

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN
PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI)
PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS
*WEBSITE***

TUGAS AKHIR

Oleh:

PUTUT AIR LANGGA

NIT. 56192110021



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

Juli 2025

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN
PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI)
PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS
*WEBSITE***

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Oleh:

PUTUT AIR LANGGA

NIT. 56192110021



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

Juli 2025

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*

Oleh:

PUTUT AIR LANGGA

NIT: 56192110021

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan**

Peningkatan pergerakan pesawat memberikan tekanan signifikan pada infrastruktur airside bandar udara, khususnya *runway* yang berperan penting dalam keselamatan penerbangan. Kerusakan pada perkerasan *runway* dapat berdampak serius terhadap operasional bandara, sehingga diperlukan program pemeliharaan rutin. Salah satu program pemeliharaan untuk menilai kondisi perkerasan yang digunakan secara Internasional adalah metode *Pavement Condition Index*. Namun, proses penilaian PCI secara manual memerlukan waktu pengumpulan data yang lama, bersifat subjektif, dan kurang efisien. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah menerapkan metode *Artificial Intelligence* seperti *You Only Look Once* dalam mendeteksi kerusakan perkerasan, serta menggunakan pendekatan PCI untuk menilai kondisi perkerasan. Akan tetapi, sebagian besar studi tersebut hanya berfokus pada salah satu aspek, seperti deteksi visual tanpa perhitungan nilai PCI dan sebaliknya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem berbasis web yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan menggunakan model *YOLOv8* untuk mendeteksi jenis kerusakan perkerasan secara otomatis, serta menghitung nilai PCI dengan metode interpolasi linier. Penelitian dilakukan dengan pendekatan *Research and Development* dengan model *Borg and Gall* yang dibatasi hingga enam tahap: analisis masalah, pengumpulan data, perancangan, validasi, revisi, dan uji coba produk. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi jenis kerusakan dengan akurasi 82%, serta menghasilkan nilai PCI dengan deviasi rata-rata hanya 1,38% dibandingkan metode manual. Dengan demikian, sistem ini dinyatakan efektif dan layak digunakan sebagai alat bantu inspeksi dan evaluasi kondisi perkerasan *runway* secara otomatis, objektif, dan efisien.

Kata kunci: *Artificial Intelligence*, Interpolasi Linier, Pemeliharaan *Runway*, *Pavement Condition Index*, *You Only Look Once*.

ABSTRACT

DESIGN OF MONITORING SYSTEM AND CALCULATION OF PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) VALUE ON RUNWAY BASED ON WEBSITE

By:

PUTUT AIR LANGGA

NIT: 56192110021

***Airport Engineering Technology Program Studies
Applied Bachelor's Program***

Increased aircraft movements place significant pressure on airport airside infrastructure, particularly runways which play an important role in flight safety. Damage to runway pavement can have a serious impact on airport operations, so a routine maintenance program is required. One of the maintenance programs to assess pavement conditions used internationally is the Pavement Condition Index method. However, the PCI assessment process manually requires a long data collection time, is subjective, and less efficient. Previous studies have applied Artificial Intelligence methods such as You Only Look Once in detecting pavement damage, as well as using the PCI approach to assess pavement condition. However, most of these studies only focused on one aspect, such as visual detection without the calculation of PCI values and vice versa. Therefore, this research aims to develop a web-based system that integrates artificial intelligence technology using the YOLOv8 model to automatically detect pavement damage types, as well as calculate PCI values using the linear interpolation method. The research was conducted using a Research and Development approach with the Borg and Gall model limited to six stages: problem analysis, data collection, design, validation, revision, and product testing. The test results showed that the system was able to detect the type of damage with an accuracy of 82%, and produce PCI values with an average deviation of only 1.38% compared to the manual method. Thus, this system is declared effective and feasible to be used as an automatic, objective, and efficient runway pavement condition inspection and evaluation tool.

Keywords: *Artificial Intelligence, Linear Interpolation, Runway Maintenance, Pavement Condition Index, You Only Look Once.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : PUTUT AIR LANGGA

NIT : 56192110021

PEMBIMBING I

Ir. VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19861008 200912 1 004

PEMBIMBING II

Ir. ASEP MUHAMAD SOLEH, S.Si.T., S.T., M.Pd.

Pembina (IV/a)

NIP. 19750621 199803 1 002

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



Ir. DWI CANDRA YUNIAR, S.H., S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19760612 199803 1 001

SEKRETARIS



Ir. VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19861008 200912 1 004

ANGGOTA



WILDAN NUGRAHA, S.E., MS.ASM.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19890121 200912 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putut Air Langga

NIT : 56192110021

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*” merupakan karya asli saya bukan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Palembang, 15 Juli 2025
Yang Membuat Pernyataan



Putut Air Langga

NIT. 56192110021

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Program Sarjana Terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Langga. P. A. (2025): RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Di Persembahkan Kepada
Ayahanda Purdi Santoso dan Ibunda Sartini

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN PERHITUNGAN NILAI *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) PADA PERKERASAN LENTUR *RUNWAY* BERBASIS *WEBSITE*” ini dengan baik dan lancar.

Tugas akhir ini ditulis untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Diploma Empat Politeknik Penerbangan Palembang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem berbasis *website* yang dapat membantu dalam memantau kondisi perkerasan landas pacu (*runway*) serta menghitung nilai *Pavement Condition Index* (PCI) secara lebih efisien dan akurat. Dengan sistem ini, diharapkan proses *monitoring* kondisi *runway* dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur, guna menunjang keselamatan penerbangan serta mendukung proses pengambilan keputusan dalam perawatan *runway*. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua yang dengan kasih sayang, doa yang tiada henti, dan pengorbanan yang tak terhingga telah menjadi tiang kokoh dalam setiap langkah penulis. Dalam diam kalian terselip kekuatan, dalam nasihat kalian tersembunyi arah, dan dalam cinta kalian penulis menemukan alasan untuk menyelesaikan pendidikan.
2. Kedua adik tercinta yang dengan canda dan semangat sederhana menjadi penyejuk di tengah penat. Kalian adalah pengingat bahwa perjalanan ini bukan hanya tentang pencapaian pribadi, melainkan tentang keluarga yang selalu menjadi rumah.
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T, S.Si.T., M.Si. Selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.

4. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.S.T., M.Si. Selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
5. Bapak Ir. Viktor Suryan, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran serta masukan dalam penulisan tugas akhir.
6. Bapak Asep Muhamad Soleh, S.Si.T., S.T., M.Pd. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran serta masukan dalam penulisan tugas akhir.
7. Bapak/Ibu Team Airport Teknisi Divisi Head Bandar Udara Sultan Mahamud Baddarudin II Palembang yang telah memberikan banyak bantuan dalam penulisan tugas akhir.
8. Team On Job Training Poltekbang Palembang dan Poltekbang Medan, Nando, Frendy, Nabila, Rehan, Gadi, Lauren, Delon, Saut dan Frisil yang telah memberikan banyak bantuan saat penelitian.
9. Teman-teman seperjuangan TRBU 02, yang telah menjadi bagian penting dari perjalanan ini. Terima kasih atas kebersamaan, semangat, kerja sama, dan tawa yang telah kita bagi bersama dalam suka maupun duka. Setiap tantangan yang kita hadapi bersama telah menjadikan kita bukan hanya rekan belajar, tetapi keluarga dalam perjuangan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan, khususnya dalam pengembangan sistem *monitoring* infrastruktur berbasis teknologi informasi.

Palembang, 15 Juli 2025



Putut Air Langga

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xix
Bab I Pendahuluan	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan.....	6
E. Manfaat.....	6
F. Sistematika Penulisan.....	6
Bab II Tinjauan Pustaka	8
A. Teori Penunjang.....	8
1. Fasilitas Sisi Udara	8
2. Landas Pacu (<i>Runway</i>).....	8
3. Perkerasan Lentur (<i>Flexible pavement</i>).....	9
4. Jenis Kerusakan	10
5. Pemeliharaan Perkerasan	12

6. <i>Monitoring</i>	14
7. Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	14
8. Artificial Intelligence (AI).....	19
9. Metode <i>Interpolation</i>	21
10. <i>Website</i> dan <i>Webcam</i>	23
B. Penelitian Terdahulu	23
Bab III Metodologi Penelitian.....	28
A. Metode Penelitian.....	28
B. Prosedur Penelitian	29
1. Potensi dan Masalah	29
2. Pengumpulan Data atau Informasi.....	30
3. Desain Produk	32
4. Validasi Desain.....	32
5. Revisi Desain	34
6. Uji Coba Produk	34
C. Jadwal Pelaksanaan	35
Bab IV Hasil Dan Pembahasan	37
A. Hasil.....	37
1. Analisa Potensi dan Masalah	37
2. Pengumpulan Data.....	39
3. Desain Produk.....	42
4. Validasi Desain	56
5. Revisi Desain	58
6. Uji Coba Produk	60
B. Pembahasan	75
Bab V Simpulan Dan Saran	78
A. Simpulan.....	78

B. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kegiatan Pengujian Jarak dan Jangkauan Deteksi Sistem	84
Lampiran B Pengisian angket bersama ahli materi	85
Lampiran C Pengisian angket bersama ahli praktisi lapangan	86
Lampiran D Validasi Desain Penerapan Alat	87
Lampiran E Wawancara dengan ahli praktisi lapangan	88
Lampiran F Wawancara dengan ahli materi	89
Lampiran G Uji coba pendeteksian jenis kerusakan	90
Lampiran H Hasil penilaian angket ahli materi	91
Lampiran I Hasil penilaian angket ahli praktisi lapangan.....	92
Lampiran J Grafik Deduc Value jenis kerusakan dan Corected Deduc Value	93
Lampiran K Transkrip wawancara dengan ahli materi	94
Lampiran L Transkrip wawancara dengan ahli praktisi lapangan.....	95
Lampiran M Lembar bimbingan dosen pembimbing 1.....	96
Lampiran N Lembar bimbingan dosen pembimbing 2	97
Lampiran O Hasil perhitungan metode interpolasi linier.....	98
Lampiran P Pemrograman Sistem.....	99
Lampiran Q Manual Book Penggunaan Aplikasi.....	100
Lampiran R Hasil pengecekan plagiarisme.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Lapisan perkerasan lentur	10
Gambar II. 2 Diagram alur pelaporan	12
Gambar II. 3 Grafik aligator cracking.....	16
Gambar II. 4 Grafik Corrected Deduc Value	17
Gambar II. 5 Parameter kondisi perkerasan.....	18
Gambar II. 6 Cara kerja YOLO.....	20
Gambar II. 7 Grafik Interpolasi.....	22
Gambar IV. 1 Pengambilan data dimensi kerusakan.....	39
Gambar IV. 2 Wawancara dengan supervisor AASFD	41
Gambar IV. 3 Grafik Deduc Value Kerusakan Patching	45
Gambar IV. 4 Prinsip kerja sistem.....	47
Gambar IV. 5 Flowchart penggunaan aplikasi	49
Gambar IV. 7 Tampilan halaman menu login	51
Gambar IV. 8 Halaman data kerusakan.....	51
Gambar IV. 9 Halaman perhitungan nilai PCI	52
Gambar IV. 10 Halaman referensi peraturan.....	52
Gambar IV. 11 Halaman tabel perhitungan	53
Gambar IV. 12 Halaman tampilan grafik	53
Gambar IV. 13 Halaman perbandingan hasil perhitungan	54
Gambar IV. 14 Input tabel hasil perbandingan perhitungan	54
Gambar IV. 15 Tampilan dokumen perhitungan manual	54
Gambar IV. 6 Desain penerapan alat.....	56
Gambar IV. 16 Halaman perhitungan nilai PCI	59
Gambar IV. 17 Tampilan menu rekomendasi perbaikan	60
Gambar IV. 18 Grafik box loss	61
Gambar IV. 19 Grafik Distribution focal loss	62
Gambar IV. 20 Grafik clasification	62
Gambar IV. 21 Grafik precision	64
Gambar IV. 22 Grafik recall.....	64
Gambar IV. 23 Grafik uji mAP	65
Gambar IV. 24 Grafik uji validasi box loss.....	66

Gambar IV. 25 Grafik uji validasi classification loss.....	67
Gambar IV. 26 Grafik uji validasi distribution focal loss	67
Gambar IV. 27 Pelabelan jenis kerusakan	68
Gambar IV. 28 Pengujian di <i>runway</i> bersama supervisor ASFD	69

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Jenis kerusakan	11
Tabel II. 2 Jenis inspeksi	13
Tabel II. 3 Saran penanganan kerusakan	19
Tabel III. 1 Tim Airport Air Side Facilities Departement	31
Tabel III. 2 Skala <i>likert</i> angket	33
Tabel III. 3 Kategori penilaian	33
Tabel III. 4 Tahapan pembuatan laporan seminar	35
Tabel IV. 1 Analisa SWOT	38
Tabel IV. 2 Hasil perhitungan Deduc Value kerusakan alligator cracking	46
Tabel IV. 3 Spesifikasi Alat	55
Tabel IV. 4 Uji coba fungsi kerja sistem	68
Tabel IV. 5 Uji coba deteksi sistem pada <i>runway</i>	70
Tabel IV. 6 Range presentasi dan kriteria kelayakan sistem	71
Tabel IV. 7 Uji coba jangkauan jarak deteksi	72
Tabel IV. 8 Uji coba kecepatan kendaraan	72
Tabel IV. 9 Hasil perhitungan PCI manual	73
Tabel IV. 10 Hasil perhitungan PCI sistem	73
Tabel IV. 11 Perbandingan hasil perhitungan manual dan sistem	74

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pertama kali digunakan pada halaman
AASFD	<i>Airport Air Side Facilities Department</i>	2
APMS	<i>Airport Pavement Management System</i>	2
FOD	<i>Foreign Object Debris</i>	2
PCI	<i>Pavement Condition Index</i>	2
STA	<i>Station Area</i>	3
YOLO	<i>You Only Look One</i>	4
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	5
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	5
CDV	<i>Corrected Deduct Value</i>	16
DV	<i>Deduct Value</i>	16
TDV	<i>Total Deduct Value</i>	16
AI	<i>Artificial Intelligence</i>	19
NMS	<i>Non-Maximum Suppression</i>	21
SWOT	<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threatness</i>	37
mAP	<i>mean Average Precision</i>	72
LAMBANG	Nama	Pertama kali digunakan pada halaman
N	Jumlah total unit sampel dalam suatu bagian perkerasan	15
n	Jumlah minimum unit sampel	15
s	standar deviasi dari <i>PCI</i> antara unit sampel di dalam bagiannya (untuk perkerasan lentur, $s = 10$)	15
Ad	Luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m ²)	16
As	Luas total unit segmen (m ²).	16

a_0	konstanta (intersep) dari garis	21
a_{1x}	koefisien gradien (kemiringan garis)	21
$P(x)$	nilai taksiran (hasil interpolasi) pada titik x	21
x	Nilai x pada grafik (x) yang ingin dicari nilai y nya	22
x_0	Nilai x_0 yang sudah diketahui	22
x_1	Nilai x_1 yang sudah diketahui	22
y	Nilai pada grafik (y) yang ingin dicari	22
y_0	Nilai y_0 yang sudah diketahui	22
y_1	Nilai y_1 yang sudah diketahui	22

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri penerbangan merupakan salah satu sektor transportasi yang terus mengalami perkembangan dan pertumbuhan, hal ini ditandai dengan peningkatan jumlah penerbangan yang signifikan setiap tahunnya, berdasarkan data badan statistik selama Januari hingga Agustus 2024, jumlah penumpang domestik sebanyak 42,0 juta orang dan jumlah penumpang internasional sebanyak 12,3 juta orang, masing-masing naik sebesar 1,50 persen dan 23,94 persen, dibandingkan periode yang sama tahun 2023. Hal yang sama untuk jumlah barang yang diangkut naik 6,27 persen menjadi 420,5 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2024). Peningkatan ini disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi, perkembangan industri pariwisata, serta peningkatan mobilitas masyarakat yang membutuhkan layanan transportasi udara.

Peningkatan jumlah penerbangan ini juga menuntut pengelolaan infrastruktur bandara yang lebih optimal karena dengan peningkatan jumlah pergerakan pesawat akan memberikan tekanan yang signifikan pada fasilitas *airside*. Salah satu fasilitas *airside* yang paling terdampak dengan adanya peningkatan adalah *runway*. *Runway* merupakan suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan dan tinggal landas. Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan yang sudah direncanakan secara struktural sehingga mampu untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya (Amanah, 2023).

Runway yang mengalami peningkatan jumlah *takeoff landing* tentu akan meningkat juga resiko kerusakan konstruksinya, oleh karena itu setiap pengelola bandar udara wajib melakukan kegiatan *preventive maintenance* atau yang sering disebut juga pemeliharaan pencegahan. *Preventive maintenance* merupakan kegiatan perawatan dan pemeliharaan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi keadaan yang dapat menyebabkan faktor produksi seperti alat ataupun sistem mengalami kerusakan pada waktu digunakan (Siswanto, 2017). Salah

satu kegiatan dari *preventive maintenance* adalah pemeliharaan rutin yang dilakukan terhadap seluruh fasilitas sisi udara. Mulai dari *runway*, *taxiway*, dan *apron*.

Berdasarkan observasi penulis selama melakukan *On the Job Training* pada unit *Airport Air Side Facilities Department* (AASFD), Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang memiliki beberapa program pemeliharaan rutin perkerasan yang terdapat dalam program *Airport Pavement Management System* (APMS). Program pemeliharaan perkerasan yang termasuk dalam APMS diantaranya seperti inspeksi rutin, pemotongan rumput, pembersihan rubber deposit, pemeliharaan konstruksi perkerasan dan perhitungan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) *runway* (Suryan dkk., 2023). Seluruh program APMS bertujuan untuk memastikan kondisi perkerasan dalam keadaan baik dan memastikan kondisi perkerasan memenuhi standar operasional berdasarkan KP 94 tahun 2015, yang didalamnya mengatur tentang pedoman program pemeliharaan konstruksi perkerasan bandar udara (*Pavement Management System*).

Program inspeksi rutin yang dilakukan unit AASFD dilaksanakan sebanyak dua kali pada pukul 04.30 WIB dan 12.50 WIB. Inspeksi rutin dilakukan untuk *memonitoring* kondisi *runway* yang siap untuk digunakan. Namun, pada kondisi lapangan permasalahan yang sering terjadi ketika melakukan *monitoring* secara langsung adalah keterlambatan dalam mendeteksi jenis kerusakan akibat metode *monitoring* manual. Kerusakan yang terjadi diakibatkan beban pesawat yang berat, frekuensi penggunaan yang tinggi, dan kondisi cuaca ekstrem, menjadi faktor utama yang menyebabkan berbagai jenis kerusakan pada perkerasan, beberapa contoh jenis kerusakan yang dialami seperti kerusakan retak buaya, retak memanjang, dan deformasi. Setiap jenis kerusakan yang dialami memiliki tingkat kerusakan yang berbeda sesuai dengan luas dan kedalaman kerusakannya. Dalam *monitoring* kondisi *runway* penilaian teknis terhadap jenis kerusakan yang dialami juga bisa berbeda antara satu teknis dengan teknis lain.

Runway yang mengalami kerusakan harus segera dilakukan perbaikan karena dapat berdampak pada keselamatan penerbangan dan efisiensi operasional, setelah dilakukan perbaikan hasil perbaikan tersebut akan menjadi catatan bagi teknisi untuk menentukan penilaian kondisi perkerasan. Metode penilaian yang digunakan adalah metode *Pavement Condition Index* (PCI). Metode PCI merupakan metode yang digunakan untuk memberikan penilaian dan mengidentifikasi tingkat kerusakan *runway* secara sistematis. Metode ini membantu pengelola bandara menentukan prioritas pemeliharaan berdasarkan tingkat keparahan dan area kerusakan.

Pada penilaian perkerasan dengan metode PCI teknik pengumpulan data kerusakan oleh unit AASFD, dilakukan dengan mendata seluruh catatan tertulis hasil *monitoring* inspeksi harian mengenai jenis kerusakan yang pernah dialami serta hasil perbaikan kerusakan pada *runway*. Selain itu teknisi juga melakukan pengumpulan data langsung sesuai dengan keseluruhan panjang dan lebar *runway*. Pada proses pengumpulan data ini dilakukan pembagian beberapa segmen, misalnya *runway* dengan panjang 3000 m dan lebar 45 m, maka akan dilakukan pembagian sebanyak 300 segmen mulai dari STA 0-3000, dengan panjang 10 m dan lebar 45 m, tujuan pembagian tersebut untuk mempermudah pendataan dan memenuhi ketentuan peraturan, sehingga dapat mengetahui kondisi *runway* secara maksimal.

Kemudian dalam pendataan terdapat kendala mengenai jadwal penerbangan yang padat karena setiap ada pendaratan atau penerbangan, teknisi yang melakukan pengecekan di area *runway* harus menjauh terlebih dahulu dari *runway*, kemudian kembali lagi untuk melanjutkan pengecekan dan pendataan. Pengecekan kondisi *runway* juga harus dilakukan pada siang hari dengan kondisi cuaca yang baik untuk memaksimalkan hasil pendataan. Oleh sebab itu dalam pengumpulan data untuk penilaian PCI *runway* dapat memakan waktu yang lama.

Selain itu terdapat juga masalah dalam melakukan perhitungan nilai PCI kerusakan *runway* yang hasilnya tidak selalu konsisten, karena perhitungannya masih dilakukan secara manual sehingga hasil perhitungan dan pembacaan grafik bergantung pada penilaian teknisi yang melakukan perhitungan. Dapat disimpulkan bahwa metode manual dalam *monitoring* harian terhadap klasifikasi jenis kerusakan dan perhitungan nilai PCI *runway* masih bersifat subjektif tergantung dari siapa yang melakukan penilaian dan perhitungannya. Dari beberapa fenomena yang dijelaskan sebelumnya hal ini menunjukkan perlunya penerapan teknologi terkini agar metode *monitoring* harian dan perhitungan PCI dapat diimplementasikan secara efektif dan lebih efisien.

Dalam pengembangan sistem teknologi yang efektif dan efisien, pemanfaatan kecerdasan buatan dapat menjadi solusi yang membantu dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang kompleks secara lebih cepat dan akurat. Secara sederhana sistem tersebut harus mampu menganalisa jenis kerusakan *runway* secara *real time* untuk menghasilkan output berupa informasi jenis kerusakan yang nantinya akan menjadi data catatan oleh teknisi, sekaligus sebagai data bagi sistem yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan nilai PCI perkerasan. beberapa penelitian yang berkaitan dengan sistem deteksi dan perhitungan seperti penelitian (Pramestya dkk., 2018) dengan judul “Deteksi Dan Klasifikasi Kerusakan Jalan Aspal Menggunakan Metode Yolo Berbasis Citra Digital”, penelitian ini mendeteksi dan mengklasifikasi citra kerusakan jalan dengan menggunakan metode YOLO. Jenis kerusakan jalan yang diidentifikasi sebanyak tiga jenis, yaitu kerusakan jalan jenis lubang, retak garis dan retak non-garis. Metode YOLO telah memberi hasil yang baik dalam identifikasi objek pada citra.

Terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh (Wahab, 2022) dengan judul “Rancang Bangun *Software* Aplikasi *Pavement Condition Index* Untuk Evaluasi Kondisi Perkerasan Bandara”. Pada penelitian ini merancang software aplikasi penilaian atau *rating* metode PCI secara otomatis dibandingkan dengan perhitungan manual. Namun dalam pembacaan nilai *Deduct value* pada grafik

kerusakan, software ini masih menggunakan cara manual mengingat grafik dalam format JPG belum bersifat responsif terhadap data yang di input. Permasalahan pada kedua penelitian sebelumnya yaitu masih belum terdapat itegrasi antara satu sistem dengan sistem lainnya.

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan kajian penelitan terdahulu, penulis mengambil judul penelitan mengenai “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* dan Perhitungan Nilai *Pavement Condition Index* Pada *Runway* Berbasis *Website*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun dan mengintegrasikan dua sistem yang nantinya mampu mendeteksi jenis kerusakan dan menghitung nilai PCI secara otomatis. Dengan adanya sistem yang dirancang, diharapkan dapat meningkatkan keselamatan penerbangan dan memperpanjang umur landas pacu. Penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi pemeliharaan infrastruktur penerbangan.

B. Rumusan Masalah

Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem *monitoring* berbasis *website* yang mampu melakukan perhitungan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) dengan memanfaatkan teknologi *machine learning* untuk mendeteksi jenis kerusakan perkerasan, serta menerapkan metode interpolasi untuk melakukan perhitungan nilai PCI secara otomatis guna meningkatkan akurasi dan efisiensi inspeksi kondisi perkerasan sesuai standar ASTM D5340 dan FAA?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang penulis teliti dibatasi pada rancang bangun sistem *monitoring* perhitungan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) berbasis *website* secara otomatis. Sistem ini difokuskan untuk mendukung program pemeliharaan kondisi perkerasan pada bandar udara. Ruang lingkup penelitian hanya mencakup pengembangan sistem hingga tahap uji coba pertama (uji coba terbatas).

D. Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem *monitoring* pada metode perhitungan *Pavement Condition Index* (PCI) secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *machine learning* dalam mendeteksi jenis kerusakan perkerasan dan dapat melakukan perhitungan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) secara efisien berdasarkan hasil deteksi jenis kerusakan yang teridentifikasi, sehingga dapat memberikan penilaian yang akurat terhadap kondisi *runway* sesuai standar ASTM D5340 dan FAA.

E. Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapat dari penulisan proposal tugas akhir ini adalah:

1. Manfaat Teknologi

Dengan pemanfaatan teknologi *image processing* dalam *monitoring runway* dan pemanfaatan teknologi perhitungan nilai *Pavement Condition Index* (PCI), dapat menghasilkan sistem yang nantinya dapat di terapkan di bandar udara dalam implementasi teknologi di dunia penerbangan.

2. Manfaat Keselamatan

Dengan adanya sistem *monitoring* dan melakukan perhitungan nilai PCI secara otomatis, sistem ini dapat memberikan saran serta masukan untuk melakukan perbaikan pada kerusakan yang dialami *runway* sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan keamanan penerbangan.

3. Manfaat Ekonomi

Dengan adanya sistem *monitoring* dan perhitungan nilai PCI dapat membantu efisiensi waktu dan mengurangi biaya pemeliharaan.

4. Manfaat Akademis

Dengan sistem aplikasi *monitoring* dan perhitungan nilai PCI diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang pendidikan terutama pada mata kuliah pemeliharaan konstruksi perkerasan.

F. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis, penyusunan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, masing-masing diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori dasar dan kajian – kajian relevan yang berfungsi sebagai penunjang dan pendukung dari sistem yang akan dibuat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menyajikan tentang perancangan sistem keseluruhan termasuk di dalamnya blok diagram dan flowchart, perancangan dan pembuatan alat, dan prinsip dasar cara kerja alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan pembahasan utama yaitu studi tentang pembahasan sistem *monitoring* kerusakan dan perhitungan nilai *Pavement Condition Index (PCI) runway*.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari semua hasil yang telah dilakukan pada tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

Pada bab ini akan membahas teori-teori yang mendukung penelitian, termasuk konsep sistem *monitoring* infrastruktur bandara, metode *Pavement Condition Index* (PCI) dalam penilaian kondisi perkerasan, pemanfaatan kecerdasan buatan dalam deteksi kerusakan *runway*, serta metode Interpolasi *linier* dalam perhitungan nilai PCI. Teori-teori ini akan menjadi acuan dalam perancangan dan implementasi sistem yang dikembangkan agar dapat bekerja secara optimal sesuai dengan kebutuhan pengelolaan *runway* bandara.

1. Fasilitas Sisi Udara

Fasilitas sisi udara atau *airside facility* adalah bagian dari bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan untuk umum, yang dimana tempat setiap orang, barang dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan atau memiliki izin khusus (Isa, 2021). Dalam penelitian lain juga menjelaskan bahwa fasilitas sisi udara merupakan fasilitas pergerakan pesawat dan fasilitas ini harus memenuhi kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan (Seno & Ahyudanari, 2015). Fasilitas ini terdiri dari *runway*, *taxiway*, maupun *apron*. Fasilitas sisi udara sangat penting bagi suatu bandar udara mengingat seluruh pergerakan pesawat menggunakan fasilitas tersebut mulai dari *landing*, *take off* ataupun parkir pesawat, oleh karena itu seluruh fasilitas harus selalu dalam keadaan baik untuk memastikan keamanan dan keselamatan operasional penerbangan.

2. Landas Pacu (*Runway*)

Annex 14 *Aerodrome*, landas pacu atau *runway* adalah area permukaan yang dipersiapkan untuk lepas landas atau pendaratan pesawat terbang (ICAO, 2018). *Runway* atau landas pacu merupakan fasilitas yang paling diperlukan oleh suatu bandara sebagai tempat proses lepas landas dan pendaratan suatu pesawat, Kecepatan tinggi dari pesawat membutuhkan kondisi *runway* yang harus memenuhi persyaratan berkaitan dengan keselamatan penerbangan

(Saputri & Ginusti, 2022). Oleh karena itu *runway* merupakan fasilitas yang sangat kritis dan sangat rawan akan kerusakan, maka fasilitas ini harus memenuhi kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan, supaya dapat memastikan *runway* selalu berada dalam kondisi baik maka diperlukan pemeliharaan dan perawatan perkerasan secara rutin agar dapat dilakukan pencegahan dan perbaikan kerusakan secepat mungkin.

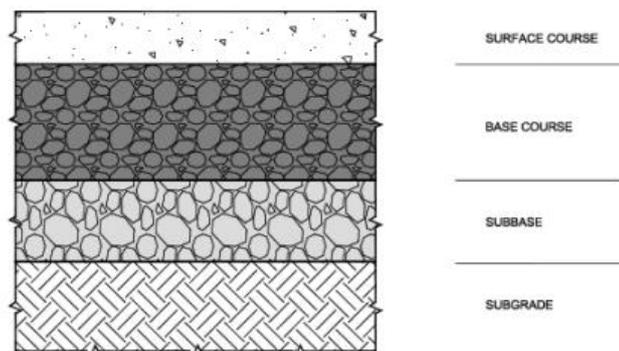
3. Perkerasan Lentur (*Flexible pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan dengan material berupa campuran agregat dengan aspal. Jenis perkerasan ini sering digunakan sebagai konstruksi perkerasan pada *runway* bandar udara karena beberapa kelebihan, seperti biaya awal konstruksi yang rendah dan waktu pelaksanaan perbaikan yang lebih cepat dibandingkan dengan perkerasan kaku (Prayoga & Sukirman, 2018). Selain itu, perkerasan lentur memberikan fleksibilitas yang menciptakan kenyamanan bagi kendaraan yang melintas dan beban kendaraan diteruskan ke tanah dasar dengan sebaran luasan distribusi yang kecil sehingga tegangan yang terjadi pada tanah dasar besar (Sumiyanto & Yanto, 2023). Oleh karena itu pada konstruksi perkerasan lentur memiliki beberapa lapis perkerasan seperti:

- a. Lapis Permukaan (*Surface Course*), Lapisan *surface* merupakan lapisan teratas dalam struktur perkerasan yang langsung menerima beban dari aktivitas di permukaan, seperti pergerakan pesawat. Oleh karena itu, lapisan ini harus memiliki kekuatan dan ketahanan yang tinggi untuk mampu menahan beban berat selama operasional penerbangan.
- b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), Lapisan *base Course* adalah lapisan kedua setelah lapis permukaan. Lapisan ini berfungsi menahan beban roda yang disalurkan dari lapis permukaan untuk disalurkan ke lapisan dibawahnya.
- c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*), lapisan yang terletak di antara lapisan pondasi utama dan lapisan pondasi bawah. Pemilihan dan penggunaan material pada lapisan ini harus efisien dan tepat guna untuk

mengurangi ketebalan lapisan di atasnya, sehingga dapat mengurangi biaya konstruksi.

- d. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*), Tanah dasar merupakan elemen krusial dalam struktur perkerasan lentur, karena berperan penting dalam menopang konstruksi perkerasan serta menahan beban lalu lintas yang diteruskan dari lapisan di atasnya. Oleh karena itu, tanah dasar harus memiliki daya dukung yang tinggi. Fungsinya adalah sebagai fondasi utama tempat berdirinya seluruh lapisan perkerasan. Gambar II. 1 berikut adalah lapisan perkerasan lentur:



Gambar II. 1 Lapisan perkerasan lentur
Sumber: FAA AC No: 150/5320-6F

Pada penerapannya perkerasan lentur juga rentan terhadap kerusakan, seperti kurang tahan terhadap beban berat terkena beban yang melebihi kapasitasnya, kurang tahan terhadap genangan air, dan penyebaran beban yang tidak efisien sehingga lapisan permukaan dapat mengalami deformasi, seperti rutting atau lendutan (Wiyanti, 2011).

4. Jenis Kerusakan

Terdapat beberapa jenis kerusakan pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang sering terjadi pada konstruksi perkerasan *runway*. Berdasarkan KP 94 Tahun 2015 terdapat beberapa kerusakan yang sering terjadi seperti pada Tabel II.1 berikut:

Tabel II. 1 Jenis kerusakan

No	Jenis Kerusakan	Deskripsi Singkat
1	Retak Memanjang dan Melintang (<i>Longitudinal and Transversal Cracking</i>)	Retak tunggal tanpa cabang yang sejajar atau berlawanan arah.
2	Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Crack</i>)	Retak menyerupai sisik kulit buaya dengan celah > 3 mm.
3	Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	Retak berbentuk blok segi empat yang saling bersambungan.
4	Retak Slip (<i>Slippage Crack</i>)	Retak berbentuk jejak roda yang mengalami penurunan.
5	Retak Reflektif Sambungan (<i>Joint Reflection Crack</i>)	Retak yang muncul pada permukaan aspal di lokasi overlay.
6	Pelepasan Butiran dan Pelapukan (<i>Weathering and Raveling</i>)	Lepasnya butiran agregat yang menyebabkan lubang pada perkerasan.
7	Lubang (<i>Pothole</i>)	Kerusakan lanjutan dari pelepasan agregat yang tidak diperbaiki.
8	Pengelupasan Aspal (<i>Asphalt Stripping</i>)	Pengelupasan lapisan permukaan akibat pelapisan yang tidak sempurna.
9	Erosi Semburan (<i>Jet Blast Erosion</i>)	Permukaan aspal terbakar dan menghitam akibat semburan jet.
10	Tambalan dan Galian (<i>Patching and Utility Cuts</i>)	Perkerasan yang ditambal setelah pembongkaran, sering mengalami penurunan.
11	Lendutan di Jalur Roda (<i>Rutting</i>)	Perbedaan elevasi akibat beban pesawat yang menyebabkan genangan air.
12	Gelombang (<i>Corrugation</i>)	Permukaan landasan bergelombang dan tidak rata.
13	Penurunan Setempat (<i>Depression</i>)	Permukaan perkerasan mengalami penurunan akibat beban berlebih.
14	Mengembang (<i>Swelling</i>)	Permukaan perkerasan naik, menyebabkan retaknya aspal.
15	Agregat Licin (<i>Polished Aggregate</i>)	Permukaan menjadi licin akibat material yang tidak tahan aus.
16	Tumpahan Minyak (<i>Oil Spillage</i>)	Permukaan aspal rusak akibat tumpahan minyak atau cairan kimia.

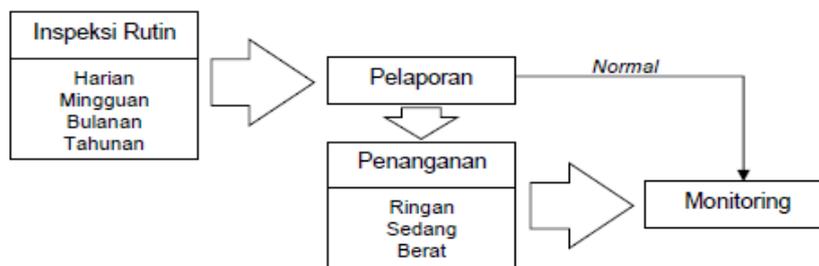
No	Jenis Kerusakan	Deskripsi Singkat
----	-----------------	-------------------

17	Keluarnya Material Aspal ke Permukaan (<i>Bleeding</i>)	Aspal lunak akibat panas, menyebabkan jejak roda pada permukaan.
----	-----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Sumber: KP 94 Tahun 2015

5. Pemeliharaan Perkerasan

Kegiatan pemeliharaan dan perbaikan berdasarkan KP 94 Tahun 2015, menjelaskan tentang pelaksanaan kegiatan dilakukan untuk dapat memastikan seluruh fasilitas sisi udara selalu berada dalam kondisi baik, maka diperlukan program inspeksi rutin harian yang nantinya hasil inspeksi akan dilaporkan secara update ke tower sebagai operasional pengatur lalu lintas udara. Di bandara Sultan Mahmud Badaruddin II kegiatan inspeksi rutin yang dilakukan unit *Airport Air Side Facilities Departement (AASFD)* dilakukan 2 kali dalam sehari, yaitu pada pukul 05.00 sebelum penerbangan pertama dan siang hari pada pukul 12.30. Gambar II. 2 berikut adalah alur pelaporan kegiatan pemeliharaan fasilitas sisi udara:



Gambar II. 2 Diagram alur pelaporan

Sumber: KP 94 2015

Adapun jenis inspeksi rutin yang dilakukan oleh teknisi dalam memastikan kondisi konstruksi perkerasan bandar udara seperti *runway*, *taxiway* dan *apron* dalam kondisi baik dan dapat digunakan dengan aman seperti pada Tabel II.2:

Tabel II. 2 Jenis inspeksi

Jenis Inspeksi	Kegiatan
Harian	<p>Kegiatan pengamatan pada konstruksi perkerasan guna mengamati sekaligus membersihkan bila terdapat benda asing/genangan air yang mengganggu keselamatan penerbangan dan membuat catatan untuk pelaporan bila terdapat kerusakan/potensi kerusakan pada perkerasan.</p>
Mingguan	<p>Melakukan rekapitulasi dan analisa laporan harian sebagai bagian dari program pemeliharaan konstruksi perkerasan untuk mengamati daerah-daerah yang sering terdapat benda asing/genangan air dan daerah-daerah yang dilakukan perbaikan.</p> <p>Inspeksi ini fokus pada area dimana terdapat potensikerusakan atau pada area dimana kerusakan mulai terjadi sesuai yang tercatat dalam laporan harian.</p>
Bulanan	<p>Pemeriksaan dilakukan secara menyeluruh untuk perkerasan prasarana sisi udara. Hasil evaluasi dapat dilakukan sebagai bagian dari perencanaan penanganan kerusakan.</p>
Tahunan	<p><i>Review</i> komprehensif dari pengamatan dan perbaikan yang dilakukan dari tahun anggaran terbaru berikut biaya yang dikeluarkan. <i>Review</i> juga dilakukan terhadap tahun anggaran sebelumnya.</p>

Sumber: KP 94 2015

Tujuan dalam pemeliharaan perkerasan prasarana sisi udara adalah:

- a. Menghilangkan penyebab kerusakan perkerasan prasarana sisi udara dan membuat langkah - langkah pencegahan.
- b. Menemukan lokasi kerusakan pada tahap sedini mungkin, untuk dilakukan penanganan sementara dan/atau merencanakan perbaikan permanen secepat mungkin.

Didalam program pemeliharaan perkerasan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang maupun bandara lain di Indonesia, setiap bandara

harus memiliki program kerja yang memperhitungkan keselamatan tinggi, handal dan berkelanjutan.

6. *Monitoring*

Monitoring atau sistem pengawasan adalah suatu upaya yang sistematis untuk menetapkan kinerja standar pada perencanaan untuk merancang sistem umpan balik informasi, untuk membandingkan kinerja aktual dengan standar yang telah ditentukan, untuk menetapkan apakah telah terjadi suatu penyimpangan tersebut, serta untuk mengambil tindakan perbaikan yang diperlukan untuk menjamin bahwa semua sumber daya perusahaan atau organisasi telah digunakan seefektif dan seefisien mungkin guna mencapai tujuan perusahaan atau organisasi (Widiastuti & Susanto, 2014). Sistem *monitoring* pada inspeksi *runway* bertujuan untuk memastikan tidak terdapat benda asing ataupun kerusakan pada konstruksi perkerasan.

7. Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Metode *Pavement Condition Index (PCI)* adalah rating numerik kondisi perkerasan jalan yang nilainya berkisar antara 0 sampai 100 yang mana nilai 0 (nol) menunjukkan kondisi terburuk dan 100 merupakan kondisi terbaik (*Federal Aviation Administration*, 2016). Metode perhitungan nilai PCI perkerasan digunakan dalam pemeliharaan rutin yang dilakukan untuk menentukan nilai kondisi perkerasan *runway*. Metode PCI ini digunakan sebagai parameter penilaian kondisi actual yang terjadi di perkerasan *runway* berdasarkan penglihatan visual (*American Society for Testing and Materials D.6433*, 2023).

Nilai PCI memiliki peran penting karena dapat dimanfaatkan untuk menilai kondisi perkerasan secara objektif, menetapkan skala prioritas dalam kegiatan pemeliharaan atau rehabilitasi, serta merencanakan kebutuhan rekonstruksi. Penilaian ini dilakukan dengan mengevaluasi tingkat kerusakan dan kondisi perkerasan di area sisi udara bandara berdasarkan metode PCI. Dalam penelitian ini, pengumpulan data difokuskan pada tingkat kerusakan permukaan perkerasan serta analisis efisiensi biaya pemeliharaan perkerasan sisi udara, yang dilihat dari aspek fungsionalitas dan kondisi aktual kerusakan

pada permukaan perkerasan tersebut. Dalam penentuan nilai PCI dapat didapatkan dengan proses perhitungan sebagai berikut:

a. Penentuan jumlah unit sample

Menentukan jumlah sampel diperlukan untuk menentukan jumlah sampel minimum sebelum melakukan perhitungan dan penentuan jenis kerusakan, dilakukan perhitungan dalam menentukan jumlah sampel minimum. Dalam Penentuan unit sampel (n) mengacu pada peraturan ASTM D 5340-12 tentang *Standard Test Method Pavement Condition Index (American Society for Testing and Materials D.5340, 2023)*. Untuk penentuan sampel dengan luas unit sampel menggunakan persamaan ($450 \pm 180 \text{ m}^2$). Perhitungan unit sampel dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{N s^2}{\frac{e^2}{4}(N-1)+s^2} \quad (1)$$

dengan:

N = jumlah total unit sampel dalam suatu bagian perkerasan,

e = kesalahan yang diizinkan dalam estimasi dari bagian *PCI* ($e = 5$)

s = standar deviasi dari *PCI* antara unit sampel di dalam bagiannya (untuk perkerasan lentur, $s = 10$)

n = jumlah minimum unit sampel

b. Penentuan jenis, tingkat dan ukuran kerusakan

Identifikasi kerusakan dilakukan ketika observasi dengan menentukan jenis kerusakan. Berdasarkan (*American Society for Testing and Materials D.5340, 2023*), jenis kerusakan perkerasan lentur berjumlah 16 yaitu *alligator cracking, bleeding, block cracking, corrugation, depression, jet blast, oil spillage, joint reflection, longitudinal and transverse cracking, patching, polished aggregate, rutting, shoving, slippage cracking, swell, weathering and ravelling*. Observasi dilakukan dengan menentukan tingkat kerusakan, tingkat kerusakan yaitu 3 tingkat yaitu *Low Severity Level (L)*, *Medium Severity Level (M)*, dan *High Severity Level (H)* dan mengukur ukuran luasan kerusakan yang ditemukan.

c. Menghitung *Density* Kerusakan

Density merupakan nilai presentase yang didapatkan dengan membagi total luasan tiap jenis kerusakan dengan luas lokasi perhitungan tiap sampel unit berdasarkan jenis kerusakan. Dalam perhitungan nilai *density* dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (2)$$

Atau

$$Density = \frac{Ld}{As} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

Ad = Luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m²)

Ld = Panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m)

As = Luas total unit segmen (m²).

d. Menentukan *Deduct value* (DV)

Deduct value adalah nilai pengurangan yang ditentukan berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan. Setiap jenis kerusakan memiliki nilai pengurangan yang berbeda, dan nilai ini dihitung berdasarkan grafik yang telah ditentukan. Contoh bacaan grafik DV pada Gambar II. 3 berikut:

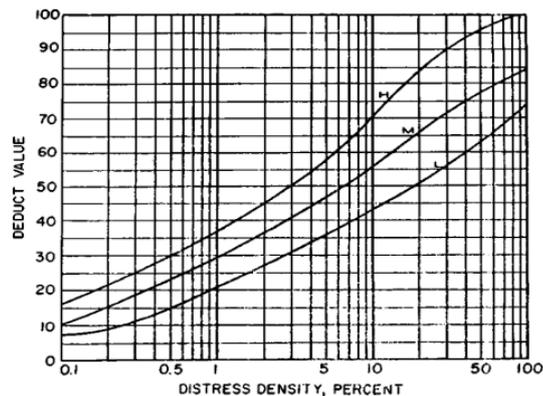


FIG. X3.1 Distress 1, Alligator Cracking

Gambar II. 3 Grafik *aligator cracking*

Sumber: ASTM D5340 (2023)

- e. Menentukan *Corrected Deduct value* (CDV) dan *Total Deduct value* (TDV)
 TDV adalah nilai total dari tiap *Deduct value* dalam suatu sampel perhitungan. CDV adalah nilai akhir yang digunakan untuk pengurang dalam menentukan nilai PCI sampel. CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dan CDV dengan penentuan nilai sesuai lengkung kurva dengan jumlah nilai *deduct value*. Ini dilakukan untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi kerusakan. Nilai CDV dapat ditentukan dari grafik pada Gambar II. 4 berikut:

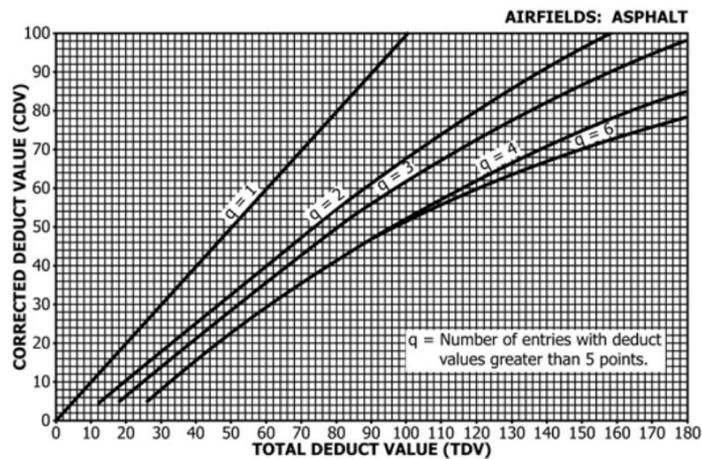


FIG. X3.20 Corrected DVs for Flexible Airfield Pavement

Gambar II. 4 Grafik Corrected Deduc Value
 Sumber: ASTM D5340 (2023)

Penentuan Nilai PCI

Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai PCI dengan melakukan pengurangan dengan nilai CDV yang telah diketahui. Nilai PCI untuk tiap unit dapat diketahui dengan persamaan di bawah ini:

$$PCI(s) = 100 - CDV \quad (4)$$

dengan:

$PCI(s)$ = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit sampel.

CDV = *Corrected Deduct value* untuk tiap unit.

Untuk menentukan nilai PCI secara keseluruhan sampel digunakan rumus:

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N} \quad (5)$$

dengan:

PCI = Nilai PCI perkerasan keseluruhan.

Σ PCI(s) = Total nilai PCI seluruh sampel.

N = Jumlah sampel unit.

f. Analisis Rekonstruksi Kerusakan Perkerasan

Nilai PCI total adalah rata-rata nilai PCI dari setiap sampel perhitungan.

Setelah nilai PCI total diketahui, dilakukan perbandingan dengan parameter kondisi perkerasan. Parameter dapat dilihat pada Gambar II. 5 berikut:

Good 86 – 100
Satisfactory 71 – 85
Fair 56 – 70
Poor 41 – 55
Very Poor 26 – 40
Serious 11 – 25
Failed 0 – 10

Gambar II. 5 Parameter kondisi perkerasan

Sumber: ASTM D5340 (2023)

Melakukan analisis hasil perhitungan, dengan melakukan rekayasa cara atau metode penanganan yang tepat untuk melakukan perbaikan kerusakan, seperti yang ada pada Tabel II. 3 berikut:

Tabel II. 3 Saran penanganan kerusakan

No	STA	JENIS		KATEGORI	CARA PENANGANAN
		KERUSAKAN	KODE		
1	0+000 – 0+200	<i>Aligator</i> <i>Cracking</i>	84	<i>Satisfactor</i> <i>y</i>	Penanganan dapat dilakukan dengan mengisi retakan tersebut dengan sealant seperti asphalt emulsion atau modified bitumen sealant.

8. Artificial Intelligence (AI)

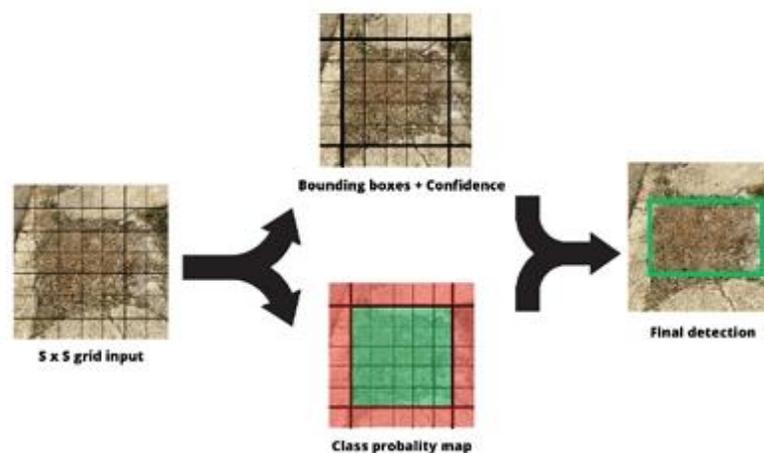
Artificial Intelligence (AI) merupakan cabang ilmu multidisiplin yang bertujuan untuk mengotomatiskan berbagai aktivitas yang sebelumnya memerlukan kecerdasan manusia. Kolaborasi antara manusia dan AI memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih objektif dan minim pengaruh dari nilai-nilai pribadi. Salah satu pencapaian terbaru dalam bidang AI adalah kemampuannya untuk secara otomatis menyesuaikan perangkat keras sesuai dengan kebutuhan spesifik pengguna. (Wahyudi, 2023). *Artificial Intelligence* memiliki beberapa jenis algoritma diantaranya pembelajaran mesin *Machine learning* merupakan teknologi yang memungkinkan mesin untuk menganalisis data dan mempelajari informasi dari data tersebut, sehingga dapat melakukan tugas tertentu secara otomatis. Dalam perkembangannya *machine learning* memiliki beberapa metode untuk menjalankan dan menganalisis suatu perintah dalam tulisan ini penulis menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO), berikut ini penjelasan metode YOLO:

a. Metode *You Only Look Once* (YOLO)

Salah satu teknik *machine learning* yang digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis gambar atau objek adalah *image processing*. *image processing* merupakan teknologi deteksi objek yang bisa diterapkan di berbagai aspek untuk membantu navigasi karena cara kerjanya yang bisa menyerupai sistem penglihatan manusia. Proses *monitoring* dilakukan

dengan kamera secara realtime kemudian di proses dengan menggunakan metode YOLO untuk mendeteksi (F. Kamil, 2023).

YOLO merupakan metode deteksi objek dengan program pemberian data yang sudah disimpan ke dalam dataset. Sehingga kinerja mesin tersebut akan meningkat dan memiliki pengalaman dikarenakan banyaknya data yang menjadi sampel pelatihan pada program tersebut dan nantinya akan menghasilkan prediksi kelas dan menunjukkan posisi objek seperti pada Gambar II. 6. Metode ini digunakan karena mampu melakukan deteksi dengan cepat. Tujuan dari algoritma YOLO ini digunakan adalah karena mampu memberikan informasi objek dengan cepat dan akurat (M. A. Kamil & Djaksana, 2024)



Gambar II. 6 Cara kerja YOLO

Sumber: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (2024)

Deteksi objek menggunakan pendekatan *Grid* yang umum digunakan dalam algoritma seperti *You Only Look Once* (YOLO). Berikut adalah penjelasan cara kerjanya:

1) Pembagian *Grid* pada Gambar *Input* (*SxS Grid on Input*):

Gambar *input* (misalnya foto jalan yang mengalami kerusakan) dibagi menjadi *Grid* berukuran $S \times S \times S \times S$, di mana setiap sel *Grid* bertanggung jawab untuk mendeteksi objek yang pusatnya berada di dalam sel tersebut.

2) Prediksi *Bounding Box* dan *Class Probability*:

Untuk setiap sel *Grid*, model menghasilkan sejumlah prediksi *Bounding Box* (kotak yang mengelilingi objek) dengan atribut seperti:

- a) Koordinat (x, y) dari pusat kotak relatif terhadap sel.
- b) Dimensi kotak (lebar dan tinggi).
- c) Confidence score: keyakinan bahwa kotak tersebut mengandung objek.

Selain itu, model juga menghasilkan peta probabilitas kelas (Class Probability Map), yang menunjukkan kemungkinan kehadiran berbagai kelas objek (misalnya kerusakan jalan) di setiap sel *Grid*.

3) Pembuatan *Bounding Boxes*:

Setelah prediksi dilakukan, *Bounding Box* yang memungkinkan akan dihasilkan berdasarkan data koordinat dan dimensi dari prediksi model.

4) Deteksi Akhir (*Detections*):

Proses seleksi dilakukan, termasuk: *Non-Maximum Suppression* (NMS): Menghapus kotak-kotak yang tumpang tindih terlalu banyak dan mempertahankan kotak dengan *confidence score* tertinggi.

Hasil akhirnya adalah deteksi objek dengan *Bounding Box* yang jelas serta label kelas objek (misalnya jenis kerusakan jalan berlubang).

9. Metode *Interpolation*

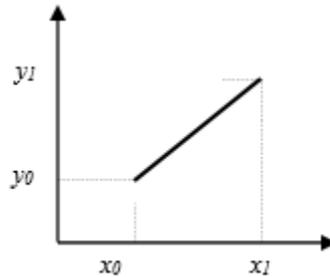
Metode *Interpolation* atau Interpolasi merupakan teknik untuk mencari suatu nilai diantara dua nilai yang diketahui, metode interpolasi memiliki beberapa jenis diantaranya Interpolasi *linier*, Interpolasi kuadrat, Interpolasi polinomial newton dan Interpolasi lagrange (Rosidi, 2019). Pada penelitian ini digunakan metode interpolasi linier yang merupakan teknik untuk memperkirakan nilai di antara dua titik dengan rentang tertentu berdasarkan suatu fungsi persamaan. Metode ini bekerja dengan menghubungkan dua titik yang memiliki hubungan linier, sehingga nilai pada titik-titik di antara keduanya dapat dihitung secara proporsional sesuai garis lurus yang terbentuk di antara kedua titik tersebut (Gede dkk., 2021). Dua buah titik yaitu (x₀, y₀) dan (x₁, y₁). Persamaan garis lurus yang terbentuk dari polinom yang mengInterpolasi dua titik nilai, dapat dilihat pada persamaan (6) sebagai berikut:

$$P(x) = a_0 + a_1x \quad (6)$$

$P(x)$ = nilai taksiran (hasil interpolasi) pada titik x

a_0 = konstanta (intersep) dari garis

a_1x = koefisien gradien (kemiringan garis)



Gambar II. 7 Grafik Interpolasi

Sumber: Jurnal Sains Komputer & Informatika (2021)

Gambar II. 7 menunjukkan garis lurus yang mengInterpolasikan titik (x_0, y_0) dan (x_1, y_1) . Dalam menentukan persamaan dari Interpolasi linear dari nilai yang berada pada titik $P_1(x_0, y_0)$ dan $P_2(x_1, y_1)$, dapat dilihat pada persamaan (7) sebagai berikut:

$$\frac{y-y_0}{y_1-y_0} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \quad (7)$$

Sehingga untuk menentukan nilai persamaan dari Interpolasi linear, dapat dilihat pada persamaan (8) sebagai berikut:

$$y = \frac{y_1-y_0}{x_1-x_0} x (x - x_0) + y_0 \quad (8)$$

dengan:

y = Nilai pada grafik (y) yang ingin dicari

y_1 = Nilai y_1 yang sudah diketahui

y_0 = Nilai y_0 yang sudah diketahui

x = Nilai x pada grafik (x) yang ingin dicari nilai y nya

x_1 = Nilai x_1 yang sudah diketahui

x_0 = Nilai x_0 yang sudah diketahui

10. *Website dan Webcam*

Kamera *webcam* adalah sebuah periferal (perangkat tambahan) berupa kamera pengambil gambar, video dan mikrofon sebagai pengambil audio yang dikendalikan oleh komputer atau jaringan computer. Media transmisi pada kamera *webcam* biasanya menggunakan kabel USB, sehingga mempermudah pengguna untuk menggunakannya dengan sistem *plug and play* (Yuliani, 2022).

Menurut (Mukti, 2018), *website* atau situs dapat diartikan sebagai kumpulan halaman-halaman yang digunakan untuk menampilkan informasi teks, gambar diam atau gerak, animasi, suara, dan atau gabungan dari semuanya itu baik yang bersifat statis maupun dinamis yang membentuk satu rangkaian bangunan yang saling terkait dimana masing-masing dihubungkan dengan jaringan-jaringan halaman (*hyperlink*).

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Andrean (2016), dengan tujuan melakukan analisis perbandingan hasil perhitungan nilai *Pavement Condition Index* pada ruas jalan Magelang-Yogya dengan metode manual dan menggunakan aplikasi *Road Evaluation and Monitoring System* (REMS). Penelitian ini memiliki persamaan berupa metode penilaian yang digunakan dalam menilai konstruksi perkerasan sama yaitu metode PCI, kemudian hasil perhitungan yang didapat dibandingkan antara hasil perhitungan manual dengan aplikasi.

Penelitian Bakri (2019), pada penelitian ini peneliti melakukan analisis perbandingan hasil penilaian kerusakan jalan pada ruas jalan Surakarta sampai dengan Sragen dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) manual dengan aplikasi REMS. Penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian yang sedang dilakukan yaitu metode penilaian yang digunakan dalam menilai konstruksi perkerasan sama yaitu metode PCI, kemudian hasil perhitungan yang didapat dibandingkan antara hasil perhitungan manual dengan aplikasi.

Penelitian Maharani dkk., (2023) melakukan analisa perhitungan nilai PCI pada *runway* Bandara Umu Meheng Kunda Airport Waingapu untuk mengetahui nilai PCI total dan rekomendasi perbaikan pada *runway*, teknik pengumpulan data dan perhitungan nilai PCI masih dilakukan dengan manual dengan hanya mengambil beberapa sampel area yang didapatkan dari hasil perhitungan luas. Persamaan pada penelitian ini berupa metode penilaian yang digunakan dengan metode PCI dan lokasi peneliti melakukan penilaian pada *runway* bandara.

Penelitian Widiyanto (2017) yang bertujuan untuk melakukan perhitungan nilai PCI pada *runway* Bandara Halim Perdanakusuma untuk mengetahui nilai PCI total dan rekomendasi perbaikan pada *runway*, metode pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data kerusakan keseluruhan *runway* dan perhitungan yang digunakan masih secara manual. Relevansi dengan penelitian ini berupa metode penilaian yang digunakan adalah penilaian PCI dan objek yang diteliti berupa *runway*.

Penelitian Yamali dkk., (2020) yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perkerasan pada ruas jalan Jambi lintas Muara Bulian dengan analisis *Performance* permukaan jalan yang menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI), metode ini digunakan untuk mendapatkan presentase pemetaan jenis kerusakan yang ada pada jalan dan untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan. Persamaan dengan penelitian ini adalah metode penilaian yang digunakan untuk mengetahui kondisi perkerasan dengan metode PCI.

Penelitian Tajuddin dkk., (2024). Pada penelitian ini peneliti melakukan perhitungan nilai dengan metode manual PCI pada *runway* Bandara Depati Parbo Kerinci untuk mengetahui nilai PCI total, pengumpulan data hanya mengambil beberapa sampel yang didapatkan dari hasil perhitungan luasan *runway*, hasil perhitungan *runway* digunakan sebagai rujukan perbaikan kerusakan. Persamaan pada penelitian ini berupa metode penilaian yang digunakan dan lokasi penelitian pada bandara.

Penelitian Hartomo (2006) yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan metode interpolasi linear untuk menyelesaikan persoalan pembesaran resolusi citra suatu gambar sehingga ukuran gambar dapat diperbesar dari gambar aslinya dengan menghitung nilai kemungkinan titik titik kontrol untuk transformasi gambar. Relevansi dengan penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai yang belum diketahui dari suatu grafik atau gambar dengan interpolasi linier.

Penelitian Simamora dkk., (2021) bertujuan untuk mendeteksi secara dini virus covid-19 pada pasien dengan menggunakan metode Marine Predators Algorithm (MPA) dan Interpolasi Linier. Kedua metode tersebut digunakan untuk membaca file gambar melalui hasil CT Scan paru pasien sehingga dapat menghasilkan nilai yang akurat dalam waktu yang singkat. Relevansi dengan penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai yang belum diketahui dari suatu gambar dengan metode interpolasi linier.

Penelitian Swasnita dkk., (2015). Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode interpolasi linier untuk mencari suku bunga yang belum diketahui dari selisih nilai angsuran per bulan pada data tabel suku bunga leasing. Persamaan dengan penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai yang belum diketahui dengan metode interpolasi linier.

Penelitian Prasetyo dkk., (2024) bertujuan untuk mencari nilai rata-rata atau mean dalam peramalan kenaikan harga logam mulia, untuk memetakan peramalan harga logam mulia peneliti melakukan perhitungan nilai harga dengan metode interpolasi linier. Persamaan dengan penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk meramal nilai yang belum diketahui dengan metode interpolasi linier.

Penelitian Setyono dkk., (2013) bertujuan untuk menerapkan metode interpolasi linier dalam mendeteksi garis lurus pada bidang gambar. Proses penelitian dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi titik-titik awal, lalu

dikembangkan dengan menghubungkan titik-titik yang berdekatan. Selanjutnya, titik-titik yang telah diperoleh diinterpolasikan dengan titik lainnya untuk menentukan apakah titik-titik tersebut membentuk sebuah garis lurus sesuai dengan prinsip interpolasi linier. Proses ini terus berlanjut hingga seluruh titik pada gambar terdeteksi dan selesai diinterpolasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode interpolasi linier efektif digunakan untuk mendeteksi garis lurus, bahkan dalam kondisi garis saling bertumpuk. Hal ini menunjukkan bahwa pendeteksian garis lurus masih dapat dilakukan secara akurat. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya dalam hal penggunaan metode interpolasi linier serta objek yang diteliti, yaitu berupa gambar atau citra.

Penelitian Sasmito dkk., (2023) bertujuan untuk mendeteksi jenis kerusakan jalan di Kota Semarang menggunakan arsitektur *You Only Look Once* (YOLO). Jenis kerusakan yang dideteksi dibatasi pada retak dan lubang. Sistem dilatih menggunakan dataset citra jalan, lalu diuji untuk menilai kemampuan deteksi otomatisnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kerusakan dengan akurasi sebesar 88%. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang sedang dilakukan terletak pada penggunaan metode YOLO sebagai model deteksi visual.

Penelitian Ukhwah dkk., (2019) yang menggunakan pendekatan *Convolutional Neural Network* dengan deteksi menggunakan arsitektur YOLO. Penelitian ini diterapkan untuk melakukan deteksi kerusakan pada jalan. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan hasil akurasi pendeteksian 3 arsitektur YOLO yaitu Yolo v3, Yolo v3 Tiny dan Yolo v3 SPP. Persamaan pada penelitian ini adalah sistem yang digunakan YOLO untuk mendeteksi jenis kerusakan yang dialami perkerasan.

Penelitian Supriyanto (2020) tujuan penelitian ini adalah untuk merapkan metode *You Only Look Once* (YOLO) model v3 untuk melakukan pengenalan kerusakan pada jalan melalui data video. Data yang akan digunakan adalah data primer yang terdiri dari beberapa jenis kerusakan jalan yaitu retak garis

memanjang longitudinal crack, retak garis melintang (Lateral Crack), retak kulit buaya (Alligator Crack), dan lubang (Pothole). Persamaan pada penelitian ini adalah sistem yang digunakan YOLO untuk mendeteksi jenis kerusakan pada perkerasan lentur.

Penelitian Dimas dkk., (2022) yang bertujuan untuk melakukan perhitungan nilai PCI secara manual pada *runway* di bandara Yogyakarta *International Airport*, hal ini dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi pemeliharaan terhadap *runway*. Relevansi dengan penelitian ini berupa metode penilaian yang digunakan adalah PCI, lokasi penelitian pada *runway* bandar udara dan mendapatkan rekomendasi perbaikan.

Terdapat juga penelitian Muhammad dkk., (2019) penelitian ini dilakukan dengan membagi 30 segmen yaitu mulai dari STA 0+450 sampai STA 15+000. Evaluasi kondisi permukaan perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), dengan data yang diperoleh dari lapangan dan menuliskan hasilnya pada form yang tersedia. Sedangkan evaluasi PCI dengan menggunakan REMS hanya perlu menginput data kerusakan dan hasil analisisnya akan langsung tersedia, namun aplikasi REMS (*Road Evaluation Monitoring System*) pada saat ini belum dapat digunakan secara resmi karena masih dalam tahap pengembangan, oleh karena itu akan dilakukan validasi aplikasi untuk mengetahui aplikasi dapat berjalan dengan hasil yang akurat sesuai metode PCI.