

Pemilihan Metode Perbaikan *Flexible Pavement* Untuk Meningkatkan Efektifitas Manajemen Pemeliharaan Perkerasan Bandar Udara Juanda

Achmad Muhyidin Arifa¹^{a*}, Muhamad Irham Haryoseno²^{b2}

^{a,b} Program Studi Teknik Dirgantara, Fakultas Teknik Transportasi dan Logistik, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jl. IPN No. 2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta 13410, Indonesia
Email. arifai.ac.id@gmail.com¹, irhamharyoseno30@gmail.com²

Abstract. *Juanda International Airport is in the second place with the most number of passenger movements from the airport managed by PT. Angkasa Pura I. This causes the quality of the pavement on movement areas at the airport's airside facilities at Juanda International Airport, to experience a decrease in quality. Periodic maintenance through routine inspections needs to be carried out. The most common type of block cracking damage found. This damage will be repaired with the most effective repair method based on the assessment factor. The methods evaluated are fog sealing, patching, and overlay. In terms of duration, cost, and work preparation, fog sealing has the lowest value. However, the durability of repair results is also very short. Patching the second position with the value of cost and duration of work is not cheap but not too expensive. This method is an effective method when considering the urgency of damage in the field. The most effective method with the highest score considering the existing pavement conditions and daily aircraft traffic is overlay. Makes a larger investment with longer work duration than other methods, but can refresh flexible pavements with up to 10 years after repair life.*

Keywords : *airport pavement maintenance management, flexible pavement, fog sealing, overlay, patching*

Abstrak. Bandar Udara Internasional Juanda menduduki peringkat ke-dua pergerakan penumpang terbanyak dari bandar udara yang dikelola PT. Angkasa Pura I. Hal ini menyebabkan perkerasan pada area pergerakan (*movement area*) pada fasilitas sisi udara Bandar Udara Internasional Juanda mengalami penurunan kualitas. Pemeliharaan secara berkala melalui inspeksi rutin perlu dilakukan dan perlu dipilih metode perbaikan yang paling efektif berdasarkan faktor tinjauannya. Metode yang dievaluasi adalah *fog sealing*, *patching*, dan *overlay*. Ditinjau dari segi durasi pengerjaan, biaya, dan persiapan pekerjaan, *fog sealing* memiliki nilai paling rendah. Namun, ketahanan hasil perbaikan juga sangat singkat. *Patching* menduduki posisi kedua dengan nilai biaya dan durasi pengerjaan tidak terlalu murah dan tidak terlalu mahal. Metode ini adalah metode yang efektif dilakukan jika mempertimbangkan urgensi kerusakan di lapangan. Metode yang paling efektif dengan skor paling tinggi dengan mempertimbangkan kondisi eksisting perkerasan dan *traffic pesawat* setiap harinya adalah *overlay*. Meskipun memerlukan investasi lebih besar dan durasi pengerjaan lebih panjang dari metode lain, metode ini memiliki ketahanan setelah perbaikan mencapai 10 tahun.

Kata Kunci : *manajemen pemeliharaan perkerasan bandar udara, flexible pavement, fog sealing, overlay, patching*

*Corresponding author's e-mail: arifai.ac.id@gmail.com

1. Pendahuluan

Bandar Udara Internasional Juanda merupakan bandar udara internasional yang berlokasi di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Dilansir dari juanda-airport.com pada Januari 2023, Bandar Udara Internasional Juanda berhasil melayani 10.794.111 penumpang selama tahun 2022, atau meningkat 83 persen dibandingkan tahun 2021, dengan rata-rata 200 pergerakan pesawat per harinya. Menduduki peringkat ke-dua pergerakan penumpang terbanyak dari bandar udara yang dikelola PT. Angkasa Pura I (Pratiwi, 2023), menyebabkan perkerasan pada landas pacu (*runway*) dan landas hubung (*taxiway*) yang merupakan area pergerakan (*movement area*) pada fasilitas sisi udara Bandar Udara Internasional Juanda mengalami penurunan kualitas (Taufikkurrahman, 2021).

Sifat perkerasan lentur atau *flexible pavement* yang elastis pada *movement area* ini akan membuat perkerasan melendut saat diberi beban (Ramadhan, 2018). Lapisan pada *flexible pavement* dibagi menjadi empat, yaitu: lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Konstruksi ini menggabungkan beberapa lapisan material pilihan yang didesain untuk mendistribusikan beban dari permukaan konstruksi perkerasan ke lapisan di bawahnya. Desain harus menjamin bahwa beban disalurkan pada setiap lapisan di bawahnya tidak melebihi kemampuan lapisan tersebut.

Selain diakibatkan oleh trafik yang tinggi, faktor lain yang menyebabkan kerusakan perkerasan lentur adalah cuaca, efek kelelahan, dan pergerakan dari lapisan permukaan (*surface*) hingga lapisan pondasi (*subbase*) selama beberapa tahun (Karma, 2020). Sehingga berbagai masalah pada lapisan aspal *movement area* tentu mengganggu keselamatan dan kenyamanan aktivitas penerbangan.

Pemeliharaan secara berkala melalui inspeksi rutin perlu dilakukan guna mencegah penyebab kerusakan, mendeteksi kerusakan, dan menanggulangi kerusakan (Karma, 2020). Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 94 tahun 2015 tentang pemeliharaan perkerasan bandar udara, konstruksi perkerasan harus dapat handal, berkinerja tinggi, dan berkelanjutan dalam penyediaan prasarana bandar udara. Program pemeliharaan juga dimaksudkan untuk pencegahan, hal ini paling tepat diterapkan dalam pemeliharaan fasilitas bandar udara sehingga tidak membahayakan keselamatan dan pelayanan ruang udara (*air navigation*) (International Civil Aviation Organization, 2004). Untuk memastikan performa perkerasan selalu dalam kondisi optimal, diperlukan suatu pemeliharaan konstruksi yang terencana, tepat, dan terdokumentasi. Karena itu, ditetapkan manual standar teknis dan operasional bandar udara guna memastikan pemeliharaan berkala dilakukan secara baik dan terorganisir.

Jika dari hasil inspeksi didapati kerusakan seperti retak memanjang (*longitudinal crack*), retak kulit buaya (*alligator crack*), retak setempat (*block crack*), alur (*rutting*) atau berlubang, maka akan ditandai dan direkatkan sementara dengan aspal emulsi menggunakan metode *fog sealing*. Selanjutnya ketika bandar udara sudah melewati jam operasional penerbangan, dilakukan penambalan secara permanen dengan beberapa metode, yaitu *patching* atau *overlay*.

Pengabutan atau *fog sealing* merupakan lapis penutup berupa aspal emulsi tipis tanpa agregat penutup, cocok untuk memperbaharui permukaan aspal yang getas oleh umur, mengisi retak kecil, serta melapisi permukaan aspal agar tidak terjadi lepas butiran (Suswandi et al., 2008). Menurut Xu et al. (2022), metode *fog sealing* memiliki pengeluaran biaya terkecil untuk mengatasi kerusakan awal dan memperpanjang masa pakai perkerasan. Namun, kekuatan mekanik dari aspal emulsi ini cenderung kurang memadai sehingga dapat menyebabkan hilangnya gesekan sementara pada perkerasan. Agar pelapisan efektif, aspal emulsi harus dapat meresap ke dalam permukaan *existing* aspal. Tetapi jika pelaksanaannya tidak baik, perkerasan dapat menjadi licin dan membekas pada material yang berlebihan.

Metode *patching* atau Pemotongan lokal adalah penanganan kerusakan bagian jalan dengan retak melebihi 3 mm dengan cara memotong secara tegak lurus dan membuang bagian yang rusak atau basah lalu menggantinya dengan perkerasan baru (campuran aspal panas/*hotmix asphalt*) sesuai spesifikasi teknis dengan kedalaman penuh (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2015). Pada kasus *longitudinal crack*, *alligator crack*, dan *block crack*, dilakukannya *patching* jika kerusakan sudah memasuki kategori sedang dengan lebar celah antara 3 mm - 2 cm, dan kategori berat dengan lebar celah lebih dari 2 cm (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2015). Perbaikan dengan metode *patching* dilakukan karena perbaikan menyeluruh memerlukan waktu yang cukup panjang dan dana yang banyak.

Seiring berjalan waktu, *patching* tidak hanya bertindak memperbaiki kerusakan, namun juga dapat mengakibatkan kerusakan. Hal itu diakibatkan oleh terjadinya penurunan aspal yang akhirnya merusak tambalan. Dikutip dari Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 94 tahun 2015, faktor yang menyebabkannya dapat berupa kurangnya pemadatan tambalan dan/atau metode penambalan tidak tepat. Cara perbaikan kerusakan yang diakibatkan oleh *patching* adalah memadatkan kembali lapis pondasi bawah, lalu diganti material baru yang sesuai spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan.

Menurut (Hardiyatmo, 2019), *overlay* adalah kegiatan pemberian lapisan tambahan sebagai suatu usaha dalam pemeliharaan atau perbaikan kondisi fungsional maupun struktural dari lapisan *flexible pavement*. Kerusakan fungsional akan mempengaruhi kualitas dari pelayanan *movement area*. Sedangkan kerusakan struktural adalah menurunnya kemampuan struktur perkerasan dalam menahan beban yang ada. Perbaikan dengan metode *overlay* dilakukan dengan cara menghamparkan aspal di atas permukaan perkerasan lama. *Overlay* dimaksudkan untuk perawatan dan pemeliharaan perkerasan dalam memperlambat laju kerusakan yang kemungkinan lebih dini daripada perencanaan awal (Nasrullah, 2022).

Dari ketiga metode perbaikan kerusakan *flexible pavement*, perlu dilakukan evaluasi efektivitas dari masing-masing metode tersebut pada *movement area* Bandar Udara Internasional Juanda. Dikarenakan kondisi *taxiway* Bandar Udara Internasional Juanda yang sudah terlalu banyak *weakspot* atau *patching*, sehingga harus segera dilaksanakan perbaikan/rekonstruksi ulang pada *taxiway* NP2, mengingat Bandar Udara Internasional Juanda adalah bandar udara peninggalan zaman Belanda. Dalam penulisan ini, akan dilakukan perbandingan metode yang paling efektif

ditinjau dari beberapa faktor pendukung, seperti waktu pengerjaan, biaya, operasional bandar udara, serta kondisi hasil perbaikan.

Terdapat beberapa penulisan terdahulu yang dilakukan di Bandar Udara Internasional Juanda. Stefanus (2019) membahas perencanaan tahapan pekerjaan pelapisan ulang perkerasan landasan pacu yang dipengaruhi waktu operasional bandar udara. Penulisan lainnya dilakukan oleh Febiana (2022) yang membahas tentang studi evaluasi performa *fog sealing* terhadap jenis kerusakan pada *runway* dan *taxiway*. Berikutnya penulisan terkait evaluasi perbaikan kerusakan *flexible pavement* pada *taxiway* NP2 dengan analisis *pavement condition index* yang dilakukan Saputra (2022). Andriyanto (2010) dalam penulisannya membahas tentang pemilihan teknik perbaikan perkerasan jalan dan biaya penanganannya dengan teknik skoring.

2. Metode Penulisan

Penulisan ini dilakukan di PT. Angkasa Pura 1 Bandar Udara Internasional Juanda yang berlokasi di jalan Ir. H. Juanda, Betto, Kec. Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih penulis karena dari hasil survei dan pengamatan, Bandar Udara Internasional Juanda ini memiliki beberapa masalah yang sesuai dengan penulisan ini. Waktu penulisan dari awal praktek kerja lapangan dilaksanakan selama 3 bulan terhitung dari tanggal 6 Maret sampai 6 juni 2023.

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah campuran dari penulisan kualitatif dan kuantitatif dengan mempertimbangkan berbagai aspek dalam menentukan efektivitas dari tiga metode perbaikan perkerasan. Didasari dengan observasi dan data dukung lainnya untuk membuat suatu kesimpulan yang akurat menurut fakta yang ada. Membuat perhitungan produktivitas pengerjaan perbaikan menggunakan teknik skoring serta rencana biaya anggaran (RAB).

Tahap awal penulisan ini adalah mengidentifikasi jenis kerusakan yang sering terjadi pada *taxiway* Bandar Udara Internasional Juanda khususnya pada *taxiway* NP 2. Identifikasi ini dilakukan pada kegiatan inspeksi yang dilakukan setiap hari minimal satu kali dalam satu hari. Menurut Peraturan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara nomor 326 tahun 2019, hal-hal yang terkait dengan prosedur pelaksanaan *serviceability inspection* meliputi penggunaan *checklist*, penemuan kerusakan, pelaksanaan perekatan sementara, dan lain-lain harus dimasukkan dalam *Aerodrome Manual*. Pencatatan juga harus berisi informasi tindakan preventif dari kerusakan yang diidentifikasi.

Setelah itu, dilakukan pengumpulan data secara primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan sendiri oleh penulis langsung dari sumber pertama atau tempat objek penulisan dilakukan (Sugiyono, 2018). Dalam mengidentifikasi kondisi eksisting, kerusakan pada perkerasan, serta perbaikan kerusakan di Bandar Udara Internasional Juanda menggunakan beberapa metode, dilakukan pengumpulan data secara langsung (primer). Data sekunder yaitu sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumen (Sugiyono, 2018). Adapun data sekunder yang digunakan pada penulisan ini adalah frekuensi pergerakan pesawat dan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Provinsi Jawa Timur.

Pada tahap analisis data, penulis mengolah data dari data yang sudah dikumpulkan. Beberapa tahapannya antara lain, menganalisis kondisi eksisting *taxiway* NP 2 Bandar Udara Internasional Juanda, menghitung rencana anggaran biaya (RAB) perbaikan, dan menganalisis faktor tinjauan masing-masing metode perbaikan. Faktor tinjauan yang digunakan adalah tinjauan pelaksanaan konstruksi dengan 5 indikator, tinjauan biaya konstruksi dengan 1 indikator, tinjauan ketahanan perbaikan dengan 3 indikator, tinjauan pemeliharaan rutin dengan 2 indikator, tinjauan kondisi eksisting dengan 2 indikator, dan tinjauan keamanan dan kenyamanan dengan 2 indikator.

Untuk menentukan metode perbaikan terbaik pada penulisan ini dilakukan teknik skoring. Teknik skoring ini umum digunakan pada pemilihan teknik perbaikan perkerasan jalan. Dalam menentukan skor tiap metode perbaikan, terdapat beberapa indikator yang perlu ditinjau. Penulis menentukan indikator sesuai dengan kondisi di lapangan. Terdapat tiga tingkatan penilaian, kondisi yang paling bagus diberi nilai tertinggi, sedangkan kondisi yang paling buruk diberi nilai terendah. Penentuan metode yang paling efektif ditentukan dari perolehan skor yang paling tinggi. Skala penilaian ditentukan berdasarkan pertimbangan pelaksanaan dan biaya. Skala penilaian pada penulisan ini mengacu pada penulisan sebelumnya yang dilakukan oleh (Andriyanto, 2010).

3. Hasil dan Pembahasan

Perencanaan pemeliharaan perbaikan kerusakan pada perkerasan lentur yang dilaksanakan di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya pada area *taxiway* north paralel (NP2). *Taxiway* NP2 yang terletak di sisi utara Bandar Udara Internasional Juanda, memiliki panjang 2843m dan memiliki lebar 45m. *Taxiway* ini merupakan salah satu penghubung dari apron terminal 1 (T1) menuju runway. *Taxiway* NP2 sering dilintasi oleh pesawat-pesawat penerbangan domestik. Pemeliharaan perbaikan perkerasan pada *taxiway* NP2 perlu dilakukan agar tetap mampu melayani pesawat yang melintas dengan traffic yang cukup padat. Hal ini bertujuan agar dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jasa pada bandar udara tersebut.

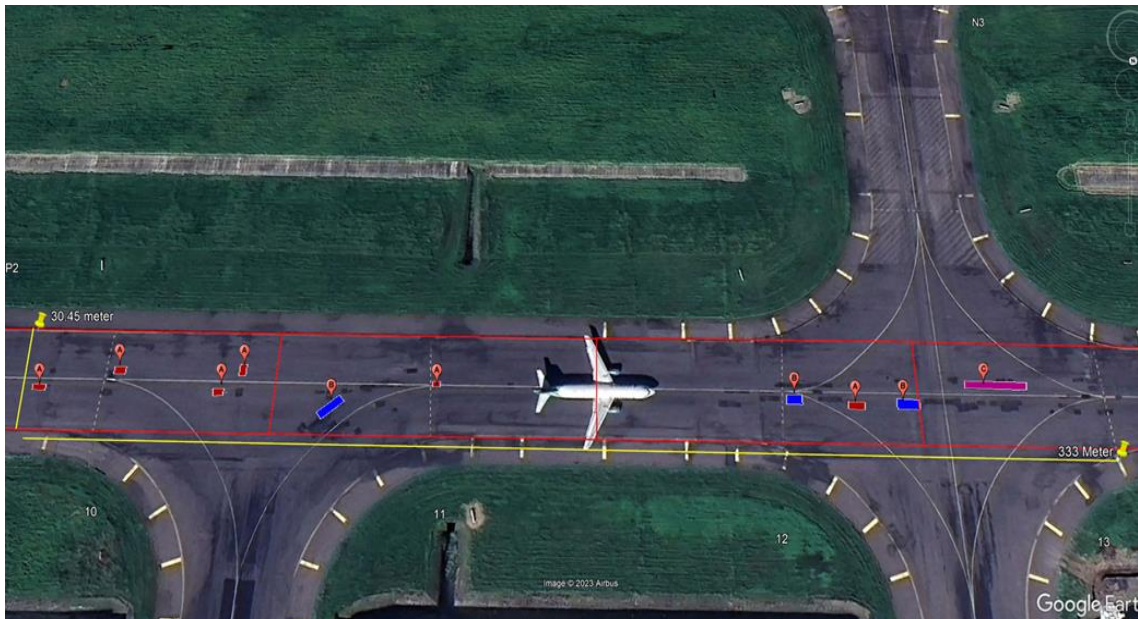
Permukaan *taxiway* NP2 Bandar Udara Internasional Juanda telah banyak dilakukan penambalan/patching dan banyak pula ditemukan kerusakan pada permukaan. Kerusakan yang sering terjadi antara lain retak memanjang dan melintang, retak setempat (*block cracking*), retak buaya (*alligator crack*) dan alur rutting pada jalur roda. Pada penulisan ini dari data yang di dapat dari lapangan, diasumsikan tipe kerusakan dan tingkat kerusakan keseluruhan yang terjadi pada *taxiway* NP2 berbagai macam seperti rendah/low, sedang/medium, dan tinggi/high (L, M, H). Tabel dibawah ini adalah tabel yang digunakan untuk menentukan tingkat kerusakan dari jenis kerusakan perkerasan.

Tabel-1 Tingkat kerusakan dan jenis kerusakan pada *taxiway* NP2

No	Lokasi STA	Lokasi Perbaikan	Dimensi (m)			Jenis Kerusakan	Tingkat (L,M,H)
			Panjang	Lebar	Luas		
1	STA 0+200 s/d STA 0+300	Taxiway NP2(N6)	5	10	50	Rutting Posisi Melintang	L
2	STA 0+500 s/d STA 0+600	Taxiway NP2(N6-N5) Intersection	1	1.23	1.23	Block Cracking	M
3	STA 0+900 s/d STA 1+000	Taxiway NP2(N4) Intersection	2.6	0.9	2.34	Block Cracking	M
		Taxiway NP2(N4) Intersection	1.9	1.26	2.39	Alligator Cracking	L
		Taxiway NP2(N4) Intersection	1.7	0.9	1.53	Block Cracking	M
4	STA 1+000 s/d STA 1+100	Taxiway NP2(N4)	2.7	0.95	1	Block Cracking	M
		Taxiway NP2(N4)	1.4	1	1.4	Block Cracking	L
5	STA 1+100 s/d STA 1+200	Taxiway NP2(N4-N3)	1	0.83	0.83	Alligator Cracking	M
6	STA 1+200 s/d STA 1+300	Taxiway NP2(N4-N3)	3.5	0.98	1	Retak Memanjang & Melintang	M
		Taxiway NP2(N4-N3)	2.5	0.73	0.73	Block Cracking	L
		Taxiway NP2(N4-N3)	5.5	0.24	0.24	Block Cracking	M
		Taxiway NP2(N4-N3)	4.5	2	2	Alligator Cracking	M

Sumber: Penulis (2023)

Ditinjau dari dimensi kerusakan dan jenis kerusakannya, taxiway NP2 Bandar Udara Internasional Juanda memiliki dua tingkat kerusakan, yaitu low dan medium. Tingkat kerusakan low pada lokasi taxiway NP2(N4) *intersection*, taxiway NP2(N4), dan taxiway NP2(N4-N3) dengan jenis kerusakan *alligator cracking* dan *block cracking*. Sedangkan, tingkat kerusakan medium terjadi pada lokasi taxiway NP2(N4) *intersection*, taxiway NP2(N4), dan taxiway NP2(N4-N3) dengan jenis kerusakan *block cracking*, retak memanjang & melintang, dan *alligator cracking*.



Sumber: Google Earth (2023)

Gambar-1 Jenis kerusakan pada area perbaikan

Dari penjabaran Tabel 1 dan Gambar 1, ditemukan sebanyak 6 kerusakan yang berjenis block cracking pada taxiway NP 2 Bandar Udara Internasional Juanda atau sebanyak 60% dari total temuan jenis kerusakan dengan luas 0,3% dari total area yang terpilih. Kerusakan block cracking ditandai dengan warna coklat. Penanda berwarna biru menunjukkan kerusakan alligator cracking sebanyak 28% dari total temuan jenis kerusakan dengan luas kerusakan 0,4% dari total area terpilih. Kerusakan memanjang yang ditandai dengan warna ungu ditemukan sebanyak 12% dari total temuan jenis kerusakan dengan luas kerusakan 0,1% dari total area terpilih. Mempertimbangkan kerusakan tersebut, maka akan dipilih metode perbaikan yang paling efektif.

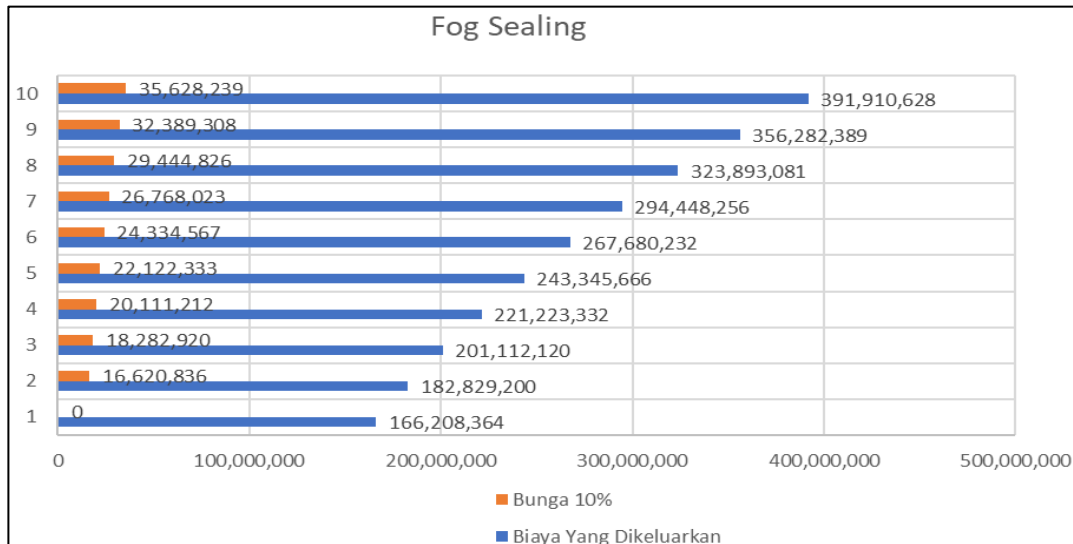
Dalam menentukan efektivitas dari metode perbaikan kerusakan pada flexible pavement, diperlukan besaran biaya yang menjadi salah satu tolak ukur perbandingan. Besaran biaya tersebut diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dihitung berdasarkan kebutuhan di lapangan. Penggunaan harga satuan bahan disesuaikan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tentang Harga Satuan Pokok Kegiatan, 2022).

Tabel-2 RAB pengerjaan *fog sealing*

No	Nama	Harga Satuan	Kebutuhan	Total
1	Aspal Emulsi	Rp. 24.267/kg	5 kg	Rp. 121.335
2	Agregat Halus (Pasir)	Rp. 214.285/m3		Rp. 214.285
Jumlah				Rp. 335.620

Sumber: Penulis (2023)

Pengerjaan fog sealing hanya memerlukan dua bahan dan tidak ada biaya sewa alat. RAB untuk pengerjaan fog sealing untuk kasus kerusakan pada STA 0+900 s/d STA 1+000 seluas 6,26 m2 adalah sebesar Rp. 335.620.



Sumber: Penulis (2023)

Gambar-2 Perkiraan pengeluaran perbaikan dengan metode fog sealing selama 10 tahun

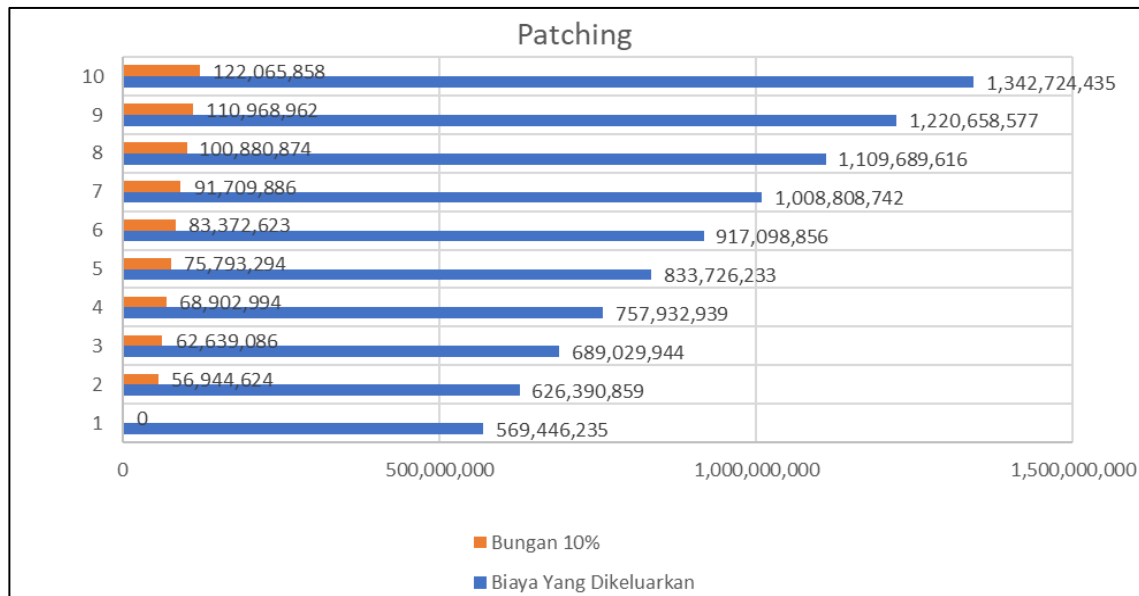
Dari gambar di atas, ditunjukkan perhitungan pengerjaan perbaikan dengan teknik fog sealing selama 10 tahun. Dengan mempertimbangkan bunga pertahunnya sebesar 10%, pada tahun ke-10 biaya fog sealing mencapai Rp. 2.648.933.269. Perhitungan ini didasarkan dari perhitungan RAB pengerjaan fog sealing sebesar Rp. 335.620/hari.

Tabel-3 RAB pengerjaan patching

No	Nama	Harga Satuan	Kebutuhan	Total
1	Upah Pekerja	Rp. 167.850/orang/hari	8 orang/hari	Rp. 1.342.800
2	Asphalt Hot Mix (AC-WC)	Rp. 1.299.209/Ton	2,5 Ton	Rp. 3.248.022
3	Aspal Emulsi Perekat	Rp. 24.267/kg	5 kg	Rp. 121.335
4	Pembongkaran dengan Jack Hammer	Rp. 39.960/m3	1 m3	Rp. 39.960
5	Sewa Dump Truck 5 Ton	Rp. 308.059/jam	5 jam	Rp. 1.540.295
6	Sewa Baby Roller	Rp. 93.039/ jam	5 jam	Rp. 465.195
Jumlah				Rp. 6.757.607

Sumber: Penulis (2023)

Pemotongan aspal dan penambalan lokal yang dilakukan pada perbaikan dengan metode patching membutuhkan beberapa alat seperti jack hammer, baby roller, hingga dump truck untuk mengangkut aspal. Perhitungan RAB pada Tabel 3 disesuaikan dengan kebutuhan perbaikan kerusakan pada STA 0+900 s/d STA 1+000 seluas 6,26 m² dengan kedalaman permukaan 15 cm. Total biaya untuk perbaikan dengan metode patching dalam satu malam adalah Rp. 6.757.607.



Sumber: Penulis (2023)

Gambar-3 Perkiraan pengeluaran perbaikan dengan metode patching selama 10 tahun

Jika dilakukan perhitungan pengerjaan perbaikan dengan teknik patching selama 10 tahun, dengan mempertimbangkan bunga pertahunnya sebesar 10%, pada tahun ke-10 biaya patching mencapai Rp. 9.075.506.435. Perhitungan ini didasarkan dari perhitungan RAB pengerjaan patching sebesar Rp. 6.757.607/hari.

Perhitungan RAB untuk metode perbaikan overlay membutuhkan penentuan durasi pengerjaan overlay, volume keperluan bahan, upah tenaga kerja, dan biaya sewa alat. Penutupan operasional bandar udara dilakukan selama 7 jam (22.00-05.00), mobilisasi alat dilakukan 30 menit, pendinginan aspal dilakukan 60 menit. Maka, waktu efektif untuk perbaikan overlay dalam semalam adalah 5,5 jam. Berikut disajikan perhitungan volume keperluan bahan overlay.

Tabel-4 Durasi pengerjaan overlay

Nama Pekerjaan	Kapasitas	Jumlah Pekerja	Ketebalan	Volume Pekerjaan	Satuan	Produktivitas	Satuan
Cold Milling	1.02 menit/m ³	1	0.15	1520.9775	m ³	1551	menit
Pembuangan bongkaran		1	0.15	1520.9775	m ³	30	
Penyemprotan Tack Coat	1.01 menit/m ²	3		30419.55	m ²	30724	
Penghamparan campuran	0.409 menit/m ³	3	0.05	1520.9775	m ³	622	menit
Pemadatan lapisan	0.161 menit/m ²	3		30419.55	m ²	4898	
Pengecatan marka		1		10139.85	m ²	120	
						37945	
Total						632	jam
						115	hari
						3.8	bulan

Sumber: Penulis (2023)

Merujuk pada Tabel 4, pengerjaan overlay memakan waktu 115 hari atau sekitar 4 bulan dengan waktu efektif 5,5 jam per hari. Perbaikan dengan overlay dimulai dari pukul 22.30, dimana mobilisasi peralatan memakan waktu 30 menit sejak waktu operasional bandara habis pada pukul 22.00. Pengerjaan dilaksanakan sepanjang 2,9 m perharinya dan berhenti pada pukul 04.00 dengan kondisi aspal siap untuk didinginkan. Aspal didinginkan selama kurang lebih 1 jam.

Tabel-5 RAB pengerjaan overlay

No	Nama	Harga Satuan	Kebutuhan	Total
1	Upah Pekerja	Rp. 167.850/orang/hari	15 orang/hari (115 hari)	Rp. 289.541.250
2	Asphalt Hot Mix (AC-WC)	Rp. 1.299.209/Ton	2.285 Ton	Rp. 2.968.692.565
3	Asphalt Hot Mix (AC-BC)	Rp. 1.239.551/Ton	1.190 Ton	Rp. 1.475.065.690
4	Aspal Emulsi Perekat	Rp. 24.267/liter	22.815 liter	Rp. 553.651.605
5	Pembongkaran dengan Cold Milling	Rp. 273.007/m ³	1.520,978 m ³	Rp. 415.237.504
6	Sewa Dump Truck 10 Ton	Rp. 588.047/jam	632 jam (3 truk)	Rp. 1.114.937.112

No	Nama	Harga Satuan	Kebutuhan	Total
7	Sewa Tandem Roller 8 Ton	Rp. 418.656/jam	632 jam	Rp. 264.590.592
8	Sewa Tandem Roller 12 Ton	Rp. 432.805/jam	632 jam	Rp. 273.532.760
9	Sewa Pneumatic Tire Roller	Rp. 590.098/jam	632 jam	Rp. 372.941.936
10	Sewa Asphalt Finisher	Rp. 274.859/jam	632 jam	Rp. 173.710.888
11	Sewa Asphalt Sprayer	Rp. 56.800/jam	632 jam	Rp. 35.897.600
12	Sewa Alat Cat Marka	Rp. 22.000/meter	1000 meter	Rp. 22.000.000
Jumlah				Rp. 7.959.799.502

Sumber: Penulis (2023)

Area pelapisan yang luas membutuhkan cold milling untuk membongkar perkerasan, asphalt sprayer untuk melakukan penyemprotan aspal emulsi, asphalt finisher untuk melakukan penghamparan aspal hotmix, serta dump truck untuk mengangkut aspal hotmix dan alat-alat untuk memadatkan aspal. Dengan lebar 30,45 m dan panjang 333 m serta kedalaman permukaan 15 cm, pengerjaan diperkirakan selesai dalam 632 jam atau 115 hari kerja efektif yang memakan biaya sebesar Rp. 7.959.799.502.

Jika Rp. 7.959.799.502 merupakan biaya yang digunakan untuk memperbaiki area kerusakan seluas 1.521 m³, biaya perbaikan per meter kubiknya adalah Rp. 5.233.267. Dengan mempertimbangkan sebanyak 60% dari total temuan jenis kerusakan dengan luas 0,3% dari total area yang terpilih merupakan kerusakan block cracking, maka biaya yang diperlukan untuk memperbaiki area kerusakan tersebut adalah sebesar Rp. 23.879.398.

Setelah mendapatkan semua informasi mengenai RAB masing-masing metode perbaikan, analisis dapat dilanjutkan ke tahap evaluasi efektivitas metode perbaikan dengan skoring. Efektivitas metode perbaikan dapat ditentukan melalui beberapa faktor tinjauan, yaitu pelaksanaan konstruksi, biaya konstruksi, ketahanan perbaikan, pemeliharaan rutin, kondisi eksisting, serta keamanan dan kenyamanan. Beberapa faktor tinjauan memiliki indikator pendukung dengan penilaian yang dibedakan dengan 3 tingkatan, kondisi yang paling bagus diberi nilai tertinggi, sedangkan kondisi yang paling buruk diberi nilai terendah. Penentuan metode yang paling efektif ditentukan dari perolehan skor yang paling tinggi. Pemberian skor pada setiap indikator ditentukan pada Tabel 6.

Tabel-6 Acuan skoring

No	Indikator	Klasifikasi	Skor
1	Banyaknya bahan/tenaga	Sedikit	3
		Sedang	2
		Banyak	1
2	Waktu pelaksanaan	Singkat	3
		Sedang	2
		Lama	1
3	Usia perkerasan	Lama	3
		Sedang	2
		Singkat	1
3	Biaya	Murah	3
		Sedang	2
		Mahal	1
4	Frekuensi	Lama	3
		Sedang	2
		Sering	1
5	Kondisi	Baik	3
		Sedang	2
		Buruk	1
6	Familiaritas	Familiar	3
		Kurang	2
		Tidak	1
7	Cakupan	Luas	3
		Sedang	2
		Kecil	1

Sumber: Penulis (2023)

Setiap tinjauan memiliki jumlah indikator yang berbeda. Tinjauan pelaksanaan konstruksi memiliki lima indikator, yakni tenaga kerja, material, alat, cakupan perbaikan, dan waktu pelaksanaan. Selanjutnya tinjauan biaya konstruksi memiliki hanya satu indikator, biaya material alat. Usia perkerasan setelah diperbaiki, frekuensi perbaikan, dan perbandingan biaya konstruksi dan usia perkerasan merupakan tiga indikator pembangun tinjauan ketahanan perbaikan. Berikutnya terdapat tinjauan pemeliharaan rutin dengan indikator frekuensi dan biaya. Tinjauan kondisi eksisting dibangun oleh dua indikator, yaitu banyaknya kerusakan pada perbaikan dan familiaritas penggunaan metode perbaikan. Terakhir, tinjauan keamanan dan kenyamanan dengan indikator yang sesuai dengan nama tinjauannya, keamanan dan kenyamanan. Berikut dijabarkan faktor tinjauan beserta penentuan klasifikasi berdasarkan metode perbaikan.

Tabel-7 Perbandingan efektivitas metode perbaikan dengan skor

Kriteria	<i>Fog Sealing</i>			<i>Patching</i>			<i>Overlay</i>		
	Detail		Skor	Detail		Skor	Detail		Skor
Tinjauan pelaksanaan konstruksi									
Tenaga kerja	Sedikit, 2 orang.		3	Sedang, 8 orang.		2	Banyak, 15 orang.		1
Material	Sedikit, aspal emulsi dan pasir.		3	Sedang, aspal emulsi dan aspal hotmix AC-WC (maksimal 5 Ton per malam pengerjaan).		2	Banyak, aspal emulsi, aspal hotmix AC-WC, aspal hotmix AC-BC.		1
Alat	Sedikit, hanya sapu lidi.		3	Sedang, jack hammer, baby roller, dan dump truck.		2	Banyak, cold milling, dump truck, tandem roller, pneumatic tire roller, asphalt sprayer, asphalt finisher, alat cat marka.		1
Cakupan perbaikan	Kecil, retakan dengan celah < 3mm.		1	Sedang, retakan > 3mm, pothole, rutting, dll.		2	Luas, seluruh kerusakan perkerasan dapat diperbaiki.		3
Waktu pelaksanaan	Singkat, 5 menit.		3	Sedang, 30 menit - 1 jam.		2	Banyak, 632 jam efektif atau 115 hari.		1
Tinjauan biaya konstruksi									
Biaya material dan alat	Murah, Rp. 335.620		3	Sedang, Rp. 6.757.607		2	Mahal, Rp. 7.959.799.502		1
Tinjauan ketahanan perbaikan									
Usia perkerasan setelah diperbaiki	Singkat, 1 hari.		1	Sedang, 2 minggu.		2	Lama, 10 tahun.		3
Frekuensi perbaikan	Sering, setiap inspeksi siang terdapat perkerasan		1	Sedang, setiap waktu perbaikan malam		2	Lama, diperbaiki dalam periode tertentu.		3

Kriteria	<i>Fog Sealing</i>		<i>Patching</i>		<i>Overlay</i>	
	Detail	Skor	Detail	Skor	Detail	Skor
	yang diperbaiki dengan <i>fog sealing</i> .		terdapat perkerasan yang diperbaiki dengan patching (frekuensi < <i>fog sealing</i>).			
Perbandingan nilai invest di biaya konstruksi awal dan usia perkerasan	Sedang, nilai invest di awal kecil, usia perkerasan singkat.	2	Mahal, nilai invest di awal sedang, usia perkerasan singkat.	1	Murah, nilai invest di awal besar, perkerasan panjang.	3
Tinjauan pemeliharaan rutin						
Frekuensi	Sering, setiap hari.	1	Sedang, minimal 1 minggu sekali	2	Jarang, minimal 1 tahun sekali.	3
Biaya	Sedang, karena perkerasan sering rusak kembali.	2	Mahal, karena perkerasan sering rusak kembali (<i>biaya > fog sealing</i>).	1	Murah, karena perkerasan mampu bertahan lama.	3
Tinjauan kondisi eksisting						
Banyaknya kerusakan pada perbaikan	Banyak, didapati banyak area yang rusak kembali.	1	Sedang, didapati cukup banyak area yang rusak kembali.	2	Sedikit, didapati sedikit area yang rusak kembali.	3
Familiaritas penggunaan metode perbaikan	Tidak, baru Juanda saja yang menggunakan.	1	Kurang, baru beberapa bandara yang menggunakan.	2	Familiar, banyak digunakan di bandara lain.	3
Tinjauan keamanan dan kenyamanan						
Keamanan	Buruk, butiran perkerasan bisa terhisap	1	Sedang, bisa terjadi kerusakan kembali di	2	Baik, kondisi perkerasan prima dalam jangka waktu yang lama.	3

Kriteria	<i>Fog Sealing</i>		<i>Patching</i>		<i>Overlay</i>	
	Detail	Skor	Detail	Skor	Detail	Skor
	mesin pesawat.		sekitar penambalan.			
Kenyamanan	Buruk, aspal emulsi bisa menempel pada roda pesawat.	1	Sedang, perkerasan menjadi tidak rata.	2	Baik, perkerasan menjadi seperti baru.	3
	Total	27		28		35

Sumber: Penulis (2023)

Diperoleh informasi dari Tabel 7 bahwa metode perbaikan flexible pavement pada movement area Bandar Udara Internasional Juanda yang paling efektif adalah overlay. Metode overlay mendapatkan skor paling tinggi yaitu sebesar 35. Skor ini didukung oleh fakta yang mempertimbangkan kondisi perkerasan di movement area khususnya taxiway NP 2 Bandar Udara Internasional Juanda yang mana 60% dari total kerusakan berjenis block cracking dan luasnya sebaran kerusakan, juga sudah banyak patching atau tambalan. Dari tambalan tersebut sering terjadi kerusakan kembali di sekitar tambalan, tetapi metode overlay tidak bisa diterapkan pertitik kerusakan, sehingga metode overlay hanya dapat digunakan sebagai metode perbaikan taxiway secara menyeluruh dengan biaya sebesar Rp. 100.235.799.546 dengan luas taxiway NP 2 seluas 127.935 m² dengan volume 19.190 m³. Biaya ini terbilang masuk akal dengan ketahanan hingga 10 tahun. Jika dilihat dua metode yang lainnya, dengan periode waktu 10 tahun bisa menghabiskan biaya sebesar Rp. 9.075.506.435 untuk patching dan Rp. 2.648.933.269 untuk fog sealing dengan luas perbaikan hanya 6,26 m² dengan volume 1 m³.

Hal ini seharusnya menjadi perhatian Bandar Udara Internasional Juanda untuk memperbaiki lapisan bawah (*subgrade*). Didukung juga dengan data pergerakan pesawat per bulannya dengan rata-rata 5.938 pesawat dan rata-rata per harinya 200 pesawat sedang hingga besar, yang memiliki ACN (*Aircraft Classification Number*) yang lebih berat dari PCN (*Pavement Classification Number*) landasan eksisting. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan dini pada perkerasan landasan yaitu terjadinya retak perkerasan atau deformasi landasan sehingga semakin memperlemah lapisan perkerasan landasan. Sehingga, dapat dikatakan bahwa metode overlay adalah metode perbaikan yang paling efektif untuk memperbaiki perkerasan eksisting di movement area Bandar Udara Internasional Juanda.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian, diperoleh informasi bahwa setiap metode perbaikan *flexible pavement* memiliki efektivitasnya masing-masing. Dengan membandingkan skor efektivitas berdasarkan indikator pendukung faktor tinjauan, didapat skor untuk masing-masing

metode perbaikan yaitu, *fog sealing* = 27, *patching* = 28, dan *overlay* = 35. Metode *fog sealing* efektif digunakan untuk penanganan awal dan bersifat sementara. Metode *patching* efektif jika memperhatikan urgensi kerusakan di lapangan, karena memiliki waktu pengerjaan singkat dan biaya tidak terlalu mahal. Metode *overlay* efektif untuk perbaikan perkerasan secara menyeluruh agar menyegarkan kembali kondisi perkerasan dan memperpanjang usia perkerasan.

Dengan mempertimbangkan kondisi eksisting di lapangan, metode *overlay* merupakan metode yang tepat untuk digunakan dengan biaya Rp. 5.233.267/m³, namun mendapat rencana usia ketahanan perkerasan yang lebih panjang, dan hasil evaluasi efektivitas dengan skoring yang paling baik. Sehingga, metode *overlay* merupakan metode yang paling efektif dengan investasi jangka panjang.

5. Daftar Pustaka

Andriyanto, C. (2010). *Pemilihan Teknik Perbaikan Perkerasan Jalan dan Biaya Penanganannya (Studi Kasus Ruas Jalan Nguter - Wonogiri)*. Universitas Sebelas Maret.

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Pub. L. No. KP 94 Tahun 2015 (2015).

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Pub. L. No. 326 Tahun 2019 (2019).

Peraturan Gubernur Jawa Timur Tentang Harga Satuan Pokok Kegiatan, Pub. L. No. 33 Tahun 2022, Gubernur Jawa Timur (2022).

Hardiyatmo, H. C. (2019). *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah Edisi Ke-3* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.

International Civil Aviation Organization. (2004). *Aerodromes Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation Volume I Aerodrome Design and Operations* (Vol. 1). <http://www.icao.int>

juanda-airport.com. (2023, January 4). *Tutup Tahun 2022 Dengan 10 Juta Penumpang, Bandara Juanda Catat Kenaikan Hingga 83 Persen*. Juanda-Airport.Com. <https://juanda-airport.com/id/berita/index/tutup-tahun-2022-dengan-10-juta-penumpang-bandara-juanda-catat-kenaikan-hingga-83-persen-1>

Karma, M. (2020). Sistem Manajemen Pemeliharaan Perkerasan Landasan Di Bandar Udara. *Jurnal Perhubungan Udara*, 46(2), 133–146. <https://doi.org/10.25104/wa.v>

Nasrullah, K. A. (2022). *ANALISIS KERUSAKAN JALAN DENGAN METODE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PADA JALAN OTTO ISKANDARDINATA, KAB. SUBANG*. Institut Pertanian Bogor.

Pratiwi, F. (2023, April 11). *Ini Tiga Bandara Tersibuk yang Dikelola AP I*. Republika Online. <https://ekonomi.republika.co.id/berita/rsy5ax457/ini-tiga-bandara-tersibuk-yang-dikelola-ap-i>

Ramadhan, D. (2018). *Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu Menggunakan Program Bantu COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta.

Suswandi, A., Sartono, W., & Christady, H. H. (2008). Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) untuk Menunjang Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Jalan Lingkar Selatan, Yogyakarta). *Forum Teknik Sipil*, 18(3), 934–946.

Taufikurrahman. (2021). Analisa Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Mangliawan - Tumpang Kabupaten Malang). *Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik - Sistem*, 17(1), 45–53.