

EVALUASI DAYA DUKUNG PERKERASAN RUNWAY BANDARA BUDIARTO

Dr. Ir. Darmadi, MM., MT ¹, Felix Anggi Samosir ²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Jayabaya
Jakarta, Indonesia

Email: felixtbl7@gmail.com

ABSTRACT

Perkerasan landas pacu merupakan infrastruktur transportasi yang paling penting, karena perannya dalam memastikan operasional pesawat yang aman di suatu bandar udara. Pada perkembangannya dalam metode analisis perkerasan landas pacu, Pada April 2022, Federal Aviation Administration (FAA) merilis pembaruan Metode standar pelaporan kekuatan Perkerasan Bandara – PCR. Dokumen mewajibkan penggunaan sistem Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating (ACR/PCR). Sistem ACR/PCR sepenuhnya berlaku pada November 2024 dan menggantikan sistem sebelumnya, yaitu Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number (ACN/PCN). Tujuan dari penelitian ini adalah evaluasi perkerasan landas pacu Bandar Udara Budiarto guna memastikan operasi fasilitas bandara yang tepat. Selain analisis metode ACR/PCR dengan menggunakan program komputer FAARFIELD 2.1. dilakukan juga analisis manual dengan metode grafis yang memiliki perkerasan lentur. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah nilai ACN, PCN, ACR, dan PCR. Pada studi kasus bandara Budiarto yang digunakan sebagai penelitian yaitu runway azimuth 12-30 memerlukan beberapa data yaitu, data perkerasan bandar udara, data air traffic movement dan data hasil pengujian alat HWD. Hasil analisis, diketahui untuk nilai ACN adalah 51 dan PCN adalah PCN 52 F/C/X/T sedangkan dengan analisis software diperoleh nilai ACR adalah 461,6 dan kekuatan perkerasan yang ada diperoleh hasil PCR 440 F / C / X / T dengan nilai CDF lebih kecil dari 1 menunjukkan runway masih mampu untuk menerima beban pesawat yang beroperasi.

Kata kunci: Bandar udara, Landas pacu, ACN-PCN, ACR-PCR, Daya dukung perkerasan

Pendahuluan

Bandar Udara menurut Peraturan Kementerian Perhubungan Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang Standar teknis dan operasional peraturan keselamatan penerbangan sipil bagian 139 (Manual of standard CASR part 139) volume 1 adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat Pesawat Terbang 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 penunjang lainnya.

Indonesia adalah negara kepulauan, bandar udara sangat diperlukan untuk memudahkan mobilitas masyarakat dan barang.

Jumlah masyarakat yang menggunakan pesawat terbang sebagai transportasi umum secara domestik terlihat cukup signifikan tiap tahunnya. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) ditemukan bahwa pada tahun 2019 hingga 2023 total penumpang domestik yang menggunakan pesawat udara sebanyak 528.218.707 penumpang.

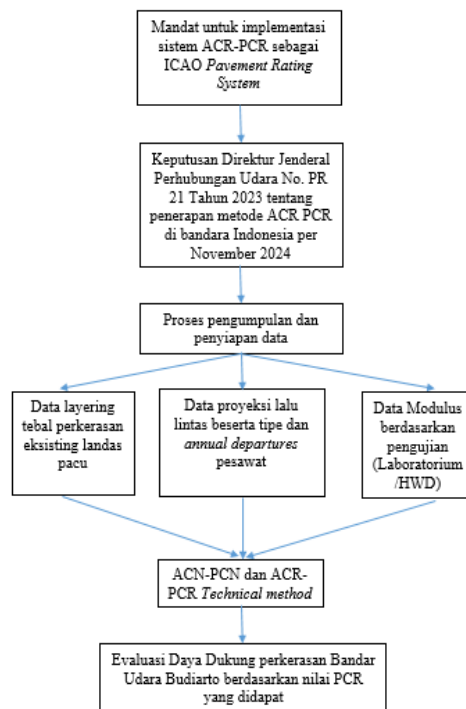
Perkerasan pada bandara merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang paling penting, karena perannya dalam memastikan operasi pesawat yang aman di

bandara. Perkerasan memiliki fungsi sebagai penerima beban yang diberikan oleh pesawat terbang dan didukung oleh tanah dasar (Romadhon 2021). Penerapan sistem yang digunakan secara global untuk mengklasifikasikan dan melaporkan kapasitas daya dukung perkerasan bandara selalu menjadi isu penting dalam rekayasa bandara karena mendukung proses pengambilan keputusan dalam manajemen perkerasan. Kekuatan perkerasan pada bandar udara mulai diubah dari Aircraft Classification Number (ACN) dan Pavement Classification Number (PCN) menjadi berbasis Aircraft Classification Rating (ACR) dan Pavement Classification Rating (PCR) oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) dan Federal Aviation Administration (FAA) dan diimplementasikan mulai November 2024 oleh semua anggota ICAO.

Bandar Udara Budiarto sebagai bandara udara yang beroperasi di Indonesia yang merupakan negara anggota ICAO juga perlu untuk menerapkan metode terbaru sistem ACR-PCR sesuai dengan peraturan yang berlaku. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi daya dukung perkerasan landas pacu bandar udara Budiarto dengan metode ACR-PCR sebagai pedoman untuk struktur perkerasan agar dapat memenuhi target untuk mengikuti sistem baru.

Metode Penelitian

Pada penelitian dilakukan evaluasi perubahan standar perkerasan ACN-PCN menjadi ACR-PCR dengan melakukan studi kasus pada bandar udara di Indonesia. Proses evaluasi dilakukan dengan mengacu pada ketentuan milik FAA yaitu Advisory Circular 150/5335-5D dan Advisory Circular 150/5320-6G. penulis akan melakukan studi kasus evaluasi perkerasan dengan metode ACN-PCN dan ACR-PCR di Bandar Udara Budiarto.



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian Mengumpulkan data yang diperlukan untuk perhitungan nilai PCN dan PCR yaitu Data layering tebal perkerasan eksisting sepanjang Runway 12 – 30 dari Subgrade, Subbase, Base Course dan lapis Hot Mix Asphalt sampai dengan overlay tahun terakhir. Data layering system ini terdiri dari jenis lapis, tebal lapis perkerasan, dan tahun pelaksanaan. Data lainnya berupa Modulus elastisitas hasil uji baik *destructive* maupun *non destructive* test / HWD pada tiap lapisan, serta Data proyeksi lalu lintas pesawat. Didalam Penelitian ini, digunakan prosedur secara Technical Method dikarenakan data sekunder untuk prosedur ini tersedia untuk di evaluasi. Data yang dikumpulkan kemudian diolah dan kemudian dianalisa dengan menggunakan Perhitungan maual grafis maupun dengan menggunakan software FAARFIELD 2.1. Perhitungan menggunakan FAARFIELD 2.1 berdasarkan acuan dari dokumen Advisory Circulars (Acs) 150 series, Annex 14 serta PR 21 Tahun 2023. Data yang dihasilkan kemudian di evaluasi sehingga dapat diperoleh nilai numerik

PCN atau PCR dari perkerasan landas pacu bandar udara Budiarto.

Tempat Penelitian

Studi kasus evaluasi perkerasan landas pacu dilakukan pada Bandar Udara Budiarto sebagai unit pelaksana teknis Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara dengan nama Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Kelas I Budiarto yang terletak di Serdang Wetan Kabupaten Tangerang Banten, Indonesia yang terletak pada koordinat 6°17'27.3"S & 106°33'58.3"E. Bandara Budiarto memiliki kode IATA: RTO dan ICAO: WIRR.

Pembahasan

Data Lalu Lintas Pesawat Udara

Tabel 4.1 Data Annual Departures pesawat udara di Bandar Udara Budiarto curug periode tahun 2019 - 2023

Nomor	Type Pesawat	Jumlah
1	A70 (Cessna 172)	170
2	ATR 42- 500	436
3	B 737-300	71
4	B 737-500	5
5	B 737-800 NG	48
6	C 208 B Cessna 208 Grand Caravan	97
7	Citation M2 C525	46
8	MD 82	6
9	PA Seneca	20.766
10	Embroer ERJ 145XR	16
11	H5125-600A/- 600B	192
12	H5748	13
13	King Air 350	112
14	MD 83	7
15	OV-10A (Piper PA-31 Navajo)	6
Total		21.943

Data Pesawat Kritis

Berdasarkan peraturan yang bersumber dari dokumen FAA 150/5320-6D, pesawat kritis tidak ditentukan berdasarkan jenis pesawat terbesar atau terberat saja melainkan ditentukan berdasarkan jenis pesawat yang menghasilkan ketebalan lapisan terbesar. Pesawat Boeing 737-800 NG dipilih sebagai pesawat kritis, Pesawat Boeing 737-800 NG memiliki MTOW: 79.242 kg dan konfigurasi roda dual wheel dengan annual departures sebanyak 48 sehingga cukup berat untuk memberikan tekanan besar ke perkerasan. Spesifikasi dimensi pesawat dengan panjang 38,02 m, tinggi 12,55 m, dan panjang sayap 35,79 m seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1

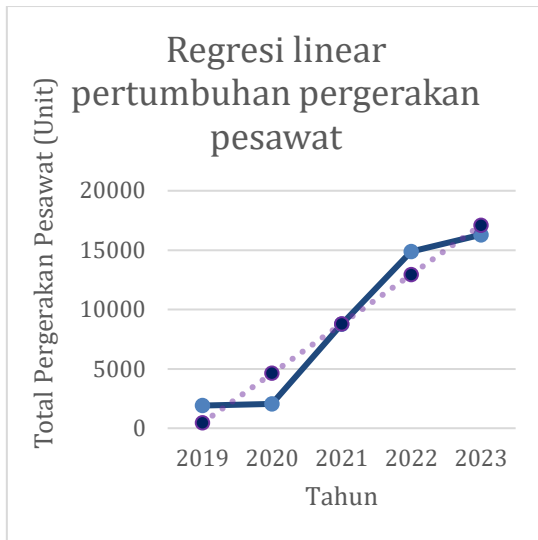
Data Struktur Perkerasan

- 1) Lapisan konstruksi *Surface* adalah P-401 (HMA)
 - a) Ketebalan lapisan 10 cm
 - b) Nilai Modulus elastisitas 1300 MPa
 - c) Nilai Poisson's ratio 0,35
- 2) Lapisan konstruksi *Stabilized Base* adalah P-403 (ATB)
 - a) Ketebalan lapisan 10 cm
 - b) Nilai Modulus elastisitas 1300 MPa
 - c) Nilai Poisson's ratio 0,35
- 3) Lapisan konstruksi *Base* adalah P-209 (*Crushed Aggregate*)
 - a) Ketebalan lapisan 15 cm
 - b) Nilai Modulus elastisitas 280 MPa
 - c) Nilai Poisson's ratio 0,35
- 4) Lapisan konstruksi *Subbase* adalah P-154 (*Uncrushed Aggregate*)
 - a) Ketebalan lapisan 18 cm
 - b) Nilai Modulus elastisitas 110 MPa
 - c) Nilai Poisson's ratio 0,35

Lapisan *Subgrade* tanah merah dengan CBR 6%

Analisa Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Udara

Data Forecasting/ proyeksi pergerakan dianalisis untuk mengetahui persentase pertumbuhan maupun penurunan pergerakan pesawat setiap tahunnya pada bandara Budiarto.



Gambar 4.1 Grafik Regresi Linear Pertumbuhan Pergerakan Pesawat.

Dengan menggunakan metode regresi linear, berdasarkan garis lurus pada Gambar diperoleh persamaan hasil regresi linear yang disajikan pada Persamaan sebagai berikut :

$$Y = 458,8 + 4159,2 X$$

Dimana:

Y = Jumlah Pergerakan Pesawat (lalu lintas udara)

X = Tahun (waktu)

Prediksi pergerakan pesawat di Bandar Udara Budiarto curug selama kurun waktu 20 tahun mendatang atau tahun 2024 hingga tahun 2043. Pertumbuhan rata-rata pergerakan sebesar 10%. Hasil proyeksi pertumbuhan pesawat digunakan akan digunakan sebagai *annual growth* pada program komputer FAARFIELD 2.1 untuk perhitungan dan penentuan nilai PCR. Selain itu Fungsi utamanya *annual growth* adalah Memiliki data untuk estimasi *Cumulative Damage Factor (CDF)*.

Perhitungan ACN-PCN Bandar Udara Budiarto

Pesawat kritis diperlukan untuk melakukan evaluasi daya dukung perkerasan runway Bandar Udara Budiarto, pesawat yang akan digunakan sebagai analisis perkerasan pada bandar udara Budiarto adalah jenis

Boeing 737-800 NG dengan karakteristik pesawat terbang adalah sebagai berikut :

- 1) Tire Pressure untuk jenis pesawat Boeing 737-800 NG adalah 1,47 Mpa.
- 2) Maximum Take Off Weight / berat maksimum lepas landas pesawat Boeing 737-800 NG adalah sebesar 79.242 Kg atau dikonversi ke lbs dengan mengalikan 2,20462 sehingga menjadi 174.698 lbs.
- 3) Wheel Load Pesawat Boeing 737-800 NG mempunyai roda pendaratan utama sebanyak 4 buah, sehingga berat wheel load pesawat kritis (W1), didapat: $174.698 \text{ lbs} \times 0,95 \times 1/4 = 41.490 \text{ lbs}$. Kemudian mencari nilai wheel load pesawat lainnya (W2). Contoh Perhitungan berat Single Wheel Load untuk pesawat C 208 B Cessna 208 Grand Caravan $8.750 \text{ lbs} \times 0,95 \times 1/2 = 4.156 \text{ lbs}$.
- 4) Tipe roda pendaratan pesawat Boeing 737-800 NG adalah Dual Wheel (dapat dilihat pada Gambar 2.6 Konfigurasi roda pendaratan). Nilai berat pesawat harus di konversikan terlebih dahulu kesusunan roda Dual Wheel, Konversi susunan roda dari dan menjadi Dual Wheel dengan menggunakan Tabel 2.8. Contoh perhitungan nilai susunan sumbu Single Wheel yang dikonversi menjadi Dual Wheel
 - a) Jenis Pesawat C 208 B Cessna 208 Grand Caravan Forecast Annual Departure = 97
 - b) Tipe Susunan Roda Single Wheel
 - c) Faktor Pengali konversi Singel Wheel menjadi Dual Wheel = 0,8
 - d) Dual Gear Departure = Forecast Annual departure x faktor pengali konversi = $97 \times 0,8 = 77,6$
 - e) Dilakukan untuk semua jenis tipe pesawat untuk mendapatkan nilai R2

Setelah Nilai W1, W2, dan R2 di dapat, kemudian mencari nilai Equivalent annual

departure (R1) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Log } R1 = (\text{log } R2) \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2}$$

Dimana :

R1 : *Equivalent Annual Departure* Pesawat kritis

R2 : *Annual Departure* pesawat-pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat kritis

W1 : Beban roda dari pesawat kritis

W2 : Beban dari pesawat yang ditanyakan
Perhitungan nilai *Equivalent annual departure* (R1), untuk tiap-tiap jenis pesawat

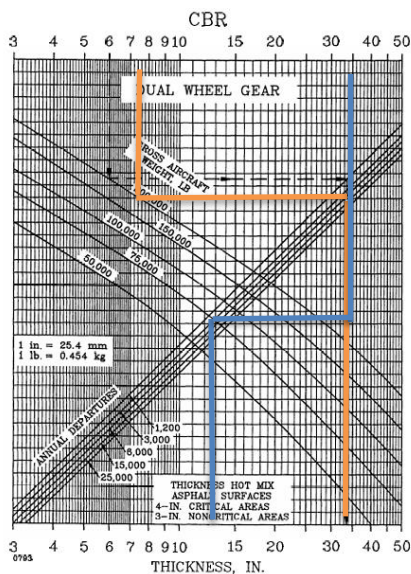
Dari perhitungan diketahui :

Nilai CBR = 6%

Maximum Take Off Weight = 174.698 lbs

Equivalent Annual departure = 157,43

Sesudah semua nilai diketahui dimasukkan angkanya ke dalam grafik perencanaan perkerasan fleksibel sesuai fasilitas pada landas pacu bandara Budiarto. Dalam perhitungan ini ditentukan pesawat kritis adalah B 737-800 NG dimana konfigurasi roda utama pesawat adalah dual wheel, sehingga grafik yang akan digunakan adalah grafik untuk dual wheel. Grafik sesuai dengan AC 150/5320-6D dengan nilai subgrade yang digunakan adalah 6%.



Gambar 4.2 Gambar plotting grafik tebal perkerasan lentur untuk dual wheel

Setelah mendapatkan hasil masing-masing tebal lapisan perkerasan, Maka secara keseluruhan tebal perkerasan dituangkan dalam Tabel berikut :

Tabel 4.1 Hasil perhitungan secara manual (grafis) tebal perkerasan tiap lapisan

Runway Azimuth 12 - 30			
Lapisan	Tebal eksisting (cm)	Tebal metode grafis (cm)	Perbedaan (cm)
Surface P-401	10	10	-
Stabilized Base P-403	10	12,5	2,5
Base P-209	15	15	-
Subbase P-154	18	26	8

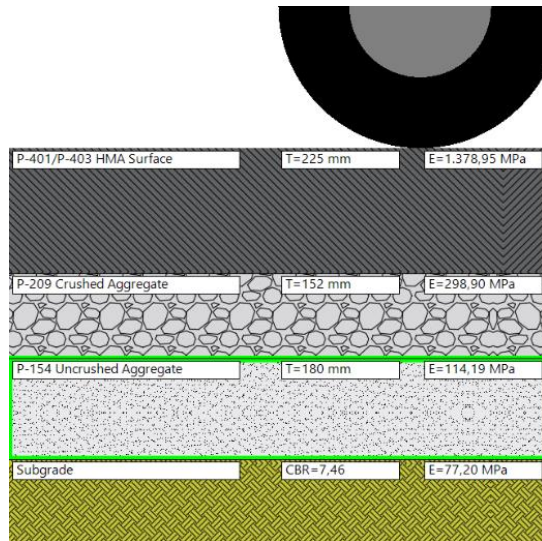
Nilai ACN pesawat kritis Boeing B 737-800 NG yang ditentukan pada dokumen Aircraft Classification Number's Technical Evaluation Engineering Transport Canada, untuk kekuatan subgrade C diperoleh nilai ACN 51. Jika dibandingkan dengan nilai PCN Runway Azimuth 12 – 30 Bandara Budiarto Curug yang adalah PCN 52 F/C/X/T maka dapat disimpulkan masih memenuhi standar perbandingan ACN-PCN yaitu dengan persyaratan $ACN \leq PCN$.

Perhitungan ACR-PCR Bandar Udara Budiarto

- 1) Input data dan setting FAARFIELD 2.1
- 2) Input data jenis-jenis pesawat, annual departures dan annual growth
- 3) Input susunan material perkerasan lentur runway azimuth 12 – 30 beserta ketebalan tiap lapisannya.

Dalam software program komputer FAARFIELD 2.1, melakukan penginputan jenis material serta ketebalan perkerasan tiap lapisan sesuai dengan data yang diperoleh.

Program komputer FAARFIELD 2.1 memiliki batas minimum dan maksimum ketebalan pada tiap lapis perkerasannya sesuai pedoman peraturan Advisory Circular 150/5335-5D milik FAA (Tabel 4). Ilustrasi gambar struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 4.3 Struktur runway perkerasan lentur pada FAARFIELD 2.1

4) Input nilai CBR tanah dasar/ subgrade
Diketahui runway pada Bandar Udara Budiarto Curug memiliki nilai CBR tanah dasar/ subgrade sebesar 6%. Pada penelitian ini menggunakan nilai hasil pengujian modulus CBR runway di lapangan sebesar 77,20 Mpa.

5) Input umur desain rencana perkerasan dan P/TC ratio

Untuk umur desain rencana perkerasan pada penelitian ini adalah 20 tahun dan input nilai P/TC ratio adalah 1, karena diketahui bahwa Bandar Udara Budiarto Curug menggunakan paralel taxiway.

6) Hasil Analisis nilai ACR-PCR menggunakan FAARFIELD 2.1

Hasil analisis nilai ACR pada 13 pesawat yang akan melintasi runway Bandar Udara Budiarto Curug terlampir pada Tabel 4.2. Dapat dilihat bahwa pesawat MD 83 memiliki nilai ACR paling tinggi yaitu 461,6 dibanding pesawat lainnya dengan nilai ACR thickness 648 mm.

dibandingkan dengan pesawat kritis B 737 800 NG sebesar 638 dengan ACR 447,9 menunjukkan adanya perbedaan hasil nilai ACR oleh faktor perbedaan percent gross weight on main gear atau berat pesawat dari roda utama oleh kedua jenis pesawat ini. Dimana pada pesawat MD 83 memiliki 47,38 % sedangkan B 737 800 NG sebesar 46,78%.

Tabel 4.2 Hasil analisis ACR dengan software FAARFIELD 2.1.

No	Tipe pesawat	MTOW (kg)	ACR thick (mm)	ACR
1	A70 (Cessna 172)	1.160	117	9,2
2	ATR 42-500	18.770	338	108,1
3	B 737-300	63.503	572	345,6
4	B 737-500	60.781	564	331,6
5	B 737-800 NG	79.242	638	447,9
6	C 208 B Cessna 208 Grand Caravan	3.969	165	31,2
7	Citation M2 C525	4.763	196	40,3
8	MD 82	67.812	617	414,5
9	PA Seneca	2.073	117	15,1
10	Embroer ERJ 145XR	24.200	386	139,5
11	King Air 350	6.849	173	33,1
12	MD 83	73.016	648	461,6
13	OV-10A (Piper PA-31 Navajo)	2.965	127	21,9

Hasil evaluasi menunjukkan juga nilai CDF yang dihasilkan oleh pesawat Boeing 737-800 NG adalah 0,97 atau kurang dari 1 (CDF<1), lebih besar dari MD 83 yang

memiliki CDF 0,16. Perbedaan ini terletak pada lebih banyaknya annual departures B 737-800 NG dibanding MD 83. Dapat dilihat pula bahwa 11 pesawat lainnya menghasilkan CDF lebih kecil dan bahkan CDF=0

Dari hasil analisis data ditemukan bahwa nilai daya dukung perkerasan landas pacu adalah PCR 440 F / C / X / T. Diketahui bahwa nilai PCR < ACR tertinggi dimana PCR yang didapatkan adalah 440 sehingga diperlukan pembatasan baik jumlah operasional maupun batasan beban maksimum pesawat MD 83 dan juga B 737-800 NG. Namun, melihat kondisi realitas frekuensi penerbangan kedua pesawat ini, daya dukung perkerasan runway masih dikategorikan mampu untuk didarati. Terlihat pada nilai CDF pesawat tidak ditemukan nilai CDF melebihi 1. Dengan hasil analisis dan kondisi di lapangan maka dapat disimpulkan bahwa PCR 440 / F / C / X / T memenuhi syarat.

Kesimpulan

- 1) Secara umum alasan yang mendasari perubahan ACN - PCN menjadi ACR – PCR, Metode ACN-PCN tidak mampu untuk mengakomodasi perkembangan teknologi terbaru seperti perubahan pada konfigurasi roda pendaratan pada pesawat modern sehingga kombinasi beban yang diterima perkerasan juga semakin bervariasi dan dapat memunculkan anomali. ACR-PCR mengurangi anomali tersebut.
- 2) Nilai ACN pesawat kritis Boeing B 737-800 NG yang ditentukan pada dokumen Aircraft Classification Number's Technical Evaluation Engineering Transport Canada, untuk kekuatan subgrade C diperoleh nilai ACN 51. Jika dibandingkan dengan nilai PCN Runway Azimuth 12 – 30 Bandara Budiarto Curug yang adalah PCN 52 F/C/X/T maka dapat disimpulkan masih memenuhi standar perbandingan ACN-PCN yaitu dengan persyaratan $ACN \leq PCN$ ($51 \leq 52$).

- 3) Perhitungan untuk nilai ACR dan PCR diperoleh dengan program komputer FAARFIELD 2.1. Dari hasil analisis data ditemukan bahwa nilai daya dukung perkerasan landas pacu adalah PCR 440 F / C / X / T. Dengan pesawat kritis B 737-800 NG dan nilai ACR tertinggi dihasilkan oleh pesawat MD 83 yaitu 461,6 serta ACR Thickness 648.
- 4) Hasil Evaluasi FAARFIELD pada penelitian ini tidak terdapat nilai CDF yang lebih dari 1 ($CDF > 1$). Nilai CDF tertinggi adalah berasal dari pesawat kritis B 737-800 NG sebesar 0,97.

Daftar Pustaka

- Armeni, A., & Loizos, A. (2022). Preliminary evaluation of the ACR-PCR system for reporting the bearing capacity of flexible airfield pavements. *Transportation Engineering*, 8, 100117.
- Armeni, A., & Loizos, A. (2024). Reporting the bearing capacity of airfield pavements using PCR index. *NDT*, 2(1), 16-31.
- Brill, D. R. (2023). PCN-PCR Comparisons for Medium-and Large-Hub Airport Runways (No.DOT/FAA/TC-23/57). United States. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. William J. Hughes Technical Center.
- Data Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2024. Bandar Udara Budiarto. Diakses pada 28 Februari 2025, dari <https://hubud.kemenuhub.go.id/>.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2015). Keputusan 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). Jakarta: Kementerian Perhubungan Udara.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2023). Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21

Tahun 2023 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of standard CASR part 139) Volume 1 Aerodrome Daratan. Jakarta: Kementerian Perhubungan.

Federal Aviation Administration (FAA), 2021. Advisory Circular 150/5320-6G, Airport Pavement Design and Evaluation. Washington D.C: Office of Airport Safety and Standards

Fistcar, W. A., Sudarsono, B., Widayat, W., & Herlambang, A. R. Comparative Study of Airport Layer Thickness Planning Between US Army Corp Graphical Method and Federal Aviation Administration (FAA) PCN-ACN and PCR-ACR Method. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 30(1), 27-35.

International Civil Aviation Organization (ICAO), (2022). Annex 14 Aerodome Design and Operations Ninth Edition: Vol. I. ICAO, Montreal.

The Boeing Company. (2013). 737 Airplane Characteristics For Airport Planning. Seattle, WA: Boeing Commercial Airplanes.

Romadhon, E. S. . (2021). Analisis pemakaian bahan susun beton terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 20(1), 1-11. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v20i1.58>