebut nomor klasifikasi pesawat udara atau *Aircraf Clasification Number* (ACN). Diasumsikan untuk roda pendaratan utama yaitu yang ada pada badan pesawat adalah 95% karena *landing gear* pada pesawat merupakan tumpuan utama dari beban pesawat dan *nose gear* menampung beban sebanyak 5% dari beban pesawat (Rahman, 2017).

2.5 Nilai Kondisi Perkerasan

Salah satu metode dalam menentukan penilaian terhadap perkerasan adalah menggunakan metode *Pavement Condition Indeks* (PCI) yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers* untuk perkerasan bandara. PCI adalah indeks angka diantara 0 untuk kondisi perkerasan yang gagal (*failed*) dan 100 untuk kondisi perkerasan yang baik sekali (Shahin, 1994).

2.6 Pertumbuhan Lalu Lintas Pesawat Udara

Perkiraan dapat dilakukan dengan memproyeksikan kecenderungan volume perjalanan masa lalu ke masa depan. Tujuan dari suatu peramalan bukan hanya untuk meramalkan kondisi yang akan terjadi di masa depan secara tepat, namun untuk mencari suatu informasi yang akan digunakan dalam perencanaan transportasi dimasa mendatang. Pemilihan metode didasarkan pada fungsi penggunaan peramalan, ketersediaan data, ketersediaan dana, waktu peramalan, derajat kejenuhan yang diinginkan, serta kecanggihan teknik yang digunakan. Dalam penulisan ini akan digunakan metode analisis rata-rata geometrik. Metode analisis rata-rata geometrik digunakan untuk menghitung pertumbuhan kumulatif dari tahun ke tahun (Hasan, 2001).

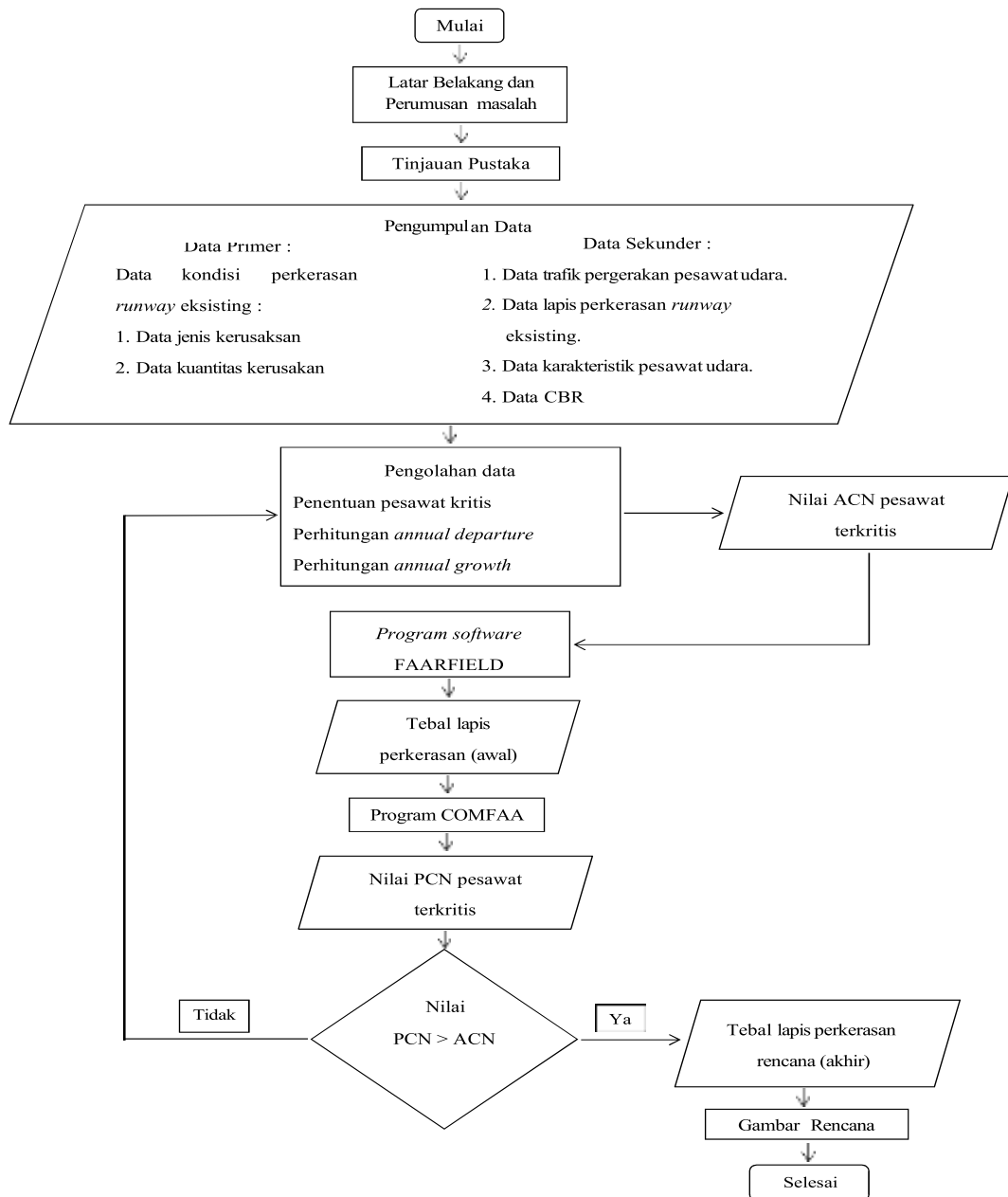
2.7 Perangkat Lunak FAARFIELD dan COMFAA

Perangkat lunak (*software*) FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) adalah *software* yang dibuat oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) terkait tebal perkerasan. FAARFIELD menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru dan *overlay* pada perkerasan lentur dan kaku. Pada perencanaan perkerasan lentur, FAARFIELD menggunakan regangan vertikal maksimum pada bagian atas tanah dasar dan regangan horisontal maksimum di bawah lapisan permukaan aspal sebagai prediktor umur layan struktur perkerasan (Rahman, 2017).

Software COMFAA adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menentukan nilai PCN, terutama pada aspek tahapan perhitungan serta interpretasi *output* dari program. Dalam penggunaannya program ini didukung oleh perangkat tambahan berupa *Microsoft Excel Spreadsheet* untuk menentukan tebal ekuivalen. Penentuan nilai PCN menggunakan program COMFAA ini mengikuti prinsip dan prosedur yang rinci tertera dalam standar yang diterbitkan oleh FAA pada Tahun 2014 yaitu : *Advisory Circular* (AC) 150/5335-5C.

3. METODE PENELITIAN

Prosedur perencanaan tebal perkerasan *runway* menggunakan *software* FAARFIELD dan COMFAA dilakukan sesuai diagram alir (*flowchart*) pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan tebal perkerasan menggunakan *software* FAARFIELD dan COMFAA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pesawat Udara 10 Tahun Kedepan

Berikut hasil perhitungan lalu lintas pergerakan pesawat udara 10 tahun mendatang menggunakan metode analisis rata-rata geometrik (Hasan, 2001).

Tabel 1. Hasil Perhitungan pergerakan pesawat udara 10 tahun mendatang

No	Jenis Pesawat Udara	Annual Departure	Annual Growth
1	Airbus A320-200	19.230	2,99 %
2	Airbus A330-300	8.375	6,09 %
3	ATR-72	7.098	-1,35 %
4	Boeing 737-700	3.110	5,60 %
5	Boeing 737-800	18.756	2,98 %
6	Boeing 737-900ER	10.521	7,16 %
7	Boeing 777-300ER	4.093	5,06 %
8	Boeing 787-800	2.587	10,00 %

Sumber : Hasil analisis, (2020)

4.2 Perhitungan Nilai Perkerasan Runway

Berdasarkan parameter penilaian PCI berikut hasil lengkap nilai kondisi *runway* pada tiap-tiap segmen sepanjang 3.000m sepertidisplaykan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan nilai kondisi *runway*

STA	Jenis Kerusakan	Kelas Kerusakan	Ukuran (M ²)	Density (%)	DV	CDF	PCI
0+000 s.d 0+500	Patching	18 M	94,70	0,421	8,00	38,00	62,00
	Raveling	7 M	97,88	0,435	7,00		
	Alligator Crack	3 M	65,00	0,289	15,00		
	Alligator Crack	3 H	180,80	0,804	34,90		
	Bleeding	17	29,65	0,132	0,00		
TOTAL					64,90		
0+501 s.d 1+000	Alligator Crack	3 H	364,54	1,623	41,00	45,00	55,00
	Alligator Crack	3 M	55,76	0,248	16,00		
	Raveling	7 M	30,40	0,135	3,00		
	Patching	18 M	176,40	0,786	9,00		
	Bleeding	17	17,00	0,076	0,00		
TOTAL					71,00		
1+001 s.d 1+500	Corrugation	13 L	1.140	5,007	22,00	22,00	78,00
	TOTAL						
1+501 s.d 2+000	Corrugation	13 L	1.236	5,504	23,00	22,00	78
	TOTAL						
2+001 s.d 2+500	Raveling	7 M	229,50	1,022	9,00	46,50	53,5
	Patching	18 M	175,00	0,779	9,00		
	Alligator Crack	3 H	190,00	3,073	50,00		
	Bleeding	17	175,00	0,779	5,00		
	TOTAL						
2+501 s.d 3+000	Alligator Crack	3 H	249,00	1,109	38,00	31,50	68,50
	Raveling	7 M	499,50	2,224	10,00		
	Patching	18 M	300,00	1,336	11,00		
TOTAL					59,00		

Sumber : Hasil analisis, (2020).

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai perkerasan (PCI) *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali adalah 65,83 dimana berdasarkan parameter penilaian PCI, nilai tersebut masuk dalam kategori cukup (*fair*). Hal tersebut mengindikasikan bahwa kondisi *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali sudah mengalami kelelahan (*fatigue*) (kelelahan) dengan visual kerusakan pada tingkat sedang (*medium*) sampai dengan tinggi (*high*) (Shahin, 1994).

4.3 Perhitungan Pesawat Udara Kritis

Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015, Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24, perhitungan jenis pesawat udara kritis ditentukan dengan cara membagi berat maksimum pesawat udara atau *Maximum Takeoff Weight* (MTOW) dengan jumlah roda pendaratannya.

$$\text{Wheel Load} = \frac{0,95.MTOW}{\text{Landing Gear}}$$

Hasil analisis untuk menentukan pesawat udara kritis di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan pesawat udara kritis

No	Tipe Pesawat Udara	MTOW (kg)	Jumlah Landing Gear	Beban pada tiap roda	Nilai ACN
1	Airbus A320-200	77.400	4	18.383	47
2	Airbus A330-300	233.900	8	27.776	81
3	ATR-72	21.530	4	5.113	14
4	Boeing 737-700	70.306	4	16.698	42
5	Boeing 737-800	79.243	4	18.820	50
6	Boeing 737-900ER	85.366	4	20.274	56
7	Boeing 777-300ER	352.441	12	27.902	86
8	Boeing 787-800	228.383	8	27.120	81

Sumber : Hasil Analisis, (2020).

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat diketahui bahwa pesawat udara dengan jenis *Boeing 777- 300ER* memiliki distribusi beban pada tiap roda pendaratan terbesar yakni sebesar 27.902 kg, sehingga jenis pesawat tersebut yang memberikan pengaruh paling besar terhadap perkerasan di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali. Pesawat udara jenis *Boeing 777- 300ER* memiliki nilai *Aircraft Classification Number* (ACN) sebesar 86 pada jenis perkerasan *flexible* dan kategori *subgrade C*, sehingga perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) harus menghasilkan nilai *Pavement Classification Number* (PCN) minimal sebesar 86 (KP 93 Tahun 2015).

4.4 Perhitungan Tebal Lapis Tambahan dengan Software FAARFIELD

Berdasarkan hasil perhitungan pertumbuhan pesawat pertahun (*annual growth*) yang dilakukan dengan menggunakan metode analisis rata-rata geometrik dan dianalisis menggunakan *software* FAARFIELD dengan nilai CBR *subgrade* 6%, lapis *subbase course* dengan material P-211 (*lime rock*) sebesar 10 *inch*, lapis *base course* menggunakan material CTB (*Course Treatment Base*) sebesar 6 *inch* serta tebal total lapis *surface existing* sebesar 13 *inch* maka *software* FAARFIELD merekomendasikan ketebalan tambahan pada lapis *surface* sebesar 4,10 *inch* atau 10,41 cm untuk rencana waktu pelayanan sampai 10 tahun ke depan.

4.5 Evaluasi Tebal Lapis Tambahan Menggunakan Software COMFAA

Berdasarkan perhitungan menggunakan *software* FAARFIELD didapat tebal lapis keseluruhan sebesar 33,10 *inch*. Nilai tersebut akan dilakukan evaluasi menggunakan *spreadsheet* COMFAA dan *software* COMFAA untuk memastikan bahwa hasil perhitungan menggunakan *software* FAARFIELD mendapatkan nilai daya dukung sesuai dengan jenis pesawat udara kritis yang beroperasi di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali. Dari hasil evaluasi menggunakan *Spreadsheet* COMFAA dan *Software* COMFAA didapat nilai *Pavement Classification Number* (PCN) adalah 121 F/C/X/T. Berdasarkan KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139, notasi ini memberikan informasi bahwa pesawat yang diijinkan beroperasi yang memiliki ACN maksimum 121, jenis perkerasan perkerasan lentur (F), daya dukung tanah dasar rendah yakni $4 \leq \text{CBR} \leq 8$ (C), tekanan roda pneumatik maksimal yang diijinkan sebesar 1,5 MPa (X) berdasarkan hasil evaluasi secara teknis (T).

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Perkerasan *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali saat penelitian (Tahun 2020) memiliki PCI 65,83 termasuk kondisi cukup (*fair*). Hal ini mengindikasikan kondisi *runway* Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali sudah mengalami kelelahan (*fatigue*).
2. Hasil analisa mendapatkan, tebal lapis tambahan (*overlay*) *runway* yang dibutuhkan oleh Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali sebesar 4,10 *inch* atau 10,41 cm untuk meningkatkan Nilai PCN menjadi 121 F/C/X/T, sehingga bisa melayani pesawat dengan ACN 21 dalam jangka waktu 10 tahun ke depan (sampai Tahun 2030).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis terhadap hasil dari perencanaan Peningkatan Daya Dukung Perkerasan *runway* di Bandara Internasional Ngurah Rai-Bali yaitu perlu dilakukan perhitungan dengan metode lain seperti metode *Load Classification Number* (LCN) atau metode *Portland Cement Asosiation* (PCA) sebagai pembanding hasil perencanaan yang menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. (2009). *Undang-undang Nomor 1 Tahun 2009, Tentang Penerbangan*, Lembaran Negara Republik Indonesia, Sekretariat Negara Republik Indonesia. Jakarta
- Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai. (2020). *Data Tebal Lapis Perkerasan Existing, Lalulintas Pesawat Udara*. Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai. Denpasar
- Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2019). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 326 Tahun 2019, Tentang: Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 (Manual of Standard CASR-Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Jakarta
- Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2015). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015, Tentang: Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 (Advisory Circular CASR Part 139-24), Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Jakarta
- Federal Aviation Adinistrasion. (2014). *AC 150/5335-5C-Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCN*. http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/arp/offices/aas/aas100/
- Hasan, M. I. (2001). *Pokok-pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Rahman, H. (2017). *Modul Pelatihan Program FAARFIELD dan COMFAA*. LAPI ITB. Bandung.
- Shahin, M.Y. (1994). *Pavement Management for Airport, Roads, and Parking Lots*. Champman & Hall. New York.