

Evaluasi Perkerasan Pada Landas Pacu Berdasarkan *Pavement Condition Index* dan Pengujian Daya Dukung Perkerasan (Studi Kasus : Bandar Udara Budiarto – Curug)

Ika Endrawijaya^{*1}, Wahyu Dwi Agustini², Risqi Wahyu Jati Utama³

^{1,2,3} Teknik Bangunan dan Landasan, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Banten
e-mail: *ika.endrawijaya@ppicurug.ac.id, wahyuagustini@ppicurug.ac.id,
risqiwahyujatiutama@gmail.com

Abstract

The evaluation of flexible pavement conditions has become increasingly important with the rise in aircraft movements, which affect the quality of the runway. This research aims to evaluate the structural and functional condition of the runway pavement at Budiarto Airport – Curug. The methods used include the Pavement Condition Index (PCI) approach and deflection testing using the Super Heavy Weight Deflectometer (HWD) PRIMAX 3500. PCI data was obtained through visual observation according to ASTM standards, PR 21 of 2023, and KP 94 of 2015, which showed that the runway condition was in the “good” category with an average PCI value of 99.1. Deflection testing was conducted at predetermined points spaced ten meters apart to analyze the structural support capacity of the pavement. Further analysis was carried out using the Horraks and Emery method, where the collected deflection data was used to calculate key parameters such as the Base Layer Index (BLI), Middle Layer Index (MLI), and Lower Layer Index (LLI). Based on the PCI data analysis and deflection testing using the Horraks and Emery method, the recommended improvements include routine maintenance and major rehabilitation at certain points. These recommendations are based on findings that, although the overall pavement condition is good, there are specific areas that require more intensive repairs to ensure structural strength is maintained and to support safe and sustainable airport operations.

Keywords: Deflection, evaluation, pavement, PCI

Abstrak

Evaluasi kondisi perkerasan fleksibel menjadi penting seiring peningkatan pergerakan pesawat yang memengaruhi kualitas runway. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi struktural dan fungsional perkerasan landas pacu di Bandar Udara Budiarto – Curug. Metode yang digunakan adalah pendekatan Pavement Condition Index (PCI) dan pengujian defleksi menggunakan Super Heavy Weight Deflectometer (HWD) PRIMAX 3500. Data PCI diperoleh melalui observasi visual sesuai standar ASTM, PR 21 Tahun 2023, dan KP 94 Tahun 2015, yang menunjukkan bahwa kondisi landas pacu berada pada kategori “baik” dengan nilai rata-rata PCI sebesar 99,1. Pengujian defleksi dilakukan pada titik-titik yang telah ditentukan dengan jarak sepuluh meter untuk menganalisis daya dukung struktur perkerasan. Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan metode Horraks and Emery, di mana data defleksi yang terkumpul digunakan untuk menghitung parameter penting seperti Base Layer Index (BLI), Middle Layer Index (MLI), dan Lower Layer Index (LLI). Dari hasil analisis data PCI dan pengujian defleksi dengan metode Horraks and Emery, rekomendasi perbaikan yang disusun meliputi pemeliharaan rutin serta rehabilitasi mayor pada beberapa titik tertentu. Rekomendasi ini didasarkan pada temuan bahwa meskipun kondisi perkerasan secara umum baik, terdapat titik-titik spesifik yang memerlukan perbaikan lebih intensif

untuk memastikan kekuatan struktural tetap terjaga dan mendukung operasional bandara yang aman dan berkelanjutan.

Kata kunci: Defleksi, evaluasi, perkerasan, PCI

1. Pendahuluan

Bandar Udara Budiarto memiliki runway dengan dimensi 1.800m x 45m dan perkerasan lentur dengan nilai *Pavement Classification Number* (PCN) 37 F/C/X/T, termasuk taxiway dan apron. Menurut KP 94 Tahun 2015, perkerasan lentur bersifat elastis, berbeda dengan perkerasan kaku yang menggunakan pelat beton sebagai elemen utama daya dukung (Suse et al., 2024).

Peralatan SHWD 3500 *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) Pimax, merupakan pengembang komersial asli teknologi *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan pemasok peralatan berbasis defleksi FWD terbesar di dunia telah merancang *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) yang dimiliki oleh Balai Teknik Penerbangan dengan kemampuan pemuatan yang jauh lebih tinggi untuk memenuhi kebutuhan bandara dan badan perkerasan dengan struktur perkerasan ekstra tebal dan kaku. SHWD PRIMAX dapat dengan mudah mensimulasikan dan mengukur tingkat muatan dan respons pesawat besar seperti Boeing 747/777 dan Airbus A380 (Weight & Fwd, n.d.). HWD dapat menghasilkan tingkat beban yang lebih tinggi dan lebih luas yang sesuai untuk aplikasi jalan raya dan lapangan terbang. penyangga karet pada braket yang dihubungkan ke pelat beban melingkar. Sel beban yang dipasang di atas pelat mengukur beban yang diberikan (Eagleson et al., 1982).

Evaluasi kondisi perkerasan fleksibel menjadi penting seiring peningkatan pergerakan pesawat yang memengaruhi kualitas runway. Metode *Pavement Condition Index* (PCI) digunakan untuk menilai kondisi permukaan perkerasan secara visual, sedangkan uji daya dukung dilakukan menggunakan *Heavy Weight Deflectometer* (HWD). HWD adalah alat uji non-destruktif yang mampu mensimulasikan beban pesawat besar seperti Boeing 747/777 dan Airbus A380, serta menghasilkan data untuk analisis moduli lapisan perkerasan. Regulasi KP 39 Tahun 2015 mengharuskan evaluasi daya dukung perkerasan dilakukan dua kali per tahun. Hasil pengujian ini membantu menentukan kebutuhan perbaikan dan memastikan keselamatan operasional bandara (Rakyat, 2016).

Pengujian daya dukung kemampuan teknis fasilitas sisi udara dengan alat HWD disebut juga sebagai metode teknikal dalam perhitungan nilai PCN. Merupakan peralatan pengujian yang bersifat tidak merusak atau Non Destructive Testing dan mampu menghasilkan penelitian yang efektif dan efisien (Togatorop et al., 2023).

Pavement Condition Index (PCI) adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui index kondisi permukaan melalui survei yang dilakukan secara visual pada permukaan perkerasan. Selain itu, agar dapat dapat memberikan masukan ke unit terkait untuk melakukan perbaikan jika diperlukan (Kirbas, & Karas, ahin, 2017).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan kombinasi metode pemeriksaan visual dan pengujian dengan Super Heavy Weight Deflectometer (HWD) PRIMAX 3500 untuk mengevaluasi kondisi perkerasan landas pacu di Bandar Udara Budiarto – Curug (Kirbas, & Karas, ahin, 2017). Pemeriksaan visual dilakukan oleh tim inspeksi yang dipimpin supervisor peneliti, dengan mencatat kerusakan pada permukaan runway seperti retakan, deformasi, dan lubang. Hasil observasi digunakan untuk menghitung nilai PCI berdasarkan standar ASTM, PR 21 Tahun 2023, dan KP 94 Tahun 2015. PCI diperoleh dari analisis kuantitatif hasil survei, yang memberikan gambaran kondisi perkerasan dalam bentuk skor

numerik. Semakin tinggi nilai PCI, semakin baik kondisi perkerasan (Karballeezadeh, Zaremotekhas, Nabipour, Shamshirband, et al., 2019).

Selanjutnya, pengujian defleksi dilakukan menggunakan HWD PRIMAX 3500 pada titik-titik dengan jarak sepuluh meter, untuk mengukur respons perkerasan terhadap beban dan menilai kekuatan struktural pada lapisan subgrade, subbase, basecourse, dan surface. Data defleksi dianalisis menggunakan metode Horra and Emery, yang menghitung *Base Layer Index* (BLI), *Middle Layer Index* (MLI), dan *Lower Layer Index* (LLI) untuk mengevaluasi kondisi struktural tiap lapisan. Indeks ini selanjutnya dikorelasikan dengan PCI untuk menghitung *Radius of Curvature* (RoC) yang mengindikasikan deformasi struktural akibat beban (Horak, 2008).

Proses pengolahan data PCI mencakup identifikasi kerusakan visual di setiap segmen runway dan penghitungan skor keparahan, menghasilkan Sub-PCI yang kemudian diintegrasikan menjadi satu nilai PCI. PCI yang dihasilkan merefleksikan kondisi permukaan perkerasan secara menyeluruh. Sementara itu, data defleksi dari HWD dianalisis untuk menentukan parameter defleksi sepanjang perkerasan, mengidentifikasi kelemahan struktural yang memerlukan perbaikan (Ummah, 2019).

Penggabungan hasil survei PCI dan pengujian HWD menawarkan pandangan komprehensif tentang kondisi perkerasan, mencakup aspek kekuatan struktural dan fungsionalitas permukaan. Jika HWD menunjukkan perkerasan masih kuat namun PCI mengindikasikan kerusakan permukaan, perbaikan lokal mungkin cukup (Kuttah, 2023). Sebaliknya, jika hasil HWD menunjukkan kelemahan struktural sementara PCI relatif baik, perbaikan lapisan yang lebih dalam mungkin dibutuhkan. Korelasi data ini memungkinkan perencanaan strategi perbaikan yang tepat, memastikan efisiensi dalam pemeliharaan landas pacu, serta mendukung keamanan dan ketahanan operasional jangka panjang di Bandar Udara Budiarto – Curug (Khairunnisa & Buana, 2023).

Pendekatan ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan infrastruktur bandara dengan menggabungkan pemeriksaan visual dan uji defleksi yang mendalam. Teknologi HWD PRIMAX 3500 dan metode Horra and Emery yang digunakan dalam penelitian ini menjadi alat yang efektif untuk mengevaluasi dan merumuskan rekomendasi pemeliharaan dan perbaikan yang berkelanjutan (Arifin, 2016).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pelaksanaan Survey Visual (*Pavement Condition Index/PCI*)

Dalam melakukan survey PCI dan pengujian daya dukung perkerasan, perlu dilakukan konfirmasi kondisi permukaan perkerasan eksisting terhadap pemeliharaan yang akan dan telah dilakukan. Hal ini sangat penting dikarenakan nilai PCI dan defleksi untuk setiap kondisi akan berbeda dikarenakan terjadi perubahan permukaan runway 12-30 Bandar Udara Budiarto selagi runway tersebut masih digunakan pada saat pelaksanaan survey dan pengujian daya dukung perkerasan. Bandar Udara Budiarto memiliki runway 12-30 dengan dimensi 1.800m x 45m dengan permukaan perkerasan lentur (flexible), untuk mendapatkan nilai PCI dan data defleksi dari runway dibutuhkan penentuan sample yang mengacu pada ASTM D5340-98 (Karballeezadeh, Zaremotekhas, Nabipour, Syamshirband, et al., 2019).

Luas Total Area Runway	: 45 m x 1.800 m = 81.000 m ²
Luas satu sampel	: 45 m x 10 m = 450 m ²
Jumlah sampel	: 81.000/450 = 180 sampel

Setelah menentukan sampel survey, maka harus disiapkan beberapa peralatan, salah satunya adalah form survey yang didapat dilihat pada table dibawah ini:

[illegible]

Gambar 1 Formulir Survei Lapangan
(Sumber : KP 94 tahun 2015)

Pengambilan data survei lapangan sesuai dari sampel yang sudah ditentukan. Pencatatan kerusakan akan dimasukkan ke sampel masing-masing. Berikut contoh layout kerusakan seluruh area runway 12-30 yang sudah dibagi per sampel. Selanjutnya Menentukan nilai density dari setiap kerusakan yang sudah dijumlahkan luas kerusakannya lalu dibagi dengan total luas area sample unit dan dikali 100%.

Setelah mendapatkan nilai density dari setiap jenis kerusakan pada setiap unit, selanjutnya menghitung nilai Deduct Value berdasarkan grafik penghubung antara density dan Deduct Value. Grafik Deduct Value di bawah ini mengacu pada UFC 3-260-16 tentang *Standard Practice for Airfield Pavement Condition Surveys* (Hidayat & Putra, 2023).

Setelah mengetahui nilai *Deduct Value* yang akan digunakan, kemudian dijumlahkan per sampel untuk mendapatkan nilai *Total Deduct Value* (TDV). Nilai Total Deduct Value dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Total *Deduct Value* Seluruh Sampel

Sample	Distress Severity	Density (%)	DV	TDV
STA 0+040 - 0+050	8 M	0.48%	8	8
STA 0+280 - 0+290	12 M	17.8%	25	25
STA 0+320 - 0+330	10 M	0.04%	5	5
STA 0+420 - 0+430	12 M	12.4%	22	22
STA 0+740 - 0+750	12 M	1.34%	9	9
STA 0+840 - 0+850	12 M	0.44%	6	6
STA 0+860 - 0+870	12 M	0.22%	5	5
STA 0+880 - 0+890	12 M	0.22%	5	5
STA 1+080 - 1+090	12 M	0.66%	6	6
STA 1+420 - 1+430	1 M	0.22%	15	15
STA 1+480 - 1+490	5 M	0.02%	6	6
STA 1+540 - 1+550	12 M	0.22%	6	6
STA 1+620 - 1+630	12 M	1.34%	8	14
	2 M	0.34%	6	

Sample	Distress Severity	Density (%)	DV	TDV
STA 1+700 - 1+710	1 M	0.66%	25	55
	2 M	0.66%	25	
	5 M	0.1%	5	
STA 1+720 - 1+730	2 M	1.78%	10	30
	5 M	0.09%	5	
	12 M	4.00%	15	

Corrected Deduct Value (CDV) adalah nilai pengurang terkoreksi yang diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (TDV) dan nilai pengurang (DV) dengan menarik kurva yang sesuai. Total keseluruhan sampel yang memiliki kerusakan ada 15 sampel, oleh karena itu akan ada 15 grafik yang akan di analisis. Nilai PCI merupakan kualitas dari lapisan perkerasan, dalam hal ini yaitu runway 12-30. Nilai PCI dapat diketahui dari nilai CDV yang telah dihitung dari perhitungan sebelumnya.

Tabel 2 Sampel Hasil Nilai PCI Runway 12-30 UPBU Budiarto

STA		PCI						Keterangan
STA 1+730	-	STA 1+740	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+740	-	STA 1+750	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+750	-	STA 1+760	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+760	-	STA 1+770	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+770	-	STA 1+780	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+780	-	STA 1+790	-	0	0	0	100	Baik (Good)
STA 1+790	-	- 1+800	-	0	0	0	100	Baik (Good)
NILAI RATA - RATA PCI = 99,1								Baik (Good)

Nilai PCI rata-rata keseluruhan seluruh sampel runway 12-30 Bandar Udara Budiarto berkondisi baik dengan nilai 99.1. Terdapat 2 sampel yang bernilai *satisfactory* atau cukup baik dan 1 sampel berkondisi sedang atau *fair*. Nilai PCI mengartikan kondisi suatu permukaan dan tentunya setiap kondisi butuh penanganan yang dilakukan untuk perawatan suatu permukaan perkerasan di runway bandar udara.

3.2 Pengujian Daya Dukung Perkerasan Menggunakan *Super Heavy Weight Deflectometer Primax 3500* (SHWD)

Teknis pengujian perkerasan fleksibel dilakukan dengan mempertimbangkan jarak antar interval pengujian sejauh 10 meter. Jarak ini dipilih untuk memastikan bahwa seluruh area perkerasan dapat diuji secara merata dan representatif. Lintasan pengujian ditentukan berdasarkan jenis pesawat udara yang akan beroperasi di atas perkerasan tersebut. Hal ini penting karena setiap jenis pesawat memiliki

beban dan pola distribusi tekanan yang berbeda, yang memengaruhi kebutuhan spesifik pada kekuatan dan ketahanan perkerasan. Dengan menentukan lintasan yang tepat, pengujian dapat memberikan hasil yang lebih akurat, memastikan bahwa perkerasan mampu menahan beban operasional sesuai dengan jenis pesawat yang melintasinya. Pendekatan ini sangat penting untuk menjamin keamanan dan umur panjang dari perkerasan yang digunakan di bandara atau fasilitas udara lainnya. Pengujian ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi operasional sesungguhnya dan memastikan bahwa perkerasan landasan mampu menahan beban dari pesawat-pesawat dengan karakteristik teknis yang berbeda, khususnya dalam kondisi terberat.

Pada saat awal mula pengujian pada landas pacu dapat dilakukan dengan Bor satu lubang di perkerasan dan masukkan sensor suhu yang terpasang pada HWD ke dalam lubang selama kurang lebih 2 menit. Setelah Sensor terbaca oleh program, program menampilkan suhu perkerasan saat ini. Selama pengumpulan data, Pengukuran suhu manual setiap satu (1) jam sekali yang bertujuan agar dapat mengontrol kenaikan atau penurunan suhu tiap jamnya yang dapat mempengaruhi kondisi eksisting perkerasan pada landas pacu.



Gambar 2 Pengukuran Suhu (Sumber : Pengukuran langsung)

Lintasan pengujian ditentukan berdasarkan jenis pesawat udara yang akan beroperasi di atas perkerasan tersebut. Hal ini penting karena setiap jenis pesawat memiliki beban dan pola distribusi tekanan yang berbeda, yang memengaruhi kebutuhan spesifik pada kekuatan dan ketahanan perkerasan. Dengan menentukan lintasan yang tepat, pengujian dapat memberikan hasil yang lebih akurat, memastikan bahwa perkerasan mampu menahan beban operasional sesuai dengan jenis pesawat yang melintasinya. Pendekatan ini sangat penting untuk menjamin keamanan dan umur panjang dari perkerasan yang digunakan di bandara atau fasilitas udara lainnya. Selanjutnya dilakukan penentuan beban teknis atau pesawat terkritis yang digunakan dalam pengujian daya dukung perkerasan pada bandara dengan metode simulasi beban pengujian yang melibatkan tiga drop uji. Langkah pertama adalah dengan menggunakan Settlement Geophone untuk mengukur pergeseran atau deformasi perkerasan saat terkena beban. Setelah itu, dilakukan pengujian dengan menggunakan beban pesawat terkritis kedua. Beban ini dipilih berdasarkan karakteristik operasional pesawat yang sering mendarat atau lepas landas di bandara tersebut, namun dengan beban yang sedikit lebih ringan dibanding pesawat terkritis pertama. Terakhir, pengujian dilakukan dengan beban

pesawat terkritis pertama, yang merupakan pesawat dengan bobot dan tekanan terbesar yang diharapkan akan beroperasi di bandara. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa perkerasan dapat menahan beban tertinggi dan tetap memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang diharapkan.

Dari Data Bandar Udara Budiarto juga di dapat data teknis pesawat terkritis yang digunakan dalam pengujian. data teknis terkait pesawat terbang terkritis yang digunakan dalam simulasi pengujian daya dukung perkerasan bandara. Pengujian ini dilakukan melalui tiga tahap drop uji yaitu Settlement Geophone, Load B737-500, Load B737-800.

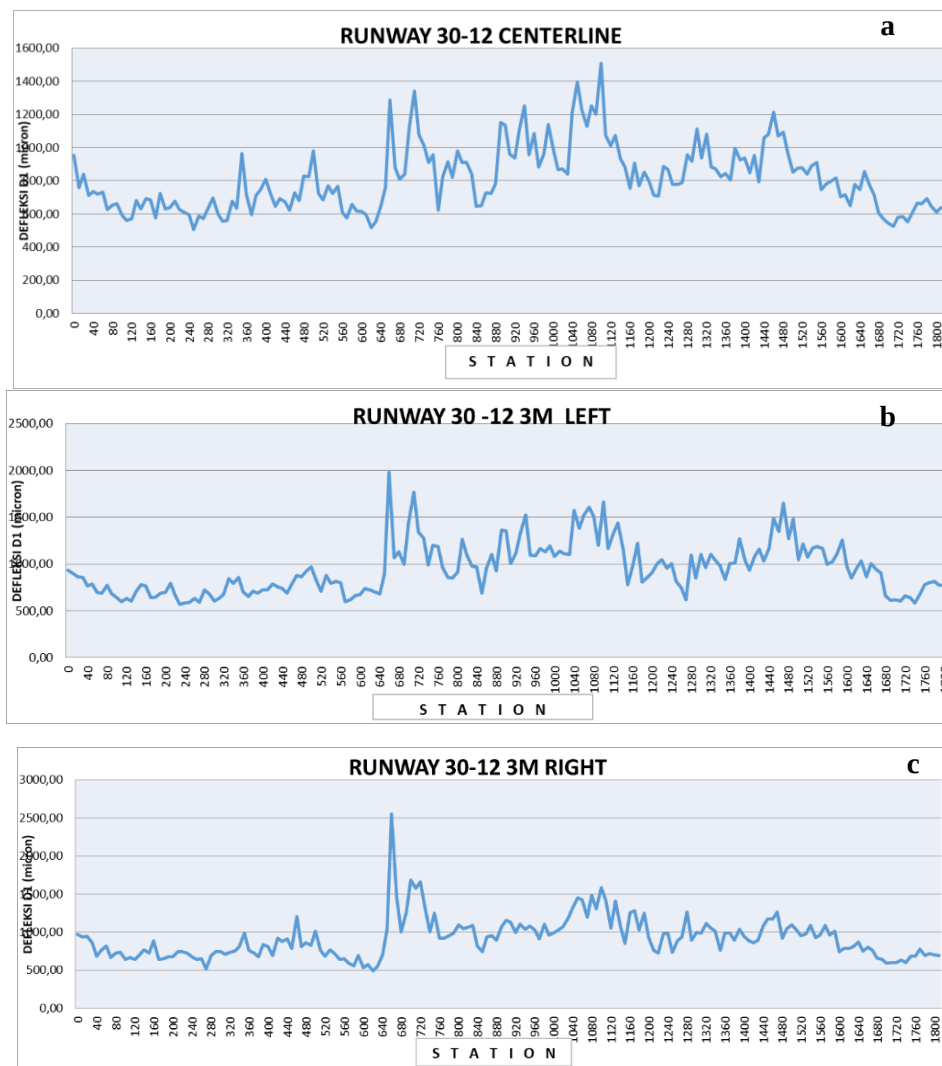
Pada Bandar Udara Budiarto memiliki panjang eksisting landas pacu 1823 x 45 meter sehingga dalam pelaksanaan pengujian daya dukung perkerasaannya dengan interval setiap 10 meter untuk memastikan distribusi pengukuran yang merata. Arah pengujian mengikuti jalur dari ujung landasan STA.0 (arah 30) menuju ujung lainnya di STA.1823 (arah 12). Pengujian dilakukan pada tiga lokasi kunci: di sepanjang garis tengah (centerline) runway dan pada jarak 3 meter ke kanan dan kiri dari garis tengah. Pengaturan ini bertujuan untuk mendapatkan data yang komprehensif mengenai kondisi perkerasan di seluruh lebar landasan, sehingga bisa dipastikan bahwa landasan mampu menahan beban operasional pesawat dengan aman dan sesuai dengan standar yang ditetapkan Berdasarkan KP 93 tahun 2015.

Setelah memeriksa suhu manual dan Melakukan plotting, jatuhan pertama dapat dilakukan pada beban yang ditentukan Jika data jatuhan geofon berada dalam rentang beban, rentang lendutan, penurunan lendutan, dan kemampuan pengulangan yang dapat diterima, maka data akan disimpan secara otomatis. dengan defiasi setiap beban yang tidak lebih dari 5% terhadap beban yang ditetapkan. Tahapan ini dilakukan secara berulang berdasarkan titik yang telah diploting hingga mendapatkan data secara keseluruhan. Pada pelaksanaan jatuhan (drop) depresion bowl dilakukan pendataan secara secara otomatis menggunakan perangkat lunak PRIMAX Data Collection sehingga mempermudah dalam pengumpulan data secara memonitoring apabila terjadi ketidaksesuain dalam pelaksanaan jatuhan (drop) depresion bowl. Dalam alat uji ini dibekali dengan panduan teknis Pengoperasian SHWD PRIMAX 3500. Perangkat lunak ini memungkinkan Anda mengontrol pengoperasian SHWD dari laptop. Serta menjelaskan cara menentukan prosedur pengumpulan data dan menjelaskan tentang langkah-langkah yang harus diikuti saat melakukan pengukuran. Dan juga dilengkapi tentang peringatan yang mungkin terjadi ketika mengumpulkan data.

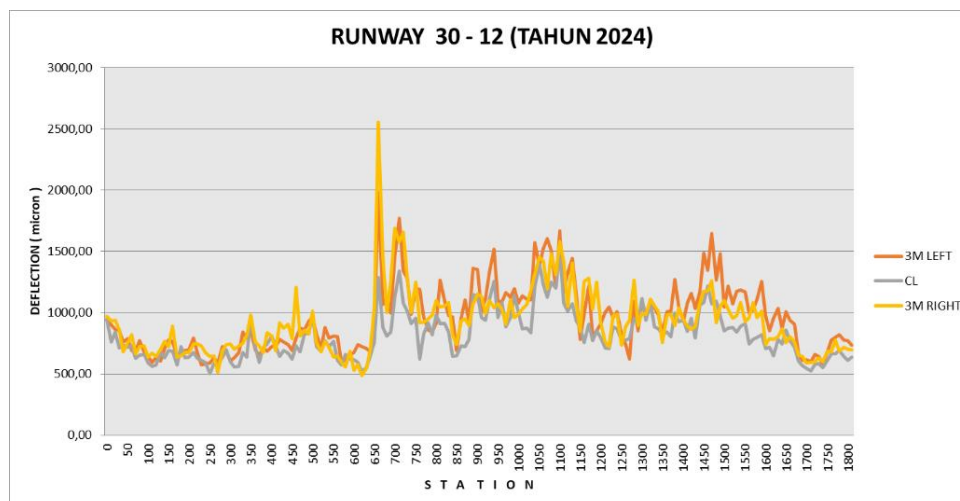


**Gambar 3 Pembacaan Data Jatuhan Deflection Bowl Per Titik
(Sumber : Pengukuran Langsung)**

Setelah menyelesaikan pekerjaan pengukuran dan pelaksanaan jatuhan (drop) pada depression bowl, data yang dikumpulkan harus diekspor ke program penghitungan untuk analisis lebih lanjut. Proses ini mencakup konversi data mentah menjadi format yang kompatibel dengan perangkat lunak penghitungan yang digunakan. Data tersebut kemudian dapat dianalisis untuk menentukan parameter penting. Pengeksportan ini juga memungkinkan integrasi dengan model simulasi yang lebih kompleks, yang dapat digunakan untuk memprediksi dampak jangka panjang dan memperbaiki desain. Penting untuk memastikan keakuratan data selama proses ini untuk menghindari kesalahan dalam analisis.. Dalam pengujian Kemampuan daya dukung perkerasan fasilitas sisi udara dalam studi kasus Bandar Udara Budiarto, didapatkan hasil Defleksi Kemampuan daya dukung perkerasan fasilitas sisi udara pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4 Data Defleksi Hasil Pengujian Kemampuan Daya Dukung Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Budiarto a. Centerline Budiarto Airport, b. 3 Meters Left Budiarto Airport c. 3 Meters Right Budiarto Airport (sumber : Pengujian Bandar Udara Budiarto)



Gambar 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kemampuan Daya Dukung Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Budiarto (sumber : Pengujian Bandar Udara Budiarto)

3.3 Indikasi Kondisi Struktur dengan Menggunakan Parameter Data Deflesi Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Budiarto

Base Layer Index (BLI), *Middle Layer Index* (MLI), dan *Lower Layer Index* (LLI), diilustrasikan pada diagram yang sama. Selain dari nama deskriptif mereka, asosiasi masing-masing dengan berbagai lapisan struktural juga ditunjukkan dengan panah penghubung. Dalam Tabel 3, berbagai parameter mangkuk defleksi dan rumusnya dirangkum dengan asosiasinya dengan struktur perkerasan dan elemen struktural. Ada parameter lain, tetapi ini telah ditemukan memiliki korelasi yang baik dengan kondisi struktural perkerasan yang relevan dan asosiasi lapisan perkerasan individual (Horak & Emery, 2006).

Tabel 3 Perhitungan Metode Horaks & Emery

PARAMETER	RUMUS	INDIKATOR STRUKTUR
Defleksi Maksimal	D_0 yang Diukur	Memberikan indikasi terhadap semua lapisan struktural dengan sekitar 70% kontribusi oleh tanah dasar
Curvature Function	$CF=D_0-D_{200}$	Memberikan indikasi mengenai kondisi struktural permukaan dan lapisan dasar.
Radius of Curvature (RoC)	$RoC = \frac{(L)^2}{2D_0(1 - \frac{D_{200}}{D_0})}$	Memberikan indikasi mengenai kondisi struktural permukaan dan lapisan dasar.
Base Layer Index (BLI)	$BLI=D_0 - D_{300}$	Memberikan indikasi terutama mengenai kondisi struktural lapisan permukaan atau surface
Middle Layer Index (MLI)	$MLI=D_{300} - D_{600}$	Memberikan indikasi mengenai kondisi struktural lapisan subbase dan base course.
Lower Layer Index (LLI)	$LLI=D_{600}-D_{900}$	Memberikan indikasi mengenai lapisan struktural bawah seperti Base Course dan lapisan tanah dasar/subgrede

Parameter mangkuk defleksi baru memungkinkan penerapan penilaian kondisi struktural tiga tingkat (baik, peringatan, dan parah) untuk analisis awal data HWD. rentang mangkuk defleksi untuk perkerasan dengan lapisan dasar granular dirangkum untuk penilaian kondisi tiga tingkat ini. Rentang juga ada untuk radius kelengkungan, tetapi tidak ditampilkan di sini karena keterbatasan kelengkungan dengan pengujian HWD.

Proses analisis struktural perkerasan biasanya menggunakan pendekatan multi-aspek dengan beberapa atau semua hal berikut: survei visual, survei instrumen, pengambilan sampel material lapangan, pengujian laboratorium, dan sebagainya. Dalam kegiatan penelitian kali ini menggunakan aspek survei visual dan survei instrumen. Fungsi dari parameter data defleksi adalah bertindak sebagai indikator kondisi struktural dan memungkinkan parameter defleksi dari HWD digunakan sebagai pendekatan penyaringan. Hal ini dilakukan dengan menghitungnya sepanjang perkerasan, dan menggunakannya untuk mengidentifikasi serta menentukan titik kekurangan struktural pada berbagai lapisan dan lokasi. Kekurangan tersebut kemudian dapat diselidiki lebih lanjut. Defleksi maksimum saja merupakan alat yang kurang efektif karena lapisan perkerasan lainnya sering kali menyaring nilai defleksi maksimum ini, dan tidak memungkinkan untuk menentukan lapisan yang mengalami kekurangan struktural dalam keseluruhan struktur perkerasan. Maka dari data lapangan yang telah dilakukan pengolahan menggunakan alas SHWD 3500 untuk memperoleh hasil defleksi pada landas pacu dan telah dilakukan survey menggunakan metode PCI guna mendapatkan kondisi permukaan landas pacu secara keseluruhan, dengan hasil konversi data defleksi menggunakan metode Horaks and Emery sebagai berikut :

Tabel 4 Sampel Deflection Bowl Analysis Report (Ceterline Runway Budiarto Airport) Horak & Emery Methods

Chain	RoC	Remark RoC	BLI	Remark BLI	MLI	Remark MLI	LLI	Remark LLI
0	192,68	Sound	233,54	Sound	203,28	Sound	139,85	Sound
10	293,04	Sound	153,56	Sound	151,48	Sound	104,56	Sound
20	252,65	Sound	178,11	Sound	174,49	Sound	127,41	Sound
30	305,52	Sound	147,29	Sound	136,69	Sound	99,78	Sound
40	262,03	Sound	171,74	Sound	133,00	Sound	99,98	Sound
50	312,86	Sound	143,83	Sound	137,00	Sound	100,99	Sound
60	361,41	Sound	124,51	Sound	129,15	Sound	103,32	Sound
70	345,71	Sound	130,17	Sound	110,52	Sound	80,27	Sound
80	314,10	Sound	143,26	Sound	117,82	Sound	84,72	Sound
90	317,35	Sound	141,80	Sound	120,58	Sound	88,85	Sound
100	364,36	Sound	123,51	Sound	110,86	Sound	77,64	Sound

3.4 Rekomendasi Perawatan dari Hasil pengujian *Heavy weight deflectometer* (HWD) dengan *Pavement condition index* (PCI)

Dalam pengelolaan infrastruktur transportasi udara, khususnya pada fasilitas sisi udara terutama landasan pacu pemeliharaan perkerasan sangat penting untuk menjaga kelayakan operasional dan keselamatan penerbangan. Kondisi perkerasan yang baik tidak hanya memastikan kelancaran pergerakan pesawat, tetapi juga meminimalkan risiko kerusakan dan kecelakaan yang disebabkan oleh perkerasan yang rusak atau aus. Oleh karena itu, pemantauan dan evaluasi berkala terhadap kondisi struktur perkerasan menjadi langkah kritis dalam manajemen fasilitas bandara.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengevaluasi kondisi struktur perkerasan adalah pengujian *Heavy Weight Deflectometer* (HWD). HWD merupakan alat yang digunakan untuk mengukur defleksi atau lendutan yang terjadi pada permukaan perkerasan saat diberikan beban besar, mirip dengan beban yang ditimbulkan oleh pesawat. Hasil pengukuran ini dapat digunakan untuk menilai kapasitas struktural perkerasan, yaitu seberapa baik perkerasan mampu menahan beban lalu lintas pesawat dalam jangka panjang tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang signifikan. Di sisi lain, metode *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan pendekatan yang lebih umum dan berbasis survei visual untuk menilai kondisi fungsional perkerasan. Metode ini melibatkan pengamatan langsung terhadap berbagai jenis kerusakan permukaan, seperti retak, lubang, atau deformasi lainnya, yang kemudian diberi skor berdasarkan tingkat keparahannya. PCI memberikan gambaran kuantitatif mengenai kualitas perkerasan yang dilihat dari aspek fungsionalitas dan kenyamanan. Keterkaitan antara pengujian HWD dan survei PCI menjadi penting karena kedua metode tersebut menawarkan pendekatan yang berbeda namun saling melengkapi dalam menilai kondisi perkerasan. HWD menilai kekuatan dan kestabilan struktural perkerasan, sementara PCI lebih menekankan pada aspek visual dan fungsionalitas permukaan. Pemahaman yang mendalam mengenai hubungan antara keduanya dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi perkerasan, baik dari segi kekuatan struktural maupun kenyamanan fungsional.

Tabel 5 Rekomendasi Penanganan Kondisi Landas Pacu

Lapis Permukaan (RoC)	Lapis Pondasi Atas (BLI)	Lapis Pondasi Bawah (MLI)	Lapis Tanah Dasar (LLI)	Pavement Condition Index (PCI)	Rekomendasi Penanganan
Sound	Sound	Sound	Sound	Good/ Satisfactory	Pemeliharaan Rutin
Warning/Severe	Sound	Sound	Sound	Good/ Satisfactory /Fair	Rehab Minor
Sound/Warning/ Severe	Warning/Severe	Sound	Sound	Good/ Satisfactory /Fair /Poor	Rehab Minor
Sound/Warning/ Severe	Sound/Warning/ Severe	Sound/Warning	Warning/ Severe	Good/ Satisfactory /Fair /Poor /Very Poor /Fair /Poor	Rehab Mayor
Severe	Severe	Severe	Warning/ Severe	/Very Poor/Serious/ Failed	Rekonstruksi

Dengan menggabungkan hasil dari kedua metode ini, pengelola bandara dapat melakukan perencanaan perawatan dan perbaikan yang lebih tepat dan efisien. Misalnya, jika hasil pengujian

HWD menunjukkan bahwa struktur perkerasan masih kuat tetapi hasil PCI menunjukkan adanya kerusakan permukaan, maka tindakan yang diperlukan mungkin hanya perbaikan permukaan. Sebaliknya, jika hasil HWD menunjukkan kelemahan struktural tetapi PCI masih menunjukkan kondisi yang baik, perbaikan yang lebih mendalam pada lapisan perkerasan mungkin diperlukan. Oleh karena itu, keterkaitan antara pengujian HWD dan survei PCI merupakan aspek penting dalam pengelolaan perkerasan fasilitas sisi udara, membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat untuk menjaga kualitas, daya tahan, dan keamanan perkerasan dalam jangka panjang.

Tabel 6 Sampel *Deflection Bowl Analysis and Pavement condition index Report* Canterline Runway Budiarto Airport

Chain	Remark RoC	Remark BLI	Remark MLI	Remark LLI	Hasil PCI	Rekomendasi Penanganan
0	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
10	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
20	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
30	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
40	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
50	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
60	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
70	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
80	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
90	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin
100	Sound	Sound	Sound	Sound	Baik (Good)	Pemeliharaan Rutin

Pengujian *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) dan *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan dua metode yang saling melengkapi dalam evaluasi perkerasan landas pacu, di mana HWD menilai kekuatan struktural perkerasan, sementara PCI menilai aspek fungsionalitas dan kondisi permukaan. Keterkaitan antara kedua metode ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kondisi perkerasan, memungkinkan pengelola bandara untuk merencanakan pemeliharaan dan perbaikan yang lebih tepat dan efisien, sehingga memastikan kualitas, daya tahan, dan keselamatan operasional perkerasan dalam jangka panjang. Dari data yang telah dipetakan dalam tabel hasil survei dan pengujian, beberapa titik di landas pacu Bandar Udara Budiarto menunjukkan kebutuhan akan penanganan perkerasan yang bervariasi. Dalam Keterkaitan hasil survey menggunakan metode pavement condition index dan pengujian daya dukung perkerasan yang telah dijelaskan dalam tabel diatas maka dari kondisi perkerasan tersebut bandar udara studi kasus yaitu Bandar Udara Budiarto memiliki rekomendasi penanganan perkerasan berupa Pemeliharaan Rutin dan Rehap Mayor di beberapa titik tertentu yang telah di plotting pada tabel diatas pada landas pacu Bandar Udara Budiarto – Curug.

Berdasarkan hasil survei *Pavement Condition Index* (PCI), pengujian defleksi menggunakan *Super Heavy Weight Deflectometer* (HWD) PRIMAX 3500, serta analisis dengan metode Horraks and Emery, direkomendasikan beberapa langkah perbaikan untuk menjaga kualitas, daya tahan, dan keselamatan operasional perkerasan landas pacu di Bandar Udara Budiarto – Curug. Pertama, pemeliharaan rutin perlu dilakukan pada area dengan kerusakan minor, seperti pengisian retakan,

perbaikan permukaan lokal, serta pembersihan dan pengecatan marka landasan untuk mempertahankan kondisi fungsional. Kedua, rehabilitasi mayor disarankan pada titik-titik yang menunjukkan penurunan daya dukung struktural berdasarkan data defleksi, khususnya pada lapisan subgrade, subbase, dan basecourse, guna memperkuat struktur perkerasan. Ketiga, pemantauan berkala perlu dilakukan untuk mendeteksi potensi kerusakan sejak dini dan memastikan kesiapan landas pacu terhadap beban operasional. Terakhir, evaluasi lanjutan dengan mengombinasikan data PCI dan defleksi secara berkala penting untuk memastikan strategi pemeliharaan didasarkan pada data akurat dan komprehensif. Penerapan rekomendasi ini diharapkan dapat menjaga landas pacu dalam kondisi optimal untuk mendukung keselamatan dan efisiensi operasional secara berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang didasarkan pada survei visual dan pengujian menggunakan peralatan Super Heavy Weight Deflectometer (HWD) PRIMAX 3500 menunjukkan kondisi landas pacu Bandar Udara Budiarto – Curug dalam kondisi yang relatif baik. Evaluasi yang dilakukan menggunakan Pavement Condition Index (PCI) mengungkapkan bahwa nilai PCI rata-rata dari seluruh sampel runway 12-30 berada pada angka 99.1. Nilai ini, sesuai standar yang ditetapkan oleh ASTM, PR 21 Tahun 2023, dan KP 94 Tahun 2015, menempatkan kondisi perkerasan landas pacu dalam kategori "baik," mencerminkan bahwa secara visual, runway masih dalam kondisi yang optimal. Pengujian defleksi dengan peralatan HWD PRIMAX 3500 dilakukan untuk menilai respons elastis perkerasan terhadap beban, dengan titik-titik pengujian berjarak sepuluh meter. Hasil pengujian ini memberikan gambaran kekuatan struktur perkerasan, mencakup lapisan subgrade, subbase, basecourse, dan surface. Analisis data defleksi bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan masing-masing lapisan perkerasan, memastikan apakah struktur tersebut dapat menahan beban yang diterima selama operasional. Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan metode Horraks and Emery, di mana data defleksi yang terkumpul digunakan untuk menghitung parameter penting seperti Base Layer Index (BLI), Middle Layer Index (MLI), dan Lower Layer Index (LLI). Parameter-parameter ini membantu dalam memahami kondisi struktural lapisan perkerasan, yang kemudian dikorelasikan dengan nilai PCI yang diperoleh dari survei visual. Melalui korelasi ini, peneliti mampu menghitung Radius of Curvature (RoC), yang berfungsi sebagai indikator deformasi struktural akibat beban. RoC membantu dalam mengidentifikasi apakah perkerasan mengalami tekanan berlebih dan membutuhkan perhatian lebih lanjut. Dari hasil analisis data PCI dan pengujian defleksi dengan metode Horraks and Emery, rekomendasi perbaikan yang disusun meliputi pemeliharaan rutin serta rehabilitasi mayor pada beberapa titik tertentu. Rekomendasi ini didasarkan pada temuan bahwa meskipun kondisi perkerasan secara umum baik, terdapat titik-titik spesifik yang memerlukan perbaikan lebih intensif untuk memastikan kekuatan struktural tetap terjaga dan mendukung operasional bandara yang aman dan berkelanjutan. Pendekatan ini menegaskan pentingnya perencanaan pemeliharaan yang strategis dan berbasis data untuk menjaga kualitas infrastruktur perkerasan landas pacu dalam jangka panjang.

Ucapan Terima Kasih

Puji Dan Syukur Kehadirat Allah Swt Atas Berkat Dan Rahmat-Nya Yang Telah Memberikan Kemudahan Dan Kelancaran Dalam Penulisan Jurnal Ini Yang Berjudul “Evaluasi Perkerasan Pada Landas Pacu Berdasarkan Pavement Condition Index dan Pengujian Daya Dukung Perkerasan (Studi Kasus : Bandar Udara Budiarto – Curug)” Dan Juga Politeknik Penerbangan Indonesia Curug dan segenap pengelola journal Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil Yang Telah Memberikan

Fasilitas Untuk Melakukan Penulisan Jurnal Ini Serta Semua Yang Terlibat Dalam Penulisan Jurnal Ini.

Daftar Pustaka

- Arifin, A. D. (2016). Inversi Dispersi Gelombang Rayleigh yang Robust Berbasis Algoritma Progressive-Progressive Particle Swarm Optimization (PP-PSO). *ITS Repository*. <https://core.ac.uk/download/pdf/291473687.pdf>
- Eagleson, B., Heisey, S., Hudson, W. R., Meyer, A. H., & Stokoe, K. H. (2022).
- Hidayat, I., & Putra, D. A. (2023). Correlation model of deflection and rotation on pci girder bridge. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012003>
- Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 50(2), 2–9.
- Horak, E., & Emery, S. (2006). Falling Weight Deflectometer Bowl Parameters As Analysis Tool for Pavement. *22nd ARRB Conference ARRB, January*, 15.
- Karballaezadeh, N., Zaremotekhas, F., Nabipour, (2019). *Usage Surface Deflection Data for Performance Prediction in Flexible Pavement Introduction The transportation industry is recognized as the basic infrastructure for economic growth and the development of other industries throughout the world . The mission. October*, 1–22. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS201910.0141.V1>
- Karballaezadeh, N., Zaremotekhas, F., Nabipour, (2019). *Machine Translated by Google Penggunaan Data Lendutan Permukaan untuk Prediksi Kinerja pada Perkerasan Fleksibel Machine Translated by Google Penggunaan Data Lendutan Permukaan untuk Prediksi Kinerja pada Perkerasan Fleksibel Perkenalan Industri transport*. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS201910.0141.V1>
- Khairunnisa, S. Z., & Buana, C. (2023). Analisis Kondisi dan Perbaikan Perkerasan pada Ruas Jalan Gresik – Paciran KM SBY 28 sampai dengan KM SBY 38 dengan Menggunakan Metode PCI dan SDI. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.116173>
- Kirbas, U., & Karas, ahin, M. (2017). Estimating PCI using vibration data for asphalt concrete pavements. *World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*, 8–10. <https://doi.org/10.11159/ict17.114>
- Kuttah, D. (2023). Assessing the interactions among factors affecting the light-weight deflectometer measurements. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 82(6), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03231-2>
- Rakyat, D. A. N. P. (2016). *PEDOI \ 1A ~ J*.
- S, S. L., Zhabri, M., Darmawan, G., Endrawijaya, I., Kurniawan, A., & Hidayat, Z. (2024). *Airport Pavement Condition Index Evaluation of Runway 12 / 30 at Budiarto Airport Indonesia*. 49–60.
- Togatorop, E. P., Tarigan, A. P. M., & Bangun, E. P. (2023). Pemodelan Kondisi Perkerasan Jalan dengan Metode Probabilistik Rantai Markov. *Jurnal Syntax Admiration*, 4(3), 377–393. <https://doi.org/10.46799/jsa.v4i3.553>
- Ummah, M. S. (2019). *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14.
- Weight, F., & Fwd, D. (2023). *8081 deflektometer berat berat (hwd)*.