

ANALISIS PERKERASAN LANDAS PACU BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA, BANDUNG

Christina Sari¹, Ariel Winfried², Luky Surachman³

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Trisakti

E-mail: christina.sari@trisakti.ac.id¹

ABSTRAK

Bandara Husein Sastranegara yang dapat terletak di jantung kota Bandung saat ini memiliki landasan pacu dengan klasifikasi PCN tetap pada 50 F / C / X / T atau sama dengan total ketebalan perkerasan tipe fleksibel tepat pada 740 mm. Namun demikian, Boeing 737-800 mendefinisikan klasifikasinya pada keadaan maksimum hingga 51 pada skala ACN. Oleh karena itu, tindakan overlay pada landasan pacu perlu dipelajari untuk meningkatkan klasifikasinya. ACN / PCN adalah salah satu metode terkenal ICAO untuk menentukan tebal perkerasan, sementara baru-baru ini FAA telah mengembangkan metode mutakhir dengan menggunakan program terkomputerisasi yang disebut FAARFIELD (FAA Rigid Flexible Iterative Elastic Layer Design). Sesuai dengan masalah sebelumnya, metode ICAO menganalisis kebutuhan ketebalan perkerasan 1041,4 mm untuk teknik grafis dan 940,6 mm untuk teknik analitis, sedangkan FAARFIELD hanya memerlukan ketebalan perkerasan 840,8 mm dalam menentukan landasan pacu jenisnya yang fleksibel karena tindakan overlay sebelumnya. Hasil yang disajikan dari kedua metode menetapkan bahwa trotoar landasan pacu Bandara Husein Sastranegara harus segera diperbaiki dengan lapisan overlay

Kata Kunci: ACN/PCN, Bandara, FAARFIELD, Overlay, Perkerasan Runway

ABSTRACT

Husein Sastranegara Airport which can be located at the heart of Bandung city nowadays has a runway with its PCN classification fixed at 50 F/C/X/T or equals to a total flexible type pavement thickness precisely on 740 mm. Nevertheless, Boeing 737-800 defines its classification at maximum state up to 51 on ACN scale. Therefore, overlay act upon runway pavement needs to be studied in order to enhance its classification. ACN/PCN is one of ICAO renowned method to determine pavement thickness, while recently FAA has developed a cutting-edge method by using a computerized program called FAARFIELD (FAA Rigid Flexible Iterative Elastic Layer Design). In accordance with the earlier issues, ICAO method analyzes the need of 1041.4 mm pavement thickness for graphical technique and 940.6 mm for analytical technique, while FAARFIELD should only require 840.8 mm pavement thickness in determining its flexible type runway due to the previous overlay act. The presented results of both methods established that runway pavement of Husein Sastranegara Airport shall be improved by an overlay layer immediately

Keywords: ACN/PCN, airport, FAARFIELD, Overlay, runway pavement

PENDAHULUAN

Awal mulanya Bandar Udara Husein Sastranegara diperuntukan khusus untuk penerbangan militer saja. Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat akan transportasi udara akhirnya Bandar Udara Husein Sastranegara mulai melayani penerbangan komersil dibawah naungan Direktorat Jendral Perhubungan udara. Pada tahun 1994 Bandar Udara Husein Sastranegara terjadi pengalihan pengelolaan dari Direktorat Jendral Perhubungan Udara kepada PT. Angkasa Pura II. Penerbangan komersil yang ditangani oleh PT Angkasa Pura II membuka Bandung terhadap dunia internasional. Terbukanya rute – rute internasional turut meningkatkan mobilitas masyarakat terutama masyarakat Bandung.

Terbukti, pada tahun 2016 menurut Data Tahunan Penumpang, Bagasi, Cargo dan Pergerakan Pesawat Bandar Udara Husein Sastranegara telah melayani sebanyak 3,688,738 penumpang/tahun dan di targetkan pada tahun 2017 mampu menembus angka 4,000,000 penumpang/tahun. Peningkatan jumlah penumpang pertahun berujung pada penambahan armada pesawat yang dikeluarkan oleh setiap maskapai serta pergantian tipe pesawat yang lebih besar kapasitasnya. Pesawat jenis A320-200 dan Boeing 737-800 merupakan pesawat jet terbesar yang diperbolehkan untuk melayani penerbangan di Bandar Udara Husein Sastranegara, dikarenakan panjang lintasan landas pacu yang terbatas yaitu hanya 2220m x 45m. Tata letak Bandar Udara Husein Sastranegara yang berada ditengah-tengah kota berakibat buruk pada keterbatasan lahan yang tersedia, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan perpanjangan landas pacu. Klasifikasi kapasitas kekuatan landas pacu(PCN) juga masih berada dibawah nilai ACN dari pesawat Boeing 737-800 pada beban maximum. Dengan keterbatasan yang ada maka hanya overlay pada landasan pacu Bandar Udara Husein Sastranegara yang perlu dan dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis total perkerasan yang dibutuhkan di Bandar Udara Husein Sastrasegara antara metode ACN/PCN dengan cara grafis dan analitis dan membandingkan dengan metode dari FAA menggunakan software FAARFIELD

TINJAUAN PUSTAKA

Setiap organisasi dan peraturan pemerintah diseluruh dunia memiliki pemahaman dan interpretasi yang beragam mengenai bandar udara. Menurut PERMEN Perhubungan Republik Indonesia No. 193 tahun 2015 tentang kebandarudaraan, Bandar Udara merupakan suatu 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 antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan,

serta fasilitas pokok dan fasilitas penumpang lainnya

Menurut Robert Horonjeff landas pacu merupakan suatu area berbentuk persegi panjang pada permukaan bandar udara yang berfungsi sebagai tempat pesawat untuk lepas landas dan mendarat. Suatu bandar udara dapat memiliki satu atau beberapa landas pacu yang terorientasi dan terkonfigurasi sehingga dapat memberikan keamanan dan efisiensi dalam berbagai macam kondisi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi lokasi, orientasi dan jumlah landas pacu pada suatu bandar udara meliputi kondisi cuaca setempat terutama kecepatan angin dan jarak pandang, topografi bandar udara dan area disekitarnya, jumlah dan tipe lalu lintas udara yang akan dilayani oleh bandar udara, persyaratan terhadap jenis dan kondisi pesawat udara serta tingkat kebisingan pesawat (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

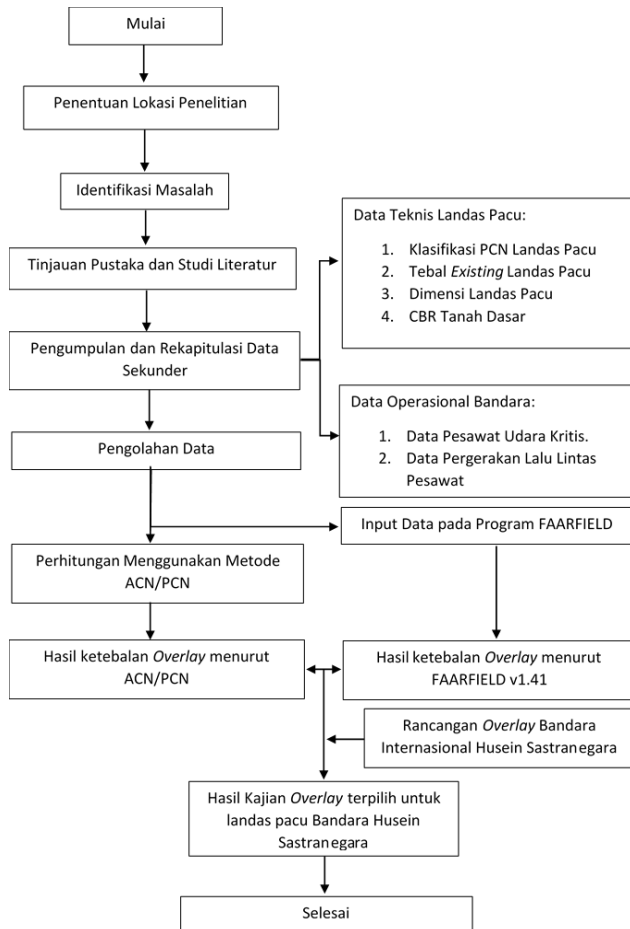
Perkerasan pada bandar udara(airport) merupakan sebuah analisis struktur kompleks yang melibatkan hubungan komponen - komponen penting, yaitu: Subgrade, material perkerasan(surface layer, base, and subbase), dan karakteristik pesawat udara. Perkerasan pada bandar udara dirancang dan dibangun untuk memberikan daya dukung terhadap beban yang diberikan pesawat udara, serta untuk menciptakan permukaan yang stabil, halus, bebas dari puing-puing akibat pergantian iklim yang dapat tertiuap maupun terhisap oleh mesin jet ataupun baling-baling pesawat udara (Federal Aviation Administration, 2017). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam perancangan perkerasan bandar udara. Hasil yang diberikan oleh setiap metode cenderung berbeda-beda, dikarenakan perbedaan peraturan yang digunakan, dan kondisi lapangan, dan proses pengolahan data yang berbeda dari setiap metode itu sendiri.

METODOLOGI

Metode ICAO

Pavement Classification Number(PCN) merupakan suatu indeks massa yang dapat ditopang oleh perkerasan berdasarkan beban satu roda(1.25 Mpa). Suatu nilai PCN menunjukkan bahwa perkerasan mampu menahan beban pesawat udara dengan nilai ACN (Aircraft Classification Number) yang setara atau dibawahnya. Aircraft Classification Number (ACN) merupakan suatu nilai yang menunjukkan efek relative dari sebuah pesawat terbang pada suatu konfigurasi diatas perkerasan dengan suatu standar kekuatan subgrade tertentu (Federal Aviation Administration, 2014). Perhitungan nilai ACN – PCN membutuhkan tipe perkerasan yang digunakan, kategori subgrade, kategori tekanan angin roda, metode evaluasi, dan perkerasan untuk pesawat ringan

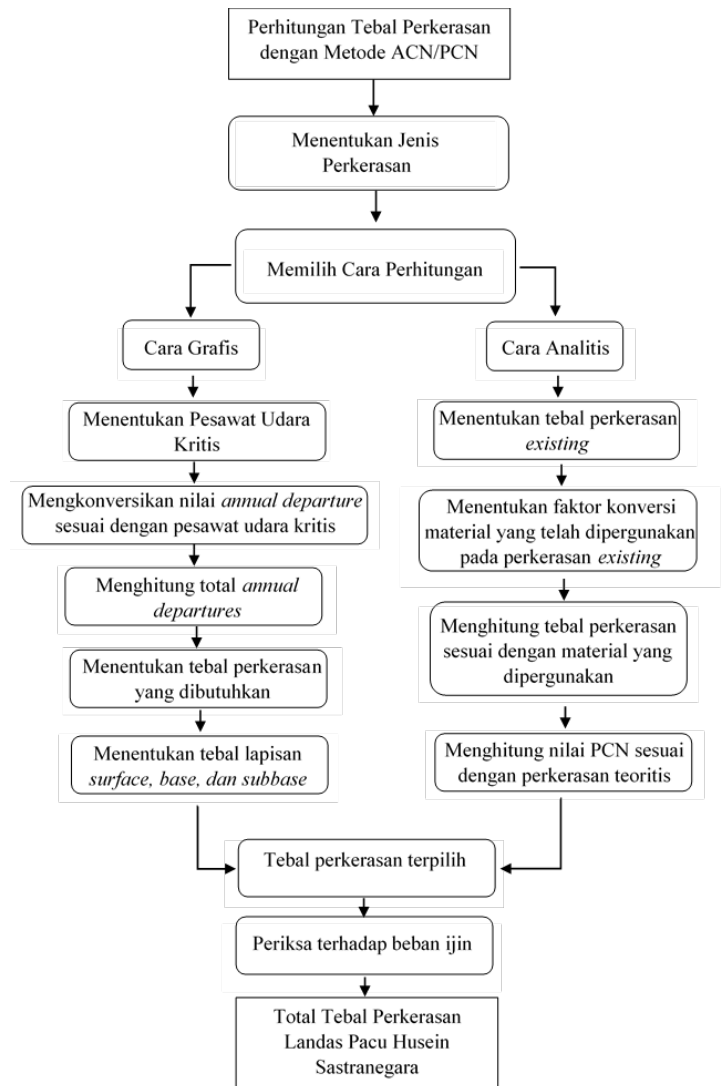
Berikut adalah bagan alir penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keseluruhan tahapan penelitian yang dilaksanakan dengan menggunakan metode ICAO secara garis besar dibuat kedalam sebuah bagan alir (*flow chart*) seperti pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Tahapan Penelitian menggunakan metode ICAO

Analisis Tebal Perkerasan ACN/PCN Secara Grafis

Dalam pencarian tebal perkerasan yang sesuai dengan kebutuhan (h_e), perlu dilakukan pengolahan data terlebih dahulu sebelum data tersebut bisa dimasukkan kedalam nomograf. Perbedaan jenis-jenis pesawat yang akan atau bahkan sudah melintasi suatu landas pacu menimbulkan suatu angka konversi yang harus dikalikan setiap kali akan memperhitungkan annual departure pesawat udara kritis. Penggolongan pesawat udara bergantung pada konfigurasi roda belakang yang mana menanggung sampai dengan 95% beban pesawat, daftar penggolongan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1. Setelah menentukan tipe roda setiap pesawat langkah selanjutnya adalah memilih pesawat mana yang memberikan beban terbesar pada landas pacu, MTOW (Maximum Take-Off Weight) setiap pesawat dibagi dengan jumlah roda yang dimiliki masing masing pesawat udara, hasil beban terhadap 1 roda terbesar yang didapat menunjukkan pesawat udara kritis terpilih. Untuk mendapatkan nilai pesawat udara kritis dapat menggunakan rumus yang terdapat pada AC No. 150/5320-6, yaitu:

$$\log R1 = \log R2 \left[\frac{W}{W1} \right]$$

Dengan :

- R1 = Equivalent annual departure by design aircraft
- R2 = Annual departure expressed in design aircraft landing gear
- W1 = Wheel load of the design aircraft (critical aircraft)
- W2 = Wheel load of aircraft in questions

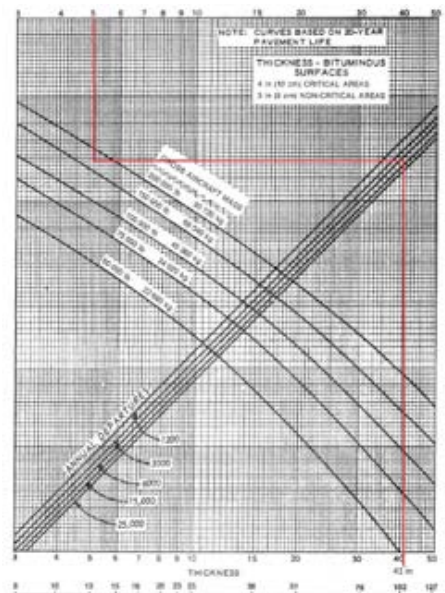
Tabel 1. Perhitungan Pesawat Udara Kritis Terpilih

No.	Tipe Pesawat	Wheel Arrangement	MTOW (Kg)	Wheel Load W2 (Kg)	W1 (Kg)	Faktor Koreksi
1	B737-800	Dual Wheel	79.243	18.821	18.821	1
2	B737-500	Dual Wheel	60.781	14.436	18.821	1
3	A319-100	Dual Wheel	68.400	16.245	18.821	1
4	A320-200	Dual Wheel	78.400	18.620	18.821	1
5	ATR 72	Dual Wheel	5.462	1.298	18.821	1

Tabel 2. Perhitungan Total Annual Departure

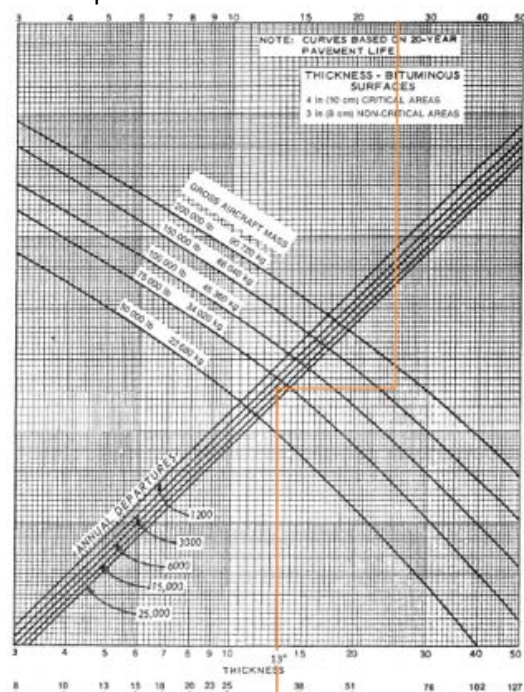
No.	Jenis Pesawat	R2	$[W2/W1]^{0.5}$	Log R1	R1
1.	B737-800	5,107.5	1.000	4	5108
2.	B737-500	696.75	0.876	2	309
3.	A319-100	299.75	0.929	2	200
4.	A320-200	4,896.8	0.995	4	4679
5.	ATR 72	1,037.8	0.539	2	42
Total					10,295

Hasil yang diperoleh dari akumulasi Annual Departure pesawat udara akan diperhitungkan dengan data CBR tanah dasar suatu landas pacu dengan cara memasukan ke dalam grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 untuk menentukan berapa tebal perkerasan yang dibutuhkan pada landas pacu



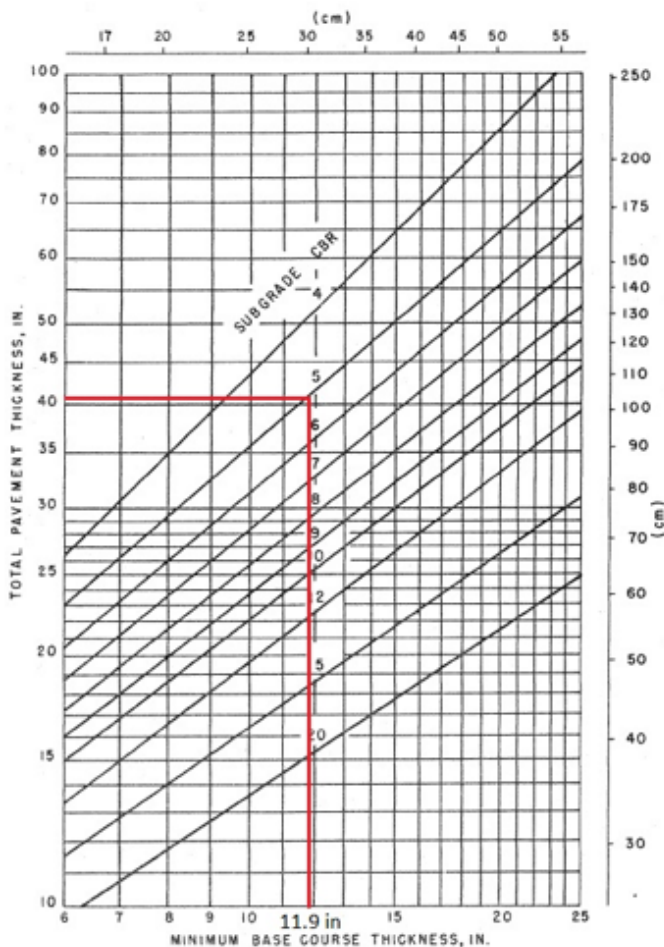
Gambar 3. Nomograf untuk menentukan tebal perkerasan landas pacu

Nomograf tebal perkerasan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan nilai CBR Subgrade atau tanah dasar senilai 5%, berat pesawat udara kritis mencapai 79,243 ton dan ekuivalen *annual departure* sebesar 10,295 memerlukan tebal minimum perkerasan sebesar 41 inch atau 1,041.4 mm. Menurut FAA tebal lapisan permukaan aspal harus sebesar 4 inch atau sekitar 101.6 mm. Tebal lapisan *base course* dapat dicari dengan nomograf yang dipergunakan untuk mencari tebal perkerasan keseluruhan, namun nilai CBR yang dipergunakan tidak lagi mengambil dari nilai CBR tanah dasar melainkan dari CBR *subbase*. Lapisan *subbase* landas pacu memiliki CBR sebesar 25%.



Gambar 4. Nomograf untuk menentukan tebal *base course*

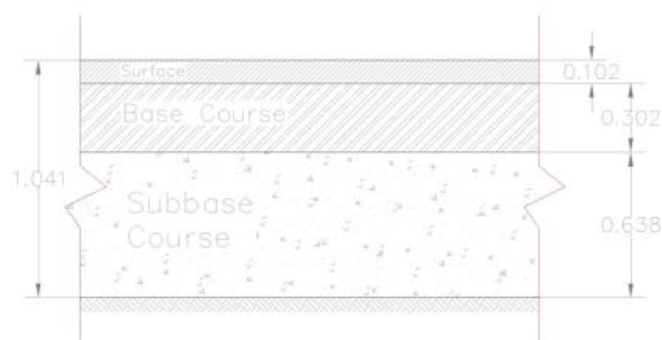
Berdasarkan kedua nomograf tersebut diperoleh tebal lapisan diatas subbase yang dibutuhkan sebesar 13 inch atau sebesar 330.2 mm. Tebal lapisan yang sudah didapatkan masih perlu dibandingkan dengan hasil tebal base minimum sesuai dengan peraturan Aerodrome Design Manual – Part yang dikeluarkan oleh ICAO pada tahun 1983.



Gambar 5. Tebal Lapisan Base Course Minimum

Berdasarkan perhitungan diatas maka tebal perkerasan masing-masing lapisan adalah :

- Surface/Permukaan : 4 inch / 101.6 mm.
- Base Course Thickness Chosen : 11.9 inch/ 302.26 mm
- Subbase Course : [41-4-11.9] inch :25.1 inch/637.54 mm.



Gambar 6 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

Analisis Tebal Perkerasan ACN/PCN Secara Analitis

ICAO menyediakan pilihan untuk menghitung tebal perkerasan tidak hanya secara grafis tetapi dapat dicari dengan menggunakan metode analitis, dengan syarat bahwa di lapangan sudah terdapat perkerasan existing. Tebal perkerasan yang sudah ada akan dikalikan dengan faktor konversi sesuai dengan jenis material yang sudah dipergunakan. Pada pemilihan inilah dibutuhkan Engineering Judgement yang baik agar tebal perkerasan efisien dan ekonomis. Tabel 3 berikut merupakan factor konversi material dari ICAO.

Tabel 3. Faktor Konversi Material

Material (Subbase)	Equivalency Factor Range
P-301, Soil Cement Base Course	1.0 - 1.5
P-304, Cement Treated Base Course	1.6 - 2.3
P-306, Econocrate Subbase Course	1.7 - 2.3
P- 401, Plant Mix Bituminous Pavements	1.7 - 2.3
Sand	0.5

Material (Base)	Equivalency Factor Range
P-304, Cement Treated Base Course	1.2 - 1.6
P-306, Econocrate Subbase Course	1.2 - 1.6
P- 401, Plant Mix Bituminous Pavements	1.2 - 1.6
P- 209, Crushed Aggregate Base Course	1
Asphalt Treated Base	2.3

Jenis material dengan tebal perkerasan tertinggi yang sudah dipergunakan pada perkerasan Bandar Udara Husein Sastranegara secara garis besar adalah sebagai berikut :

- a. Permukaan/Surface : P-401(Plant Mix Bituminous Pavements)
- b. Base : P-209 (Crushed Aggregate)
- c. Subbase : Pasir

Berdasarkan table konversi material maka didapatkan table perhitungan tebal perkerasan secara analitis dengan tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Analitisi

Lapisan	Material	Actual Thickness (mm)	Conversion Factor	Theoretical Thickness (mm)
Surface	Asphalt Concrete	101.6	1	101.6
Base Course	Plant Mix Bituminous	420	1.2	504
	Batu Belah	300	1	300
Subbase Course	Pasir	70	0.5	35
Total		891.6		940.6

Pehitungan tebal perkerasan yang diperoleh dari perkerasan existing yang diubah nilai materialnya sesuai dengan kualitas material menurut ((ICAO), 1983). Peningkatan kualitas material khususnya pada lapisan base course menyebabkan peningkatan pada total tebal perkerasan secara teoritis. Total lapisan perkerasan existing berubah yang sebelumnya hanya 891.6 mm menjadi 940.6 mm

$$PCN = \frac{he^2}{\left[\frac{878}{CBR} \right] - 12.49}$$

$$PCN = \frac{94.06^2}{\left[\frac{878}{5}\right] - 12.49}$$

$$PCN = 54.24 \approx 54$$

Beban ijin perkerasan

Keterbatasan lahan serta lokasi Bandung yang sangat dekat dengan ibukota mempengaruhi perkembangan Bandar Udara Husein Sastranegara. Panjang landas pacu yang hanya sejauh 2,250 m menyebabkan tidak semua jenis pesawat dapat singgah dan melayani kebutuhan transportasi masyarakat Bandung dan sekitarnya. Landas pacu Bandar Udara Husein Sastranegara sama dengan struktur sipil lainnya yang memiliki beban ijin tertentu. Nilai PCN terhadap ACN dan beban pesawat udara kritis menimbulkan suatu beban ijin yang tidak boleh dilampaui agar landas pacu dapat beroperasi secara optimal. Besaran nilai beban ijin dapat diperoleh dari rumus berikut :

$$PCN = ACN_{min} + (ACN_{maks} - ACN_{min}) \frac{P_0 - P_{min}}{P_{maks} - P_{min}}$$

Dimana :

- PCN = Angka PCN landas pacu
- ACN_{min} = Angka ACN minimum pesawat udara kritis
- ACN_{ma} = Angka ACN maksimum pesawat udara kritis
- P₀ = Beban ijin perkerasan
- P_{min} = Berat minimum pesawat udara kritis
- P_{maks} = Berat maksimum pesawat udara kritis

Maka diperoleh

$$54 = 23 + (51 - 23) \frac{P_0 - 420}{777 - 420}$$

$$120 = 23 + 28 \frac{P_0 - 420}{357}$$

$$P_0 = 815.25 \text{ kN}$$

$$P_0 = 83,132.36 \text{ kg} - f$$

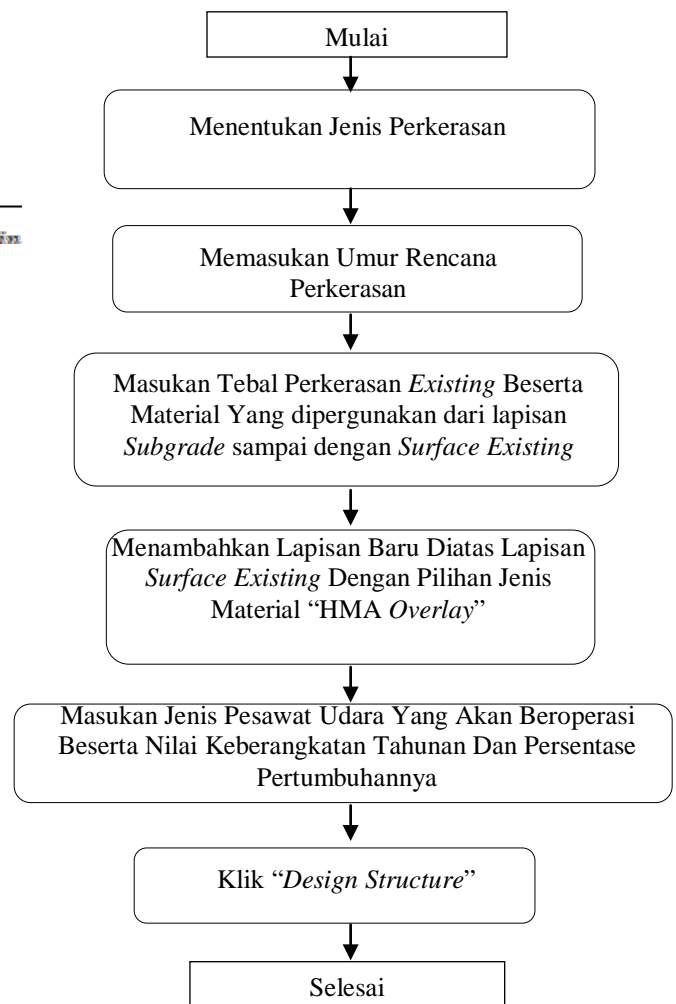
Mengacu pada hasil perhitungan hasil perhitungan beban ijin landas pacu Bandar Udara Husein Sastranegara maka diperoleh beban ijin sebesar 83,132.36 kg-f. Boeing 737-800 sebagai pesawat udara kritis pada Bandar Udara Husein Sastranegara mempunyai MTOW (*Maximum Take-Off Weight*) sebesar 79016 kg. Berdasarkan perbandingan antara beban ijin dengan MTOW B737-800 maka pesawat B737-800 diperbolehkan untuk melayani penerbangan pada Bandar Udara Husein Sastranegara dengan beban maksimum

Analisis Tebal Perkerasan FAA dengan Menggunakan Program FAARFIELD

Kemajuan teknologi telah merambah keseluruhan sektor kehidupan dan semakin memudahkan kehidupan manusia. Perhitungan tebal perkerasan landas pacu saat ini tidak lagi terbatas pada metode perhitungan konvensional. FAA merupakan salah satu organisasi

penerbangan di dunia yang menciptakan program berbasis komputer dalam memperhitungkan tebal perkerasan di bandar udara.

Dalam pengoperasian program FAARFIELD dibutuhkan data – data pendukung agar mendapatkan tebal perkerasan yang optimal, antara lain; nilai CBR tanah dasar, tipe-tipe pesawat udara, angka keberangkatan tahunan, persentase peningkatan keberangkatan tahunan, dan umur rencana. FAARFIELD mempunyai kelebihan khusus yaitu dapat menghitung perencanaan tebal perkerasan maupun tebal perkerasan tambahan untuk memenuhi daya dukung yang diperlukan. Bagan alir di bawah ini merupakan proses analisis menggunakan *software* FAARFIELD



Gambar 7. Proses Program FAARFIELD

Analisa Potongan Perkerasan FAA

Potongan perkerasan D-D memiliki panjang sejauh 467 m dengan titik potong berada pada 0+162 sampai dengan 0+629. Potongan ini memiliki material pasir yang sedikit tidak lazim bagi FAARFIELD karena modulus pasir setiap lokasi berbeda-beda sehingga untuk menggunakan material tersebut perlu dimasukkan modulus secara manual. Modulus pasir yang digunakan adalah sebesar 3.263 psi. Hasil *overlay* yang dibutuhkan pada potongan D–D menurut FAARFIELD tidak lebih dari tebal minimum *overlay* standar FAARFIELD yaitu

sebesar 2 inch atau lebih tepatnya sekitar 50.8 mm. Gambar 4.16 menunjukkan bahwa terdapat peringatan *Non-Standard Structure* pada program FAARFIELD yang disebabkan oleh material pasir setebal 2.76 inch atau sekitar 70.0 mm. Total perkerasan pada potongan D-D adalah sebesar 33.10 inch atau sebesar 840.8 mm

Perbandingan hasil metode ICAO dan FAA

Perbandingan hasil tebal perkerasan ACN/PCN dengan FAARFIELD maka FAARFIELD mempunyai hasil tebal perkerasan yang berada dibawah standar PCN 50 F/C/X/T. Salah satu faktor yang berperan besar dalam mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan tebal perkerasan terletak pada material perkerasan existing yang sudah sangat padat pada bagian diatas lapisan base. Sehingga FAARFIELD menyadari dan menyatakan bahwa penambahan lapisan surface cukup sampai batas minimum FAARFIELD yaitu sebesar 50.8 mm. Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan dengan menggunakan ACN/PCN dan FAARFIELD diperoleh hasil perbandingan seperti yang dapat dilihat pada tabel 4 Menurut hasil kalkulasi program FAARFIELD potongan D-D yang berada pada titik 0+162 sampai dengan 0+629 memiliki hasil tebal perkerasan tertinggi, oleh karena itu tebal perkerasan FAARFIELD dapat diwakili oleh potongan D-D

metode ACN/PCN, untuk itu perlu dilakukan analisis perbandingan menggunakan metode yang berbeda.

REFERENSI

Ashford, N., & Wright, P. H. (1992). *Airport Engineering*. Atlanta, Georgia;Loughborough, Leicestershire: John Wiley & Sons, Inc.

Federal Aviation Administration. (2017, April 24). *AC 150/5320-6F - Airport Pavements Design and Evaluation*. Retrieved from Federal Aviation Administration:

Federal Aviation Administration. (2014). *Advisory Circular 150/5335-5C*.

Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports*. Berkeley: The McGraw-Hill Companies, Inc.

International Civil Aviation Organization (ICAO). (1983). *Part 3 - Pavement. Aerodrome Design Manual*. International Civil Aviation Organization.

International Civil Aviation Organization (ICAO). (2016). *ANNEX 14. Aerodromes*. Montreal, Quebec: International Civil Aviation Organization.

PT. Angkasa Pura II (Persero). (2017, April 25). *Husein Sastranegara International Airport*. Retrieved from Bandara Husein Sastranegara

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

<i>Hasil Tebal Perkerasan</i>				
Struktur Lapisan	Existing [mm]	ACN/PCN [mm]		FAARFIELD [mm]
		Grafis	Analitis	
Surface	360	101.6	101.6	50.8
Base	160	302.26	504	420
			300	300
Subbase	220	637.54	35	70
Total	740	1041.4	940.6	840.8

Kesimpulan

ACN/PCN menyatakan bahwa tebal perkerasan landas pacu perlu ditingkatkan baik secara perhitungan grafis ataupun analitis. Secara grafis metode ACN/PCN menyatakan bahwa tebal perkerasan perlu ditingkatkan sampai setara dengan 1041.4 mm atau sama dengan nilai PCN 66 F/C/X/T, sedangkan secara analitis tebal perkerasan landas pacu perlu ditingkatkan cukup sampai 940.6 mm saja agar nilai PCN bisa mencapai angka 54 F/C/X/T. FAARFIELD mempunyai hasil perhitungan perkerasan yang berbeda jauh dari kedua nilai perkerasan dari metode ACN/PCN. Tebal perkerasan terbesar pada potongan D-D hanya mencapai 33.10 inch atau sebesar 840.8 mm, dengan tebal overlay yang dibutuhkan hanya sebesar 50.8 mm saja

Saran

Analisis perhitungan tebal perkerasan landas pacu di Bandar Udara Husein Sastranegara menggunakan

Halaman ini sengaja dikosongkan