

EVALUASI KAPASITAS DAYA DUKUNG PERKERASAN RUNWAY BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA DENGAN PERUBAHAN JENIS PESAWAT PENERBANGAN HAJI

Sylvia Hasna Aurellia

Program Studi Teknik Sipil,
Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. Khp Hasan Mustopa No.23, Neglasari,
Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat

Barkah Wahyu Widiyanto¹

Program Studi Teknik Sipil,
Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. Khp Hasan Mustopa No.23, Neglasari,
Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat

Abstract

In planning for the 2023 Hajj flights, the runway must be prepared to accommodate aircraft loads. This research aims to evaluate the runway pavement strength to accommodate Hajj flights with the planned B777-300ER aircraft, which previously used the B747-400ER at Juanda Surabaya Airport. The method employed in this research is the FAA AC 150/5335-5C-2014 method for PCN evaluation with the assistance of COMFAA software. Based on the analysis results of 10 segments, PCN values range from 56 to 105 F/D/X/T, with ACN 120 F/D/X/T, and CDF is ≥ 1 . It can be concluded that the existing pavement needs improvement with an overlay using HMA material. Among the ten segments, HMA overlays are needed with thickness ranging from 100 mm to 331 mm when using B777-300ER. If B747-400ER is used, the HMA overlay thickness ranges from 51 mm to 259 mm. Without an HMA overlay, there is a weight limitation for the Hajj B777-300ER aircraft, which is 55% of the MTOW.

Keywords: airport pavement, PCN, COMFAA, FAARFIELD

Abstrak

Dalam perencanaan persiapan penerbangan haji 2023, *runway* perlu dipersiapkan agar mampu melayani beban pesawat. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kekuatan perkerasan *runway* untuk dapat melayani penerbangan haji dengan pesawat rencana B777-300ER yang sebelumnya menggunakan B747-400ER pada Bandara Juanda Surabaya. Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode evaluasi PCN berdasarkan FAA AC 150/5335-5C-2014 dengan *software* COMFAA dan FAA AC 150/5320-6G-2021 dengan *software* FAARFIELD. Berdasarkan hasil analisis dari 10 segmen serta berdasarkan penurunan kondisi *runway*, nilai PCN berkisar 56 sampai 105 F/D/X/T dengan ACN 120 F/D/X/T dan CDF adalah ≥ 1 . Hal ini dapat disimpulkan bahwa perkerasan eksisting perlu ditingkatkan dengan *overlay* menggunakan material HMA. Dari 10 segmen diperlukan *overlay* HMA dengan tebal mulai dari 100 mm hingga 331 mm apabila menggunakan B777-300ER. Jika tetap menggunakan B747-400ER tebal *overlay* HMA mulai dari 51 mm hingga 259 mm. Jika tanpa *overlay* HMA, terdapat pembatasan berat pesawat haji B777-300ER sebesar 55% dari berat MTOW.

Kata Kunci: perkerasan bandara, PCN, COMFAA, FAARFIELD

PENDAHULUAN

Bandara Juanda merupakan bandara yang melayani penerbangan domestik dan Internasional. Bandara Juanda berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur. Panjang *runway* Bandara Juanda adalah 3000 m dengan total *area* 135.000 m² (hubud.dephub.go.id). Perkerasan *runway* Bandara Juanda adalah perkerasan lentur dengan nilai PCN 94/F/X/D/T. Bandara Juanda juga ditetapkan sebagai embarkasi dan debarkasi haji berdasarkan Keputusan Menteri Agama No. 124 Tahun 2016.

¹ Corresponding author: barkah@itenas.ac.id

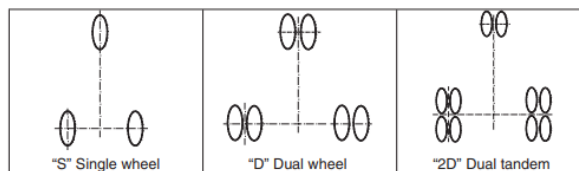
Pada tahun 2019, *runway* Bandara Juanda mengalami kerusakan sehingga beberapa penerbangan tertunda. Akibat dari kerusakan tersebut, Bandara Juanda ditutup sementara untuk dilakukan perbaikan perkerasan *runway* (cnbcindonesia.com, 2019). Dalam persiapan penerbangan haji tahun 2023, *runway* perlu diperhatikan mengingat penerbangan haji menggunakan pesawat B747-400ER. Perubahan pesawat haji dari B747-400ER direncanakan berubah menjadi B777-300ER. Saudia Airlines menyiapkan pesawat B777-300 ER untuk mendukung pemerintah Indonesia dan Kemenag dalam mengangkut Jemaah haji (Bisnis.com, 2021). Maskapai Garuda mengganti 3 armada B747-400 ER dengan B777-300ER karena lebih boros bahan bakar (Destinasia.co.id). Maka dari itu, perkerasan *runway* Bandara Juanda perlu dilakukan evaluasi dalam menghadapi penerbangan haji 1444 H.

KAJIAN PUSTAKA

Karakteristik Pesawat

Berbagai karakteristik pesawat yang berkaitan dengan bandara yaitu dimensi pesawat, berat pesawat, konfigurasi roda pendaratan. Konfigurasi roda pesawat digunakan untuk menghitung beban pesawat yang dilimpahkan ke perkerasan landasan, yang selanjutnya dapat digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan. Sebagian besar pesawat dirancang dengan satu dari 3 konfigurasi dasar roda pendaratan pesawat, yaitu:

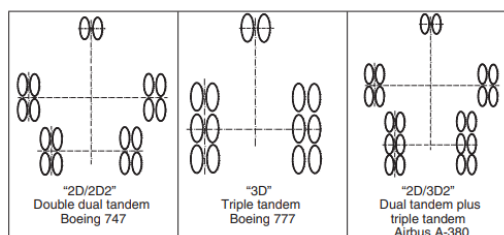
1. Konfigurasi roda tunggal yaitu roda utama memiliki satu roda di setiap penyangganya.
2. Konfigurasi roda ganda yaitu roda utama memiliki empat roda. Pada setiap penyangganya terdapat dua roda.
3. Konfigurasi tandem ganda yaitu memiliki dua set roda di setiap penyangganya



Sumber : Horonjeff, 2010

Gambar 1. Konfigurasi roda pesawat sederhana

Konfigurasi roda pendaratan pesawat untuk pesawat berbadan besar lebih rumit dibandingkan konfigurasi sederhana yang dijelaskan sebelumnya. Contoh pesawat berbadan besar, yaitu Boeing 747, Boeing 777, dan Airbus A-380.



Sumber : Horonjeff, 2010

Gambar 2. Konfigurasi roda pesawat kompleks

Struktur Perkerasan *Runway*

Perkerasan *runway* umumnya menggunakan perkerasan lentur. Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang lapisan permukaannya menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Adapun struktur lapisan perkerasan lentur terdiri atas:

1. Tanah dasar (*subgrade*)
2. Lapisan fondasi bawah (*subbase course*)
3. Lapisan fondasi (*base course*)
4. Lapisan permukaan (*surface course*)

Spesifikasi perkerasan untuk lapisan perkerasan menurut FAA ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi perkerasan untuk lapisan perkerasan *runway*

Pavement Layer	Pavement Specification
<i>Surface Course</i>	P-401/P-403 (HMA AC)
<i>Stabilized Base Course</i>	P-401/403 (HMA AC-Base)
<i>Base Course</i>	P-209 (Crushed Aggregate/ Batu pecah max 2")
<i>Subbase Course</i>	P-154 (Uncrushed Aggregate/Batu pecah max 1")
<i>Subgrade</i>	

Aircraft and Pavement Classification Numbers

Aircraft Classification Numbers (ACN) atau nomor klasifikasi pesawat merupakan suatu nilai yang menyatakan dampak relatif sebuah pesawat udara terhadap perkerasan. *Pavement Classification Numbers* (PCN) atau nomor klasifikasi perkerasan merupakan suatu angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat. Jika nilai ACN melebihi nilai PCN maka operasi pesawat udara tidak diberikan ijin beroperasi.

Komponen PCN terdiri dari lima unsur numerik. Adapun ketentuan penulisan PCN adalah sebagai berikut:

1. Nomor klasifikasi perkerasan terdiri dari angka 1 hingga tak terbatas
2. Jenis perkerasan untuk penentuan ACN-PCN
3. Kategori kekuatan *subgrade*
4. Kategori tekanan ban maksimal yang diizinkan atau nilai tekanan ban maksimal yang diizinkan
5. Metode evaluasi

Cumulative Damage Factor

Konsep *cumulative Damage Factor* (CDF) yang diperkenalkan oleh FAA, yaitu faktor yang mewakili jumlah umur kelelahan struktural perkerasan yang telah habis. Untuk perkerasan eksisting tergantung berdasarkan kondisi perkerasan tersebut. Apabila nilai $CDF < 1$ maka perkerasan tersebut masih mampu melayani pertumbuhan pergerakan pesawat. Sedangkan, nilai $CDF > 1$ maka sudah tidak mampu melayani pertumbuhan pergerakan pesawat dan dilakukan perbaikan struktur.

Analisis ACN dengan Software COMFAA

COMFAA dikembangkan dengan konsep *Cummulative Damage Factor* (CDF) dengan menghitung efek gabungan dari beberapa pesawat yang beroperasi di bandar udara. Efek dari lalu lintas gabungan ini disetarakan dengan pesawat kritis. Prinsip dasar perhitungan ACN-PCN menggunakan COMFAA yang didasarkan pada KP 93 Tahun 2015 yang diadopsi dari FAA AC 150-5335-5C dan juga dengan bantuan *spreadsheet* COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-18-17 untuk menghitung tebal perkerasan *equivalent*.

Analisis CDF dengan Software FAARFIELD

Software FAARFIELD didasari pada konsep *Cumulative Damage Factor* (CDF) yaitu faktor yang mewakili jumlah umur kelelahan struktural perkerasan dimana setiap jenis pesawat dalam suatu lintasan dijumlahkan untuk memperoleh kerusakan kumulatif total dari semua pesawat udara. Apabila nilai CDF lebih dari satu maka perkerasan tidak dapat mendukung beban berat pesawat lagi.

Perbaikan Struktur Perkerasan

Operasional bandar udara sangat tergantung dengan kondisi *aerodome*-nya atau lapangan terbangnya, terutama *runway*. Perlu adanya evaluasi untuk mengetahui daya dukungnya apakah *runway* masih mampu melayani pesawat-pesawat yang akan mendarat atau lepas landas. *Overlay* (pelapisan ulang) permukaan *runway* merupakan salah satu pemeliharaan yang bertujuan untuk mengembalikan *runway* ke kondisi awal atau untuk meningkatkan kualitas *runway*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode FAA AC 150/5335-5C-2014 tentang evaluasi PCN dengan bantuan *software* COMFAA serta *spreadsheet* COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-18-17 yang dapat diunduh pada *website* www.faa.gov. Evaluasi struktur perkerasan menggunakan metode FAA AC 150/5320-6G-2021. Data yang digunakan berupa data sekunder seperti daya dukung tanah dasar, tebal jenis lapis struktur perkerasan, kondisi eksisting *runway*, histori perbaikan *runway*, data jumlah lalu lintas pesawat udara, dan geometri *runway*.

Penelitian ini dimulai dari menganalisis penurunan kondisi struktur perkerasan, kemudian meng-*input* data yang diperlukan ke dalam *software* COMFAA untuk menganalisis ACN-PCN dan meng-*input* data yang diperlukan pada *software* FAARFIELD untuk menganalisis umur layan. Apabila tidak memenuhi kriteria yaitu $PCN > ACN$ dan $CDF < 1$ maka dilakukan *overlay* HMA dengan menghitung kebutuhan *overlay* HMA menggunakan *software* FAARFIELD atau pun menghitung perbatasan berat pesawat.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data Untuk Analisis

Data yang digunakan untuk mengevaluasi kapasitas daya dukung perkerasan *runway* meliputi *CBR Subgrade*, *annual departure*, dan nilai modulus setiap lapisan perkerasan. Data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

CBR subgrade

Pada penelitian ini digunakan nilai *CBR Subgrade* sebesar 4% sesuai dengan kode PCN yang terdapat pada *website* dephub.go.id, yaitu 94 F/D/X/T dengan kategori daya dukung *subgrade* kode D nilai $CBR \leq 4$.

Annual departure

Data jumlah penerbangan tahunan dan *annual departure* setiap pesawat yang berada di Bandara Internasional Juanda diperoleh dari PT. Angkasa Pura 1. Data yang digunakan merupakan data *annual departure* setiap pesawat dari tahun 2014 hingga 2019. Dari data jumlah pergerakan tahunan pesawat pada Tabel 2 didapatkan persentase rata-rata pertumbuhan pergerakan pesawat sebesar 4,21%.

Tabel 2. Data pertumbuhan pergerakan pesawat

Tahun	Total Annual Departures	Annual Growth (%)
2014	59.164	0,00%
2015	62.373	5,42%
2016	68.818	10,33%
2017	69.280	0,67%
2018	69.567	0,41%
2019	61.063	
Rata-rata Annual Growth		4,21 %

Data *annual departure* yang digunakan adalah pada tahun 2023 yang merupakan hasil *forecast* dari tahun 2014 hingga 2019. Hasil *forecast* pada tahun 2023 dikalikan dengan faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif. Hasil *annual departure* selama 20 tahun ke depan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Annual Departure 2023

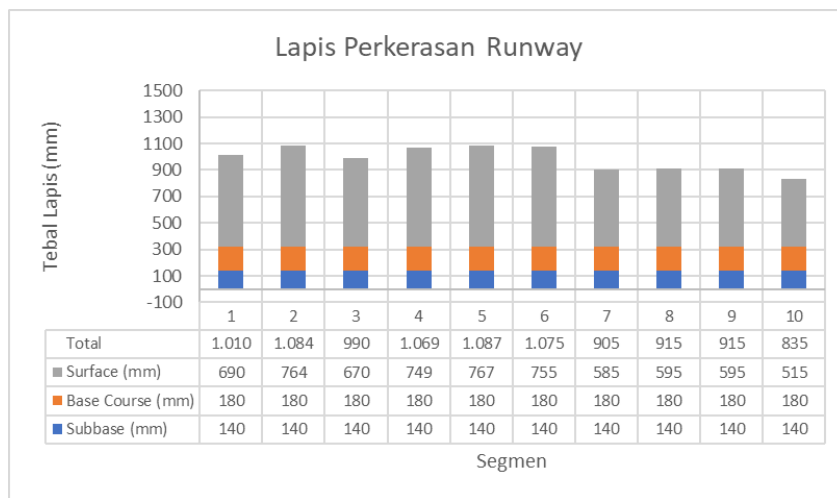
Annual Departure 20 Tahun				
No	Jenis Pesawat	MTOW (Ton)	Kondisi 1*	Kondisi 2**
1	Airbus 320-200	86,4	36.627	36.627
2	Airbus 330-200	254,5	187	187
3	Airbus 330-300	254,5	2.799	2.799
4	ATR 72-600	25	13.349	13.349
5	Boeing 737-500	67	4.241	4.241
6	Boeing 737-800	87,4	31.155	31.155
7	Boeing 737-900ER	94,1	13.809	13.809
8	Boeing 747-400ER	456,5	832	563
9	Boeing 777-300ER	388,5	155	505
Total			103.155	103.235

*Kondisi 1 merupakan kondisi apabila pesawat haji menggunakan B747-400ER dimana pesawat B747 sudah termasuk penerbangan *regular*, kargo, dan haji. Sedangkan pada B777 hanya penerbangan *regular* dan kargo.

**Kondisi 2 merupakan kondisi apabila pesawat haji menggunakan B777-300ER dimana pada pesawat B777 sudah termasuk penerbangan *regular*, kargo, dan haji. Sedangkan pada B747 hanya penerbangan *regular* dan kargo.

Tebal lapis perkerasan runway

Tebal lapis perkerasan struktur pada tahun 2019 sesuai yang didapat dari PT. Angkasa Pura 1 terdapat sepuluh segmen yang memiliki tebal permukaan yang berbeda akibat dari riwayat lapis ulang. Lapisan *base course* memiliki tebal 180 mm, lapisan *subbase* memiliki tebal 140 mm, dan CBR *subgrade* sebesar 4%. *Data* tebal lapisan *surface* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tebal lapis perkerasan eksisting tahun 2019

Kondisi penurunan perkerasan runway

Runway Bandara Internasional Juanda terbagi menjadi sepuluh segmen. Pembagian segmen tersebut didasarkan pada riwayat lapis ulang perkerasan *runway*. Untuk pembagian segmen *runway* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembagian segmen *runway* bandara juanda

Segmen	
Segmen 1 (STA 0+000 - 0+300)	Segmen 6 (STA 1+445 - 1+700)
Segmen 2 (STA 0+300 - 0+584)	Segmen 7 (STA 1+700 - 2+178)
Segmen 3 (STA 0+584 - 0+820)	Segmen 8 (STA 2+178 - 2+564)
Segmen 4 (STA 0+820 - 1+100)	Segmen 9 (STA 2+564 - 2+700)
Segmen 5 (STA 1+100 - 1+445)	Segmen 10 (STA 2+700 - 3+000)

Dari hasil luas kerusakan yang dilihat dari *strip maps*, kerusakan *runway* tidak hanya terjadi pada permukaannya saja namun lapisan *base* dan *subbase* pun mengalami kerusakan akibat terjadinya penurunan kondisi perkerasannya. Sehingga penurunan kondisi jenis lapis perkerasan bersumber pada AASHTO 1993. Didapatkan penurunan kondisi pengurangan lapis perkerasan untuk *surface* atau *asphalt concrete*, yaitu sebesar 67% dan untuk lapisan *base* sebesar 42% dilihat dari kondisi kerusakan paling kritis.

Evaluation Thickness

Perhitungan *evaluation thickness* dapat dihitung menggunakan *spreadsheet* COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-18-17. Berikut merupakan rekapitulasi nilai *evaluation thickness* tiap segmen perkerasan eksisting *runway* Bandara Internasional Juanda terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi nilai *evaluation thickness*

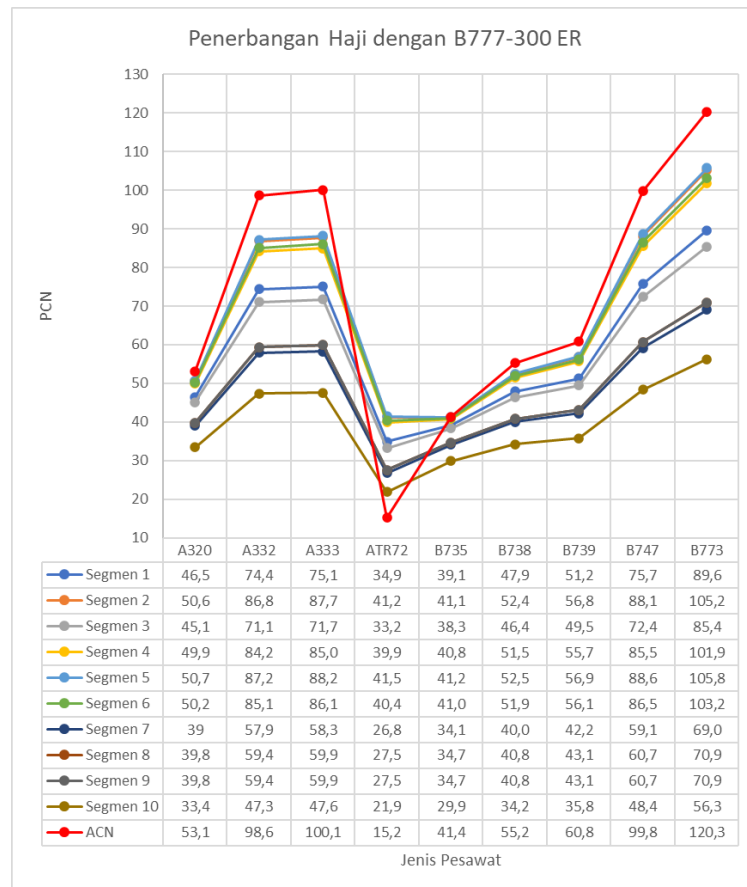
Segmen	Evaluation Thickness (mm)	Segmen	Evaluation Thickness (mm)
Segmen 1	1302	Segmen 6	1399
Segmen 2	1413	Segmen 7	1144
Segmen 3	1271	Segmen 8	1159
Segmen 4	1390	Segmen 9	1159
Segmen 5	1417	Segmen 10	1039

Analisis ACN-PCN

Metode analisis perbandingan nilai ACN-PCN merupakan salah satu tinjauan untuk mengevaluasi kondisi struktur perkerasan. Nilai ACN dipengaruhi oleh nilai *Gross Weight* pesawat atau *Maximum Take Off Weight* (MTOW). Hasil perhitungan ACN-PCN dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Nilai ACN-PCN dengan penerbangan haji menggunakan B747-400ER



Gambar 5. Nilai ACN-PCN dengan penerbangan haji menggunakan B777-300ER

Dari hasil grafik dapat dilihat bahwa nilai PCN kurang dari ACN, baik dengan penambahan penerbangan haji menggunakan pesawat B777-300ER ataupun menggunakan pesawat B747-400ER. Sehingga perkerasan runway tersebut perlu ditingkatkan.

Analisis CDF

Analisis CDF menggunakan software FAARFIELD untuk mengetahui apakah struktur perkerasan runway masih mampu melayani sesuai umur rencana yaitu 20 tahun. Hasil umur layan dapat dilihat pada Tabel 6.

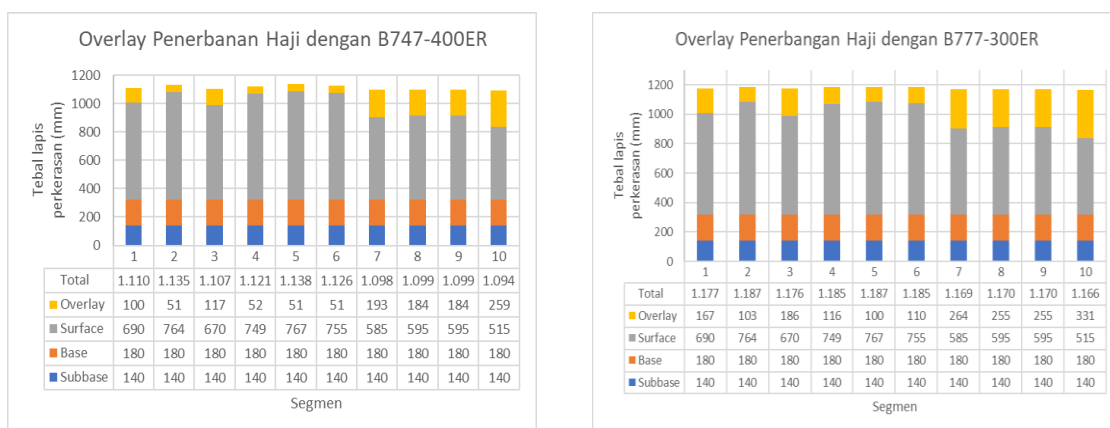
Tabel 6. Hasil analisis umur layan

Segmen	Kondisi 1	Kondisi 2
	Sub CDF	Sub CDF
1	8,04	14,8
2	2,27	5,75
3	11,92	20,49
4	2,91	6,93
5	2,17	5,54
6	2,62	6,42
7	50,2	69,22
8	42,92	60,19
9	42,92	60,19
10	142,81	182,76

Berdasarkan hasil dari Tabel 6 didapatkan nilai $CDF > 1$, sehingga perkerasan tidak mampu melayani pertumbuhan dan pergerakan pesawat sesuai umur rencana.

Peningkatan Struktur Perkerasan Runway dengan Overlay

Untuk mendesain tebal perkerasan yang akan di *overlay*, menggunakan *software* FAARFIELD. Analisis perencanaan perbaikan struktur perkerasan dengan *overlay* membutuhkan data karakteristik pesawat, tebal lapis struktur perkerasan, dan *annual departure*. Hasil analisis tebal *overlay* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rekapitulasi tebal overlay HMA

Pengurangan Berat Pesawat

Restricted Take Off Weight (RTOW) merupakan berat maksimum tertentu yang diizinkan untuk melakukan *take off* agar pesawat dapat melakukan penerbangan. Pengurangan berat pesawat hanya perubahan pesawat haji yaitu B 777-300 ER. Hasil pengurangan *gross weight* dapat dilihat pada Tabel 7.

RTOW	Gross Weight (Ton)	PCN	ACN	CDF
90%	317,197	58	103,9	30,0229
85%	299,575	56,3	95,8	19,7442
80%	281,953	54,6	87,9	12,1098
75%	264,331	52,7	80,1	6,6467
70%	246,709	50,7	72,4	3,1260
65%	229,087	48,6	64,7	1,1529
60%	211,465	46,3	57,3	0,2836
55%	193,843	43,9	49,9	0,0276
50%	176,221	41,4	42,9	0,0001
45%	158,599	40,5	36,2	0,0000
40%	140,977	40,5	30,1	0,0000
35%	123,354	40,5	24,6	0,0000

Dari hasil analisis tersebut, didapatkan nilai $PCN > ACN$ diperoleh $RTOW = 55\%$ MTOW untuk pesawat B 777-300.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan eksisting sebelum adanya perubahan pesawat penerbangan haji memiliki nilai $PCN < ACN$ dan setelah adanya perubahan pesawat haji menggunakan B777-300ER penerbangan haji juga memiliki nilai $PCN < ACN$ dan $CDF > 1$. Terdapat empat segmen yang paling kritis yaitu segmen 7 hingga 10. Maka, perlu dilakukan peningkatan kapasitas struktural perkerasan *runway* dengan *overlay* HMA.

Adapun tebal *overlay* HMA apabila tetap menggunakan pesawat haji B747-400ER berkisar 51 mm hingga 259 mm. Sedangkan ketika pesawat haji berubah menjadi B777-300ER pada segmen 7 yaitu 264 mm, segmen 8 dan segmen 9 yaitu 255 mm, serta segmen 10 yaitu 331 mm. Untuk segmen 1 hingga segmen 6 memiliki tebal *overlay* HMA berkisar 100 mm hingga 186 mm. Adapun pembatasan berat pesawat pada B777-300 ER tanpa dilakukan *overlay* yaitu sebesar 55% dari berat MTOW.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashford, N. & Mumayiz, S. (2011). *Airport Engineering (Four Edition)*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Federal Aviation Administration (2014). *Advisory Circular No. 150/5335-5C. Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN*. Us Department of Transportation. United States.
- Federal Aviation Administration (2021). *Advisory Circular No. 150-5320-6G. Airport Pavement Design and Evaluation*. Us Department of Transportation. United States.
- Horonjeff, R. & Mc Kelvey, F. (2010) *Planning and Design of Airports (Fifth Edition)*. United States: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Peraturan Ditjen Perhubungan Udara. (2015). *KP No 93: Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Bandar Udara*
- Sukirman, S. (2014). *Rekayasa Bandar Udara*.
- Warsito, D. (2017). *Manajemen Bandar Udara: Runway, Taxiway, dan Apron*. Jakarta: Penerbit Erlangga.