JMPIS: JURNAL MANAJEMEN PENDIDIKAN DAN ILMU SOSIAL
E-ISSN: 2716-375x
P-ISSN: 2716-3758
DINASTI REVIEW
https://dinastirev.org/JMPIS dinasti.info@gmail.com +62 811 7404 455
DOI: https://doi.org/10.38035/jmpis.v6i1
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Received: 13 Oktober 2024 | **Revised:** 02 Januari 2025 | **Accepted:** 02 Januari 2025

Perbaikan Perkerasan *Flexible* pada *Taxiway Foxtrot* dengan Metode *Patching* di Badan Usaha Bandar Udara Hang Nadim Batam

Muhammad Dimas Nurcahyanto[1*], Sukamto[2], Suse Lamtiar Simbolon[3]
[1]Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia, dimasnurcahyanto10@gmail.com
[2]Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia, sukamtotbl@gmail.com
[3]Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia, lamtiar64@gmail.com

[*]Corresponding Author: dimasnurcahyanto10@gmail.com

Abstract: *The maintenance and repair of airport facilities are essential steps to ensure the safety and efficiency of flight operations. Hang Nadim International Airport, Batam, routinely carries out maintenance on both airside and landside facilities. One of the facilities undergoing repair is Taxiway Foxtrot, which suffered rutting damage measuring 19 meters in length, 5 meters in width, and 0.08 meters in deflection depth. This damage was caused by repetitive wheel loads on the pavement surface. The repairs were carried out in accordance with the provisions of the Directorate General of Civil Aviation Regulation KP 326 of 2019, Chapter III, which regulates the slope of taxiway shoulders to ensure safe, rapid, and efficient aircraft movement. One of the repair methods employed was patching, which required careful planning and precise execution to achieve optimal results.*

Keywords: *Patching, Airport Maintenance, Pavement, Rutting, Taxiway*

Abstrak: Pemeliharaan dan perbaikan fasilitas bandara merupakan langkah penting untuk menjamin keamanan dan efisiensi operasional penerbangan. Bandara Internasional Hang Nadim, Batam, secara rutin melaksanakan pemeliharaan pada sisi udara maupun sisi darat. Salah satu fasilitas yang diperbaiki adalah Taxiway Foxtrot yang mengalami kerusakan rutting sepanjang 19 meter, lebar 5 meter, dengan kedalaman lendutan 0,08 meter. Kerusakan ini disebabkan oleh repetisi beban roda pada permukaan perkerasan. Perbaikan dilakukan berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 326 Tahun 2019, Bab III, yang mengatur kemiringan bahu pada taxiway untuk memastikan pergerakan pesawat yang aman, cepat, dan efisien. Salah satu metode perbaikan yang digunakan adalah patching, yang membutuhkan perencanaan matang dan tahapan pelaksanaan yang tepat untuk mencapai hasil yang optimal.

Kata Kunci: Patching, Pemeliharaan Bandara, Perkerasan, Rutting, Taxiway

PENDAHULUAN

Bandar udara adalah fasilitas transportasi yang melayani penerbangan pesawat, baik untuk penumpang maupun kargo. Setiap bandar udara dilengkapi dengan landasan pacu, terminal penumpang, dan fasilitas penunjang lainnya untuk mendukung operasional penerbangan (X. Jiang & Hao, 2024). Bandar Udara Hang Nadim adalah salahsatu bandar udara yang terletak di pulau Batam dengan Panjang landas pacu 4000 meter dan lebar 45 meter menjadikan bandar udara Hang Nadim sebagai Bandar udara dengan landas pacu terpanjang diIndonesia. Dalammenjaga pelayanan yang baik tentunya dibutuhkan sarana dan prasarana yang memadai. Hal ini dapat ditunjang melalui operasional pada bandar udara,memiliki berbagai macam fasilitas yang terbagi atas fasilitas sisi udara dan fasilitas sisi darat (Wulandari et al., 2022). Akan tetapi segala fasilitas tersebut memiliki kelemahan dan kelebihannya masing- masing serta tidak luput dari berbagai macam jenis kerusakan. Salah satu kerusakan pada fasilitas yang terdapat di bandar udara Hang Nadim yaitu *rutting* yang terletak pada *Taxiwayfoxtrot* yang terletak pada fasilitas sisi udara dengan lebar 5 meter dan Panjang 19 meter. *Taxiway* yang terdapat pada bandar udara hang Nadim ini terbagi menjadi 6 lajur *alfa* hingga *foxtrot*dengan perkerasan 85/F/C/X/T dengan jarak 30 meter dari *centre line runway* serta lebar masing masing 23 meter. Taxiway Foxtrot adalah jalur penghubung di bandar udara yang digunakan pesawat untuk bergerak antara landasan pacu dan apron atau area parkir pesawat (Galagedera et al., 2020).

Transportasi udara digunakan terutama untuk mengirimkan barang yang membutuhkan pengiriman cepat, seperti komponen pengganti penting atau barang yang mudah rusak, serta barang berharga dengan nilai tinggi dan kepadatan yang tinggi (Bunahri, 2023). Menurut Lamtiar et al. (2023) dan Park & Kim (2023) Bandar udara terbagi menjadi dua bagian utama *aiside* (sisi udara) dan land side (sisi darat). *Land side* dan *air side* dihubungk an dengan daerah transisi atau *interface y*ang disebut terminal. *Land side* merupakan zona yang mendukung aktifitas penerbangan meliputi bongkar muat, perawatan dan penyediaan fasilitas penerba ngan. Fasilitas yang termasuk dalam *land side* meliputi: pelataran terminal (*curb*), jalan masuk,dan parkir.*Air side* merupakan zona yang berhubungan langsung dengan pergerakan pesawat udara. Fasilitas yang termasuk di dalam *airside*yaitu Apron, *Taxiway*, *Runway*, dan *helipad* (Salihu et al., 2021). Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untukmembentuk lapisan atas,perkerasan dibe dakan menjadi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat,perkerasan kaku (*rigid pavem ent*)yaitu perkerasan yang menggunakan semen *portland*,dan perkerasan kompo sit (*composit pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur (Daniel, 2002).

Struktur perkerasan pada jalan atau landasan pacu umumnya terdiri dari beberapa lapisan dengan karakteristik yang berbeda-beda. Lapisan paling atas, yang dikenal sebagai lapisan permukaan, memiliki kualitas paling baik dalam hal kekuatan dan daya dukung untuk menahan beban kendaraan atau pesawat (Jiang et al., 2021). Di bawahnya terdapat lapisan-lapisan yang semakin mendalam, seperti lapisan pondasi atas dan pondasi bawah, yang bertugas menyebarkan beban ke tanah di bawahnya. Namun, seiring dengan bertambahnya kedalaman, daya dukung lapisan-lapisan ini cenderung menurun, karena material yang digunakan pada lapisan bawah biasanya memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan lapisan di atasnya. Kombinasi ini dirancang untuk menciptakan keseimbangan antara efisiensi biaya dan kekuatan struktur, sambil tetap memastikan keamanan dan kenyamanan operasional (Liu et al., 2024).

Pada berbagai fasilitas bandar udara, baik di sisi udara maupun sisi darat, tidak jarang ditemukan berbagai jenis kerusakan akibat penggunaan intensif dan faktor lingkungan. Salah satu contohnya adalah kerusakan pada fasilitas sisi udara, seperti *Taxiway.* Taxiway Foxtrot, yang merupakan jalur penghubung untuk pesawat, mengalami kerusakan berupa rutting atau

deformasi permukaan yang diakibatkan oleh beban berat pesawat yang terus-menerus melintas di area tersebut (Simaremare et al., 2023). Kerusakan ini terjadi pada Taxiway Foxtrot yang memiliki lebar 5 meter dan panjang 19 meter. Rutting ini tidak hanya mempengaruhi kualitas permukaan perkerasan, tetapi juga dapat mengganggu keselamatan dan kenyamanan operasional, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan atau perbaikan secara berkala untuk menjaga kelancaran lalu lintas pesawat di fasilitas sisi udara ini.

Penelitian terdahulu memainkan peran penting dalam artikel ilmiah, karena membantu memperkuat landasan teori dan hubungan atau dampak yang diamati antar variabel (Bunahri et al., 2023). Hal ini seperti penelitian yang dilakukan Purwanto & Sunandar (2019) dimana perencanaan yang dilakukan menghasilkan bahwa perencanaan perkerasan menggunakan metode FAA melibatkan pemetaan data penerbangan, jenis pesawat, beban pesawat, dan beban roda ke dalam grafik berdasarkan jenis ban untuk menentukan ketebalan total perkerasan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketebalan perkerasan runway adalah 10,16 cm untuk lapisan permukaan, 20,64 cm untuk base course, dan 47,24 cm untuk subbase. Sementara itu, ketebalan perkerasan taxiway adalah 7,62 cm untuk lapisan permukaan, 18,59 cm untuk base course, dan 42,4 cm untuk subbase. Ketebalan perkerasan apron adalah 76,48 cm. Maka dari itu tujuan penelitian ini untuk dapat mengetahui metode serta Langkah yang diambil dalam mengatasi perbaikan tersebut yaitu dengan menggunakan metode *patching*.

METODE

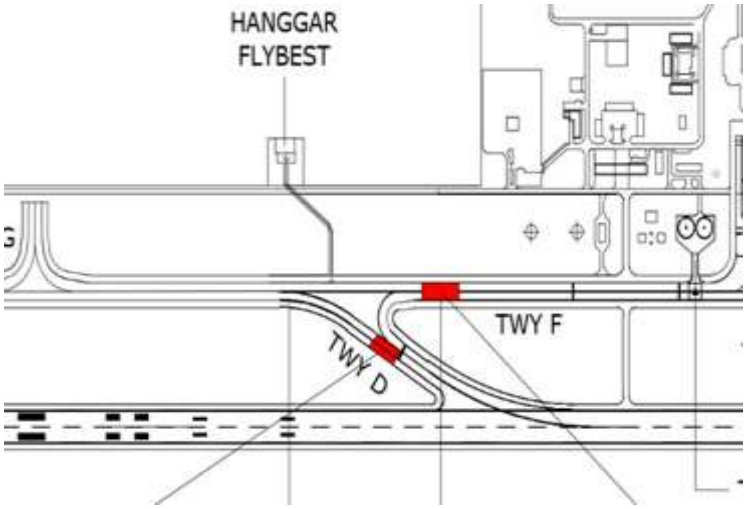
Dalam pembuatan jurnal ini, penulis menggunakan metode kualitatif yang menekankan pengamatan fenomena dan analisis makna mendalam. Penulis bertindak sebagai instrumen utama, menetapkan fokus penelitian, memilih informan, serta mengumpulkan, menganalisis, dan menafsirkan data untuk kemudian menarik kesimpulan. Metode analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan data dalam bentuk kata-kata atau skema sebagai landasan untuk membangun membahas hasil penelitian ini (Biringkanae & Bunahri, 2023). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi daya tahan perbaikan perkerasan fleksibel di *Taxiway Foxtrot*, Bandara Hang Nadim, Batam, dengan menggunakan metode patching. Proses perbaikan mencakup pengukuran area, penggunaan aspal *hotmix* dan *tack coat*, serta pemadatan bertahap. Analisis data dilakukan sebelum dan selama penelitian untuk memastikan data telah jenuh sebelum penarikan kesimpulan, termasuk perhitungan sederhana PCN (*Pavement Classification Number*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses perbaikan perkerasan fleksibel di Taxiway Foxtrot, digunakan berbagai alat berat dan peralatan yang sesuai dengan standar perbaikan jalan atau landasan pacu, guna memastikan hasil yang maksimal dan tahan lama. Perbaikan ini ditujukan untuk mengatasi kerusakan yang volumenya tidak bisa lagi ditangani secara manual melalui metode patching biasa (Purwanto & Sunandar, 2019). Pada kepastian kualitas pekerjaan, pihak ketiga yang ditunjuk oleh manajemen Bandara Hang Nadim melakukan proses perbaikan sesuai dengan prosedur dan spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Penggunaan alat berat, seperti mesin penghampar aspal, mesin pemadat, dan sprayer aspal, sangat penting untuk menjamin perbaikan berjalan dengan baik dan memenuhi standar operasional landasan pacu. Pekerjaan ini memerlukan ketelitian tinggi, terutama dalam pemadatan berlapis yang bertujuan untuk mengembalikan kekuatan dan daya dukung perkerasan fleksibel (Paramahamsa & Sari, 2022).

Sebelum memulai pekerjaan rekonstruksi, terlebih dahulu dilakukan perencanaan kerja yang detail, mencakup pengukuran area, persiapan material, serta penjadwalan waktu kerja yang tepat (Suryan et al., 2023). Rekonstruksi Taxiway Foxtrot, yang mencakup area seluas 19 meter x 5 meter, dilaksanakan pada tanggal 5 Desember 2020. Pekerjaan ini dijadwalkan pada malam hari, yaitu mulai pukul 22.00 WIB hingga pukul 05.00 WIB, untuk menghindari

gangguan operasional penerbangan yang berlangsung pada siang hari. Dengan memanfaatkan waktu di luar jam operasional bandara, tim perbaikan dapat bekerja lebih efektif tanpa mengganggu aktivitas penerbangan. Pekerjaan yang dilakukan pada malam hari juga memungkinkan proses perbaikan berlangsung lebih cepat karena minimnya gangguan eksternal, memastikan perbaikan Taxiway Foxtrot selesai sesuai jadwal.



Gambar 1. *Layout* pekerjaan perbaikan

Taxiway Foxtrot terletak 30 meter dari titik tengah (*center line) runway*, sehingga perencanaan pekerjaan perbaikan harus mempertimbangkan jarak yang aman dari landasan pacu utama. Ukuran pekerjaan perbaikan ditentukan berdasarkan lokasi dan tingkat kerusakan yang terjadi, serta pengoptimalan penggunaan material agar lebih efisien. Kerusakan pada *Taxiway Foxtrot* memiliki kedalaman sekitar 0,08 meter, yang menunjukkan bahwa kerusakan hanya terjadi pada lapisan permukaan perkerasan. Meskipun tidak terlalu dalam, kerusakan permukaan ini tetap memerlukan perbaikan dengan menggunakan material berkualitas, seperti beton aspal campuran panas (*hotmix*). Material ini dicampur pada suhu sekitar 140°C untuk memastikan daya rekat yang kuat dan daya tahan yang baik. Berdasarkan perhitungan volume kebutuhan, total aspal *hotmix* yang dibutuhkan untuk perbaikan Taxiway Foxtrot adalah sekitar 20,9 ton/m³, menyesuaikan dengan luas dan ketebalan lapisan yang akan diperbaiki.

Selain hotmix, lapisan perekat (*tack coat*) juga memainkan peran penting dalam proses perbaikan perkerasan. Tack coat berfungsi sebagai lapis perekat yang memberikan daya ikat antara lapisan base course lama dengan permukaan yang baru dipasang. Dalam proyek ini, digunakan tack coat berupa aspal semen Pen.60/70 dengan takaran 1 kg/m², sesuai dengan ketentuan AASHTO M20. Produk aspal yang digunakan berasal dari Shell, yang dipilih karena memiliki tingkat kohesi yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk aspal lainnya. Tingkat kohesi yang baik sangat penting dalam memastikan lapisan hotmix yang baru dapat menyatu dengan kuat pada lapisan bawahnya, sehingga meningkatkan kualitas dan ketahanan perkerasan. Dengan kombinasi material yang tepat dan perhitungan volume yang cermat, perbaikan *Taxiway Foxtrot* diharapkan dapat memperpanjang umur infrastruktur dan menjamin keamanan operasional bandara.

Tabel 1. Alat alat pekerjaan perbaikan *taxiway foxtrot*

No	Alat-AlatPekerjaan konstruksi	Jumlah
1.	Jack Hammer3HP	1 unit
2.	Generator Set dan Standing Lamp 125 KVA	1 unit
3.	Water Tanker	1 unit
4.	Cold MillingMachine	1 unit

No	Alat-AlatPekerjaan konstruksi	Jumlah
5.	*Pneumatic tireroller* 8-10 ton	1 unit
6.	*Tandem roller* 6-8 ton	1 unit
7.	Dump truck	2 unit (kapasitaston)
8.	Air Compressor 4000-6500 L/M	1 unit
9.	Asphalt Sprayer	1 unit
10.	Asphalt Finisher + Auto Level	1 unit

Dalam proses perbaikan *Taxiway Foxtrot*, salah satu faktor penting adalah penggunaan tack coat dengan luas permukaan lapisan sebesar 285 kg/m². Berdasarkan ukuran galian dan area pekerjaan rekonstruksi, total kebutuhan *tack coat* untuk proyek ini diperkirakan mencapai ± 285 kg/m². Penggunaan lapisan *tack coat* yang tepat sangat penting untuk memastikan daya rekat yang kuat antara lapisan lama dan lapisan baru, sehingga perbaikan lebih tahan lama. Selain itu, pelaksanaan rekonstruksi ini memerlukan alat-alat berat yang sesuai dengan standar operasional, termasuk mesin penghampar aspal, mesin pemadat, dan *sprayer tack coat.* Jumlah tenaga kerja yang handal dan berpengalaman juga menjadi kunci dalam memastikan jalannya perbaikan berlangsung lancar dan efisien. Tenaga kerja yang terampil akan memastikan bahwa setiap tahap pengerjaan, mulai dari pembongkaran, pemasangan lapisan, hingga pemadatan, dilakukan dengan baik dan tepat waktu. Waktu pengerjaan direncanakan secara cermat untuk meminimalkan gangguan terhadap operasional bandara, di mana seluruh proses dilakukan di luar jam operasional penerbangan guna menjaga keamanan dan kelancaran lalu lintas udara (Kwee et al., 2022).

Tabel 2. Jumlah kebutuhan tenaga kerjaperbaikan *Taxiway Foxtrot*

No	Jenis-Jenis Pekerjaan	Jumlah/Orang
1.	Pengawas Pekerjaan	1
2.	Pengawas kontraktor	1
3.	Operator excavator	2
4.	Operator asphalt finisher	1
5.	Operator genset	1
6.	Driver dump truck	4
7.	Operator tandem roller	1
8.	Operator PTR	1
9.	Operator Kompresor	1
11.	Teknisi Peralatan	2
12.	Tenaga kerja biasa	14
13.	Tenaga Pembersihan	5
	Jumlah	34

Ketika melakukan perbaikan *Taxiway Foxtrot* untuk berjalan tepat waktu dan sesuai rencana, diperlukan penyusunan *rundown* pekerjaan yang terperinci sebelum operasi perbaikan dimulai. *Rundown* ini mencakup perencanaan setiap tahapan pekerjaan, mulai dari persiapan material dan peralatan, hingga eksekusi di lapangan, dengan tujuan mengoptimalkan waktu pengerjaan (Priyanto et al., 2019). Setiap langkah harus dipantau secara ketat agar tidak ada penundaan atau hambatan yang dapat memengaruhi jadwal yang telah ditentukan, terutama karena perbaikan dilakukan di luar jam operasional bandara untuk meminimalkan gangguan. Proses perbaikan dimulai dengan pekerjaan awal, yaitu penandaan area kerusakan, penggalian atau pengupasan lapisan rusak, dan pengaplikasian *tack coat*. Selanjutnya, dilakukan pemasangan lapisan hotmix, yang diikuti dengan pemadatan berlapis untuk memastikan permukaan perkerasan yang baru memiliki kekuatan dan daya tahan yang optimal (Supriadi et al., 2019). Setelah pemadatan selesai, tahap akhir meliputi pembersihan dan

pemeriksaan hasil pekerjaan untuk memastikan bahwa perbaikan telah memenuhi standar kualitas dan siap digunakan kembali tanpa menimbulkan gangguan pada operasi bandara.

Tabel 3. Akumulasi waktu pengerjaan perbaikan pada perkerasan *flexible* pada*taxiway foxtrot*

No	Uraian Pekerjaan/Kegiatan
1.	Galian hotmix
2.	Pembersihan area
3.	Galian tack coat
4.	Penghamparan hotmix 8cm
5.	Pemadatan 1
6.	Pemadatan 2
7.	Pemadatan 3
8.	Penyiraman air
9.	Pembersihan area

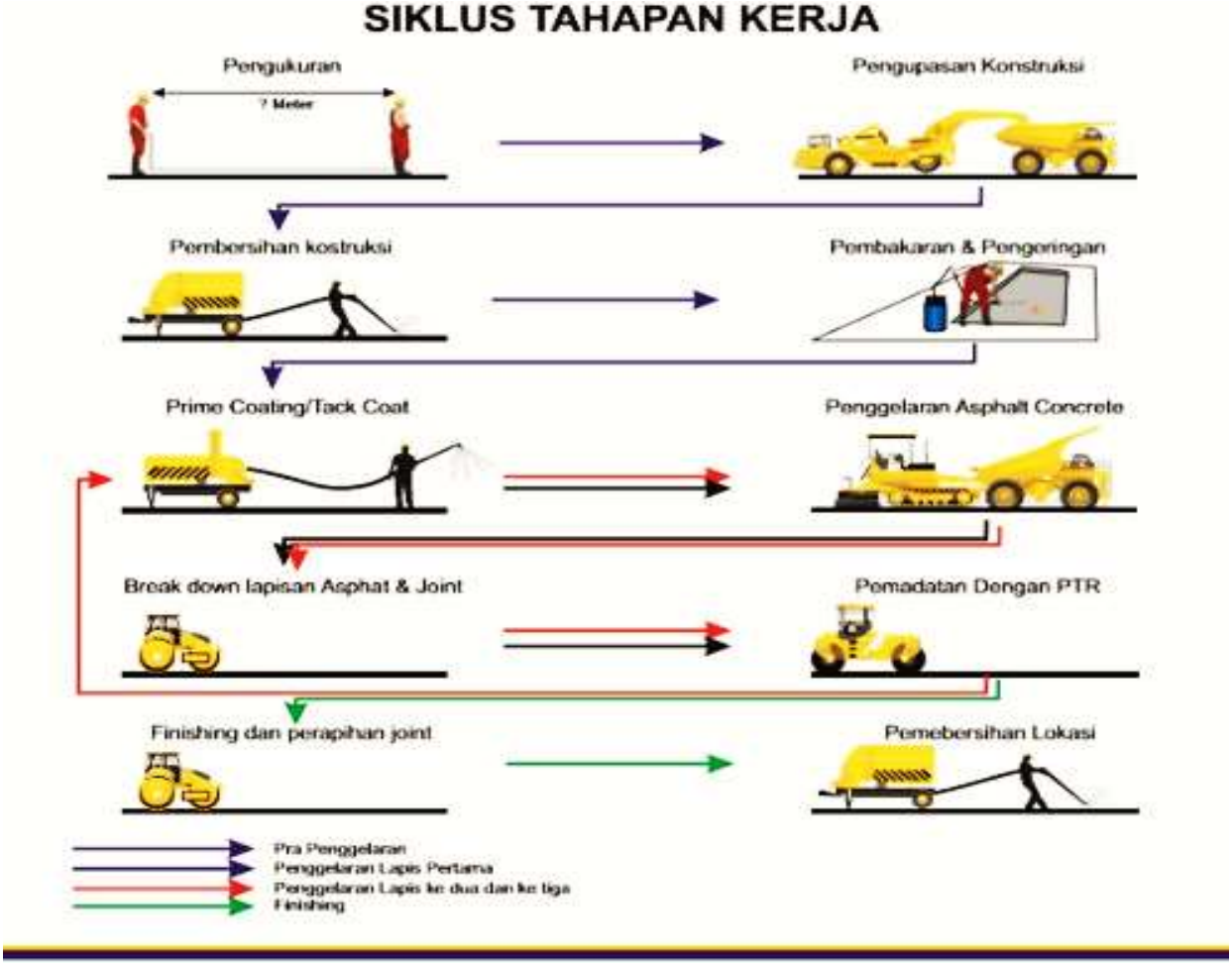
Perencanaan dan alokasi waktu yang cermat sangat krusial dalam proses perbaikan *Taxiway Foxtrot*, karena keberhasilan proyek ini tidak hanya bergantung pada teknik dan material yang digunakan, tetapi juga pada kemampuan untuk mengelola waktu dengan efisien. Melalui jadwal yang terstruktur, setiap tahap pekerjaan dapat dijalankan sesuai rencana, sehingga risiko gangguan terhadap operasi bandara dapat diminimalkan (Simaremare et al., 2023). Perencanaan yang matang mencakup penentuan waktu pelaksanaan yang tepat, terutama mengingat bahwa perbaikan dilakukan di luar jam operasional penerbangan, yaitu pada malam hari. Hal ini memungkinkan tim perbaikan untuk bekerja dengan tenang dan fokus, tanpa harus khawatir akan gangguan dari aktivitas penerbangan. Selain itu, alokasi waktu yang realistis untuk setiap kegiatan, mulai dari galian, pemasangan tack coat, penghamparan hotmix, hingga pemadatan, akan meminimalisir kemungkinan keterlambatan dan memastikan bahwa semua prosedur dilakukan dengan baik (Pratama, 2019). Dengan demikian, perencanaan dan alokasi waktu yang efektif tidak hanya menjamin kelancaran proses perbaikan, tetapi juga memastikan bahwa taxiway dapat segera digunakan kembali dengan aman dan memenuhi standar kualitas yang diharapkan, sehingga mendukung kelancaran operasional bandara secara keseluruhan.

Tabel 4. Akumulasi waktu pengerjaan perbaikan pada perkerasan *flexible* pada*taxiway foxtrot*

No	Uraian Kegiatan	Volume dan Luas pada bidang	Waktu Pelaksanaan
1.	Galian Hotmix	19 m3	1,00 jam
2.	Pembersihan area galian	95 m2	1,00 jam
3.	Tack coat	285 m2	0,25 jam
4.	Penghamp aran hotmix 8cm padat	20,9 ton/m3	0,50 jam
5.	Pemadatan 1 (Tandem roller)	95 m2	0,15 jam
6.	Pemadatan 2 (PTR)	19 m3	0,30 jam
7.	Pemadatan 3 (Tandem roller)	19 m3	0,15 jam
8.	Penyiraman air	95 m2	0,10 jam
9.	Pembersihan area	95 m2	0,50 jam
	Waktu pelaksanaan		5,15 jam
	Pembulatan		5,5 jam

Patching merupakan salah satu metode yang biasa digunakan dalam perbaikan perkerasan *flexible*. Pengamatan diawali dengan menentukan lokasi perbaikan,dilanjutkan

dengan pengambilan sample den gan metode *test coring,*hasil test menu njukan bahwa jenis kerusakan yang terdapat di *taxiway foxtrot* yaitu rutting (penurunan lapisan permukaan roda), selanjutnya pengukuran area perbaikan, dilanjutkan dengan perencanaan perbaikan yang meliputi untuk menentukan seberapa banyak aspal *hotmix* yang digunakan serta jumlah *tack coat* yang akan digunakan,menentukan alat yang akandigunakan dalam proses perbaikan, melakukan pembongkaran, penghamparan *tack coat,*penghamparan *hotmix,* pemadatan yang terbagi menjadi tigayakni (pemadatan awal,pemadatan intermediate,pemadatan akhir),dan tera khirpembersihan dengan aspal sprayer.



Gambar 2. Siklus tahapan kerjaperbaikan pada *taxiway foxtrot*

Pavement Classification Number (PCN) merupakan nilai yang digunakan untuk mengukur kekuatan perkerasan di bandar udara, termasuk di *taxiway*, untuk menentukan apakah perkerasan tersebut mampu menahan beban pesawat tertentu (Ariawan et al., 2020). Dalam kasus ini, untuk mengetahui berat izin total yang dapat diterima oleh *taxiway Foxtrot*, digunakan pesawat kritis Boeing 737-400 sebagai acuan. Pesawat kritis dipilih karena mewakili beban tertinggi yang biasanya melintasi jalur tersebut. Jika PCN *taxiway Foxtrot* dan nilai *Aircraft Classification Number* (ACN) dari B737-400 telah diketahui, dapat dihitung beban maksimum yang diizinkan pada perkerasan tanpa menimbulkan kerusakan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa perkerasan taxiway cukup kuat untuk menahan beban pesawat secara aman, menjaga keamanan operasi bandara serta meminimalkan biaya perawatan dan perbaikan perkerasan di masa mendatang.

Aircraft type	All Up Mass (Max Apron Mass) (Empty Mass)	Standard Aircraft tyre pressure	ACN relative to							
			Rigid pavements subgrades				Flexible pavements subgrades			
			A High K=150 NM/m^3	B Medium K=80 NM/m^3	C Low K=40 NM/m^3	D Ultralow K=20 NM/m^3	A High CBR=15%	B Medium CBR=10%	C Low CBR=6%	D Very low CBR=3%
Airbus A320-200	73900 kg 45000 kg	200 psi	44 24	46 26	48 27	50 29	39 22	40 22	44 24	50 28
Airbus A320-200	73900 kg 45000 kg	149 psi	40 22	43 24	45 25	48 27	37 21	39 22	44 24	50 28
B737-200	45722 kg 25941 kg	138 psi	23 12	25 13	27 14	28 15	21 11	22 12	25 13	30 15
B737-200	52616 kg 27293 kg	160 psi	29 13	30 14	32 15	34 16	26 12	27 13	31 14	35 15
B737-900	79243 kg 42901 kg	204 psi	49 24	52 25	54 27	56 28	43 21	45 22	50 23	55 27
B747-400	379200kg 174850	200 psi	53 18	62 19	74 22	85 26	58 19	64 20	80 23	102 29
B777-200LR	341100 kg 145150 kg	218 psi	64 23	82 24	105 28	127 35	61 19	69 21	87 24	117 32
DC10-10	196406 kg 108940 kg	186 psi	45 23	52 25	63 28	73 33	52 26	57 27	68 30	93 38

Gambar 3. ACN (*Aircfraft classification Number*) B737-400

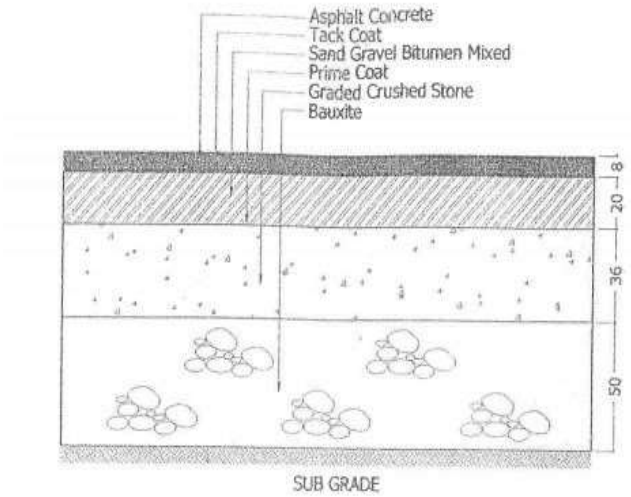
Dari data yang diberikan, diketahui bahwa pesawat kritis yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung beban maksimum pada taxiway Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam adalah B737-900, dengan Pavement Classification Number (PCN) sebesar 85/F/C/X/T. Dalam perhitungan ini, data pesawat terberat, yaitu Boeing 747-400, digunakan sebagai dasar untuk menentukan beban izin total (pta) yang dapat ditahan oleh perkerasan taxiway. Nilai PCN tersebut menunjukkan kekuatan perkerasan yang mampu menahan beban tertentu, di mana nilai ACN minimum pesawat Boeing 747-400 adalah 45, dan ACN maksimum adalah 79. Nilai bobot kosong pesawat tersebut dalam kondisi eksploitasi adalah 390.000 lbs, sementara massa apron maksimum yang diperbolehkan adalah 873.000 lbs.

Perhitungan beban izin total pesawat (pta) dilakukan dengan menggunakan formula yang melibatkan perbedaan antara massa apron maksimum dan bobot kosong pesawat, dikalikan dengan rasio antara selisih nilai PCN dan ACN minimum. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban izin total yang mampu ditahan oleh perkerasan taxiway di Bandar Udara Hang Nadim Batam adalah 958.235 lbs atau sekitar 434.648 kg. Nilai ini mencerminkan kapasitas maksimum perkerasan untuk menopang berat pesawat di taxiway tersebut tanpa menyebabkan kerusakan atau penurunan kualitas perkerasan.

Dalam pengembangan lebih lanjut, penulis mengajukan beberapa syarat yang dapat membantu meningkatkan kualitas dan daya tahan perkerasan di Bandara Hang Nadim Batam

untuk masa depan. Salah satu syarat yang disarankan adalah melapisi struktur patching dengan menggunakan plat beton yang diperkuat dengan struktur tulangan. Metode ini akan memberikan perbaikan yang lebih kuat pada area-area yang mengalami kerusakan, seperti yang terjadi pada taxiway Foxtrot. Penelitian perlu memperhatikan gradasi dan mutu material yang lebih terkendali, serta menggunakan metode pelaksanaan yang cermat, seperti pencampuran dan penghamparan yang serupa dengan pekerjaan pengaspalan, perbaikan ini diharapkan dapat memberikan daya dukung yang lebih tinggi pada perkerasan. Hal ini akan mengurangi risiko kerusakan berulang dan memperpanjang umur pakai perkerasan tersebut.

Selain itu, pelapisan struktur patching beton dengan aspal juga disarankan agar konstruksi perkerasan lebih tahan lama. Aspal memberikan lapisan perlindungan tambahan terhadap perubahan cuaca ekstrem, seperti panas dan hujan, yang dapat menyebabkan retakan dan keausan pada beton (Gunawan & Darmadi, 2023). Kombinasi antara beton bertulang dan pelapisan aspal menciptakan konstruksi yang lebih kokoh, mampu menahan beban pesawat dengan lebih baik, dan memperlambat laju kerusakan. Dengan demikian, perawatan perkerasan taxiway akan menjadi lebih efisien, mengurangi biaya perbaikan berkala, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan operasional pesawat di Bandara Hang Nadim Batam.



Gambar 4. Struktur Perkerasan Flexible Bandar Udara Hang Nadim Batam

Dengan demikian, perawatan perkerasan taxiway akan menjadi lebih efisien, mengurangi biaya perbaikan berkala, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan operasional pesawat di Bandara Hang Nadim Batam.

KESIMPULAN

Perbaikan pada area *weakspot* di Bandara Hang Nadim Batam, khususnya di *taxiway Foxtrot*, menunjukkan bahwa kerusakan berupa rutting disebabkan oleh seringnya lajur ini dilalui oleh pesawat yang melebihi kapasitas beban yang dapat ditampung. Rutting, yang ditandai dengan penurunan pada permukaan perkerasan, berisiko mengganggu kelancaran operasional penerbangan, karena dapat mempengaruhi pergerakan pesawat secara langsung. Setelah dilakukan analisis, penulis menghitung beban pesawat terkritis untuk mengetahui batas maksimal beban yang mampu ditampung oleh *taxiway Foxtrot*. Dalam mengatasi permasalahan ini, salah satu solusi yang diusulkan adalah melapisi struktur patching dengan plat beton yang dilengkapi dengan struktur tulangan. Penggunaan material beton dengan gradasi dan mutu yang lebih terkendali, serta metode pelaksanaan yang mirip dengan pengaspalan, diharapkan mampu meningkatkan daya dukung perkerasan, memperpanjang

umur pakai, dan mencegah terjadinya kerusakan serupa di masa mendatang. Selain itu, penulis juga mencatat bahwa kondisi tanah di Bandara Hang Nadim, yang tergolong "kembang susut" dengan subgrade berkepadatan rendah (C), membuat lapisan aspal lebih rentan terhadap pergerakan dan retakan. Oleh karena itu, solusi tambahan berupa peningkatan ketebalan lapisan aspal melalui *overlay*, serta penambahan kerikil dan pasir, diusulkan untuk memperkuat struktur jalan. Lapisan aspal juga harus secara berkala dilapis ulang untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, seperti settlement. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memperhitungkan secara detail efektivitas penggunaan plat beton sebagai langkah perbaikan yang lebih permanen, sehingga kerusakan pada area yang sama dapat dihindari di masa mendatang.

REFERENSI

Ariawan, I. M. A., Thanaya, I. N. A., Pradnyaswari, I. G. A. A. A., Kwintaryana, P., & Suweda, I. W. (2020). Evaluasi Nilai Pavement Classification Number (PCN) Perkerasan Apron dengan Metode FAA, Metode Klasik, dan Metode Analitik (Studi Kasus: Apron Timur Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali). *Jurnal Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*, *XX*(X), 1–23.

Biringkanae, P., & Bunahri, R. R. (2023). Literature Review Penggunaan Teknologi Kecerdasan Buatan dalam Penerbangan: Analisis Perkembangan Teknologi, Potensi Keamanan, dan Tantangan. *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, *4*(5), 745-752.

Bunahri, R. R. (2023). Factors Influencing Air Cargo Business : Business Plan and Strategy, Professional Human Resources, and Airlines' Performance. *JAFM: Journal of Accounting and Finance Management*, *4*(2), 220–226. https://doi.org/https://doi.org/10.38035/jafm.v4i1

Bunahri, R. R., Supardam, D., Prayitno, H., & Kuntasi, C. (2023). Determination of Air Cargo Performance: Analysis of Revenue Management, Terminal Operations, and Aircraft Loading (Air Cargo Management Literature Review). *DJIMS: Dinasti International Journal of Management Science*, *4*(5), 833–844. https://www.dinastipub.org/DIJMS/article/view/1822%0Ahttps://www.dinastipub.org/DIJMS/article/download/1822/1252

Daniel, J. (2002). Benefit-cost analysis of airport infrastructure: the case of taxiways. *Journal of Air Transport Management*, *8*(3), 149–164. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0969-6997(01)00051-5

Galagedera, S. D. B., Pasindu, H. R., & Adikariwattage, V. V. (2020). Evaluation of Operational Risk Factors at Runway High Speed Exits. *Transportation Research Procedia*, *48*, 32–46. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.004

Gunawan, F., & Darmadi. (2023). Perencanaan Ulang Perkerasan Taxiway N1-NP2 dari Flexible ke Rigid di Bandar Udara Juanda Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil Arsitektur*, *22*(2), 175–187.

Jiang, X., & Hao, P. (2024). Hub Airport End-Around Taxiway Construction Planning Development: A Review. In *Applied Sciences* (Vol. 14, Issue 8). https://doi.org/10.3390/app14083500

Jiang, Y., Xue, Q., Wang, Y., Cai, M., Zhang, H., & Li, Y. (2021). Traffic congestion mechanism in mega-airport surface. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *577*, 125966. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.125966

Kwee, C., Widodo, S., & Azwansyah, D. H. (2022). Pengembangan Geometrik Sisi Udara (Runway, Taxiway, dan Apron) Bandara Supadio dengan adanya Jalur Runway Baru. *JeLAST : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, *9*(4), 1–10. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/60362

Lamtiar, S., Dwi Agustini, W., Pahlevi, R., & Gaffari D., Z. (2023). Desain Geometrik dan

Tebal Perkerasan Lentur Rapid Exit Taxiway Middle 6 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dengan Metode FAA. *Airman: Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi*, *6*(1), 30–42. https://doi.org/10.46509/ajtk.v6i1.336

Liu, Y., Hu, M., Yin, J., Su, J., & Qiao, P. (2024). Adaptive airport taxiing rule management: Design, assessment, and configuration. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *163*, 104652. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104652

Paramahamsa, K. L. M., & Sari, A. N. (2022). Studi Perencanaan Perkerasan Runway dan Taxiway dengan Metode Federal Aviation Administration. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, *2*(2), 67–74. https://doi.org/10.52989/jaet.v2i2.56

Park, D. K., & Kim, J. K. (2023). Influential factors to aircraft taxi time in airport. *Journal of Air Transport Management*, *106*, 102321. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102321

Pratama, P. R. D. (2019). *Perencanaan Pemeliharaan Dan Perbaikan Sisi Udara Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Priyanto, H., Akhmadali, & Erwan, K. (2019). Perencanaan Sisi Udara (Runway, Taxiway, Dan Apron) Bandara Baru Di Kabupaten Ketapang. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, Pontianak*, *6*(2), 1–9. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/35137

Purwanto, H., & Sunandar, A. (2019). Analisa Perencanaan Runway Taxiway Dan Apron Pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin Ii Palembang Menggunakan Metode Faa (Federal Aviation Administration). *Jurnal Deformasi*, *4*(1), 20. https://doi.org/10.31851/deformasi.v4i1.2971

Salihu, A. L., Lloyd, S. M., & Akgunduz, A. (2021). Electrification of airport taxiway operations: A simulation framework for analyzing congestion and cost. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *97*, 102962. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102962

Simaremare, F., Bunahri, R. R., Arta, D. N. C., & Kona, M. (2023). Analisa Penambahan Jalur Circuit D pada Taxiway di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, *1*(2), 122–131.

Supriadi, S., Amirullah, A., & Hartatik, N. (2019). Perencanaan Perkerasan Paralel Taxiway Selatan Di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai - Bali. *Jurnal Penelitian*, *4*(4), 18–26. https://doi.org/10.46491/jp.v4e4.472.18-26

Suryan, V., Fazal, M. R., Nur Afriyani, S. R., Septiani, V., Sari, A. N., Fatimah, S., & Winiasri, L. (2023). Aplikasi Perencanaan Perkerasan Runway Menggunakan Software Faarfield. *Jurnal Talenta Sipil*, *6*(1), 61. https://doi.org/10.33087/talentasipil.v6i1.163

Wulandari, A., Tri Utomo, S. H., & Siswosukarto, S. (2022). Evaluasi Tebal Perkerasan Kaku Apron Bandara Mutiara Sis Al-Jufri. *Journal of Civil Engineering and Planning*, *3*(1), 1–13. https://doi.org/10.37253/jcep.v3i1.5816