



Evaluasi Kekesatan *Runway* 06/24 Menggunakan Alat *Skiddometer* di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta Dalam Upaya Peningkatan Pembelajaran Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara Bandar Udara

Suse Lamtiar^{1*}, Wahyu Dwi A², M. Zhabri Gaffari D.³ Risqi Wahyu Jati Utama⁴
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

*Korespondensi:
Suse.lamtiar@ppicurug.ac.id

ABSTRAK

Article info

Received: 19-10-2023
Final Revision: 14-12-2023
Accepted:
Available online: 20-12-2023

Kata kunci:

keselamatan penerbangan,
rubber deposit, *skiddometer*

Keywords:

flight safety, *rubber deposit*,
skiddometer

Recommened Citation:

APA Style

Dalam dunia penerbangan ada sebuah istilah yang dijunjung tinggi yaitu “Zero Error” dimana kesalahan kecil pun tidak diperbolehkan. Salah satu faktor keselamatan dalam penerbangan yaitu kondisi kekesatan dari suatu landas pacu. Semakin banyak pesawat yang beroperasi, maka semakin banyak juga lapisan karet (*rubber deposit*) pada landas pacu. Hal ini mengakibatkan landas pacu menjadi licin sehingga pesawat dapat tergelincir karena rem tidak dapat bekerja dengan efektif. Untuk menghindari resiko kecelakaan yang terjadi, pengecekan kekesatan landas pacu secara berkala perlu dilakukan. Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk melakukan pengecekan kondisi kekesatan *runway*, dalam jurnal ini akan dibahas menggunakan alat *skiddometer*. Sehingga hasil dari pengujian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan perawatan atau perbaikan landas pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta apabila diperlukan. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan maka dapat disesuaikan dengan Keputusan Pemerintah Nomor 94 tahun 2015 dalam mengkategorikan kerusakan yang dialami pada landas pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta.

ABSTRACT

In the world of aviation there is a term that is upheld, namely "Zero Error" where even small errors are not allowed. One of the safety factors in aviation is the roughness of a runway. More aircraft operating, more rubber deposits on the runway. This causes the runway become slippery so the plane can skid because the brakes cannot work effectively. To avoid the risk of accidents that occur, it is necessary to check the roughness of the runway on a regular basis. There are several methods that can be used to check the roughness of the runway, in this journal we will discuss using a skiddometer. the results of this test can be used as a basis for carrying out maintenance or repairs to runway 06/24 Soekarno-Hatta International Airport if necessary. Based on the results obtained, it can also be adjusted to Government Decree Number 94 of 2015 in categorizing the damage experienced on runway 06/24 of Soekarno-Hatta International Airport

[Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi](#) © 2023 is licensed under [CC BY-NC 4.0](#)

PENDAHULUAN

Saat ini, penerbangan merupakan cara bepergian yang populer dan umum digunakan di beberapa negara di dunia, baik negara maju maupun berkembang. Salah satu contohnya adalah pertumbuhan penduduk Indonesia yang semakin meningkat sehingga memerlukan relokasi penduduk Indonesia secara cepat. Untuk menunjang pergerakan yang cepat tersebut diperlukan transportasi. Transportasi udara merupakan salah satu moda transportasi yang saat ini dapat menunjang pergerakan yang cepat. Setiap

bandara harus memiliki fasilitas utama dan tambahan untuk menjamin kelancaran operasional dan keselamatan penerbangan. Dalam operasional penerbangan, keselamatan merupakan suatu keadaan dimana resiko kerugian dan kerusakan terbatas atau tidak ada sama sekali. Pengelolaan dan pemeliharaan sektor penerbangan di bandar udara merupakan aspek penting dalam menjaga keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan. Elemen penting yang perlu dipertimbangkan adalah kekasaran landasan pacu, yang memainkan peran penting dalam mencegah kecelakaan dan memastikan lepas landas dan pendaratan yang aman. Dalam konteks ini, penilaian kekasaran lintasan sangatlah penting. Penilaian kekasaran lintasan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode dan alat.

Alat yang biasa digunakan untuk tujuan ini adalah skidometer. Skidometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur gesekan atau kekasaran pada permukaan lintasan. Dalam tulisan ini akan dipelajari hasil penyelesaian permasalahan terkait penilaian kekasaran runway menggunakan skidometer di suatu bandara. Situasi dimana pesawat udara memasuki atau meninggalkan landasan pacu pada saat lepas landas atau mendarat disebut "landasan pacu". Hal ini dapat dilakukan baik secara sengaja oleh pilot untuk menghindari objek atau benda di landasan, maupun secara tidak sengaja yang dapat mengakibatkan kematian atau kerusakan pada pesawat (ICAO, 2008). Sedangkan "runway incursion" adalah adanya benda asing di sekitar pesawat, kendaraan atau orang di area perlindungan permukaan yang dimaksudkan untuk lepas landas atau mendarat pesawat (ICAO Apparst/5).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pemeliharaan runway sebagai bagian dari upaya mendukung kelancaran operasional dan keselamatan penerbangan di Bandara Husein Sastranegara Bandung. Penilaian ini dilakukan oleh operator bandara dan mencakup pekerjaan pemeliharaan yang diperlukan di area landasan pacu dalam berbagai kondisi. Menurut Undang-Undang Penerbangan Nomor 1 Tahun 2019, bandar udara diartikan sebagai suatu kawasan di darat dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu, yang digunakan sebagai tempat lepas landas, mendarat, menaiki dan menurunkan penumpang dari pesawat udara, kargo, dan pembongkaran barang.

Barang dan transfer, transportasi intra dan antar moda Bandar udara dilengkapi dengan fasilitas keamanan, keamanan penerbangan serta fasilitas dasar dan pendukung lainnya. Fasilitas bandar udara, baik sisi darat maupun sisi udara, memerlukan penataan yang memadai dan terpadu untuk melayani pesawat udara, penumpang, dan kargo secara aman, lancar, dan nyaman. Fasilitas zonapenerbangan meliputi area mulai dari pemeriksaan imigrasi, ruang tunggu keberangkatan penumpang, apron (area parkir), taxiway, runway, dan area tertutup untuk umum (non-public area). Sedangkan landside merupakan area di luar gedung terminal yang dibuka untuk umum (restricted public area), seperti area parkir dan terminal penumpang hingga area check-in (Agustini, 2016).

Kondisi zona penerbangan seperti area parkir dan penghubung serta landasan pacu sangat menentukan operasional bandar udara dan berperan penting dalam menunjang kegiatan operasional dan keamanan di bandar udara (Warsito, 2017). Fasilitas yang berperan penting dalam operasional bandar udara secara keseluruhan terletak di kawasan sisi udara, khususnya landasan pacu, suatu kawasan persegi di permukaan bandar udara yang dirancang untuk lepas landas dan mendaratkan pesawat dengan aman dan efisien dalam berbagai kondisi (Sartono dkk., 2017). Landasan pacu (runway) merupakan fasilitas yang paling penting dalam operasional penerbangan dan mempunyai peranan yang sangat penting dalam bandar udara karena merupakan tempat dilakukannya kegiatan lepas landas dan pendaratan pesawat udara dan berkaitan langsung dengan faktor keselamatan yang menjadi aspek utama. setiap bandara mewakili operasi penerbangan. Keselamatan dan kelancaran lalu lintas udara merupakan komitmen bersama seluruh pelaku industri penerbangan. Hal ini diakui dalam Manual Manajemen Keselamatan (SMM) Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO). Landasan pacu suatu bandar udara terdiri dari beberapa komponen antara lain:

- a. Tepi Runway Menurut Peraturan Umum Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03, bahu runway adalah suatu area di tepi kiri dan kanan runway yang berbatasan dengan perkerasan struktural. Fungsinya sebagai penahan erosi akibat air hujan dan aliran jet, memberikan ruang bagi peralatan pemeliharaan runway, dan mengurangi risiko kerusakan pada pesawat jika harus meninggalkan runway.
- b. Keputusan Umum Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 mengatur bahwa runway strip adalah suatu kawasan berbentuk persegi panjang yang bebas dari segala benda yang menghalangi dan meliputi landasan pacu, staging area atau staging area.
- c. Runway End Safety Area (RESA) Keputusan SKEP/161/IX/03 menyatakan bahwa Runway End Safety Area adalah suatu area persegi panjang yang dibersihkan, bebas dari rintangan, dan membentang dari ujung strip landasan. Area ini bersimetri terhadap perpanjangan garis tengah landasan pacu. Tujuannya adalah untuk mengurangi kerusakan pada pesawat yang mungkin tergelincir keluar dari landasan pacu dan untuk memberikan jalur yang aman bagi kendaraan pemadam kebakaran.

- d. Daerah Henti atau Stopway Menurut penjelasan dalam Keputusan Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03, daerah henti merujuk pada suatu area persegi panjang yang terletak di ujung landasan pacu. Fungsinya adalah sebagai tempat aman bagi pesawat yang mengalami kegagalan dalam proses lepas landas, memberikan ruang yang memadai untuk pesawat berhenti dengan aman.
- e. Daerah Bebas atau (Clear Runway) Berdasarkan ketentuan dalam Keputusan Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03, daerah bebas didefinisikan sebagai suatu area persegi panjang yang membentang dari ujung landasan pacu dan bersimetris terhadap perpanjangan garis tengah landasan pacu. Fungsi daerah ini adalah untuk memberikan ruang yang jelas dan terbebas dari hambatan pada landasan pacu, memastikan keamanan selama proses takeoff dan landing pesawat, serta menjaga keamanan operasional secara keseluruhan di bandara.

Secara teoritis, struktur konstruksi landasan pacu (runway) dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yakni perkerasan aspal (asphalt pavement) dan perkerasan beton (cement concrete pavement), seperti dijelaskan oleh Palino and Susilo pada tahun 2021. Ketika meninjau cara tekanan didistribusikan ke subgrade (tanah pondasi), perkerasan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, dan batas antara perkerasan fleksibel dan perkerasan kaku dapat atau tidak melibatkan lapisan perantara, sesuai dengan kebutuhan dan kondisi spesifik konstruksi tersebut.

Pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan oleh operator bandara merupakan langkah penting dalam memastikan kesiapan operasional fasilitas di bandara. Pemeliharaan ini harus dilakukan dalam jangka waktu tertentu guna menjaga kesiapan operasional sistem. Ketersediaan operasional fasilitas tersebut berdampak langsung terhadap keselamatan dan kelancaran penerbangan. Pemeliharaan penerbangan terbagi menjadi dua jenis utama yaitu pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif (Pradnyandari & Purnawati, 2019). Tujuan pemeliharaan preventif adalah untuk mencegah kerusakan atau penurunan kinerja sistem. Termasuk memantau kondisi area pergerakan, menjaga jarak dari benda asing (FOD) untuk menghindari potensi bahaya, dan menghilangkan genangan air yang dapat membahayakan pesawat.

Sementara itu, pemeliharaan penanggulangan bertujuan untuk mengembalikan kondisi dan kapasitas fasilitas ke kondisi semula atau sesuai. Kegiatan ini meliputi perbaikan kerusakan permukaan, perbaikan retakan dan pelapisan (*layering*). Kerusakan yang dapat membahayakan operasional penerbangan antara lain retak, bocor, perubahan struktur permukaan, dan hilangnya gesekan landasan. Penilaian kekasaran suatu runway memerlukan pendekatan yang terukur dan tepat.

Kondisi landasan pacu yang baik dapat mengurangi risiko kecelakaan pesawat, sedangkan landasan pacu yang tidak cukup kasar dapat menimbulkan masalah yang serius. Oleh karena itu, penggunaan skidometer sebagai alat penilaian menjadi semakin penting. Namun, sejumlah tantangan muncul saat menggunakan alat ini, termasuk masalah dalam pemeliharaan alat, interpretasi data, dan mengintegrasikan hasil penilaian ke dalam kebijakan pemeliharaan bandara.

Fasilitas sisi udara bandar udara merupakan bagian dari bandar udara yang sebagian besar medannya diaspal dengan pesawat terbang. Uji anti slip adalah ketahanan terhadap gesekan antara roda pesawat dengan permukaan Landas Pacu infrastruktur penerbangan. Seiring berlandas Pacunya waktu, ketahanan infrastruktur penerbangan akan memburuk karena sejumlah faktor. Faktor utamanya adalah adanya gesekan antara ban pesawat dengan permukaan Landas Pacu baik pada saat pengereman maupun pada saat pesawat bergerak sehingga menyebabkan penumpukan kontaminan karet pada permukaan Landas Pacu. Cacat struktur pada permukaan Landas Pacu, seperti: Permasalahan lain seperti bekas roda, keretakan, retakan dan penurunan lokal dapat menyebabkan berkurangnya kekasaran, namun permasalahan utama yang sering terjadi adalah bekas karet yang timbul dari karet pesawat. mendarat. Bekas lecet karet yang sering ditemukan di zona pendaratan berpotensi menutupi permukaan Landas Pacu dan mengakibatkan hilangnya kemampuan rem dan kendali arah pesawat, terutama dalam kondisi basah. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk merinci hasil penyelesaian permasalahan terkait penilaian kekasaran runway menggunakan skidometer di suatu bandar udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi terhadap permasalahan teknis, manajerial dan kebijakan terkait penilaian kekasaran runway.

METODE

Menurut Sugiyono (2019), metode penelitian kualitatif adalah suatu pendekatan penelitian yang mempelajari keadaan alami suatu objek. Dalam metode ini peneliti berperan sebagai instrumen utama, pengumpulan data dilakukan melalui triangulasi (gabungan beberapa teknik), analisis data bersifat induktif, dan fokus temuan penelitian pada makna bukan generalisasi. Metode kualitatif dipilih dalam penelitian ini karena dianggap lebih cocok untuk memberikan gambaran permasalahan yang jelas sesuai dengan kenyataan

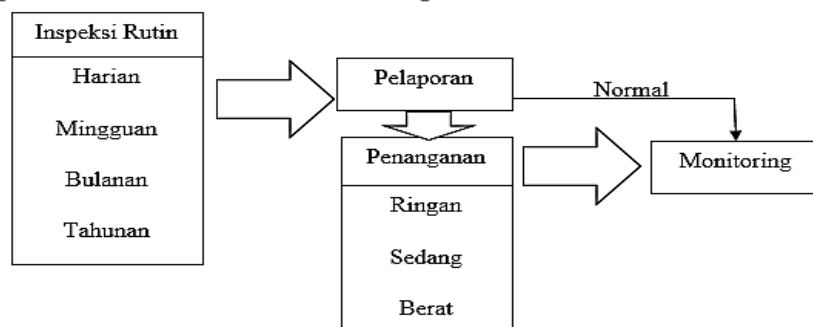
di lapangan. Fokusnya adalah memahami fenomena berdasarkan pandangan atau pandangan internal partisipan, bukan pandangan atau pandangan eksternal peneliti.

Creswell dikutip Indrawati (2018) menjelaskan bahwa metode kualitatif didasarkan pada data teks dan gambar, memiliki langkah analisis data yang unik, dan mengandalkan banyak desain. Penelitian ini dipilih secara kualitatif karena ingin memahami persoalan dengan rincinya berdasarkan realitas alam, mencari makna dan memperoleh wawasan baru dengan menggunakan teori sebagai pedoman, serta menghasilkan potensi pengembangan teori-teori baru.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang menekankan pada pemahaman masalah berdasarkan kenyataan alam. Investigasi dilakukan di Bandara Internasional Husein Sastranegara Bandung. Peneliti mengumpulkan data dari berbagai sumber sesuai dengan metode penelitian yang telah ditentukan. Proses pengumpulan data meliputi wawancara dan observasi untuk memperoleh informasi sebanyak-banyaknya.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk merinci hasil penyelesaian permasalahan terkait penilaian kekasaran runway menggunakan skidometer di suatu bandar udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari solusi permasalahan teknis, manajerial dan kebijakan terkait penilaian kekasaran runway. Penelitian ini menggunakan berbagai metode antara lain analisis literatur, studi kasus dan pendekatan pemecahan masalah. Tinjauan literatur memberikan landasan teoritis dan konsep utama terkait penilaian kekasaran landasan pacu dan penggunaan skidometer. Studi kasus ini bertujuan untuk memberikan informasi langsung mengenai penerapan skidometer di berbagai bandara. Pendekatan pemecahan masalah mencakup langkah-langkah mengidentifikasi, menganalisis, dan merumuskan solusi terhadap masalah yang dihadapi. Pemilihan informan untuk investigasi ini mempertimbangkan bahwa mereka mempunyai pengetahuan yang relevan untuk tujuan investigasi dan dapat memberikan data yang diperlukan. Keterlibatan peneliti pada bidang tersebut disebutkan Kurniawan (2019) bertujuan untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam melalui eksplorasi yang lebih intensif. Sumber datanya meliputi peraturan pemerintah tentang peraturan terkait pemeliharaan sisi udara dan hasil wawancara dengan pakar dan staf lapangan. Data juga akan diperoleh dari operator penerbangan dan personel pendukung operasi penerbangan untuk memahami pentingnya peran fasilitas sisi udara, khususnya landasan pacu, dalam mendukung kelancaran operasional dan keselamatan penerbangan.

Sebelum memasuki pembahasan hasil penelitian, pemahaman landasan teori yang melandasi evaluasi kekesatan runway dan penggunaan skidometer menjadi penting. Prinsip-prinsip keselamatan penerbangan, faktor-faktor fisika yang mempengaruhi kekesatan, dan teknologi yang terlibat dalam skidometer akan menjadi fokus dalam bagian ini. Landasan teori ini memberikan landasan yang kuat untuk menjelaskan dan menganalisis hasil penelitian. Diagram alir di bawah ini menjelaskan serangkaian tindakan yang dilakukan dalam konteks pemeliharaan terkait dengan fasilitas sisi udara.



Gambar 1. Diagram alir pemeliharaan

Kekesatan permukaan pada landas pacu adalah salah satu faktor penyebab kecelakaan pesawat udara, selain faktor kondisi kerusakan pada landasan pacu, lalu lintas, dan cuaca. Nilai kekesatan dapat berubah (Los n.d.), dikarenakan operasional pesawat setiap tahunnya meningkat, sehingga menyebabkan lapisan permukaan landasan lebih cepat mengalami aus (Rahimudin 2015).

Skid Resistance adalah kekuatan tahanan geser landas pacu saat menahan gaya gesek terhadap pesawat) (White and Rodway 2014). Kekesatan dapat dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan Landas Pacu dengan ban/roda pesawat (Fusion 2020).

Dalam pembahasan kali ini, pengujiannya dilakukan dengan menggunakan alat uji *skiddometer* yang mana pengujian kekesatan dilakukan dengan cara menderek (*towing*) alat *skiddometer* dengan mobil pada kecepatan tetap dengan disemprot air dalam keadaan basah, hal itu menstimulasikan kondisi *runway* sedang licin-licinnya (hujan) (Čelko and Kováč 2004). Alatnya terdiri dari satu roda penguji yang dapat berputar (Liu, Fu, and Li 2022). Alat ini merekam untuk mencatat grafik kekesatan yang menerus dari seluruh panjang permukaan yang diuji, dan pada bagian tertentu didapat grafik yang bervariasi (Asi 2007).

Salah satu masalah kritis yang dihadapi dalam evaluasi kekesatan *runway* menggunakan *skiddometer* adalah pemeliharaan alat itu sendiri. Sebuah alat yang digunakan secara teratur harus tetap dalam kondisi optimal agar memberikan hasil evaluasi yang akurat. Oleh karena itu, pemeliharaan alat *skiddometer* menjadi fokus utama dalam pemecahan masalah. Langkah-langkah pemeliharaan yang efektif termasuk perancangan jadwal pemeliharaan rutin yang tidak mengganggu operasional bandar udara. Pelatihan operator untuk pemeliharaan sederhana dan pemahaman mendalam tentang fungsi alat *skiddometer* juga menjadi esensial. Integrasi teknologi pemantauan otomatis untuk memantau kesehatan alat secara real-time menjadi solusi inovatif untuk mendeteksi masalah sejak dini.

Jadwal untuk *survey* dan evaluasi kekesatan perkerasan sesuai peraturan dari tabel 1 tentang frekuensi survei dan pengecekan kekesatan pada Keputusan Pemerintah Nomor 94 tahun 2015.

Tabel 1. Frekuensi survei kekesatan (Sumber: KP 94 tahun 2015)

Frekuensi Pendaratan Per hari	Pengecekan Rutin
≤ 15	1 Tahun
16 – 30	6 Bulan
31 – 90	3 Bulan
91 – 150	1 Bulan
151 – 210	2 Minggu
≥ 210	1 Minggu

Mengacu pada *FAA AC 150/5320-12C Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces*, Kementerian perhubungan merekomendasikan peralatan yang dapat digunakan untuk pengujian kekesatan.

Tabel 2 Nilai pengujian kekesatan (Sumber: KP 94 tahun 2015)

Jenis Alat Uji	65 km/h (40 mph)			95 km/h (60 mph)		
	Minimal	Perawatan	Konstruksi Baru	Minimal	Perawatan	Konstruksi Baru
<i>mu(myu)- Meter Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester</i>	0.42	0.52	0.72	0.26	0.34	0.66
<i>Airport Equipment Co. Skiddometer</i>	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
<i>Airport Surface Friction Tester</i>	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
<i>Airport Technology USA Safegate Friction Tester</i>	0.43	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
<i>Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter</i>	0.48	0.53	0.74	0.24	0.36	0.64
<i>Tatra Friction Tester</i>	0.48	0.57	0.76	0.42	0.52	0.67
<i>Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)</i>	0.45	0.52	0.69	0.32	0.42	0.63

Adapun (1) Lokasi bandar udara; (2) Waktu pelaksanaan pengukuran sebelum dan setelah *rubber deposit* dibersihkan (tanggal dan jam); (3) Nomor landas pacu yang diukur; (4) Jarak jalur lintasan kekesatan terhadap as *runway*; (5) Kecepatan pengukuran kekesatan yang diterapkan; (6) Kondisi permukaan perkerasan landas pacu; (7) Rata-rata tingkat kekesatan per jalur untuk masing-masing pengukuran; dan (8) Hasil semua pengukuran kekesatan untuk masing-masing jalur pengujian kekesatan.

Interpretasi data dari hasil evaluasi skiddometer memerlukan pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan runway. Pemecahan masalah terkait interpretasi data melibatkan peningkatan keterampilan dan pengetahuan operator skiddometer dalam membaca dan menganalisis data. Penggunaan teknologi informasi dan kecerdasan buatan dapat membantu dalam memberikan analisis yang lebih canggih dan akurat. Kolaborasi dengan ahli meteorologi juga dapat meningkatkan pemahaman tentang dampak cuaca terhadap hasil evaluasi kekesatan.

Selain pemeliharaan alat dan interpretasi data, integrasi hasil evaluasi kekesatan ke dalam kebijakan pemeliharaan bandar udara menjadi langkah selanjutnya. Hasil evaluasi tidak boleh hanya menjadi data terpisah tetapi harus diintegrasikan ke dalam strategi pemeliharaan yang lebih luas. Pemecahan masalah terkait integrasi hasil melibatkan kolaborasi antara pihak pengelola bandar udara, ahli pemeliharaan landasan pacu, dan pihak terkait lainnya. Pengembangan kebijakan yang mempertimbangkan hasil evaluasi skiddometer dapat membantu meningkatkan efektivitas tindakan pemeliharaan. Langkah-langkah praktis, seperti pembaruan rutin kebijakan dan pelibatan pemangku kepentingan, menjadi kunci dalam memastikan bahwa hasil evaluasi benar-benar diimplementasikan dalam praktik pemeliharaan yang berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan permukaan konstruksi dalam memberikan gesekan/*resistance* yang cukup untuk mencegah selip. Faktor yang utama kekesatan landasan adalah terjadinya gesekan antara ban pesawat dengan permukaan perkerasan baik pada saat pengereman maupun pada saat pesawat berLandas Pacu yang mengakibatkan terjadi akumulasi kontaminasi karet pada permukaan perkerasan. Pengaruh lainnya adalah kondisi cuaca, jenis perkerasan yang digunakan, bahan yang digunakan dalam konstruksi dan pemeliharaan landasan serta kegagalan struktur perkerasan seperti *rutting*, *raveling*, retak, penurunan setempat yang dapat menyebabkan berkurangnya tingkat kekesatan. Terdapat beberapa Faktor Penyebab Penuruna tingkat kekesatan diantaranya *Rubber Deposit* dan *Aquaplaning* atau *hydroplaning*.

Gaya tahanan pada perkerasan Landas Pacu, yang dikenal sebagai gesekan perkerasan, merujuk pada kekuatan yang menghentikan pergerakan relatif antara roda kendaraan dan permukaan Landas Pacu. Sumber gesekan ini dapat berasal dari putaran roda atau pergeseran yang terjadi di atas permukaan perkerasan (Hall, J., W., et al., 2009). Henry (2000) menjelaskan bahwa pada perkerasan basah, gesekan perkerasan basah, yang sering disebut sebagai tahanan gelincir, terjadi ketika ban kendaraan meluncur di atas permukaan yang basah.

Pentingnya skid resistance pada permukaan Landas Pacu tidak dapat diabaikan, karena nilai yang memadai sesuai standar sangat menentukan keamanan dan kenyamanan pengguna Landas Pacu. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13 Tahun 2011, nilai kekesatan permukaan Landas Pacu (skid resistance) harus kurang dari 0,33. Skid resistance sendiri merupakan parameter yang mencerminkan gesekan antara permukaan perkerasan dan roda kendaraan, dan nilai gesekan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tekstur mikro dan makro permukaan Landas Pacu, karakteristik ban kendaraan, kecepatan kendaraan, dan kondisi cuaca (Beaven dan Tubey, L.W., 1978 dalam Yero, A., S., dkk, 2012).

Dari perspektif perkerasan, terdapat dua parameter penting terkait skid resistance, seperti yang dijelaskan oleh Rahman (1998). Parameter tersebut melibatkan tekstur mikro dan makro permukaan Landas Pacu serta mempertimbangkan properti dari ban kendaraan, kecepatan kendaraan, dan kondisi cuaca. Semua elemen ini saling berinteraksi untuk menciptakan kondisi Landas Pacu yang memenuhi standar keamanan dan kenyamanan bagi pengguna Landas Pacu.

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 39 Tahun 2015 Tentang Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil - Bagian 139 (*Manual of Standard CASR - Part 139*), Volume I Bandar Udara (Aerodrome) : 10.17.7. Tes gesekan kondisi permukaan eksisting dilakukan secara berkala untuk menghindari penurunan dibawah tingkat minimum gesekan yang ditentukan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 94 Tahun 2015 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-23 (*Advisory Circular CASR Part 139-23*), Pedoman Program Pemeliharaan Konstruksi Perkerasan Bandar Udara (*Pavement Management System*), Kriteria Hasil Pengujian Kekesatan Permukaan Perkerasan, dapat dijelaskan pada table berikut ini :

Tabel 3. Kriteria Hasil Pengujian Kecepatan Permukaan Perkerasan

JENIS ALAT UKUR	65 km/h (40 mph)			95 km/h (60 mph)		
	Minimal	Perawatan	Konstruksi Baru	Minimal	Perawatan	Konstruksi Baru
Mu Meter	0,42	0,52	0,72	0,25	0,34	0,66
Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester	0,50	0,60	0,82	0,41	0,54	0,72
Airport Equipment Co. Skiddometer	0,50	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Airport Surface Friction Tester	0,50	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	0,43	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Findlay, Irvine, Ltd Griptest Friction Meter	0,48	0,53	0,74	0,24	0,36	0,64
Tatra Friction Tester	0,48	0,57	0,76	0,42	0,52	0,67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	0,45	0,52	0,69	0,32	0,42	0,63

Pemeliharaan runway melibatkan sejumlah kegiatan, seperti pembersihan rubber deposit, yang bertujuan untuk mengembalikan kekesatan runway ke tingkat yang diinginkan. Langkah-langkah pembersihan ini melibatkan penggunaan peralatan khusus dan bahan kimia yang aman untuk runway. Pemeliharaan preventif melibatkan pemantauan rutin dan intervensi yang diperlukan untuk mencegah terbentuknya rubber deposit yang dapat mengurangi kekesatan. Dalam mengatasi masalah pemeliharaan dan pembersihan rubber deposit, penting untuk merancang strategi yang terintegrasi dan berkelanjutan. Langkah-langkah tersebut mencakup jadwal pembersihan rutin, pemilihan metode pembersihan yang efektif, dan pemantauan secara terus-menerus terhadap kondisi runway. Dengan mengidentifikasi area-area yang rentan terhadap rubber deposit, pemeliharaan dapat diarahkan secara spesifik dan efisien.

Optimalisasi pemeliharaan dan pembersihan rubber deposit pada runway memberikan sejumlah keuntungan yang signifikan. Pertama-tama, keselamatan penerbangan dapat ditingkatkan dengan menjaga kekesatan runway pada tingkat yang aman. Pemberian prioritas pada pemeliharaan juga dapat mengurangi risiko insiden pendaratan pesawat dan meningkatkan ketahanan terhadap kondisi cuaca ekstrim. Selain itu, efisiensi operasional bandar udara dapat ditingkatkan dengan meminimalkan dampak dari keterlambatan atau pembatalan penerbangan akibat kondisi runway yang buruk. Penumpang juga akan mengalami kenyamanan yang lebih baik dengan kepastian bahwa runway berada dalam kondisi yang optimal untuk proses lepas landas dan mendarat.

Pengujian skid resistance di landas pacu bandar udara menjadi aspek kritis dalam memastikan keamanan dan kinerja optimal pendaratan serta lepas landas pesawat. Skid resistance, atau tahanan gelincir, adalah parameter penting yang mencerminkan kemampuan permukaan landas pacu untuk memberikan gesekan yang memadai antara roda pesawat dan permukaan landas pacu. Pengujian ini dilakukan secara rutin untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan penerbangan dan meminimalkan risiko insiden atau kecelakaan di bandar udara.

Pertama-tama, pengujian skid resistance di landas pacu melibatkan pemantauan kondisi permukaan jalan. Instrumen khusus yang disebut "skid resistance tester" digunakan untuk mengukur seberapa baik roda pesawat dapat mempertahankan traksi pada berbagai kondisi cuaca, termasuk saat permukaan landas pacu basah atau terkena salju. Pengukuran ini memberikan nilai skid resistance, yang dinyatakan sebagai koefisien gesekan antara roda pesawat dan permukaan landas pacu.

Landas pacu di bandar udara sering kali memiliki variasi permukaan, termasuk campuran aspal dan beton, serta teknologi khusus seperti permukaan poros (porous friction course) yang dirancang untuk meningkatkan skid resistance. Pengujian mencakup seluruh panjang landas pacu dan dapat dilakukan menggunakan metode dinamis dengan menggunakan pesawat khusus yang dilengkapi dengan roda uji atau dengan metode statis menggunakan perangkat pengukur khusus.

Penting untuk mencatat bahwa skid resistance bukan hanya dipengaruhi oleh jenis permukaan landas pacu, tetapi juga oleh faktor-faktor seperti tekanan ban pesawat, kecepatan pendaratan, dan kondisi cuaca. Oleh karena itu, pengujian skid resistance di landas pacu bandar udara mencakup berbagai variabel yang mempengaruhi kinerja keseluruhan.

Selain pengukuran langsung, perawatan preventif juga diperlukan untuk mempertahankan skid resistance yang optimal. Ini dapat mencakup tindakan seperti pemeliharaan rutin permukaan landas pacu, peningkatan atau perbaikan struktural, dan penggunaan bahan pelapis atau treatment permukaan khusus yang dirancang untuk meningkatkan tahanan gelincir.

Keberhasilan pengujian skid resistance di landas pacu bandar udara tidak hanya bergantung pada metode yang digunakan, tetapi juga pada kepatuhan terhadap standar dan regulasi penerbangan. Standar tersebut diatur oleh badan penerbangan sipil setempat atau organisasi internasional seperti International Civil Aviation Organization (ICAO). Penerapan prosedur yang konsisten dan akurat dalam pengujian skid resistance merupakan bagian integral dari upaya industri penerbangan untuk memastikan keselamatan penerbangan dan kenyamanan penumpang. Dengan demikian, landas pacu yang memiliki skid resistance yang optimal dapat memberikan kontribusi besar terhadap operasi penerbangan yang aman dan efisien di bandar udara.

Hasil dari pengujian kekesatan menggunakan alat skiddometer memerlukan beberapa data pendukung sebagai data informasi pengujian seperti: (1) Lokasi pengujian terletak di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta; (2) Waktu pelaksanaan pengukuran (sebelum rubber removal): 5 Oktober 2021 (14.18 WIB), dan Waktu pelaksanaan pengukuran (setelah rubber removal): 19 November 2021 (15.11 WIB); (3) Landas pacu yang diukur, yaitu Runway 06/24; (4) Jarak jalur lintasan pengukuran terhadap as runway, yaitu: 1.5, 3, 4.5, 6 left, 1.5, 3, 4.5, 6 right; (4) Kecepatan pengukuran yang diterapkan 65 km/jam; (6) Kondisi permukaan perkerasan landas pacu kering; dan (7) Alat uji yang digunakan (*Skiddometer*).

Setelah dilakukan pengujian kekesatan diperoleh hasil pengujian kekesatan sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian di area *touchdown* 152m dan 305m runway 06

Runway 3 (06)	0 - 152 m (kiri)	0 - 305 m (kiri)	0 - 152 m (kanan)	0 - 305 m (kanan)
SEBELUM				
1.5 meter	0.73	0.73	0.71	0.70
3.0 meter	0.72	0.73	0.70	0.70
4.5 meter	0.67	0.68	0.72	0.71
6.0 meter	0.70	0.69	0.70	0.68
Rata-Rata :	0.71	0.71	0.71	0.70
SESUDAH				
1.5 meter	0.80	0.78	0.73	0.72
3.0 meter	0.77	0.77	0.75	0.75
4.5 meter	0.72	0.75	0.76	0.75
6.0 meter	0.70	0.70	0.76	0.75
Rata-Rata :	0.75	0.75	0.75	0.72

Tabel 4. Hasil Pengujian di area *touchdown* 152m dan 305m runway 24

Runway 3 (06)	0 - 152 m (kiri)	0 - 305 m (kiri)	0 - 152 m (kanan)	0 - 305 m (kanan)
SEBELUM				
1.5 meter	0.73	0.73	0.71	0.70
3.0 meter	0.72	0.73	0.70	0.70
4.5 meter	0.67	0.68	0.72	0.71
6.0 meter	0.70	0.69	0.70	0.68
Rata-Rata :	0.71	0.71	0.71	0.70
SESUDAH				
1.5 meter	0.80	0.78	0.73	0.72
3.0 meter	0.77	0.77	0.75	0.75
4.5 meter	0.72	0.75	0.76	0.75
6.0 meter	0.70	0.70	0.76	0.75
Rata-Rata :	0.75	0.75	0.75	0.72

Tabel 5. Hasil Pengujian di area *touchdown* 600m

<i>Runway 3 (24)</i>	2249 - 2400 m (kiri)	2096 - 2400 m (kiri)	2249 - 2400 m (kanan)	2096 - 2400 m (kanan)
SEBELUM				
1.5 meter	0.79	0.77	0.74	0.71
3.0 meter	0.78	0.76	0.70	0.70
4.5 meter	0.71	0.70	0.69	0.69
6.0 meter	0.73	0.74	0.66	0.67
Rata-Rata :	0.75	0.74	0.70	0.69
SESUDAH				
1.5 meter	0.80	0.78	0.78	0.75
3.0 meter	0.79	0.78	0.76	0.76
4.5 meter	0.78	0.78	0.76	0.75
6.0 meter	0.77	0.76	0.69	0.68
Rata-Rata :	0.79	0.78	0.75	0.74

Tabel 6. Hasil Pengujian di seluruh area *runway* 06/24 Bandar Udara Soekarno Hatta

<i>Runway 3 (24)</i>	Sebelum (kiri)	Sebelum (kanan)	Sesudah (kiri)	Sesudah (kanan)
1.5 meter	0.73	0.66	0.73	0.69
3.0 meter	0.69	0.65	0.72	0.72
4.5 meter	0.67	0.68	0.73	0.74
6.0 meter	0.68	0.66	0.69	0.68
Rata-Rata :	0.69	0.66	0.72	0.71

Berdasarkan hasil grafik tersebut maka dapat diperoleh tindak lanjut hasil pengujian kekesatan permukaan perkerasan sesuai dengan peraturan dibawah ini :

Tabel 7. Tindak Lanjut Dari Hasil Pengujian Kekesatan

KP 94 TAHUN 2015	AC No: 150/5320-12C
Bila data pengujian kekesatan pada landas pacu yang basah didapat angka sama atau sedikit diatas nilai minimal dalam jarak 152 M, maka tidak diperlukan tindakan atau koreksi yang dilakukan	When the average Mu value on the wet runway pavement surface is less than the Maintenance Planning Friction Level but above the Minimum Friction Level for a distance of 500 feet (152 m), and the adjacent 500 foot (152 m) segments are at or above the Maintenance Planning Friction Level, no corrective action is required.
Bila data pengujian kekesatan pada landas pacu yang basah didapat angka sama atau kurang dari nilai minimal dalam jarak 305 M dari ambang landa pacu, maka diperlukan suatu tindakan koreksi untuk menganalisa penyebab penurunan kekesatan dan evaluasi tingkat kerusakan serta melakukan langkah yang tepat dalam perbaikannya.	When the averaged Mu value on the wet runway pavement surface is less than the Maintenance Planning Friction Level for a distance of 1000 feet (305 m) or more, the airport operator should conduct extensive evaluation into the cause(s) and extent of the friction deterioration and take appropriate corrective action.
Bila data pengujian kekesatan pada landas pacu yang basah didapat angka jauh dibawah nilai minimal pada jarak 152 meter, maka harus segera dilakukan tindakan korektif setelah menentukan sebab dari berkurangnya nilai kekesatan yang ada.	When the averaged Mu value on the wet pavement surface is below the Minimum Friction Level for a distance of 500 feet (152 m), and the adjacent 500 foot (152 m) segments are below the Maintenance Planning Friction Level, corrective action should be taken immediately after determining the cause(s) of the friction deterioration.
Untuk landas pacu (<i>runway</i>) yang baru dibangun dan melayani pengoperasian pesawat turbo jet, nilai rata-rata tingkat kekesatan dalam kondisi basah	For newly constructed runway pavement surfaces (that are either saw cut grooved or have a PFC overlay) serving turbojet aircraft operations, the

dalam jarak 152 meter harus tidak kurang dari nilai konstruksi baru

averaged Mu value on the wet runway pavement surface for each 500 foot (152 m) segment should be no less than the New Design/Construction Friction Level.

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian di lapangan yang telah dilaksanakan pada landas pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta maka diperlukan kesimpulan yang dapat digunakan dalam melakukan perawatan atau perbaikan landas pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta apabila diperlukan. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan juga maka dapat disesuaikan dengan Keputusan Pemerintah Nomor 94 tahun 2015 dalam mengkategorikan kerusakan yang dialami pada landas pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta. Berikut merupakan hasil pengujian *skiddometer* dan penarikan kategori tindakan yang diperlukan berdasarkan Keputusan Pemerintah Nomor 94 tahun 2015 yaitu, landasan pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta aman dalam hal kekesatan diatas nilai minimum (menggunakan *skiddometer*). Ketika landasan pacu diuji sebelum proses pembersihan, hasil pengujian menunjukkan bahwa kekesatan atau daya cengkeram landasan pacu tersebut sudah melebihi standar minimum yang telah ditetapkan oleh regulasi KP 94 tahun 2015. Artinya, bahkan sebelum dilakukan pembersihan, landasan pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta sudah memenuhi atau bahkan melampaui persyaratan keselamatan yang diatur oleh peraturan tersebut. Hasil pengujian kekesatan pada landasan pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta adalah sebuah evaluasi kritis terhadap kemampuan landasan pacu tersebut untuk memberikan daya cengkeram yang memadai pada pesawat yang mendarat atau lepas landas. Pengujian tersebut dilakukan dalam dua situasi yang berbeda, yakni sebelum dan sesudah dilakukan proses pembersihan dengan metode *Rubber removal*. Dengan demikian, kesimpulannya adalah bahwa landasan pacu 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat dianggap aman dalam hal kekesatan, baik sebelum maupun setelah proses pembersihan, karena nilai kekesatannya telah memenuhi atau melebihi standar yang telah ditetapkan oleh regulasi KP 94 tahun 2015. Ini berarti bahwa landasan pacu ini dapat mendukung operasi pesawat dengan tingkat keselamatan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M. J., & Thomas, R. A. (2013). A comparative study of skiddometer and friction tester data for runway friction evaluation. *Journal of Transportation Engineering*, 139(5), 549-557.
- Asi, Ibrahim M. 2007. "Evaluating Skid Resistance of Different Asphalt Concrete Mixes." *Building and Environment* 42(1): 325-29.
- Brown, L. R., & Jones, P. H. (2014). Skiddometer-based assessment of runway friction and its impact on aircraft braking performance. *Journal of Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 47-59.
- Bennett, Christopher R, Hernán De Solminihaç, and Alondra Chamorro. 2006. "Data Collection Technologies for Road Management." *The World Bank, Washington, DC* (February): 1-8. www.road-management.info.
- Čelko, Ján, and Malúš Kováč. 2004. "Evaluation of Pavement Friction According to European Standards." *Komunikacie* 6(3): 28-30.
- Evans, H. L., & Turner, W. R. (2011). Assessment of runway friction using skiddometer and related safety implications. *Transportation Research Record*, 2256(1), 73-82.
- FAA. 1997. "Ac 150/5320-12C." *Techniques. Fusion, Multi-sensor Information*. 2020. "Estimation for Runway Friction Coe Ffi Cient Based On."

- Kim, Sungjin et al. 2019. "UAS-Based Airport Maintenance Inspections: Lessons Learned from Pilot Study Implementation." *Computing in Civil Engineering 2019: Smart Cities, Sustainability, and Resilience - Selected Papers from the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2019* (June): 382–89.
- Martin, G. R., & Smith, K. L. (2015). Runway friction evaluation using a continuous friction measuring device (CFMD) and skiddometer. *Journal of Transportation Engineering*, 141(2), 04014083.
- Harris, J. D., & Roberts, P. M. (2010). Skiddometer-based assessment of runway friction and its relationship with aircraft braking action reports. *Journal of Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(2), 312-322.
- Liu, Xiaolan, Chuanwei Fu, and Shunqun Li. 2022. "Temperature and Settlement Characteristics of Graded Crushed-Rock Layer for Runway Engineering in Permafrost Regions." *PLoS ONE* 17(10 October): 1–25. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0274843>.
- Los, Unidad Metodología D E Conocimiento D E. "A DEEP NEURAL NETWORKS APPROACH FOR PIXEL-LEVEL RUNWAY PAVEMENT CRACK SEGMENTATION USING DRONE-CAPTURED IMAGES" 3.
- Johnson, M. S., & Anderson, P. L. (2018). Skiddometer measurements for assessing runway safety and maintenance. *Transportation Research Record*, 2625(1), 48-57.
- Organization, International Civil Aviation. 2006. "Aerodrome Design Manual." Poerwanto, Eko, and Uyuunul Mauidzoh. 2017. "Analisis Kecelakaan Penerbangan Di Indonesia Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan." *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi* 8(2): 9.
- Indrawati. 2018. *Metode Penelitian Kualitatif (Manajemen dan Bisnis Konvergensi Teknologi Informasi dan Komunikasi)*. PT Refika Aditama, Bandung.
- Kurniawan. 2019. *Metode Riset Bisnis*. Bandung: CV Alfabeta.
- Miro, Fidel. 2012. *Pengantar Sistem Transportasi*. PT Erlangga, Jakarta.
- Palino, Silvani Desy, & Susilo, Budi Hartanto. 2021. Analisis Tebal Perkerasan Dan Biaya Dengan Software Faarfield Pada Landas Pacu BIJB Kertajati. *Jurnal Teknik Sipil* 17(1):14–29. doi: 10.28932/jts.v17i1.2382.
- Pradnyandari, Tri Satya, and Ni Ketut Purnawati. 2015. Peran Maintenance Dalam Memoderasi Pengaruh Scheduling Terhadap Kinerja Maskapai Penerbangan. *Jurnal Transportasi* 15(2):143–50.
- Rahimudin. 2015. "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Pesawat Udara Komersil Di Indonesia Pada Tahun 2002 Sampai Dengan Tahun 2012." *Jurnal Manajemen Dirgantara* 8: 82–83. <https://jurnal.sttkd.ac.id/index.php/jmd/iss ue/view/13>.
- Smith, J. A., & Brown, R. T. (2020). Runway friction evaluation using a skiddometer: A review of methods and findings. *Journal of Airport Engineering*, 26(4), 350-361.
- Williams, D. L., & Clark, E. R. (2017). Evaluating runway friction conditions with a skiddometer: Case studies from multiple airports. *Transportation Research Record*, 2602(1), 25-34.
- White, A. B., & Taylor, S. P. (2016). Skiddometer-based assessment of runway friction and its implications for aircraft operations. *Journal of Aircraft*, 53(2), 467-478.
- White, Greg, and Bruce Rodway. 2014. "Distress and Maintenance of Grooved Runway Surfaces." *Conference: Airfield Engineering and Maintenance Summit* (July). <https://www.researchgate.net/publication/279450519>.

Yu, Chuhang, and Henry Y. K. Lau. 2014. "Integrated Optimization of Airport Taxiway and Runway Scheduling." *Journal of Automation and Control Engineering* 2(4): 338–42.