



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pavement Condition Index (PCI)

Terdapat dua cara untuk mengukur kondisi jaringan jalan, cara pertama dikenal sebagai metode *Squeaky Wheel* yaitu duduk santai dan menunggu keluhan datang. Semakin banyak keluhan, maka semakin buruk kondisi jalan tersebut. Cara kedua adalah dengan pendekatan yang lebih menyeluruh, komprehensif, dan proaktif untuk meninjau seluruh jaringan jalan. Pavement Condition Index (PCI) merupakan cara yang sederhana, praktis, dan murah untuk memantau kondisi permukaan jalan, mengidentifikasi kebutuhan pemeliharaan dan rehabilitasi, serta memastikan bahwa anggaran pemeliharaan jalan digunakan secara bijak. Lembaga-lembaga lokal umumnya menggunakan Pavement Condition Index (PCI) sebagai dasar utama atau satu-satunya dalam memilih strategi pelestarian dan rehabilitasi perkerasan dalam sistem manajemen perkerasan

Salah satu fitur penting dari sistem manajemen perkerasan jalan (PMS) adalah kemampuannya untuk menentukan kondisi saat ini dari jaringan perkerasan serta memprediksi kondisi di masa depan. Untuk memprediksi kondisi secara andal, sebuah sistem penilaian yang objektif dan dapat diulang untuk mengidentifikasi kondisi perkerasan harus digunakan. Prosedur penilaian kondisi kerusakan perkerasan yang disajikan di sini adalah Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) yang dikembangkan oleh Korps Insinyur Angkatan Darat AS (Shahin et al. 1976-1994). Penggunaan PCI untuk perkerasan lapangan terbang, jalan raya, dan lahan parkir telah diterima secara luas dan telah secara resmi diadopsi sebagai prosedur standar oleh banyak lembaga di seluruh dunia. Lembaga-lembaga ini termasuk Administrasi Penerbangan Federal, Departemen Pertahanan AS, Asosiasi Pekerjaan Umum Amerika, dan banyak lainnya. PCI untuk lapangan terbang dan jalan juga telah diterbitkan sebagai standar ASTM, D5340 dan D6433.

PCI adalah indeks numerik, yang berkisar dari 0 untuk perkerasan yang rusak total hingga 100 untuk perkerasan dalam kondisi sempurna. Perhitungan PCI didasarkan pada hasil survei kondisi visual di mana jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan jumlah kerusakan yang diidentifikasi. PCI dikembangkan untuk memberikan indeks integritas



struktural perkerasan dan kondisi operasional permukaannya. Informasi kerusakan yang diperoleh sebagai bagian dari survei kondisi PCI memberikan wawasan tentang penyebab kerusakan dan apakah kerusakan tersebut terkait dengan beban atau iklim.

Tingkat kerusakan perkerasan adalah fungsi dari jenis kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan jumlah atau kepadatan kerusakan. Menghasilkan satu indeks yang mempertimbangkan ketiga faktor ini adalah tantangan yang cukup besar. Untuk mengatasi tantangan ini, "nilai pengurangan" diperkenalkan sebagai jenis faktor pembobot untuk menunjukkan tingkat pengaruh yang dimiliki setiap kombinasi jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan kepadatan kerusakan terhadap kondisi perkerasan. Nilai pengurangan dikembangkan berdasarkan pengetahuan mendalam tentang perilaku perkerasan, masukan dari banyak insinyur perkerasan berpengalaman, pengujian lapangan, dan evaluasi prosedur, serta deskripsi yang akurat tentang jenis kerusakan dan tingkat keparahan. Jumlah nilai pengurangan dikoreksi berdasarkan jumlah dan nilai pengurangan tersebut, dan jumlah yang telah dikoreksi dikurangkan dari 100 untuk memperoleh PCI (Pavement Management for Airports, Roads, And Parking Lots).

Shahin dan Kohn pertama kali menggambarkan pengembangan PCI dalam laporan teknis yang dirilis oleh USACE. Prosesnya melibatkan beberapa insinyur perkerasan dan *surveyor* yang menilai secara subjektif kerusakan hipotetik pada suatu segmen jalan dengan skala 1 sampai 100. Penilaian ini dilakukan untuk berbagai jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan luas kerusakan. Tingkat keparahan dinilai sebagai rendah, sedang, dan tinggi dan batas antara kategori ini ditentukan berdasarkan pendapat para peneliti. Nilai untuk luas kerusakan didefinisikan sebagai persentase dari luas permukaan segmen perkerasan yang menunjukkan kerusakan tersebut. Ketika semua penilaian dari para peneliti dirata-ratakan, hasilnya menjadi nilai Pavement Condition Rating (PCR) untuk jenis, tingkat keparahan, dan luas kerusakan tersebut. Proses ini digunakan untuk mengembangkan kurva Deduct Value yang digunakan untuk mengurangi nilai dari 100 guna menghitung PCI. Beberapa studi validasi dilakukan dengan peneliti dan lokasi yang berbeda untuk menemukan penyesuaian dan koreksi yang sesuai terhadap metodologi ini. Setelah kurva pengurang disempurnakan, proses sederhana diterapkan untuk mendapatkan PCI dari suatu segmen (Pavement Management for Airports, Roads, And Parking Lots).

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Tabel 2.1 Pavement Condition Index Rating Scale

Nilai PCI	Kategori Kondisi
85-100	Good
70-85	Satisfactory
55-70	Fair
40-55	Poor
25-40	Very Poor
10-25	Serious
0-10	Failed

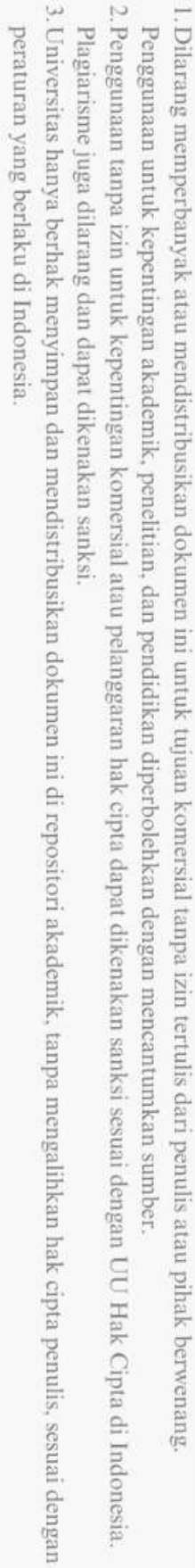
Sumber: Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots Second Edition

2.1.1 Standar Pemeliharaan Perkerasan Lapangan Terbang

Perkerasan lapangan terbang biasanya diharapkan memiliki standar pemeliharaan yang lebih tinggi dibandingkan jalan dan lahan parkir karena benda-benda lepas dari perkerasan yang terkikis atau retakan yang tidak terisi dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin dan baling-baling pesawat. Di bagian tengah landasan pacu (bagian sirip), di mana 95 persen dari lalu lintas terjadi, tidaklah berlebihan untuk memeriksa 50 persen dari unit sampel, atau bahkan setiap unit sampel. Di bagian luar landasan pacu, serta di taxiway dan apron, sampel 25 persen hingga 33 persen mungkin sudah cukup. (Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots).

2.2 Melakukan Survei Kondisi

Prosedur yang digunakan untuk melakukan survei kondisi PCI akan bervariasi tergantung pada jenis permukaan perkerasan yang diperiksa. Untuk semua jenis permukaan, bagian perkerasan harus terlebih dahulu dibagi ke dalam unit sampel, dan unit-unit yang akan diperiksa dipilih sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya. Prosedur inspeksi untuk perkerasan berlapis aspal, beton, dan jalan tanpa lapisan permukaan dijelaskan dalam bagian-bagian berikut. (Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots).



Survei kondisi untuk semua perkerasan berlapis aspal, berlapis tar, dan aspal di atas beton melibatkan hal-hal berikut:

Gambar 2.1 Example Airfield AC Sample Unit Condition Survey Sheet

Sumber: Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

- 1 Peralatan: Petugas inspeksi memerlukan meteran tangan untuk mengukur panjang dan luas kerusakan, mistar lurus, penggaris untuk mengukur kedalaman *rut* (cekungan) atau depresi, serta manual kerusakan PCI.
- 2 Prosedur: Sebuah unit sampel diperiksa dengan mengukur jenis dan tingkat keparahan kerusakan sesuai dengan manual kerusakan PCI, dan mencatat data pada lembar survei perkerasan lentur. Gambar 2.1 merupakan contoh lembar survei kondisi unit sampel perkerasan bandar udara berlapis aspal. Definisi ini harus diikuti dengan cermat saat melakukan survei PCI. Satu lembar data digunakan untuk setiap unit sampel. Kode kerusakan pada lembar data sesuai dengan kode identifikasi kerusakan yang digunakan dalam sistem Micro PAVER. Setiap baris pada lembar data digunakan untuk mewakili satu jenis kerusakan pada satu tingkat keparahan tertentu. Sebagai contoh pada Gambar 2.1, kerusakan nomor 48 (retak longitudinal dan transversal, tingkat keparahan rendah) diukur dalam satuan ft, sehingga angka 10 berarti terdapat 10 ft retakan tingkat keparahan rendah, dan seterusnya. Semua data kerusakan ini digunakan untuk menghitung PCI dari unit sampel, yang akan dibahas lebih lanjut dalam bab ini.

2.2.2 Perkerasan Berlapis Beton

Peralatan dan prosedur berikut digunakan untuk memeriksa perkerasan beton polos dan beton bertulang dengan sambungan:

- 1 Peralatan: Petugas inspeksi membutuhkan meteran tangan untuk mengukur ukuran pelat, mistar lurus dan penggaris untuk mengukur kerusakan sambungan dan penurunan bahu, serta manual kerusakan PCI.
- 2 Prosedur: Inspeksi dilakukan dengan mencatat kerusakan yang ditemukan pada tiap pelat dalam lembar data inspeksi lapangan perkerasan beton. Gambar 2.2 adalah contoh lembar survei kondisi unit sampel perkerasan bandar udara PCC (Portland Cement Concrete). Definisi ini harus diikuti dengan sangat cermat saat melaksanakan survei PCI. Satu lembar data digunakan untuk setiap unit sampel. Unit sampel digambarkan dengan menggunakan titik-titik sebagai perpotongan sambungan. Kode angka yang sesuai untuk setiap kerusakan yang ditemukan dalam pelat dicatat di kotak yang mewakili pelat tersebut. Kode angka ini sesuai dengan



AIRFIELD CONCRETE PAVEMENTS				
CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT				
BRANCH <u>R1230</u>	SECTION <u>B03</u>	SAMPLE UNIT <u>005</u>		
SURVEYED BY <u>MYS</u>	DATE <u>MAR/15/90</u>	NUMBER OF SLABS <u>20</u>		
<u>Distress Types</u>				
61. Blow up	69. Pumping			
62. Corner Break	70. Scaling/Map Crack/ Crazing			
63. Long/Trans/ Diagonal Crack	71. Settlement/Fault			
64. Durability Crack	72. Shattered Slab			
65. Joint Seal Damage	73. Shrinkage Crack			
66. Patching, 5 sf	74. Spalling-Joints			
67. Patching/Utility Cut	75. Spalling-Corner			
68. Popouts				

DIST TYPE	SEV	NO. SLABS	DENSITY %	DEDUCT VALUE
65	H			12
62	L	2	10	7.8
62	M	1	5	8.6
63	L	3	15	11.5
63	M	3	20	24.0
72	L	1	5	11.0
74	L	2	10	3.5
75	L	3	15	5.5
75	M	1	5	3.6

SKETCH:

Sumber: Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots



2.2.3 Klasifikasi Kerusakan Berdasarkan Penyebab

Pemeriksaan jenis, tingkat keparahan, dan jumlah kerusakan yang diekstrapolasi pada bagian perkerasan memberikan informasi yang berharga untuk menentukan penyebab kerusakan perkerasan dan akhirnya kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan (M&R) nya. Tabel 2.2 mengklasifikasikan penyebab kerusakan untuk jalan beraspal dan perkerasan landasan pacu, masing-masing, berdasarkan beban, iklim, dan faktor lainnya. Kuantifikasi efek relatif dari masing-masing faktor dapat ditentukan pada nilai pengurangan yang sesuai untuk kerusakan yang diekstrapolasi pada bagian yang bersangkutan, seperti yang diilustrasikan dalam contoh berikut: Kerusakan berikut diukur pada bagian perkerasan landasan pacu aspal dan nilai pengurang untuk kerusakan yang diekstrapolasi ditentukan dari kurva pengurangan.

Tabel 2.2 Contoh Ilustrasi Kerusakan yang diukur dan Nilai Pengurang untuk Kerusakan

Distress Type	Severity	Density. %	Deduct Value
Alligator Cracking	Medium	6.4	50
Transverse Cracking	Low	2.0	8
Rutting	Low	2.7	20

Sumber: Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots

Nilai total pengurangan yang dapat dikaitkan dengan beban adalah 70 (50+20), dan yang dikaitkan dengan iklim adalah 8. Tidak ada kerusakan yang diklasifikasikan sebagai "lainnya." Persentase pengurangan yang dikaitkan dengan beban, iklim, dan penyebab lain dihitung sebagai berikut:

- 1 Beban = $70/78 \times 100 = 90$ persen
- 2 Iklim = $8/78 \times 100 = 10$ persen

Persentase nilai pengurangan yang dikaitkan dengan setiap penyebab merupakan indikasi dari penyebab kerusakan perkerasan. Dalam contoh ini, kerusakan yang disebabkan terutama oleh beban telah menghasilkan 90 persen dari total pengurangan, sementara semua penyebab lain hanya menghasilkan 10 persen. Oleh karena itu, beban lalu lintas adalah penyebab utama kerusakan untuk bagian perkerasan ini.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Tabel 2.3 PAVER Distress Classification for Airfields

Code	Distress	Cause
Asphalt-Surfaced Airfields		
41	Alligator cracking	Load
42	Bleeding	Other
43	Block cracking	Climate
44	Corrugation	Other
45	Depression	Other
46	Jet blast	Other
47	Joint reflection/cracking	Climate
48	Longitudinal and transverse cracking	Climate
49	Oil spillage	Other
50	Patching	Other
51	Polished aggregate	Other
52	Weathering/ravelling	Climate
53	Rutting	Load
54	Shoving	Other
55	Slippage cracking	Other
56	Swelling	Other
Code	Distress	Cause
Portland Cement Concrete Airfields		
61	Blowup	Climate
62	Corner break	Load
63	Linear cracking	Load
64	Durability cracking	Climate
65	Joint seal damage	Climate
66	Small patch	Other
67	Large patch/utility cut	Other
68	Popouts	Other
69	Pumping	Other



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

70	Scaling crazing	Other
Code	Distress	Cause
71	Faulting	Other
72	Shattered slab	Load
73	Shrinkage cracking	Other
74	Joint spalling	Other
75	Comer spalling	Other

Sumber: *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*

2.3 ASTM D5340-12

PCI (Pavement Condition Index) adalah indikator numerik yang memberikan penilaian terhadap kondisi permukaan perkerasan. PCI memberikan ukuran kondisi perkerasan saat ini berdasarkan kerusakan yang diamati di permukaan, yang juga mencerminkan integritas struktural dan kondisi operasional permukaan (seperti kekasaran lokal dan aspek keselamatan). PCI tidak dapat mengukur kapasitas struktural, dan tidak memberikan pengukuran langsung terhadap ketahanan selip (*skid resistance*) atau kekasaran secara menyeluruh. Namun, PCI memberikan dasar yang objektif dan rasional dalam menentukan kebutuhan dan prioritas pemeliharaan serta perbaikan. Pemantauan PCI secara berkelanjutan digunakan untuk menentukan laju kerusakan perkerasan, yang memungkinkan identifikasi dini terhadap kebutuhan rehabilitasi besar. Selain itu, PCI juga memberikan umpan balik tentang kinerja perkerasan guna memvalidasi atau meningkatkan desain dan prosedur pemeliharaan perkerasan yang sedang digunakan.

2.3.1 Pengambilan Sampel dan Unit Sampel

- 1 Identifikasi area perkerasan dengan fungsi penggunaan yang berbeda seperti landasan pacu (*runway*), jalur taksi (*taxiway*), dan apron pada denah tata letak bandara.
- 2 Bagi setiap area dengan satu fungsi penggunaan ke dalam beberapa bagian (*section*) berdasarkan desain perkerasan, riwayat konstruksi, lalu lintas, dan kondisi.
- 3 Bagi bagian perkerasan (*section*) ke dalam unit sampel (*sample units*). Jika pelat perkerasan pada PCC memiliki jarak sambungan lebih dari 25 ft (8 m), setiap pelat harus dibagi menjadi pelat imajiner. Pelat imajiner ini harus memiliki panjang



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

kurang dari atau sama dengan 25 ft (8 m), dan sambungan imajiner tersebut dianggap dalam kondisi sempurna. Hal ini diperlukan karena nilai pengurang (*deduct values*) dikembangkan untuk pelat beton bersambungan dengan panjang maksimal 25 ft (8 m).

- 4 Unit sampel yang akan diinspeksi harus diberi tanda atau diidentifikasi dengan cara yang memungkinkan petugas inspeksi dan pengendali mutu dengan mudah menemukannya di permukaan perkerasan. Tanda cat di sepanjang tepi dan sketsa yang menunjuk ke ciri fisik perkerasan dapat digunakan. Penggunaan paku atau benda lain yang berpotensi menjadi FOD (Foreign Object Debris) tidak direkomendasikan. Kemampuan untuk menemukan kembali unit sampel dengan akurat penting untuk memverifikasi data kerusakan saat ini, meninjau perubahan kondisi dari waktu ke waktu, dan memungkinkan inspeksi ulang di masa mendatang pada unit sampel yang sama.
- 5 Pilih unit sampel yang akan diinspeksi. Jumlah unit sampel yang diinspeksi dapat bervariasi, mulai dari semua unit dalam satu bagian, sejumlah unit yang menghasilkan tingkat kepercayaan 95 persen, atau jumlah yang lebih sedikit.
 - a Semua unit sampel dalam bagian bisa diinspeksi untuk menentukan rata-rata PCI dari bagian tersebut. Namun, hal ini biasanya tidak dilakukan untuk manajemen rutin karena keterbatasan tenaga, dana, dan waktu. Sampel penuh (*total sampling*) sangat disarankan untuk analisis proyek agar estimasi kebutuhan perawatan dan perbaikan lebih akurat.
 - b Jumlah minimum unit sampel (n) yang harus disurvei dalam satu bagian agar memperoleh estimasi PCI yang memadai secara statistik (tingkat kepercayaan 95 persen) dihitung dengan rumus berikut (dibulatkan ke atas ke bilangan bulat terdekat):

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2\right)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

e = Kesalahan yang dapat diterima dalam estimasi PCI bagian (biasanya ± 5 poin PCI)

s = Simpangan baku PCI antar unit sampel dalam satu bagian. Untuk inspeksi awal, s diasumsikan



n = Total jumlah unit sampel dalam satu bagian

- c Jika sangat penting mencapai tingkat kepercayaan 95 persen, maka kecukupan jumlah unit sampel yang disurvei harus dikonfirmasi. Karena awalnya dihitung berdasarkan asumsi simpangan baku, perlu dihitung nilai simpangan baku aktual sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_f)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

PCI_i = Nilai PCI unit sampel ke-i,

PCI_f = Rata-rata nilai PCI dari semua unit sampel yang disurvei,

n = Jumlah unit sampel yang disurvei.

- d Hitung kembali jumlah minimum unit sampel (n) menggunakan simpangan baku yang telah dihitung. Jika jumlah ini lebih besar dari jumlah unit yang telah disurvei, maka pilih dan survei unit sampel tambahan secara acak, yang tersebar merata di seluruh bagian. Ulangi proses ini hingga jumlah total unit sampel yang disurvei sama atau lebih besar dari nilai n yang dibutuhkan.
- e Jumlah unit sampel yang lebih sedikit dari tingkat kepercayaan 95 persen dapat digunakan tergantung pada tujuan survei kondisi. Sebagai contoh, satu lembaga menggunakan tabel acuan tersendiri untuk jumlah unit yang harus diperiksa untuk tujuan selain analisis proyek.

Tabel 2.4 Menentukan Jumlah Sampel Unit yang harus disurvei

Total Sample Unit	Yang di Survei
1 to 5 sample units	1 sample unit
6 to 10 sample units	2 sample units
Given	Survey
11 to 15 sample units	3 sample units
16 to 40 sample units	4 sample units
over 40 sample units	10 persen

Sumber: ASTM D5340-12



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

- 6 Setelah jumlah unit sampel yang akan diinspeksi ditentukan, hitung interval jarak antar unit menggunakan metode pengambilan sampel acak sistematis, sampel-sampel tersebut didistribusikan secara merata di seluruh bagian (*section*) dengan unit sampel pertama dipilih secara acak. Interval jarak (*i*) antar unit sampel dihitung dengan rumus berikut dan dibulatkan ke bawah ke bilangan bulat terdekat:

$$i = \frac{N}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

N = Jumlah total unit sampel dalam suatu bagian, dan

n = Jumlah unit sampel yang akan diinspeksi.

Unit sampel pertama yang akan diinspeksi dipilih secara acak dari unit sampel ke-1 sampai ke-*i*. Unit sampel berikutnya dalam bagian tersebut adalah unit-unit yang merupakan penambahan kelipatan *i* dari unit pertama yang dipilih secara acak. Unit sampel tambahan hanya diinspeksi jika ditemukan kerusakan yang tidak representative.

2.3.2 Perkerasan Berlapis Aspal

Lakukan inspeksi secara individual terhadap setiap unit sampel yang telah dipilih buat sketsa unit sampel, termasuk arah/orientasinya, catat nomor cabang (*branch*) dan bagian (*section*), serta nomor dan jenis unit sampel (acak atau tambahan). Catat ukuran unit sampel yang diukur menggunakan meter tangan, lakukan inspeksi kerusakan dengan berjalan di atas unit sampel yang sedang disurvei, mengukur jumlah kerusakan untuk setiap tingkat keparahan dari setiap jenis kerusakan yang ada, dan mencatat datanya. Jenis dan tingkat keparahan kerusakan harus sesuai, metode pengukuran disertakan bersama dengan setiap deskripsi kerusakan. Pengukuran dilakukan dengan akurasi hingga $\pm 0,1$ ft (30 mm) menggunakan meter tangan. Rangkuman dari tiap jenis dan tingkat keparahan kerusakan harus dihitung dalam satuan luas ft² atau m² atau panjang ft atau m, tergantung jenis kerusakannya. Ulangi prosedur ini untuk setiap unit sampel yang akan diinspeksi.



2.3.3 Perkerasan Beton Bertulang

Lakukan inspeksi secara individual terhadap setiap unit sampel yang telah dipilih buat sketsa unit sampel yang menunjukkan lokasi dari slab-slab (pelat beton). Catat ukuran unit sampel, nomor cabang dan bagian, nomor dan jenis unit sampel (acak atau tambahan), jumlah slab dalam unit sampel, serta ukuran slab yang diukur dengan meter tangan. Lakukan inspeksi dengan berjalan di atas setiap slab dari unit sampel yang disurvei, dan catat semua jenis kerusakan yang ada beserta tingkat keparahannya. Jenis dan tingkat keparahan kerusakan harus sesuai, rangkum jenis-jenis kerusakan, tingkat keparahannya, dan jumlah slab dalam unit sampel yang mengandung masing-masing jenis dan tingkat kerusakan tersebut. Ulangi prosedur ini untuk setiap unit sampel yang akan diinspeksi.

2.3.4 Perhitungan PCI untuk AC

1. Jumlahkan total kuantitas dari setiap jenis kerusakan pada setiap tingkat keparahan, dan catat pada bagian total *severities* (total tingkat keparahan). Sebagai contoh, Gambar 2.66 menunjukkan empat entri untuk Jenis Kerusakan 8, yaitu Retak Longitudinal dan Transversal: 9M (medium), 10L (low), 20L, dan 15L. Jumlahkan kerusakan berdasarkan tingkat keparahannya, lalu masukkan ke bagian Total Severities sebagai berikut: 45 ft (14 m) untuk keparahan rendah (L), dan 9 ft (3 m) untuk keparahan sedang (M) dari retak longitudinal dan transversal. Satuan kuantitas bisa berupa: ft² (m²), ft (m), atau jumlah kejadian, tergantung pada jenis kerusakannya.
2. Bagi jumlah total dari setiap jenis kerusakan pada tiap tingkat keparahan dengan luas total unit sampel, kemudian kalikan dengan 100 untuk mendapatkan persentase densitas kerusakan untuk setiap jenis dan tingkat keparahan.
3. Tentukan nilai pengurang (*Deduct Value/DV*) untuk kombinasi setiap jenis kerusakan dan tingkat keparahannya
4. Tentukan nilai pengurang terkoreksi maksimum (*Corrected Deduct Value/CDV*): Jika tidak ada atau hanya satu nilai DV individual yang lebih dari 5, maka total DV dapat digunakan sebagai nilai maksimum CDV dalam penentuan PCI. Namun, jika lebih dari satu DV individual melebihi 5, maka CDV maksimum harus dihitung menggunakan prosedur yang dijelaskan dalam bagian ini.



5 Perhitungan PCI:

- a Jika tidak ada atau hanya satu DV individual yang melebihi 5, gunakan total DV sebagai pengganti CDV maksimum dalam menghitung PCI. Namun jika lebih dari satu DV individual melebihi 5, gunakan prosedur berikut untuk menentukan CDV maksimum:

- 1) Tentukan m, yaitu jumlah maksimum kerusakan yang diperbolehkan, dengan cara sebagai berikut

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - HDV) \leq 10 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - 27) = 7,92 \dots\dots\dots (2.5)$$

AIRFIELD ASPHALT PAVEMENT CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH:		
BRANCH _____		SECTION _____		SAMPLE UNIT _____								
SURVEYED BY _____		DATE _____		SAMPLE AREA 5000 S.F.								
1. Alligator Cracking		5. Depression		9. Oil Spillage		13. Rutting						
2. Bleeding		6. Jet Blast		10. Patching		14. Shoving from PCC						
3. Block Cracking		7. Jt. Reflection (PCC)		11. Polished Aggregate		15. Slippage Cracking						
4. Corrugation		8. Long. & Trans. Cracking		12. Raveling/Weathering		16. Swell						
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
8 L	10	20	15							45	0.90	4.8
8 M	9									9	0.18	4.9
1 L	50									50	1.00	21.0
13 L	200	175								375	7.50	27.0
13 M	25									25	0.50	20.0
5 L	15									15	0.30	2.0
5 M	20									20	0.40	9.0
10 L	50									50	1.00	4.0

Gambar 2.3 Example of a Flexible Pavement Condition Survey Data Sheet

Sumber: ASTM D5340-12



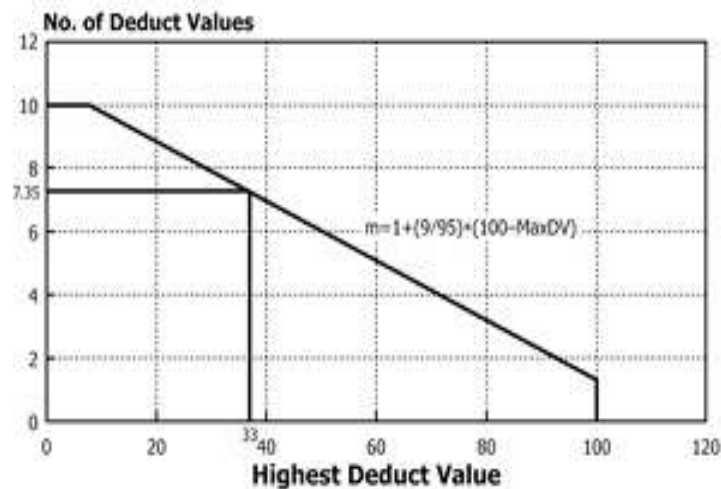
1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

- 2) Masukkan m nilai DV terbesar ke Baris 1 dari tabel, termasuk pecahan DV terakhir yang diperoleh dengan mengalikan DV terakhir dengan bagian pecahan dari nilai m. Jika jumlah DV yang tersedia kurang dari m, masukkan semua nilai DV yang ada.
- 3) Jumlahkan semua nilai DV dan tuliskan hasilnya di bawah kolom “Total”. Hitung jumlah DV yang lebih besar dari 5.0 dan tuliskan jumlahnya di bawah kolom “q.”
- 4) Gunakan kurva koreksi yang sesuai (untuk AC atau PCC) dengan mencocokkan nilai “Total” dan “q” untuk menentukan nilai CDV (Corrected Deduct Value).
- 5) Salin nilai-nilai DV dari baris saat ini ke baris berikutnya, ubah nilai DV terkecil yang lebih besar dari lima menjadi lima, Lalu ulangi langkah 7 dan 8 hingga nilai “q = 1.”
- 6) CDV maksimum adalah nilai terbesar yang terdapat di kolom “CDV.”
 - a Urutkan nilai-nilai DV individual dari yang terbesar ke terkecil. Contoh pada Gambar 2.67: 27.0, 21.0, 20.0, 9.0, 4.9, 4.8, 4.0, dan 2.0.
 - b Tentukan jumlah maksimum pengurang (m) dari Gambar 2.67, atau gunakan rumus berikut:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - HDV) \dots\dots\dots (2.6)$$
 Dimana:
 m = Jumlah pengurang yang diperbolehkan termasuk pecahan (maksimal 10)
 HDV = Nilai DV tertinggi
 Contoh untuk gambar 2.66

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - 27) = 7,92 \dots\dots\dots (2.7)$$
 - c Jumlah DV individual dikurangi menjadi m nilai DV terbesar, termasuk bagian pecahan. Contohnya, untuk nilai-nilai pada Gambar 2.66: 27.0, 21.0, 20.0, 9.0, 4.9, 4.8, 4.0, dan 1.8 (angka 1.8 diperoleh dengan mengalikan 2.0 dengan (7.92 – 7 = 0.92)). Jika jumlah DV yang tersedia kurang dari m, gunakan semua nilai DV yang tersedia.
 - d Tentukan CDV maksimum secara iteratif sebagai berikut (lihat Gambar 2.68):
 - 1) Tentukan total DV dengan menjumlahkan semua DV individual. Total DV diperoleh dari penjumlahan nilai-nilai DV di langkah d, yaitu 92.5.

- 2) Tentukan nilai q , yaitu jumlah nilai pengurang (deduct) yang lebih besar dari 5.0.
Contoh pada Gambar 2.66 $q = 4$
- 3) Tentukan nilai CDV berdasarkan nilai q dan total DV yang diperoleh pada langkah 1) dan 2) dengan merujuk pada kurva koreksi yang sesuai.
- 4) Turunkan nilai DV individual terkecil yang lebih besar dari 5.0 menjadi 5.0, lalu ulangi langkah 1) hingga 4) hingga $q = 1$.
- 5) CDV maksimum adalah nilai terbesar dari CDV yang diperoleh pada langkah 1) hingga 4).



Gambar 2.4 Adjustment of Number of DVs

Sumber: ASTM D5340-12

6 Menghitung PCI

- a Hitung nilai PCI dengan cara mengurangkan CDV maksimum dari angka 100:

$$PCI = 100 - \max CDV \dots\dots\dots (2.8)$$
- b Koreksi PCI jika terdapat satu jenis kerusakan dengan beberapa tingkat keparahan.
- c Kasus Dua Tingkat Keparahan

Jika terdapat dua tingkat keparahan untuk satu jenis kerusakan dalam satu unit sampel, perhitungannya dilakukan sebagai berikut:

x_1 = Persentase kerusakan dengan tingkat keparahan rendah

x_2 = Persentase kerusakan dengan tingkat keparahan sedang

$$X_2 = x_1 + x_2$$



Nilai PCI (x_1 , x_2) seharusnya lebih tinggi dibandingkan PCI (0, x_2) karena PCI (0, x_2) berarti kerusakan sedang lebih dominan. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka PCI untuk unit sampel tersebut dihitung berdasarkan x_2 dan bukan berdasarkan x_1 dan x_2 secara terpisah.

d Kasus Tiga Tingkat Keparahan

Jika terdapat tiga tingkat keparahan untuk satu jenis kerusakan dalam satu unit sampel, perhitungannya dilakukan sebagai berikut: l atau L = persentase kepadatan kerusakan dengan keparahan rendah, m atau M = persentase kepadatan kerusakan dengan keparahan sedang, h atau H = persentase kepadatan kerusakan dengan keparahan tinggi, $PCI(l,m,h) = PCI$ untuk bagian dengan kuantitas kerusakan l, m, dan h, nilai $PCI(l,m,h)$ harus lebih tinggi dibandingkan dengan $PCI(0, M, h)$, $PCI(l, 0, H)$, $PCI(m, H)$, atau $PCI(H)$. Jadi, nilai PCI yang benar atau baru untuk unit sampel tersebut harus berdasarkan kombinasi yang menghasilkan PCI tertinggi.

#	Deduct Values									Total	q	CDV
1	27.0	21.0	20.0	9.0	4.9	4.8	4.0	1.8		92.5	4	50.0
2	27.0	21.0	20.0	5.0	4.9	4.8	4.0	1.8		38.5	3	56.0
3	27.0	21.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.0	1.8		73.5	2	51.0
4	27.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.0	1.8		57.5	1	57.5
5												
6												
7												
8												
9												
10												

$$\text{Max CDV} = 57.5$$

$$PCI = 100 - \text{Max CDV} = 42.5$$

$$\text{RATING} = \text{FAIR}$$

Gambar 2.5 Calculation of Corrected PCI Value, Flexible Pavement

Sumber: ASTM D5340-12



` Distresses		PCI Value
Start with:	l, m, h	→PCI (l, m, h)
Set (l + m) = M	→0, M, h	→PCI (0, M, h)
Set (m+h) = H	→l, 0, H	→PCI (l, 0, H)
Set (l + h) = H	→0, m, H	→PCI (0, m, H)
` Distresses		PCI Value
Set (l+m+h) = H	→0, 0, H	→PCI (0, 0, H)

2.3.5 Perhitungan PCI untuk PCC

Gambar 2.6 Example of a Jointed Rigid Pavement Condition Survey Data Sheet

22



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

- 1 Untuk setiap kombinasi unik antara jenis kerusakan dan tingkat keparahan, jumlahkan total pelat (slab) di mana kerusakan tersebut muncul. Sebagai contoh dalam Gambar 2.69, terdapat dua pelat yang mengalami kerusakan sudut (corner break) dengan tingkat keparahan rendah.
- 2 Bagikan jumlah pelat dari langkah 1 dengan jumlah total pelat dalam unit sampel, kemudian kalikan dengan 100 untuk memperoleh persentase kepadatan dari setiap kombinasi jenis kerusakan dan tingkat keparahan.
- 3 Perhitungan PCI:
 - a Jika tidak ada atau hanya satu nilai DV individual yang lebih besar dari 5, maka gunakan total DV sebagai pengganti CDV maksimum dalam menghitung PCI. Namun jika lebih dari satu nilai DV individual lebih besar dari 5, ikuti langkah-langkah berikut untuk menentukan CDV maksimum:
 - 1) Tentukan m, jumlah maksimum kerusakan yang diperbolehkan, dengan rumus berikut:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - HDV) \leq 10 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) (100 - 32,0) = 7,44 \dots\dots\dots (2.10)$$
 - b Masukkan m nilai DV terbesar pada Baris 1 tabel berikut, termasuk pecahan yang diperoleh dengan mengalikan DV terakhir dengan bagian desimal dari m. Jika jumlah DV tersedia kurang dari m, gunakan semua DV yang tersedia.
 - c Jumlahkan nilai-nilai DV dan masukkan hasilnya di bawah kolom "Total". Hitung jumlah nilai DV yang lebih besar dari 5.0, dan catat sebagai "q".
 - d Gunakan kurva koreksi yang sesuai (AC atau PCC) berdasarkan nilai "Total" dan "q" untuk menentukan nilai CDV.
 - e Salin DV dari baris saat ini ke baris berikutnya, ubah nilai DV terkecil yang lebih besar dari lima menjadi lima, lalu ulangi langkah c dan d hingga q = 1.
 - f Nilai CDV maksimum adalah nilai terbesar dalam kolom "CDV".
 - 4 Tentukan nilai DV untuk setiap kombinasi jenis kerusakan dan tingkat keparahan dengan menggunakan kurva deduct yang sesuai.



- 5 Tentukan nilai PCI dengan mengikuti prosedur pada bagian 5 dan 6 (perhitungan PCI untuk AC), namun gunakan kurva koreksi untuk perkerasan PCC sebagai pengganti kurva koreksi perkerasan AC pada langkah 5-e-3).

2.3.6 Penentuan PCI untuk Suatu Bagian Perkerasan

- 1 Jika semua unit sampel yang disurvei dipilih secara acak, maka nilai PCI untuk suatu bagian perkerasan (PCIs) dihitung sebagai rata-rata tertimbang berdasarkan luas dari unit-unit sampel acak yang disurvei (PCI_r) dengan menggunakan persamaan 2.11:

$$PCI_S = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

PCI_r = PCI rata-rata tertimbang berdasarkan luas dari unit-unit sampel acak yang disurvei

PCI_{ri} = PCI dari unit sampel acak ke-i

A_{ri} = Luas unit sampel acak ke-i

n = Jumlah unit sampel acak yang disurvei

Jika terdapat unit sampel tambahan yang disurvei, maka nilai PCI rata-rata tertimbang berdasarkan luas dari unit-unit sampel tambahan (PCI_a) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12:

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Kemudian, nilai PCI untuk seluruh bagian perkerasan (PCIs) dihitung menggunakan persamaan 2.13:

$$PCI_S = \frac{PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

PCI_a = PCI rata-rata tertimbang berdasarkan luas dari unit sampel tambahan

PCI_{ai} = PCI dari unit sampel tambahan ke-i

A_{ai} = Luas unit sampel tambahan ke-i

A = Luas total bagian perkerasan

m = Jumlah unit sampel tambahan yang disurvei



PCI_S = PCI rata-rata tertimbang berdasarkan luas untuk seluruh bagian perkerasan

- 2 Tentukan peringkat kondisi keseluruhan dari bagian perkerasan tersebut dengan menggunakan nilai Section PCI (PCIs) yang telah diperoleh, dan cocokkan dengan skala peringkat kondisi.

#	Deduct Values										Total	q	CDV
1	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	6.0	1.3			89.3	7	56.0
2	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	5.0	1.3			88.3	6	58.0
3	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	5.0	5.0	1.3			85.3	5	58.0
4	32.0	12.0	11.0	10.0	5.0	5.0	5.0	1.3			81.3	4	58.0
5	32.0	12.0	11.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			76.3	3	57.0
6	32.0	12.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			70.3	2	61.0
7	32.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			63.3	1	63.3
8													
9													
10													

Max CDV = 63.3

PCI = 100 - Max CDV = 36.7

RATING = POOR

Gambar 2.7 Calculation of Corrected PCI Value Jointed Rigid Pavemen

Sumber: ASTM D5340-12

2.4 Penelitian Terdahulu

- a. Muhammad Husni Thamrin dan Indartono Rivai (2024), dalam penelitiannya Evaluasi Kerusakan Perkerasan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Runway di Bandar Udara Hang Nadim Batam. Setelah dilakukan Survey dan analisis Pavement Condition Index (PCI) pada runway Bandar Udara Hang Nadim Batam, maka dapat disimpulkan bahwa: Berdasarkan hasil survey di lapangan jenis kerusakan yang ada pada runway Bandar Udara Hang Nadim Batam yaitu jenis kerusakan yang sering terjadi yaitu Longitudinal & Transverse cracking dari 15 sample yang diambil. Berdasarkan hasil survey di lapangan dan analisis Tingkat kerusakan yang ada pada runway Bandar Udara Hang Nadim Batam yaitu low dan medium, dimana kerusakan tingkat low dominan terjadi dari 15 sample yang diambil. Setelah menghitung nilai PCI data runway Bandar Udara Hang



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Nadim Batam diperoleh nilai Pavement Condition Index (PCI) runway sebesar 78. Maka kondisi perkerasan runway Bandar Udara Hang Nadim Batam termasuk kategori memuaskan (satisfactory)

- b. Barkah Wahyu Widiyanto (2017), dalam penelitiannya Pavement Condition Index (PCI) Runway Bandara Halim Perdanakusuma Jakarta. Berdasarkan hasil analisis penilaian PCI Runway Halim Perdanakusuma Jakarta diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Dengan pertimbangan kondisi runway yang sedang dalam pekerjaan perbaikan, maka dari analisis data lapangan didapat nilai PCI Runway Bandara Halim Perdanakusuma Jakarta dibagi dalam 3 kelompok, yaitu: PCI kondisi eksisting (sebelum perbaikan) adalah 69 (Fair/Sedang), mendekati 70 (Satisfactory/Cukup Baik). PCI kondisi “do something” (setelah dilakukan perbaikan) adalah 65 (Fair/Sedang). PCI kondisi “do nothing” (jika tidak dilakukan perbaikan dan terjadi/bertambah kerusakan alur pada jalur roda pesawat) adalah 59 (Fair/Sedang), mendekati 55 (Poor/Buruk). Dari perubahan nilai PCI tersebut dapat disimpulkan bahwa pekerjaan perbaikan yang telah dilakukan telah mencegah kerusakan dan memperlambat penurunan nilai PCI. Nilai PCI yang telah dianalisis tersebut tidak menjadi hambatan runway untuk digunakan.
- c. Umi Tho’atin, Ary Setyawan dan Mamok Suprpto (2016), dalam penelitiannya Penggunaan Metode International Roughness Index (IRI), Surface Distress Index (SDI) dan Pavement Condition Index (PCI) Untuk Penilaian Kondisi Jalan di Kabupaten Wonogiri. Dengan adanya penelitian penilaian kondisi jalan yang menggunakan metode IRI, SDI, dan PCI dapat memberikan gambaran atau dekripsi tentang kondisi jalan di Kabupaten Wonogiri, yang dapat digunakan sebagai data base untuk perencanaan dan pelaksanaan rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Hasil penelitian ini juga dapat sebagai bahan pertimbangan oleh tenaga ahli jalan dan stake holder terkait untuk melaksanakan rehabilitasi dan pemeliharaan jalan secara efektif.

Meskipun beberapa penelitian diatas ada yang berfokus pada perkerasan jalan, metode dan pendekatan yang digunakan seperti Pavement Condition Index (PCI) tetap relevan dan dapat diadaptasi dalam penelitian perkerasan landasan pacu. Perbedaan utama terletak pada standar desain dan jenis beban yang ditanggung oleh perkerasan

landasan pacu yang harus mengacu pada regulasi penerbangan, seperti standar FAA (Federal Aviation Administration) dan juga ASTM D5340-12.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

