

Analisis Kekuatan Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Juanda dengan Metode FAA dan Software COMFAA

Istiar^{1*}, S. Kamilia Aziz²

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹, Departemen Infrastruktur Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya²

Koresponden*, Email: istiar@yahoo.com

Info Artikel		Abstract
Diajukan	17 Februari 2021	<i>Runway was an important the airport facilities, used for the movement of arrival and departure aircraft. To provide optimal service, the runway pavement structure had to evaluated periodically. This paper presented the results of the runway pavement strength analysis with the FAA Method and calculated by COMFAA. The primary data were used soil investigation data, pavement core drill and georadar survey. The samples of primary data is divided into 10 segments of runway length. Meanwhile, the secondary data was used aircraft departures in last 5 years. The results of the analysis showed that the existing thickness of the runway pavement structure along 1100 meters from the threshold of Runway 10 was able to defense the gross weight of aircraft until the life design of the runway pavement structure and the PCN value is greater than ACN. Vice versa for the remaining runway length to the threshold of Runway 28.</i>
Diperbaiki	03 Maret 2021	
Disetujui	03 Maret 2021	

Keywords: pavement, runway, aircraft.

Abstrak
Landasan pacu bandar udara harus diperiksa kekuatan strukturnya secara berkala agar mampu mengakomodasi pergerakan keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang secara optimal. Makalah ini memaparkan hasil analisis kekuatan perkerasan landasan pacu Bandara Udara Juanda dengan Metode FAA dan *Software* COMFAA. Data primer yang digunakan adalah data penyelidikan tanah, hasil coring perkerasan dan survey georadar. Jumlah sampel data primer terbagi dalam 10 segmen panjang landasan pacu. Data sekunder yang digunakan adalah data keberangkatan pesawat terbang dalam 5 tahun terakhir. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur perkerasan landasan pacu sepanjang 1100 meter dari ujung R10 masih mampu menahan beban pesawat terbang. Pada segmen tersebut mempunyai nilai PCN lebih besar dibanding ACN, sedangkan hasil sebaliknya untuk sisa panjang landasan pacu hingga ujung R28.

Kata kunci: perkerasan, landasan pacu, pesawat terbang

1. Pendahuluan

Salah satu fasilitas sisi udara yang berperan penting dalam kegiatan keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang pada suatu bandar udara adalah landasan pacu pesawat terbang. Saah satu komponen teknis yang harus diperhatikan agar landas pacu suatu bandar udara dapat berfungsi optimal adalah perkerasan dari landas pacu tersebut. Informasi jenis kontruksi dan kekuatan suatu perkerasan bandar udara dinyatakan dalam *pavement classification number* (PCN).

Landasan pacu bandar udara harus diperiksa kekuatan strukturnya secara berkala agar mampu mengakomodasi pergerakan keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang secara optimal [4]. Pergerakan keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang menyebabkan sistem perkerasan menjadi lelah atau *fatigue* [6]. Pada tahun 2020, PT. Angkasa Pura (Persero) Bandar Udara Juanda berencana melakukan lapis ulang perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda. Sebelum dilakukan lapis ulang, perkerasan landasan pacu akan

diuji kekuatnnya agar pekerjaan lapis ulang perkerasan bisa optimal dan efisien.

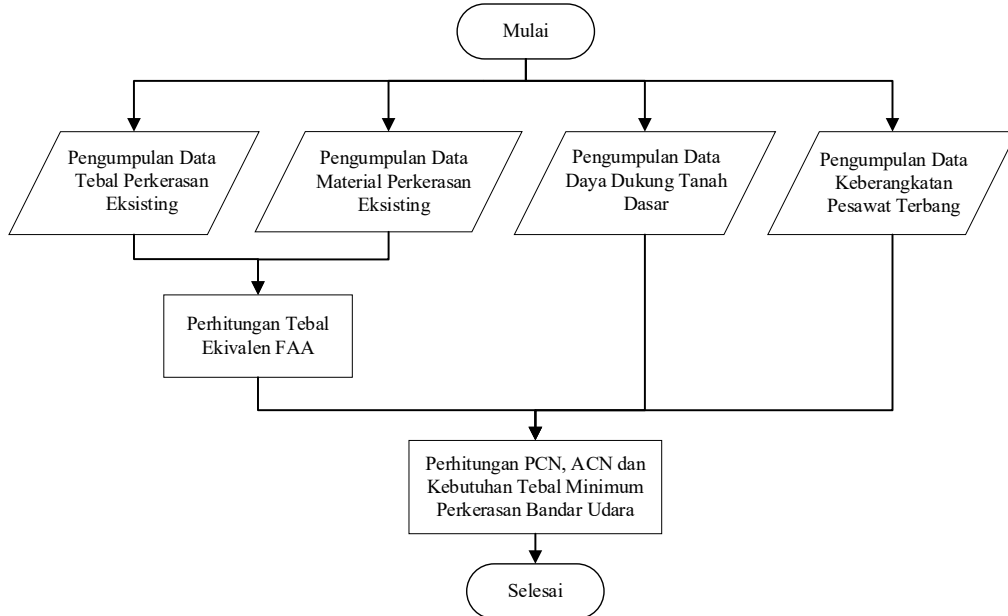
Maksud dari penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda, yang selanjutnya informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar kebijakan yang akan diambil terkait kondisi perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda, misalkan apakah perlu perbaikan terhadap perkerasan landasan pacu atau cukup pembatasan teknis operasional pesawat terbang pada Bandar Udara Juanda.

2. Metode

Adapun tahapan analisis kekuatan perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda dengan Metode FAA dan *Software* COMFAA dapat dilihat pada bagan alir **Gambar 1**. Menurut **Gambar 1**, data yang dibutuhkan untuk menganalisis kekuatan perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda yakni data struktur perkerasan landasan pacu eksisting dan

data keberangkatan pesawat terbang di Bandar Udara Juanda. Untuk data struktur perkerasan landasan pacu eksisting meliputi tebal lapisan, material perkerasan dan daya dukung tanah dasar. Sedangkan data keberangkatan pesawat terbang

di Bandar Udara Juanda yang digunakan adalah data keberangkatan pesawat terbang di Bandar Udara Juanda dalam 5 (lima) tahun terakhir.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Analisis Kekuatan Perkerasan Bandara Udara Juanda

Tahap awal analisis data adalah analisis tebal perkerasan eksisting menjadi tebal perkerasan ekuivalen FAA. Analisis tebal ekuivalen FAA menggunakan bantuan *Software MS Excel* (lihat Gambar 2) yang diunduh gratis di *website*

www.faa.gov. Selanjutnya tebal perkerasan ekuivalen FAA akan menjadi *input data* pada analisis PCN dengan menggunakan *Software COMFAA*. Untuk tampilan *Software COMFAA* dapat dilihat pada Gambar 3.

Reference Guidance	AC 150/5335-5C App B Fig. A2-2 Convert to P-209	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness
P-401/3 P 403	1.6	P-401/3	25.5 in.
P-306 ECONOCRTE	1.2	P-306	0.0 in.
P-304 CEM. TRTD	1.2	P-304	0.0 in.
P-209 Cr AGG	1.0	P-209	11.8 in.
P-208 Agg, P-211	1.0	P-208	0.0 in.
P-301 SOIL-CEM.	n/a	P-301	0.0 in.
P-154 Subbase	n/a	P-154	59.1 in.
Equivalent Thickness, mm			3,76
Subgrade CBR...			3,76
P-401/3	5.0		
P-209	8.0		
P-154	110.3		
Total	123.3		

Loc_ID	Pavement ID
LOC ID	GA RW
Project Details	
Examples	

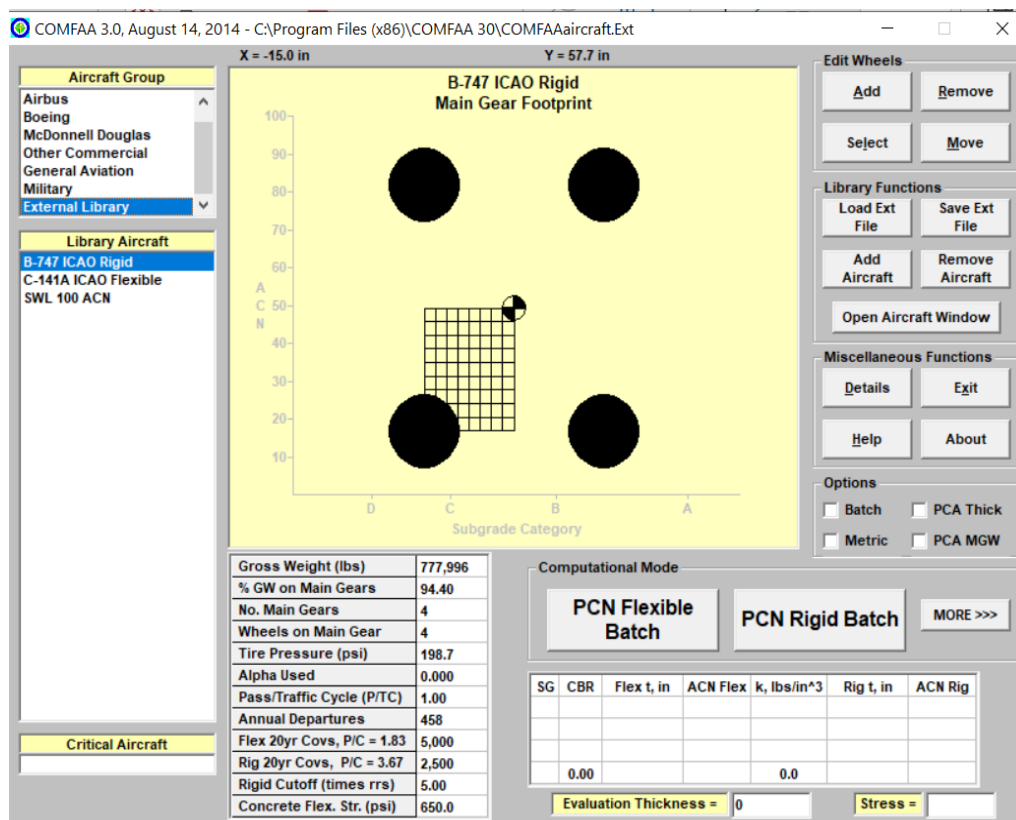
COMFAA Inputs

Evaluation thickness t = 123.3 in.

#VALUE!

Recommended PCN Codes: F/A/X

Gambar 2. Software MS Excel Untuk Perhitungan Tebal Perkerasan Ekuivalen FAA



Gambar 3. Software MS Excel Untuk Perhitungan Tebal Perkerasan Ekuivalen FAA

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum pengumpulan data, landasan pacu Bandar Udara Juanda dibagi menjadi 10 (sepuluh) segmen. Setiap segmen akan diambil sampel data material perkerasan hasil *coring* perkerasan landasan pacu hingga kedalaman 3 meter. Selain itu, pada saat *coring* perkerasan landasan pacu, juga diperiksa nilai CBR masing-masing material perkerasan hingga tanah dasar. Untuk pembagian segmen landasan pacu Bandar Udara Juanda dari ujung landasan pacu R10 adalah sebagai berikut:

- Segmen 1 : STA 0+000 s.d. STA 0+300
- Segmen 2 : STA 0+300 s.d. STA 0+564
- Segmen 3 : STA 0+564 s.d. STA 0+820
- Segmen 4 : STA 0+820 s.d. STA 1+100
- Segmen 5 : STA 1+100 s.d. STA 1+445,34
- Segmen 6 : STA 1+445,34 s.d. STA 1+700
- Segmen 7 : STA 1+700 s.d. STA 2+178
- Segmen 8 : STA 2+178 s.d. 2+564
- Segmen 9 : STA 2+564 s.d. STA 2+700
- Segmen 10 : STA 2+700 s.d. STA 3+000

Pembagian segmen ini didasarkan pada riwayat lapis ulang perkerasan landasan pacu Bandar Udara Juanda.

Data ketebalan lapis perkerasan diperoleh secara primer dengan menggunakan GPR (*Geo Penetrating Radar*). Rekapitulasi data primer tebal perkerasan dan daya dukung tanah dasar adalah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Primer Tebal Perkerasan dan Daya Dukung Tanah Dasar

Segmen	Surface (inches)	Base Course (inches)	Subbase (inches)	Daya Dukung Subgrade (%)
1	25.49	11.81	59.06	3.76
2	25.49	11.81	49.21	2.21
3	25.49	19.69	41.34	2.92
4	25.49	15.75	41.34	2.69
5	25.49	17.72	53.15	1.23
6	25.49	15.75	43.31	1.34
7	15.99	9.84	59.06	1.95
8	17.22	7.87	64.96	1.64
9	17.22	7.87	51.18	1.48
10	17.22	5.91	45.28	2.19

Untuk data sekunder keberangkatan pesawat terbang dari Bandar Udara Juanda Tahun 2019 dapat dilihat pada **Tabel 2**. Sedangkan data keberangkatan pesawat dari Bandar Udara Juanda 5 (lima) tahun terakhir dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Data Sekunder Keberangkatan Pesawat Terbang dari Bandar Udara Juanda Tahun 2019

No.	Aircraft Name	Gross Weight (Lbs)	Annual Departure
1	A300-600	380,518	6
2	A319-100 std	141,978	6
3	A320 Neo	175,047	115
4	A320 Twin opt	172,842	21,067
5	A330-200 opt	509,047	24
6	A330-300 opt	515,661	1,579
7	A330-900NEO	533,519	17
8	AN12	134,482	7
9	ATR42 500	41,006	3
10	ATR72 500	49,604	6,802
11	B737-200	128,600	2
12	B737-400	150,500	69
13	B737-500	134,000	2,425
14	B737-800	174,700	15,610
15	B737-900 ER	188,200	12,118
16	B747-400ER	910,002	350
17	B757-200	256,000	3
18	B767-200	317,000	4
19	B777-200 ER	634,499	35
20	B777-300 ER	650,364	103
21	B787-8	503,501	3
22	BAe 125	27,403	7
23	BAe 146	89,508	1
24	BAe Avro RJ85	93,013	3
25	BBJ2	171,500	2
26	Beech 1900	17,117	7
27	Beech 200	12,500	222
28	Beech 350	14,991	1
29	Beech 400	15,500	10
30	Bombardier GL5T	88,185	20
31	Bombardier GLEX	95,901	10
32	Bonanza S35	3,300	1
33	C-17A	585,000	4
34	Casa 212	16,976	1
35	Cessna 172	2,425	10
36	Cessna 208	8,598	258
37	Cessna 525	10,362	2
38	Cessna 560	15,873	3
39	Cessna 680	30,774	2
40	Cessna Caravan2	9,700	4
41	CL 60	42,990	15
42	CRJ 1000	92,301	2,024
43	DH8C Bombardier	63,052	16
44	Eclipse 500	5,732	3
45	Embraer 505 Phenom	17,527	39
46	ERJ 135	44,092	138
47	ERJ 190	105,359	8
48	Falcon 2000	35,000	4
49	Falcon 8X	72,973	26
50	Falcon 900	45,500	1
51	Fokker 100	94,799	17
52	Fokker 27	44,974	1

53	Fokker 50	45,900	3
54	Gulfstream G150	26,250	19
55	Gulfstream G200	35,600	1
56	Gulfstream GLF4	75,000	3
57	Gulfstream GLF5	90,900	46
58	Gulfstream GLF6	99,649	5
59	Hawker 800XP	28,120	3
60	Learjet LJ35	18,000	5
61	Learjet LJ45	21,499	21
62	Learjet LJ60	23,499	2
63	MD82	149,500	228
64	Piaggio P180	11,552	6
65	Pilatus PC6T	6,173	2
66	Piper PA34	4,749	11
67	Socata TBM9	7,394	1
68	Westwind WW24	23,501	22

Sumber: PT. Angkasa Pura (Persero) Bandar Udara Juanda

Tabel 3. Data Sekunder Keberangkatan Pesawat Terbang dari Bandar Udara Juanda Tahun 2015-2019 [7]

Tahun	Penerbangan			Pertumbuhan (%)	
	Domestik	Inter nasional	Domestik + Inter nasional	Per tahun	Rata-rata
2015	122,911	12,198	135,109		
2016	135,963	12,269	148,232	9.71	
2017	135,892	12,673	148,565	0.22	-0.44
2018	141,493	14,925	156,418	5.29	
2019	114,597	15,266	129,863	-16.98	

Sebelum melakukan analisis ekivalen tebal perkerasan eksisting menjadi tebal perkerasan ekivalen FAA, terlebih dahulu dilakukan penyesuaian tebal lapis permukaan perkerasan eksisting akibat umur perkerasan. Berdasarkan informasi dari PT. Angkasa Pura (Persero) Bandar Udara Juanda, Segmen 1 s.d. Segmen 6 mengalami lapis ulang terakhir pada Tahun 2019. Sedangkan Segmen 7 s.d. Segmen 10 dilakukan lapis ulang terakhir pada Tahun 2012. Berhubung belum ada standar/aturan FAA yang mengatur penyesuaian tebal perkerasan karena usia lapis permukaan, maka untuk penyesuaian tebal perkerasan karena usia lapis permukaan pada makalah ini menggunakan Metode Indeks Tebal Perkerasan (ITP) pada perkerasan jalan [5]. Berdasarkan Metode ITP, indeks permukaan perkerasan saat awal (IPo) digunakan adalah 4 dan indeks permukaan perkerasan saat ini (IPt) diasumsikan sebesar 2,5 (artinya jalan dengan kondisi permukaan masih cukup baik pada akhir umur rencana 5-10 tahun) [2]. Jika dihitung selisih antara IPt dengan IPo, maka tebal perkerasan mengalami penurunan sebesar 37,5% ($= ((4 - 2,5)/4) * 100\%$) selama umur rencana 5 tahun. Untuk Segmen 1 s.d. 6 belum mencapai umur rencana, maka nilai IPt

akan dihitung secara proporsi selisih antara IPO dan IPT. Hasil analisis ekivalen tebal perkerasan eksisting menjadi tebal perkerasan ekivalen FAA dapat dilihat pada **Tabel 4**.

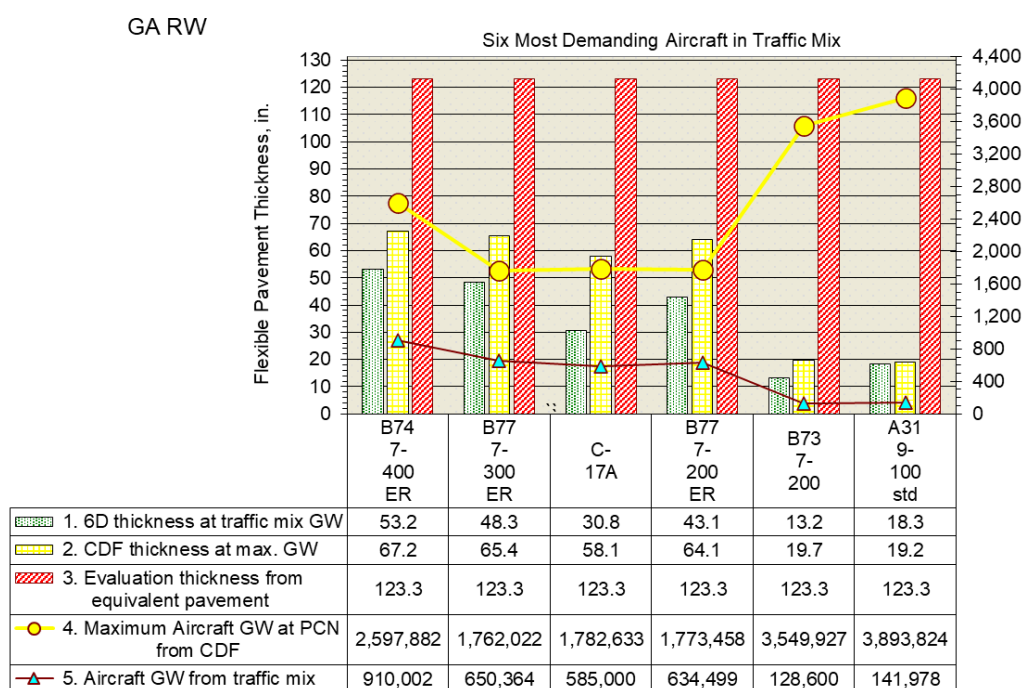
Tabel 4. Hasil Analisis Ekivalensi Standard FAA Tebal Perkerasan Eksisting

Segmen	Surface (inches)	Base Course (inches)	Subbase (inches)
1	5	8	110,3
2	5	8	100,4
3	5	8	103,6
4	5	8	98,1
5	5	8	112,7
6	5	8	100,1
7	5	8	86,3
8	5	8	92,2
9	5	8	78,4
10	5	8	68,7

Analisis selanjutnya adalah analisis kekuatan struktur perkerasan landasan pacu dengan Software COMFAA. Salah satu parameter yang dijadikan dasar untuk mengetahui kekuatan perkerasan landasan pacu suatu bandar udara adalah *pavement classification number* (PCN). Pedoman untuk perhitungan PCN bandar udara di Indonesia mengacu kepada Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara KP 93

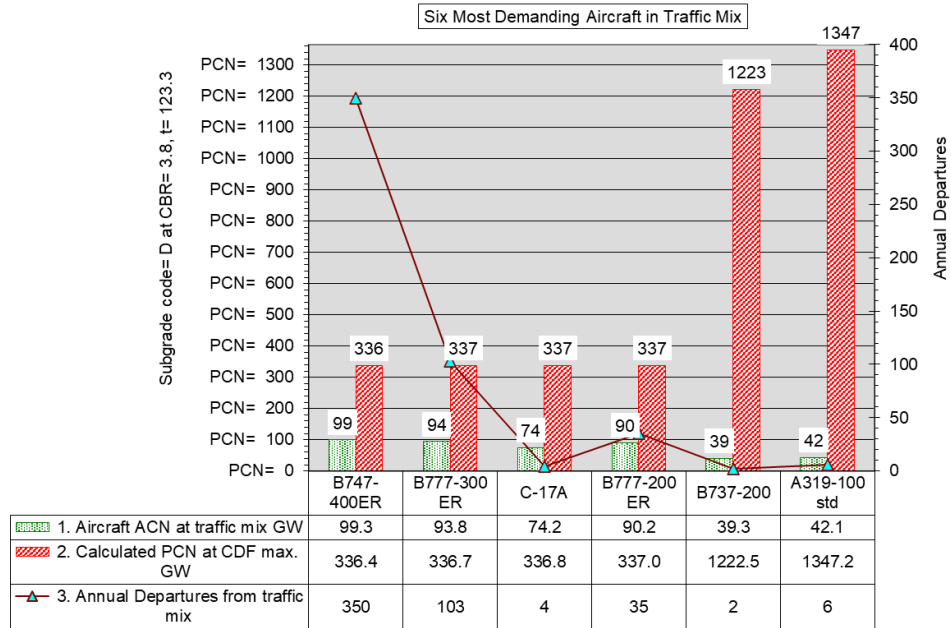
Tahun 2015 [3] tentang Pedoman Perhitungan PCN Perkerasan Prasarana Bandar Udara. Secara garis besar, peraturan tersebut mengacu pada peraturan yang dikeluarkan oleh FAA, yakni *Advisory Circular* (AC) 150/5335-5C [1] yang dikeluarkan oleh FAA pada tanggal 14 Agustus 2014. Di dalam AC 150/5335-5C disebutkan bahwa untuk mempermudah perhitungan PCN sebuah bandar udara, dapat menggunakan *Software* COMFAA.

Input data pada *Software* COMFAA adalah ekivalensi Standard FAA tebal perkerasan eksisting landasan pacu Bandar Udara Juanda dan data sekunder keberangkatan pesawat dari Bandar Udara Juanda Tahun 2019. Sedangkan *output Software* COMFAA adalah kebutuhan tebal perkerasan, PCN (*Pavement Classification Number*) dan ACN (*Aircraft Classification Number*). Perhitungan tebal minimum perkerasan bandar udara didasarkan pada Metode 6D dan CDF. *Pavement Classification Number* (PCN) adalah merupakan suatu angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat udara dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN. Sedangkan ACN adalah suatu nilai yang menunjukkan efek relatif sebuah pesawat terbang di atas *pavement* untuk kategori *sub-grade* standar yang ditentukan Contoh grafik *output* hasil analisis kekuatan struktur perkerasan eksisting dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Kebutuhan Tebal Minimum Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Juanda Segmen 1

GA RW



Gambar 5. Grafik Perhitungan Nilai PCN Perkerasan Eksisting Landasan Pacu Bandar Udara Juanda dan Nilai ACN Pesawat Terbang Yang Berangkat dari Bandar Udara Juanda Skenario 1

Rekapitulasi hasil analisis kebutuhan tebal minimum, ACN tiap type pesawat dan nilai PCN perkerasan eksisting landasan pacu Bandar Udara Juanda adalah sebagai berikut:

a. Segmen 1:

- Tebal perkerasan eksisting = 123,3 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (B747-400 ER) = 53,2 inches
- CDF thickness at max GW ((B747-400 ER) = 67,2 inches
- ACN at traffic mix GW = 99,3 (B747-400 ER)
- Calculated PCN at CDF max GW = 336,4 (B747-400 ER)

b. Segmen 2:

- Tebal perkerasan eksisting = 113,4 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (B777-300 ER) = 71,3 inches
- CDF thickness at max GW (A300-600) = 97,7 inches
- ACN at traffic mix GW = 96,7 (A330-300 Opt)
- Calculated PCN at CDF max GW = 354,4 (A330-300 Opt)

c. Segmen 3:

- Tebal perkerasan eksisting = 116,6 inches

- 6D thickness at traffic mix GW (B777-300 ER) = 58,5 inches
- CDF thickness at max GW (B777-300 ER) = 77,8 inches
- ACN at traffic mix GW = 94,3 (A300-600)
- Calculated PCN at CDF max GW = 186,8 (A300-600)

d. Segmen 4:

- Tebal perkerasan eksisting = 111,1 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (B777-300 ER) = 62,3 inches
- CDF thickness at max GW (A300-600) = 88,0 inches
- ACN at traffic mix GW = 94,3 (A300-600)
- Calculated PCN at CDF max GW = 154 (A300-600)

e. Segmen 5:

- Tebal perkerasan eksisting = 125,7 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (A330-300 Opt) = 119,4 inches
- CDF thickness at max GW (B777-300 ER) = 123,4 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-8)
- Calculated PCN at CDF max GW = 117,4 (B787-8)

f. Segmen 6:

- Tebal perkerasan eksisting = 113,1 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (A330-300 Opt) = 113,1 inches
- CDF thickness at max GW (A330-300 Opt) = 113,7 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-800)
- Calculated PCN at CDF max GW = 105,1 (B787-800)

g. Segmen 7:

- Tebal perkerasan eksisting = 99,3 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (A330-300 Opt) = 90,8 inches
- CDF thickness at max GW (A300-600) = 96,8 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-8)
- Calculated PCN at CDF max GW = 126,2 (B787-8)

h. Segmen 8:

- Tebal perkerasan eksisting = 105,2 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (A330-300 Opt) = 101,2 inches
- CDF thickness at max GW (A300-600) = 103,8 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-8)
- Calculated PCN at CDF max GW = 114,1 (B787-8)

i. Segmen 9:

- Tebal perkerasan eksisting = 91,4 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (B747-400ER) = 95,7 inches
- CDF thickness at max GW (A330-900NEO) = 109,2 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-8)
- Calculated PCN at CDF max GW = 72 (B787-8)

j. Segmen 10:

- Tebal perkerasan eksisting = 82,7 inches
- 6D thickness at traffic mix GW (A330-300 Opt) = 84,0 inches
- CDF thickness at max GW (A330-900NEO) = 84,9 inches
- ACN at traffic mix GW = 106,3 (B787-8)
- Calculated PCN at CDF max GW = 101,0 (B787-8)

Dari hasil analisis, struktur perkerasan landasan pacu segmen 1 s.d. segmen 4 lebih tebal dibanding kebutuhan tebal minimum hasil perhitungan dengan *Software* COMFAA. Selisih antara tebal perkerasan eksisting dengan kebutuhan minimum hasil perhitungan *Software* COMFAA sangat signifikan, dimana terbesar pada segmen 1 yakni sebesar 70,1

inch. Selisih yang sangat signifikan juga ditemui pada PCN dan ACN segmen 1 s.d. segmen 4.

Pada segmen 5, 7 dan 8 mempunyai karakteristik hasil yang sama, dimana struktur perkerasan landasan pacu eksisting lebih tebal dibanding kebutuhan tebal minimum hasil perhitungan dengan *Software* COMFAA. Namun selisih tebalnya tidak terlalu signifikan. Demikian juga pada perbandingan antara PCN dan ACN pada segmen 5, 7 dan 8, selisih nilainya tidak signifikan.

Untuk tebal perkerasan landasan pacu eksisting pada segmen 6, 9 dan 10 lebih kecil dibandingkan dengan tebal perkerasan hasil perhitungan *Software* COMFAA. *Pavement Classification Number* (PCN) lebih kecil dibanding ACN. Diduga hal ini disebabkan karena daya dukung tanah dasar pada segmen 6, 9 dan 10 sangat rendah serta struktur tebal perkerasannya relatif lebih tipis/kecil.

4. Simpulan

Kebutuhan tebal perkerasan pada landasan pacu Bandara Juanda masih bisa dicukupi oleh perkerasan eksisting kecuali pada segmen 6, 9 dan 10. Namun pada segmen 5, 7 dan 8; selisih antara tebal perkerasan eksisting dengan kebutuhan tebal perkerasan adalah kecil/sedikit.

Jika membandingkan *output* PCN dan ACN pada masing-masing segmen sebagai salah satu parameter kekuatan struktur perkerasan, maka diperoleh hasil relatif sama dengan *output* kebutuhan tebal perkerasan pada masing-masing segmen. Nilai PCN pada segmen 1 s.d. 4 lebih besar dibanding ACN, nilai PCN segmen 5, 7 dan 8 lebih besar dibanding ACN, namun selisihnya kecil/sedikit. Sedangkan untuk PCN segmen 6, 9 dan 10 lebih kecil/rendah dibanding ACN. Sehingga disarankan pada segmen 5 s.d. 10 untuk segera dilapis ulang atau diberlakukan pembatasan berat pesawat saat lepas landas (*maximum take-off weight*).

Daftar Pustaka

- [1] AC No: 150/5335-5C, "Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN," *Area*, no. August, pp. 1-4, 2014, [Online]. Available: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5335-5c.pdf.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, vol. 73, no. 02. 1987.
- [3] K. P. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, *Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24*, vol. 24. 2015.
- [4] K. P. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, *Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan*

Penerbangan Sipil Bagian 139-23 {Advisory Circular CASR PART 139-23}, Pedoman Program Pemeliharaan Konstruksi Perkerasan Bandar Udara (Pavement Management System). Indonesia, 2015.

- [5] I. Istiar, I. B. Mochtar, W. Herijanto, and C. A. Prastyanto, "Taxiway Pavement Evaluation to Support the Operational of Terminal 2 Juanda Airport," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 3, no. 6, 2017, doi: 10.12962/j23546026.y2017i6.3314.
- [6] F. Kristiawan, E. Ahyudanari, and I. Istiar, "Evaluasi Kesesuaian Jadwal Pemeliharaan Runway dengan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat di Bandar Udara Juanda," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. 2–6, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26130.
- [7] PUSTIKOMHUB, *Statistik Perhubungan 2018*, vol. 53, no. 9. 2019.