

Diaz Plagiasi

by Cek Plagiasi

Submission date: 07-Aug-2024 04:19PM (UTC+0800)

Submission ID: 2428531173

File name: DIAZ_Cek_Plagiasi.pdf (1.34M)

Word count: 7898

Character count: 46988

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Husein Sastranegara merupakan Bandar Udara di Provinsi Jawa Barat yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura II. Bandar udara ini berdiri sejak tahun 1920 oleh Pemerintah Hindia Belanda, dengan nama Luchtvaart Afdeling atau Vliegvel Andir dan setelah tahun 1942 kemudian diambil alih oleh Jepang hingga tahun 1945 dan kemudian akhirnya diambil alih oleh Angkatan Udara Republik Indonesia (AURI). Aspek sisi udara dari desain Bandar Udara termasuk *runway*, *taxiway*, dan *apron* mengikuti ukuran dan dimensi yang umum. Termasuk *apron* sebagai fasilitas sisi udara untuk parkir, bongkar muat penumpang dan barang, serta melakukan perawatan.

Identifikasi masalah melalui studi dokumentasi pada PT. Angkasa Pura II cabang Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara Bandung tahun 2022, luas *apron* Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung adalah 388 x 80 meter dan terdapat 8 *parking stand* disana. Hasil observasi penulis bahwa terdapat dua tipe *parking stand* yaitu tiga *parking stand flexible* dan lima *parking stand rigid*. Dimana nomor 1, 2, dan 3 menggunakan jenis perkerasan lentur/aspal (*flexible pavement*) dan 4, 5, 6, 7, dan 8 menggunakan jenis perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan beton. Hasil wawancara dengan *Supervisor* Teknik Umum mengungkap alasan mengapa terdapat dua jenis perkerasan pada *apron* ini dikarenakan Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung merupakan bandar udara peninggalan Belanda yang sudah memiliki *apron* dengan jenis perkerasan *flexible*, dan baru pada tahun 1994 Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung tersebut boleh dipergunakan untuk penerbangan komersial yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura 2, lalu dibuatlah perkerasan *rigid* pada *apron*.

Pada penelitian ini, penulis memfokuskan menganalisis jenis perkerasan *rigid* pada *apron* di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dikarenakan

perkerasan *rigid* memiliki karakteristik mampu menahan beban statis yang lebih tepat dan cenderung tidak berubah untuk diterapkan di *apron* dimana pesawat parkir dan tekanan roda langsung ke permukaan tanah (Huzeirien & Dahlan, 2018a).

Perhitungan perkerasan sangatlah penting karena semakin kuat tanah maka semakin tebal perkerasannya, karena tanah pondasi berfungsi untuk menopangnya (Ramdhani, 2016). Disisi lain, permasalahan yang diangkat penulis yaitu dengan pesawat kritis B737-800, saat ini nilai *Aircraft Classification Number* (ACN) di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung lebih besar dari *Pavement Classification Number* (PCN) atau $ACN > PCN$, sedangkan regulasi PR 21 Tahun 2003 menyatakan ketentuan nilai $ACN < PCN$ (Anis, 2016). Data yang dikumpulkan dari observasi dan dokumen menunjukkan bahwa nilai PCN di apron Bandar Udara ini lebih rendah dibandingkan nilai kritis ACN pesawat jenis B737-800 yang memiliki nilai ACN sebesar 54. Padahal, sesuai PR 21 Tahun 2023 dan KP 93 Tahun 2015 terkait proteksi operasional, *apron* tidak boleh terkena gerak dari pesawat dengan ACN lebih dari 1.05 hingga 1,1 persen lebih besar dari nilai PCN. Jika hal ini terjadi, maka *apron* akan mengalami kerusakan seperti retak *alligator*, retak memanjang, dan dudukan. Kondisi terparah yang membutuhkan perencanaan tebal perkerasan rigid ulang adalah pada parking stand 7 (tujuh) dan 8 (delapan).

Saat ini perhitungan yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan di Indonesia telah menggunakan metode mekanistik dengan aplikasi COMFAA yang dikeluarkan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA), namun penggunaan metode manual atau yang dikenal sebagai metode empiris masih perlu digunakan karena sifatnya sebagai metode perhitungan *surface oriented* dan sesuai dengan tujuan penelitian penulis pada Tugas Akhir ini yaitu perencanaan tebal perkerasan. Metode empiris ini menggunakan perhitungan berdasarkan dokumen 150/5320-6D yaitu cara perhitungan yang sudah lama digunakan dan masih relevan (Anis, 2016a). Metode ini bergantung pada dua faktor utama yaitu ukuran pesawat terbesar dan kekuatan tanah dasar atau *California Bearing Ratio* (CBR). Kekuatan tanah dasar akan menentukan

ketebalan lapisan perkerasan, mulai dari lapisan paling bawah (*subgrade*) hingga lapisan permukaan (*surface base*).

Untuk lapisan permukaan, kekuatannya diukur dengan *uji marshall*. Uji ini membantu mengetahui kapan lapisan tersebut akan rusak. Pada intinya, metode empiris ini menghubungkan antara kekuatan tanah (CBR), jenis pesawat, dan ketebalan lapisan perkerasan. Hubungan ini biasanya disajikan dalam bentuk grafik atau tabel yang memudahkan perhitungan. Baik badan penerbangan internasional yaitu *International Civil Aviation Organization (ICAO)* maupun badan *Federal Aviation Administration (FAA)* masih mengakui dan menggunakan metode empiris ini. Meskipun ada metode baru yang lebih canggih, metode empiris tetap bisa menjadi acuan, terutama untuk melihat kondisi permukaan perkerasan (Anis, 2016). Setelah didapatkan tebal perkerasan, kemudian penulis menghitung nilai PCN untuk mengetahui rekomendasi nilai perkerasan yang disarankan agar pesawat dengan prioritas muatan tertinggi, seperti pesawat berdimensi lebar seperti *Boeing 737-800*, *Airbus A320*, dan *Hercules C-130*, akan dapat mendarat di Bandar Udara Husein Sastranegara.

Penelitian analisis perhitungan tebal perkerasan telah banyak dilakukan, beberapa menggunakan aplikasi COMFAA telah banyak dituliskan dalam berbagai jurnal seperti pada (Afriyani & Suryan, 2022; Suryan et al., 2023) yang merencanakan perkerasan *runway* di Bandara Minangkabau untuk perencanaan 20 tahun. Penelitian oleh (Pradana et al., 2020) menaikkan tebal perkerasan *runway* di Bandar Udara Husein Sastra Negara dari total 100 cm menjadi 127 cm dengan menggunakan *software* COMFAA. Sedangkan pada penelitian (Anis, 2016) melakukan perbandingan perhitungan menggunakan metode empiris dan metode mekanistik dengan studi kasus di Bandar Udara Kertajati. Hasil yang didapat pada penelitian kedua menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perhitungan empiris dan mekanistik, sehingga keduanya masih layak digunakan.

Dengan latar belakang diatas maka penulis mengangkat judul “ANALISIS PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN RIGID MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS PADA PARKING STAND 7 dan 8 di BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA BANDUNG”. Pada Tugas Akhir ini penulis akan membuat analisis perhitungan untuk apron dengan jenis perkerasana kaku atau *rigid* dengan menampilkan *forecasting* 20 tahun kedepan.

Perhitungan ini juga tidak sebatas bagian atas lapisan saja, melainkan seluruh *layer* perkerasan yaitu *subgrade*, *subbase*, dan *surface* dengan menggunakan jenis perhitungan empiris berdasarkan rekomendasi Dokumen 9157 part 3, FAA 150/5320-6D serta KP 93 Tahun 2015. Penulis berharap hasil perhitungan yang didapatkan pada Tugas Akhir ini dapat membantu bandar udara dengan menjadi rekomendasi kepada manajemen untuk melakukan perbaikan untuk mewujudkan semboyan 3S+1C yaitu *safety*, *security*, *service*, and *compliance* di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka penulis mengidentifikasi permasalahan yaitu bagaimana analisis perhitungan tebal perkerasan dan perhitungan PCN *Rigid* pada *parking stand* nomor 7 dan 8 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menganalisis perhitungan tebal perkerasan dan PCN pada *parking stand rigid* nomor 7 dan 8 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memaksimalkan keselamatan terbang sebagaimana semboya 3S+1C yaitu *safety*, *security*, *service*, and *compliance*.
2. Meningkatkan keselamatan dan keamanan sisi udara sesuai dengan aturan yang relevan.

3. Karena ini adalah cara yang bagus bagi penulis untuk mengajar orang lain dan memperdalam pemahaman mereka tentang *parking stand* desain ketebalan.

E. Batasan Masalah

Untuk memastikan bahwa judul tersebut tidak keluar dari konteks, maka kajian Tugas Akhir ini berfokus pada penentuan daya dukung konstruksi *apron rigid* dan fleksibel dengan memperhatikan ketebalan perkerasan *rigid* dan fleksibel. Pencipta membatasi permasalahan berikut ini di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung:

1. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode empiris FAA.
2. Dapat merencanakan perkerasan *rigid* dan perhitungan nilai ACN-PCN.
3. Merencanakan ketebalan konstruksi perkerasan hanya pada titik *parking stand* perkerasan *rigid* nomor 7 dan 8.

F. Sistematika Penulisan

Berikut bagian-bagian yang menyusun laporan Tugas Akhir ini:

1. Bab I Pendahuluan

Yang termasuk dalam pendahuluan adalah sebagai berikut: alasan kajian, uraian permasalahan, tujuan penelitian, kendala, kelebihan, dan metodologi penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Landasan teoritis pengolahan dan penghitungan data terkait penelitian akan dituangkan dalam bab tinjauan pustaka.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Ketebalan perkerasan *apron* termasuk dalam metodologi penelitian. Lampiran pada Bab III akan memberikan metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan yang diuraikan dalam Bab I. Diagram alur penelitian, metodologi pengumpulan data, dan perencanaan.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab 4 merinci proses penentuan ketebalan perkerasan *apron* menggunakan metode empiris.

5. Bab V Simpulan dan Saran

Kesimpulan terkait apa yang dilaksanakan dalam Tugas Akhir tentang cara menghitung ketebalan perkerasan optimal diberikan pada bagian terakhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Apron pada Bandar Udara

Menurut peraturan Kementerian Perhubungan (No. PR 21 Tahun 2023), Bandar Udara didefinisikan sebagai kawasan tertutup (di darat atau di perairan) yang berfungsi sebagai tempat pendaratan dan lepas landas pesawat udara, naik dan turunnya orang, bongkar muat barang, dan area perpindahan antar moda transportasi yang berbeda (Peraturan & Penerbangan, 2023). Sesuai KP 326 Tahun 2019 tentang standar teknik dan administrasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil, *apron* adalah suatu area tertentu pada suatu Bandar Udara yang dapat dimanfaatkan oleh pesawat udara untuk berbagai keperluan, antara lain bongkar muat penumpang dan barang, parkir, dan melakukan perbaikan kecil.

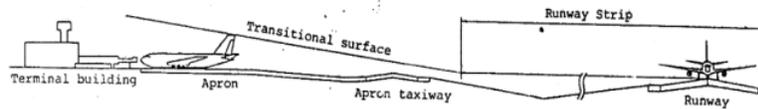
Fasilitas sisi udara ini memiliki beberapa tujuan, termasuk mengisi bahan bakar, parkir, mempersiapkan pesawat, menaikkan dan menurunkan penumpang dan kargo. Di sini, pesawat dapat parkir (di gerbang, *stand*, atau *ramp*) dan jalur sirkulasi dapat ditemukan untuk pesawat yang datang dan pergi (*taxiline*), semuanya sebelum penerbangan dapat dilanjutkan. Dimensi dan penempatan gerbang harus dipertimbangkan dengan cermat sehubungan dengan bidang yang akan menggunakannya. Bentang sayap, panjang, dan radius putar pesawat termasuk di antara fitur-fitur yang disebutkan, serta perlunya truk perawatan untuk pesawat saat berada di gerbang.

a. Konsep *Apron*

Konsep *Apron* (Terminal) merupakan ide untuk terminal atau *apron* bandar Udara. Fungsi *apron* sangat terkait dengan fungsi terminal. *Apron* sebagai bagian bandar udara yang memberikan pelayanan kepada terminal, harus direncanakan sesuai dengan kebutuhan dan fitur terminal, sebagaimana tercantum dalam Perintah Eksekutif No. SKEP/77/VI/2005 dari Direktorat

Jenderal Perhubungan Udara Terkait dengan standar teknis pengelolaan fasilitas teknik di Bandar Udara. ¹ *Aerodrome Design Manual, Section 2 (Doc 9157-AN/901)*.

b. Dimensi Apron



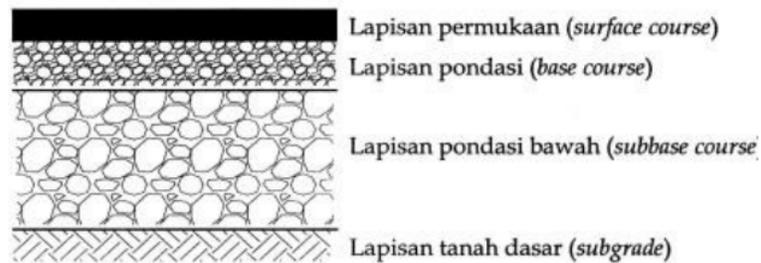
Gambar II. 1 Dimensi Apron

(sumber : SKEP 77/VI/2005 Dirjen Perhubungan)

2. Perkerasan Pada Bandar Udara

Satu atau lebih lapisan perkerasan bahan olahan menahan beban tanpa merusak struktur jalan secara serius, konstruksi ini dikenal dengan sebutan perkerasan jalan (Rahman et al., 2021). ¹¹ Setiap lapisan perkerasan harus cukup tebal untuk mencegah beban pesawat yang beroperasi merusak lapisan di bawahnya dan permukaannya harus halus dan aman dalam segala kondisi cuaca. Tanah dasar merupakan pertimbangan penting ketika merancang perkerasan. *California Bearing Ratio* (CBR) adalah cara umum untuk merepresentasikan kekuatan tanah.

Nilai CBR *Subgrade* harus minimal 3% agar dapat menghitung ketebalan perkerasan di Bandar Udara dan menciptakan perkerasan lentur. Sebaliknya, modulus reaksi tanah dasar minimal $13,5 \text{ MN/m}^3$ diperlukan untuk desain perkerasan *rigid*. Jika daya dukung tanah dasar tidak terpenuhi, maka perlu distabilkan hingga tingkat yang disyaratkan. Menurut (Basuki, 1986) yang termuat dalam buku “Perancangan Rencana Bandar Udara”, ada dua jenis perkerasan jalan, ² yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

a. Perkerasan Lentur (*Flexible*)

Gambar II. 2 Struktur Perkerasan Lentur

Karena kualitasnya yang elastis, perkerasan lentur mudah mengalami transformasi ketika terkena beban yang berlebihan. Berikut tata letak lapisan perkerasan lentur:

1) Tanah Dasar (*Subgrade*)

Subgrade memainkan peran penting dalam desain ketebalan perkerasan, yang pada gilirannya berdampak pada kualitas konstruksi perkerasan. Kekuatan dan ketahanan struktur secara langsung dipengaruhi oleh kualitas tanah dasar. Perkerasan *rigid* menggunakan nilai CBR yang dinyatakan dalam persentase (%), untuk menentukan kekuatan tanah dasar, yang kemudian diubah menjadi nilai k , atau modulus reaksi tanah dasar, dinyatakan dalam pci atau Mn/m^3 . *Pound* per inci kubik (pci) adalah satuan CBR, dan nilai k adalah fungsi dari itu. Anda dapat mencari nilai k dengan memasukkannya ke dalam persamaan:

$$k = 28,6926 \times \text{CBR}^{0.7788}$$

2) Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase*)

Diselingi di bawah pondasi dan lapisan atas (*base*), *subbase* merupakan komponen penting dalam pengembangan perkerasan jalan.

3) Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Apa yang terletak di antara lapisan dasar dan lapisan permukaan perkerasan disebut alas.

3

4) Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan atas yang disebut permukaan, bertanggung jawab untuk menopang berat perkerasan di bawahnya dan menjaga keutuhannya selama masa pakai. Perkerasan *flexible* mempunyai banyak manfaat, antara lain mudah direncanakan dan digunakan untuk semua jenis lalu lintas udara berdasarkan klasifikasinya, tidak memerlukan sambungan pada saat pemasangan, cocok untuk pelapisan pada semua permukaan, dan mudah ditentukan ketebalannya.

Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan pada perkerasan lentur. Salah satunya adalah rumitnya pengendalian kualitas penyebaran yang dipengaruhi oleh suhu peletakan dan suhu pemadatan yang ditentukan oleh data laboratorium setelah penyebaran di lapangan. Dalam kasus seperti ini, perkerasan lentur tidak mampu menahan basah atau area dengan drainase yang tidak memadai.

b. Perkerasan *Rigid (Rigid)*



Gambar II. 3 Struktur Perkerasan Kaku

Komponen utama perkerasan *rigid* adalah beton, yang kemudian dibiarkan mengeras (Khamid et al., 2023) dan digunakan sebagai permukaan jalan. Pelat beton yang membentuk perkerasan *rigid* berada di atas lapisan asli yang dipadatkan yang disebut *subgrade* yang merupakan butiran atau *subbase* yang distabilkan. *Subbase* mungkin tidak selalu diperlukan tergantung pada keadaan. Struktur perkerasan *rigid* digambarkan sebagai berikut:

1) Tanah Dasar (*Subgrade*)

Untuk mendapatkan stabilitas yang cukup dan dukungan yang konsisten, maka perlu diperoleh material *subgrade* untuk ditempatkan di bawah perkerasan keras. Secara alami, pada kadar air yang tepat, pemadatan dapat meningkatkan kepadatan. Kekuatan *subgrade* dapat ditingkatkan dengan memasukkan kedua elemen ini. Perkerasan *rigid* tidak memerlukan pemadatan yang melelahkan dan rumit seperti halnya perkerasan lentur.

Seluruh bagian tanggul yang dibangun dengan tanah padat diwajibkan oleh ¹⁰ *FAA-T-611, AASHTO T-180, ASTM-D-1557* atau Bina Marga pb-0112-76 untuk dipadatkan hingga kepadatan maksimum 90%. Tanah yang digali harus mempunyai lapisan atas setebal 15 sentimeter, atau *subgrade* 6 inci yang dipadatkan hingga kepadatan maksimum 90% agar tanah tetap kohesif.

Jika menggunakan tanah non-kohesif untuk tanggul, pastikan memadatkan bagian atasnya setinggi 15 cm (6 inci) hingga kepadatan maksimum 100%. Saat mengerjakan tanah yang sejenis dalam penggalian, lapisan atas 15 cm (6 in) harus dipadatkan hingga kepadatan maksimum 100%, sedangkan lapisan di bawah 46 cm (18 in) harus dipadatkan hingga kepadatan maksimum. kepadatan 95%.

³ 2) Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan *subbase* P-154 setebal 4 inci (100 mm) merupakan material dasar yang biasa. Untuk lapisan *subbase*, Anda dapat menggunakan bahan-bahan ⁴ berikut:

- a) *P-154 Subbase course*
- b) *P-208 Aggregate base course*
- c) *P-209 Crushed aggregate base course*
- d) *P-201 Lime rock base course*
- e) *P-304 Cement treated base course*
- f) *P-306 Econocrete subbase course*
- g) *P-401 Plant mix bituminious payement*

¹ Pada perkerasan baru yang akan digunakan oleh pesawat dengan berat 100.00 Ib (45.400kg), lapisan pondasi bawah perlu distabilisasikan. Berikut adalah jenis-jenis stabilisasi lapisan pondasi bawah:

- a) P-304 *Cement treated base course*
- b) P-306 *Econocrete subbase course*
- c) P-401 *Plant mix bituminous payments*

3) Beton

Fungsi lapisan atas beton adalah untuk membuat permukaan menjadi kasar, menghalangi masuknya air permukaan, dan menopang struktur di bawahnya. P-501 Pembayaran beton semen merupakan kategori bahan standar. Ujung runway, titik pertemuan runway dengan ³ taxiway, apron, dan tempat lain yang digunakan untuk parkir pesawat atau daerah yang terkena dampak panas jet blast dan luapan minyak seringkali merupakan lokasi yang dilapisi dengan perkerasan rigid. Ketebalan perkerasan keras dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti:

- a) Untuk setiap jenis pesawat yang akan ditampung oleh perkerasan tersebut, perlu diberikan proyeksi tentang lalu lintas pesawat, keberangkatan tahunan, atau jumlah total lepas landas yang akan terjadi sepanjang umur desain perkerasan yang berumur 20 tahun. Berbagai jenis pesawat dengan bobot dan jenis roda pendaratan yang berbeda-beda tercantum dalam tabel perkiraan lalu lintas.
- b) Ini adalah berat lepas landas maksimum pesawat yang digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang diperlukan. Reaksi perkerasan terhadap berat pesawat dan distribusi berat pesawat ditentukan oleh jenis roda pendaratan.
- c) Tanah dasar atau subbase – Kombinasi tanah dasar.
- d) Sambungan konstruksi pelat beton.

3. Karakteristik Pesawat

Spesifikasi umum pesawat diperlukan untuk desain infrastruktur sebelum selesainya bandara dengan segala fasilitasnya. Desain perkerasan harus mengikuti rencana pesawat jika jumlah keberangkatan tertentu per tahun dimaksudkan untuk mengakomodasi berbagai jenis pesawat yang melewati perkerasan tersebut. Pada penulisan Tugas Akhir ini pertimbangan seperti desain pesawat terbang, yang menentukan ketebalan perkerasan, situasi tanah dasar, yang menentukan jenis konstruksi, dan lalu lintas bandara semuanya berperan dalam pengambilan Keputusan sebagaimana KP 39 Tahun 2015.

4. Perhitungan Metode Empiris

Rencana konstruksi *apron* Bandara harus mematuhi peraturan yang ditetapkan Dokumen ICAO 9157 dan perhitungan sesuai rekomendasi *Federal Aviation Administration* (FAA). Perencanaan dan analisis perkerasan bandar udara *No. AC 150/5320-6E* menjelaskan prosedur ini. Teknik FAA mengasumsikan bahwa, kecuali ada perubahan pada pesawat, umur layanannya dapat diperpanjang hingga 20 tahun dengan sedikit perawatan. Informasi yang harus disediakan adalah sebagai berikut:

a) Penentuan Pesawat Kritis

Contoh cara menentukan pesawat yang dimaksud diberikan dalam Bab 3 dokumen FAA Desain dan analisis tarmac Bandar Udara AC 150/5320-6D, yang diterbitkan pada tahun 1995.

Tabel II. 1 Contoh Penentuan Pesawat Kritis

<i>Aircraft</i>	<i>Gear Type</i>	<i>Average Annual Departure</i>	<i>Maximum Take of Weight</i>
727-100	<i>Dual</i>	3.760	72.600
727-200	<i>Dual</i>	9.090	86.500
707-320B	<i>Dual Tandem</i>	3.050	148.500
DC-g-30	<i>Dual</i>	5.800	49.000
cv-880	<i>Dual tandem</i>	400	83.948
737-200	<i>Dual</i>	2.650	52.440
L-101 1-100	<i>Dual tandem</i>	1.710	204.120

(Sumber: *Desain dan Evaluasi Perkerasan Bandar Udara FAA AC 150/5320-6D*)

Untuk mengetahui bidang mana yang dapat membuat perkerasan paling tebal, FAA menggunakan kurva desain yang memperhitungkan variabel seperti nilai CBR dan K semakin banyak beban yang dibebankan pada setiap roda, semakin tebal pula perkerasannya. Proses ini diulangi untuk setiap jenis pesawat.

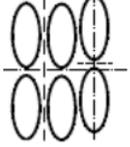
Hal ini dimulai dengan membagi berat lepas landas maksimum atau *Maximum Take Off Weight* (MTOW) dengan jumlah roda pendaratan untuk mengetahui pesawat mana yang menghasilkan berat per roda paling banyak. Setelah menentukan bahwa B737-800 memiliki muatan per roda terbanyak, pesawat khusus ini akan ditetapkan sebagai pesawat rencana atau pesawat paling kritis dalam skenario yang diberikan.

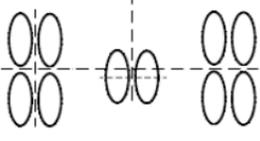
Elemen-elemen yang menyebabkan kerusakan perkerasan sangat dipengaruhi oleh roda pendarat. Semakin banyak beban yang dipindahkan dari pesawat ke roda pendaratan, semakin tinggi beban yang melewati *apron*. Sebaliknya, semakin banyak beban yang dipindahkan dari pesawat ke roda pendaratan seiring dengan bertambahnya jumlah roda.

Roda pendaratan utama yang dipasang di badan pesawat diperkirakan mewakili 95% dari total pendaratan, karena roda pendaratan tersebut

memberikan penopang utama untuk bobot pesawat, sedangkan roda pendaratan hidung hanya menyumbang 5%. Berikut adalah tabel yang menunjukkan perbedaan susunan roda pendaratan untuk berbagai jenis pesawat:

Tabel II. 2 Konfigurasi Roda Pendaratan

Penunjukan Gigi	Penunjukan Gigi	Contoh Pesawat
S	 lajang	³ Sngl Whl-45
D	 Ganda	B737-100
2S	 2 Single di Tandem	C-130
2D	 2 Ganda secara Tandem	B767-200
3D	 3 Ganda secara Tandem	B777-200
2T	 Dua Roda Tiga Bersamaan	C-17A

Penunjukan Gigi	Penunjukan Gigi	Contoh Pesawat
2D/D1	 <p>Dua Gigi Utama Tandem Ganda/Gigi Badan Roda Ganda</p>	DC10-30/40

(FAA AC-150/5320/6E, Desain dan Evaluasi Perkerasan Bandar Udara)

Rumus untuk menghitung beban per roda pendaratan utama.

$$\text{Muatan roda} = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{\text{jml roda pendaratan utama}}$$

b) Keberangkatan Pesawat Tahunan

$$n = \left(1 + \frac{b \cdot L}{200}\right)$$

N = total jumlah keberangkatan

L = umur rencana perkerasan

a = angka keberangkatan tiap tahun

b = pertumbuhan lalu lintas (%)

10 A. Perencanaan Perkerasan Rigid Metode FAA

Perkerasan yang digunakan adalah perkerasan rigid dengan menimbang beberapa keuntungan dan karakteristik pembebanan diantaranya yaitu:

- 1) Beban maksimum
- 2) Kecepatan lambat hingga berhenti
- 3) Fluida (tahan terhadap air dan petrol product)

1 Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan rigid adalah dengan menggunakan metode FAA. Metode ini diberikan dalam Advisory Circular No. AC 150/5320-6E, Airport Pavement Design and Evaluation.

Dalam perencanaan dengan metode FAA diperhitungkan untuk masa pemakaian 20 tahun tanpa pemeliharaan yang berarti, apabila tidak ada perubahan pesawat udara yang dilayani. Untuk mendapatkan tebal perkerasan dengan metode FAA didapat dengan menggunakan kurva-kurva perencanaan perkerasan *rigid* sesuai dengan tipe roda pendaratan pesawat udara yang direncanakan. Data yang diperlukan antara lain:

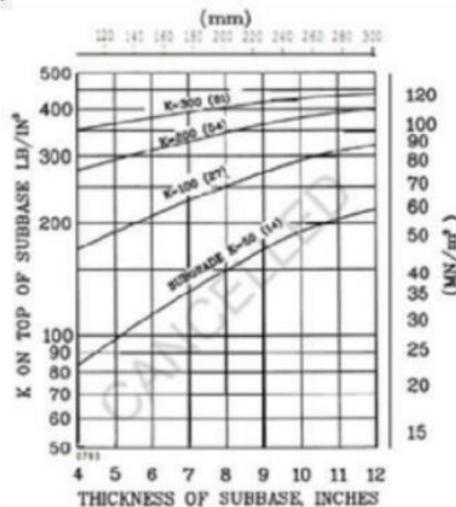
1) Harga k dari *Subgrade*

Metode yang disarankan dalam menentukan nilai modulus tanah dasar adalah dengan melakukan pengujian pada daerah timbunan terbatas yang telah terpasang sesuai dengan spesifikasi. Cara mendapatkan nilai modulus tanah dasar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788}$$

2) Nilai k *Subbase*

Menentukan nilai k untuk lapisan pondasi bawah dengan pengujian umumnya tidak praktis, terutama pada tahap perencanaan. Nilai k lapisan pondasi bawah sebagai fungsi tebal lapisan pondasi bawah untuk beberapa nilai k lapisan tanah dasar disampaikan sebagai berikut:



Gambar II. 4 Nilai k Lapisan Pondasi Bawah

(sumber: FAA AC 150/5320-6D *Airport Pavement Design and Structure*)

6
3) Kuat bengkok (*Flexural Strength*)

Lenturan perkerasan *rigid* akibat beban roda, akan menghasilkan tegangan tekan dan tegangan bengkok. FAA memilih umur beton 28 hari sebagai spesifikasi teknis, sebab hasil penelitian dan evaluasi menunjukkan bahwa dengan harga kuat beton 28 hari akan didapatkan perkerasan yang kuat.

1
4) *Maximum Take-Off Weight*

Berat maksimum lepas landas (MTOW) dari suatu pesawat udara adalah berat maksimum yang diizinkan dari suatu pesawat udara untuk mencoba lepas landas karena batas struktural atau lainnya. MTOW biasanya ditentukan dalam satuan kilogram (kg) atau pound (lb).

5) *Equivalent Annual Departure*

Setelah menentukan pesawat kritis yang beroperasi di bandar udara maka langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua roda pendaratan ke dalam roda pendaratan pesawat rencana atau pesawat kritis, hal ini bertujuan untuk menggabungkan semua keberangkatan tahunan pesawat yang beroperasi yang sudah dikalikan dengan faktor konversi roda pendaratan ke dalam keberangkatan pesawat rencana/kritis.

Menurut FAA AC 150/5320-6D *Airport Pavement Design and Evaluation*, untuk mencari *Equivalent Annual Departure* R_1 , digunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0,5} \\ R_1 &= 10^{\log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0,5}} \end{aligned}$$

2
Keterangan:

R_1 : Keberangkatan tahunan *equivalent* pesawat udara rencana

R_2 : Keberangkatan tahunan pesawat udara

W_1 : Beban roda pesawat udara rencana

W_2 : Beban roda masing-masing pesawat udara

a) Faktor Konversi Roda Pendaratan

Faktor konversi roda pendaratan digunakan untuk perhitungan pavement, daftar konversi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel II. 3 Daftar Konversi Roda Pendaratan Pesawat

Konversi dari	Ke	Faktor pengali keberangkatan
Singel Wheel	Dual Wheel	0,8
Single Wheel	Dual Tandem	0,5
Dual Wheel	Dual Tandem	0,6
Double Dual Tandem	Dual Tandem	1
Dual Tandem	Single Wheel	2
Dual Tandem	Dual Tandem	1,7
Dual Wheel	Single Wheel	1,3
Double Dual Tandem	Dual Wheel	1,7

(sumber: FAA AC 150/5320-6D *Airport Pavement and Evaluation*)

b) Formula W2 dan R2

Berikut akan dijelaskan perhitungan mencari W2 dan R2, dimana W2 sendiri adalah beban roda pesawat udara yang ditanyakan dan R2 adalah keberangkatan tahunan pesawat udara dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat udara rencana.

$$W1 = MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{Jumlah roda pendaratan utama}}$$

$$R2 = \text{Annual Departure} \times F. \text{Konfersi Roda}$$

5. ⁹ Pavement Classification Number

Pavement Classification Number adalah nilai numerik yang menjelaskan daya dukung dari perkerasan untuk menahan operasi penerbangan tak terbatas dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN. Nilai PCN perkerasan bandar udara ¹² wajib diperbaharui dan dilakukan penyesuaian sesuai dengan perubahan dari prasarana bandar udara dan juga ¹² tingkat lalu lintas pesawat udara. Jika nilai PCN perkerasan bandar udara ¹² lebih kecil daripada nilai ACN pesawat udara terbesar, maka pengoperasian pesawat udara tidak dapat diberikan ijin beroperasi kecuali dengan mengurangi beban operasi dan mengacu ³ pada ketentuan *Restricted take-off Weight* atau kondisi *overload*. Komponen PCN terdiri dari lima unsur yaitu nilai numerik kekuatan perkerasan, jenis perkerasan, kategori kekuatan *subgrade* dan ³ kategori tekanan roda. Untuk penulisan PCN terdapat ketentuan daripada penulisan nilai PCN adalah yaitu :

- Nilai numerik kekuatan perkerasan dari angka 1 sampai tak hingga.
- Jenis perkerasan terdiri dari perkerasan kaku dengan simbol huruf R dan perkerasan lentur dengan simbol huruf F.
- Kategori *subgrade* dibagi menjadi empat kategori baik untuk perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yaitu kategori A,B,C dan D.
- Tekanan ijin roda terdiri dari empat kategori yaitu W, X, Y dan Z.
- Metode evaluasi terdiri dari pengujian langsung dengan analog ditunjukkan dengan huruf U dan perhitungan analitis ditunjukkan dengan huruf T.

Tabel II. 4 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Kaku

No	Kategori Subgrade	Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Interval Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Kode
1	High	555.6 (150)	K > 442 (> 120)	A
2	Medium	294.7 (80)	221 < K < 442 (60 < K < 120)	B
3	Low	147.4 (40)	92 < K < 221 (25 < K < 60)	C
4	Ultra Low	73.7 (20)	K < 92 (< 25)	D

Kategori diatas berdasarkan ketentuan KP 93 Tahun 2015.

Tabel II. 5 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Lentur

No	Kategori Subgrade	Nilai CBR Subgrade %	Interval Nilai CBR Subgrade %	Kode
1	High	15	CBR \geq 13	A
2	Medium	10	8 < CBR < 13	B
3	Low	6	4 < CBR \leq 8	C
4	Ultra Low	3	CBR \leq 4	D

Tabel II.5 dan II.6 menentukan kode pengklasifikasian PCN berdasarkan ketentuan KP 93 Tahun 2015.

Tabel II. 6 Kategori Tekanan Ijin Roda Pesawat

No	Kategori	Tekanan Ijin (Mpa/Psi)	Kode
1	High	Tidak terbatas	W
2	Medium	1.5/218	X
3	Low	1.0/145	Y
4	Ultra Low	0.5/73	Z

6. Sambungan Konstruksi Beton

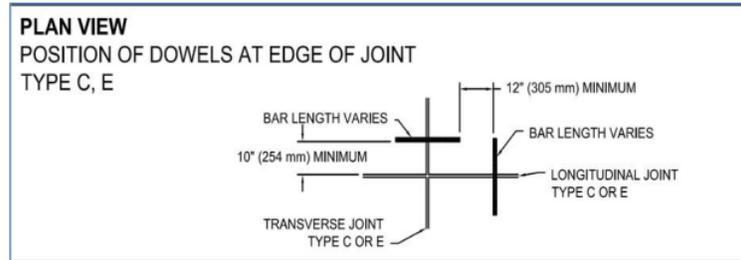
a. Peletakan *Dowell*

Dengan menggunakan tabel berikut sebagai panduan, pilihlah desain dowel untuk pelat beton yang sesuai dengan *FAA AC-150/5320/6E*, pengembangan dan evaluasi *paving* bandara:

Tabel II. 7 Peletakan Dowell

Tebal Slab	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 in (152-178 mm)	¾ in (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
7,5-12 in (191-305 mm)	1 in (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
12,5-16 in (318-406 mm)	1¼ in (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
16,5-20 in (419-508 mm)	1½ in (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 mm)
20,5-24 in (521-610 mm)	2 in (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

(sumber: *Desain dan Evaluasi Perkerasan Bandar Udara FAA AC 150/5320-6E*)



Gambar II. 5 Peletakan Dowell

b. Sambungan Pelat Beton

Desain dan analisis permukaan Bandara (*AC 150/5320-6E*) menetapkan jenis sambungan perkerasan *rigid* berikut ini:

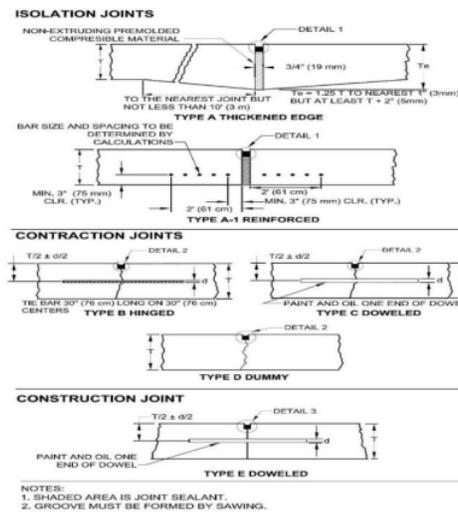
1) Koneksi Ekspansi

Konstruksi perkerasan berpotongan dan dipisahkan oleh sambungan ekspansi. Sambungan ekspansi tipe A dan tipe B mempunyai ciri-ciri diantaranya, Saat menangani transmisi berat antar pelat beton, tipe A diperlukan. Batang pasak memindahkan beban, dan ruang di antaranya diisi dengan zat kompresibel yang tidak memuai. Bahannya tebal 19 mm. kemudian ketika tidak ada kebutuhan untuk mentransfer beban melalui *link*, Tipe B digunakan. Tanpa menggunakan batang dowel, sambungan ini dibuat dengan cara menebalkan pelat beton di sepanjang sisi sambungan.

2) Sambungan susut

Jika kadar air dan suhu pelat beton turun, pelat tersebut dapat menyusut sehingga dapat menyebabkan keretakan. Untuk mengatasi patah tulang ini, digunakan sendi penyusutan.

c. Sambungan Konstruksi



Gambar II. 6 Jenis Sambungan pada Perkerasan Kaku

Untuk menyambung dua pelat yang sedang tidak dikembangkan, digunakan sambungan konstruksi.

7. California Bearing Ratio (CBR) Tanah

CBR merupakan teknik empiris untuk menentukan kepadatan tanah. Uji CBR digunakan untuk mengetahui nilai CBR. Di laboratorium AS di pusat penelitian produk institut jalan raya *California* pada tahun 1930-an tes CBR ini pertama kali dilakukan. Menurut (Simanjuntak et al., 2017) CBR merupakan persentase yang membandingkan beban uji dengan beban standar. Pendekatan empiris yang umum untuk perencanaan perkerasan jalan mencakup metode CBR yang sudah terkenal. Untuk menentukan stabilitas tanah *Subgrade* jalan, Badan Administrasi Transportasi Negara bagian *California* merancang teknik ini.

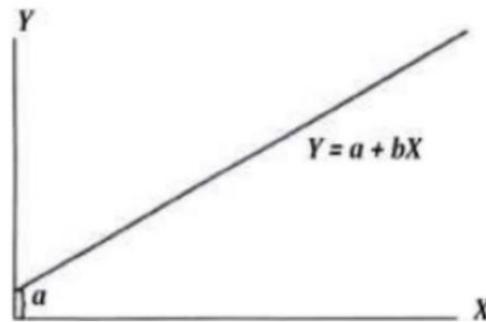
8. Metode peramalan (*Forecasting*)

Metode peramalan adalah salah satu metode yang dapat membantu memperkirakan sesuatu hal di masa yang akan datang. Secara umum peramalan merupakan suatu proses memprediksi secara sistematis mengenai kemungkinan apa yang terjadi dimasa yang akan datang dengan berdasarkan

informasi yang telah didapatkan di masa lalu atau pun sekarang bertujuan agar menurunkan kesalahan yang akan di alami (Ardiansah et al., 2021).

Analisis Regresi Linear Sederhana

Regresi linier sederhana adalah metode statistic yang hamper sama dengan metode linear. Hanya saja terdapat dua variable didalamnya. Yaitu variable penyebab (x) dan variable akibat (y).



Gambar II. 7 Ilustrasi Garis Regresi Linear

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik ialah :

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = garis regresi

a = konstanta, perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi

X = variabel bebas

Besarnya konstanta a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Yang mana n merupakan jumlah data (Ir. Erzed Nixon MT, 2019).

B. Penelitian yang Relevan

Dengan tujuan membandingkan hasil penelitian masa lalu dengan penemuan saat ini, penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terdahulu. Untuk

memperkuat ide yang mereka gunakan dalam melakukan penelitian, penulis mengacu pada penelitian sebelumnya ketika melakukan penelitian.

Tabel II. 1 Studi Penelitian Sebelumnya yang Relevan

NO	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Persamaan	Perbedaan
1	(Huzeirien & Dahlan, 2018b)	Analisa Perencanaan Perkerasan <i>Rigid</i> Bandara Sultan Thaha Syaifudin Jambi untuk <i>Apron</i> Bandara	Perencanaan ketebalan perkerasan tercakup.	Tidak membahas perhitungan dengan cara aplikasi
2	(Seno & Ahyudanari, 2015)	Pendekatan perbandingan ACN-PCN digunakan untuk mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara (<i>runway</i> , <i>taxiway</i> , dan <i>apron</i>) di Bandara Juanda.	Membahas tentang penentuan nilai ACN, perbandingan ACN pesawat dengan PCN yang ada	Membahas perhitungan <i>tegangan kontak</i>
3	(Martua Sihombing et al., 2022)	Penilaian Ketebalan Perkerasan Landasan Pacu Bandara Regional Oecusse yang terletak di Timor-Leste	Menggunakan <i>FAARFIELD</i> pendekatan perangkat lunak untuk menganalisis ketebalan perkerasan	Memeriksa landasan pacu dengan perkerasan fleksibel
4	(Anis, 2016b)	Analisis Perbandingan metode empiris dan metode mekanistik dalam perancangan landasan bandar udara	Menggunakan metode empiris	Membandingkan dua jenis metode yaitu metode empiris dan metode mekanistik.

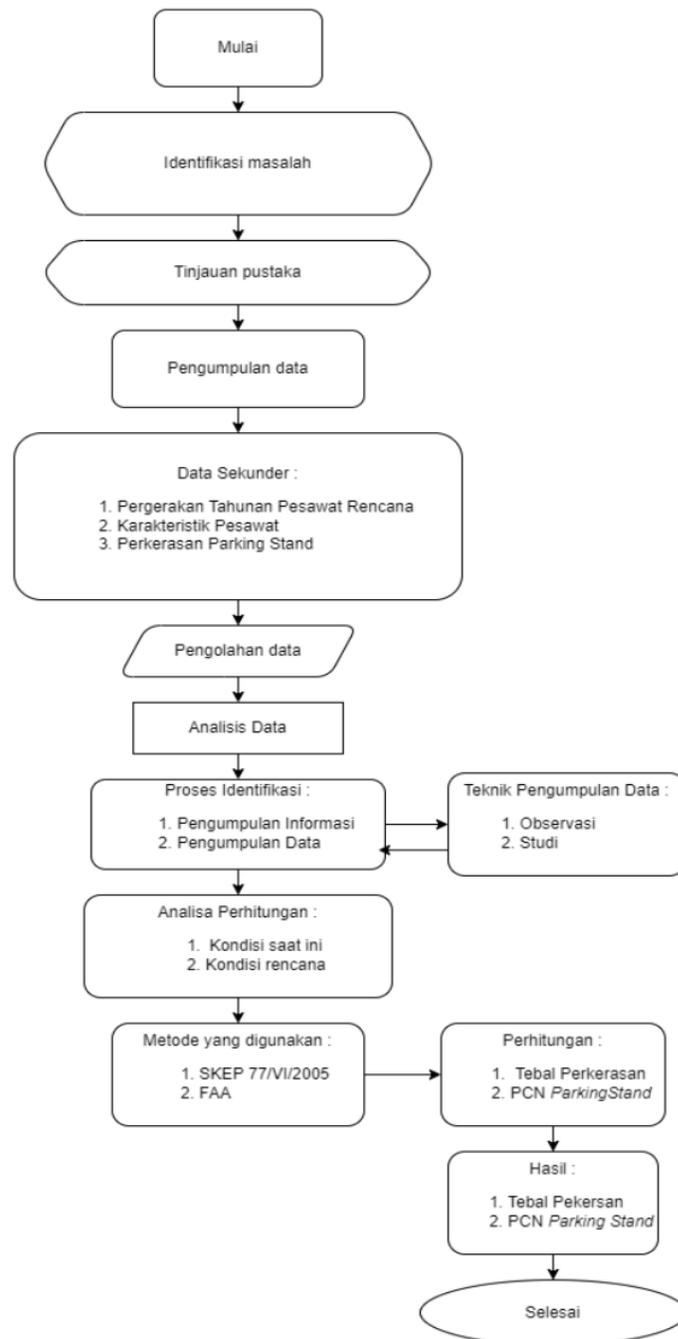
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Menurut (Ali, 2022) penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang menghasilkan temuan-temuan baru yang dapat dicapai (diperoleh) dengan menggunakan prosedur-prosedur secara statistic atau cara lainnya dari suatu kuantifikasi (pengukuran). Adapun menurut (Susanto et al., 2024) penelitian kuantitatif merupakan suatu bentuk penelitian yang menggunakan pengumpulan data numerik dan teknik analitik untuk menguji hipotesis, menarik Kesimpulan dan memahami hubungan antar variabel yang diteliti.

Oleh sebab itu penulis menggunakan metode ini karena penelitian ini digambarkan dengan angka-angka numerik yang datanya didapat dari perhitungan pada usaha dan akan dibandingkan dengan hasil perhitungan peneliti. Jenis penelitian ini yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan salah satu macam-macam metode penelitian kuantitatif dengan suatu rumusan masalah yang memadu penelitian untuk mengeksplotasi atau memotret situasi sosial yang akan diteliti secara menyeluruh, luas, dan mendalam.



Gambar III. 1 *Flow Chart* Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Penulis melakukan observasi di PT Angkasa Pura II Kantor Cabang Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung pada saat penulis melaksanakan kegiatan *On the Job Training* (OJT) pada tanggal 03 Oktober 2023 s.d 31 Januari 2024. Dokumen yang digunakan meliputi rencana detail bandar udara, laporan inspeksi terdahulu dan dokumentasi terkait perbaikan yang telah dilakukan .

2. Wawancara

Merupakan percakapan yang berlangsung secara sistematis dan terorganisasi yang dilakukan oleh peneliti sebagai pewawancara dengan sejumlah orang sebagai responden atau yang diwawancarai untuk mendapatkan sejumlah informasi yang berhubungan dengan masalah yang diteliti. Wawancara dilakukan kepada *Supervisor* Teknik Umum dengan menggunakan delapan pertanyaan yang disusun berdasarkan PR 21 Tahun 2023 yang bertujuan memastikan hasil observasi telah tepat dan menentukan arah kebutuhan bandar udara.

C. Teknik Analisis Data

Sugiyono menyebutkan bahwa proses penelitian kuantitatif deskriptif berlangsung sebelum peneliti terjun ke lapangan. Maka dalam penelitian ini, sebelum terjun ke lapangan peneliti melakukan analisis terhadap berbagai data yang berkaitan dengan regulasi fasilitas sisi udara. Metode yang digunakan dalam menganalisis data yang terkumpul adalah metode empiris yang dikeluarkan oleh FAA dalam dokumen 150/5320-6D sebagaimana yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang dan tinjauan Pustaka. Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk angka perhitungan setiap lapisan perkerasan pada *sub-base*, *sub-grade*, dan *surface* agar nilai PCN meningkat dan didapatkan $ACN < PCN$.

D. Tempat Penelitian

Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dipilih sebagai lokasi penyelidikan tugas akhir ini. Kenyamanan situs sebagai sumber data yang mudah diakses

menyebabkan terpilihnya situs sebagai objek kajian yang pada akhirnya memudahkan penyelesaian Tugas Akhir.

E. Waktu penelitian

Masa penelitian dimulai pada tanggal 3 Oktober 2023 dan berakhir pada tanggal 31 Januari 2024 saat berlangsungnya kegiatan *On the Job Training* (OJT) dan dilanjutkan tahap penyusunan penulisan dan perhitungan sampai Juli 2024.

Tabel III. 1 Jadwal Penelitian

No	Tahapan Penulisan	2023			2024						
		10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
1	Persiapan										
2	Pengumpulan Data										
3	Pengolahan Data										
4	Tahapan Penulisan										

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Observasi

Berdasarkan hasil observasi dilapangan pada *apron parking stand 7 dan 8* pada saat pelaksanaan *On the Job Training*, terlihat bahwa kondisi dari *parking stand 7 dan 8* di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung terdapat beberapa kerusakan di karenakan nilai dari pada ACN yang lebih besar di bandingkan dengan nilai PCN. Identifikasi masalah dilakukan melalui observasi, serta didukung oleh wawancara dengan *Supervisor Teknik Umum*. Wawancara dengan *Supervisor Teknik Umum* Bapak Arifin Wijayanto, S.T. mengungkapkan beberapa fakta sebagai data dukung merekomendasikan perhitungan rencana perkerasan.

Saat ini apron memiliki dua perkerasan, yaitu perkerasan lentur (*flexible*) dan perkerasan kaku (*rigid*). Menurut narasumber, *apron* direkomendasikan memiliki perkerasan *rigid* dikarenakan perkerasan *rigid* mampu menahan beban statis, dalam hal ini pesawat parkir. Kondisi $ACN > PCN$ tidak sesuai standar dari KP 39 Tahun 2015. Sehingga pesawat terberat saat ini yaitu Boeing 737-800 hanya dapat parkir dalam kondisi *restricted take of weight*. Dalam perhitungan tebal perkerasan, bandara telah menggunakan aplikasi COMFAA berdasarkan rekomendasi KP 93 Tahun 2015. Adapun hasil observasi dan dokumentasi akan dibahas lebih lanjut pada bagian dibawah ini.

Tabel IV. 1 Kondisi Eksisiting *Parking Stand 7 & 8*

<i>Layering</i>	Tebal Perkerasan
<i>Surface</i>	20 mm
<i>Base Course</i>	15 mm
<i>Sub Base</i>	15 mm

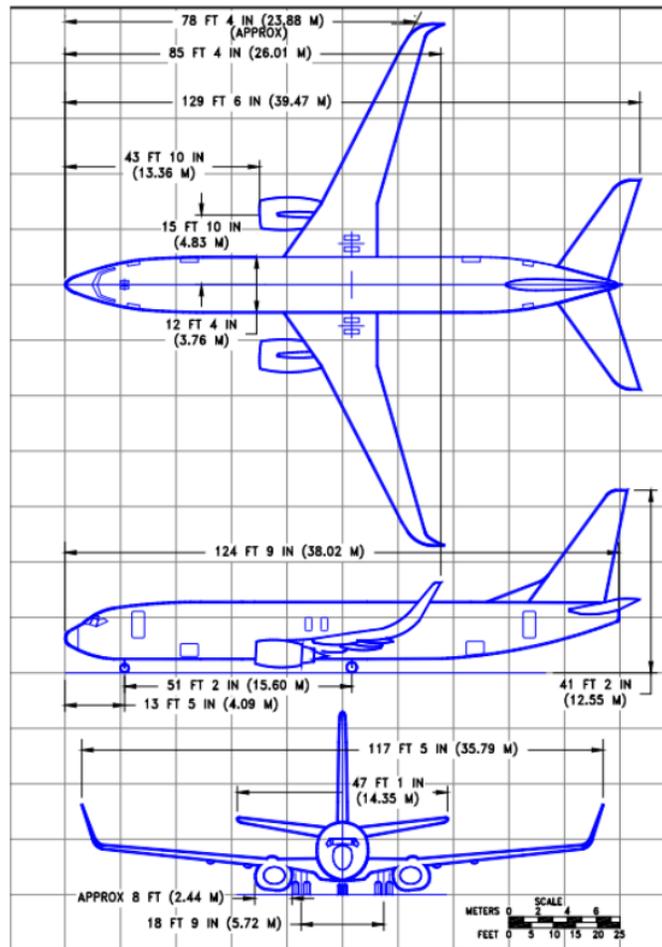
(Sumber : Bandar Udara Angkasa Pura II Cabang Husein Sastranegara)

Berdasarkan observasi di lapangan dan studi dokumentasi *Automated People Mover System (APMS)* didapatkan desain *layering* sebagai berikut:

a) Pada *apron* Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung terdapat dua jenis perkerasan yang berbeda, pada *parking stand* 1-3 menggunakan jenis perkerasan *flexible* dan pada *parking stand* 4-8 menggunakan jenis perkerasan *rigid*.

b) Operasi Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung

Berdasarkan *Aerodrome Manual* Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung pesawat udara kritis terbesar eksisting yang beroperasi adalah B737 800, dengan dimensi pesawat udara sebagai berikut:



Gambar IV. 1 Tampak Depan dan Samping Pesawat Udara B737-800

Dimensi karakteristik pesawat udara kritis merupakan penentuan dari kode ARFL suatu bandar udara.

Tabel IV. 2 Penentuan Kode Klasifikasi Bandara

Code Number	Reference Field Length, m	Code Letter	Wingspan, m	Distance between Outside Edges of Main Gear, m
1	<800	A	<15	<4.5
2	800 - <1200	B	15- <24	4.5- <6
3	1200 - <1800	C	24 - <36	6 - <9
4	>=1800	D	36 - <52	9 - <14
		E	52 - <65	9 - <14
		F	65 - <80	14 - 16

(Sumber : PR 21 Tahun 2023)

Berdasarkan dokumentasi yang sudah dilaksanakan di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung pada *parking stand*, terdapat beberapa jenis kerusakan yang terjadi pada *parking stand* akibat kurangnya nilai PCN daripada nilai ACN pesawat kritis B737 800, jenis kerusakan yang terjadi pada Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung yaitu:



1. Kondisi lepasnya struktur agregat
2. Kondisi keausan akibat lepasnya agregat disudut (spalling corner)
3. Kondisi Keausan atau lepasnya agregat sambung (spalling joint)



4. Retak lurus (Linear Cracking)

Gambar IV. 2 Jenis Kerusakan yang Terjadi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan kondisi yang dijelaskan diatas, maka mulai dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan nilai tebal perkerasan apron jenis perkerasan kaku yang sesuai rekomendasi KP 93 Tahun 2015 dengan menggunakan metode empiris berdasarkan perhitungan pada dokumen FAA 150/5320-6D.

2. Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilaksanakan dengan *Supervisor* Teknik Umum menggunakan *Zoom Meeting*, dapat ditarik kesimpulan bahwa perhitungan sebelumnya kondisi eksisting apron pada Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dengan nilai PCN eksisting 50 R/C/X/T untuk *parking stand* 7 dan 8, dengan jenis pesawat kritis yaitu pesawat B737-800 dengan nilai ACN sebesar 54, oleh karena itu jenis pesawat B737-800 hanya bisa menggunakan *parking stand* dengan *Regulatory Take off Weight* (RTOW) dan belum bisa sampai *Maximum Take off Weight* (MTOW)

B. Pembahasan

1. Analisis Perhitungan

Berikut statistik lalu lintas pergerakan pesawat berangkat tertinggi menurut jenis pesawat, berdasarkan data angkutan udara Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Pada tahun 2023, penulis memanfaatkan data operasi OJT untuk mengkaji ketebalan perkerasan *parking stand*.

Tabel IV. 3 Data Pergerakan Pesawat

Tahun	Total <i>Annual Departure</i>
2015	8742

2016	9568
2017	10137
2018	10466
2019	13042
2022	14386
2023	15938

(Sumber: PT Angkasa Pura II Bandar Udara Husein Sastranegara)

a. Perhitungan Forecasting

Perhitungan *Forecasting* Pesawat 2025 – 2045 terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel IV. 4 Data Perhitungan *Forecasting* Penumpang

Tahun	X	x^2	y	xy	y^2
2015	1	1	8.742	8.742	76.422.564
2016	2	4	9.568	19.136	91.546.624
2017	3	9	10.137	39.411	192.758.769
2018	4	16	10.466	41.864	109.537.156
2019	5	25	13.042	65.210	170.093.764
2022	6	36	14.386	86.316	206.956.996
2023	7	49	15.938	111.566	254.019.844
Total	28	140	82.279	363.245	1.011.335.717

(Sumber : Hasil Perhitungan Penulis)

Nilai – nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(82.279)(140) - (28)(363.245)}{7(140) - (28)^2}$$

$$a = \frac{11.519.060 - 10.170.860}{196}$$

$$a = \frac{1.348.200}{196}$$

$$a = 6.878,57 \text{ pembulatan } \mathbf{(6.879)}, \text{ dan}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(7)(363.245) - (28)(82.279)}{7(140) - (28)2}$$

$$a = \frac{2.542.715 - 2.303.812}{196}$$

$$a = \frac{238.903}{196}$$

$$a = 1.218.89 \text{ pembulatan } \mathbf{(1.219)}$$

$$y = a + bx$$

$$y = 6.879 + 1.219x$$

Berdasarkan perhitungan diatas bahwa didapatkan model persamaan regresi linear dan prediksi pesawat tahun 2025-2045 pada tabel berikut:

$$Y = 6.879 + 1.219x$$

Tabel IV. 5 Hasil Perhitungan Peramalan (*Forecasting*) 2025-2045

Tahun	y = a + bx
	Prediksi Pergerakan Pesawat Tahunan
2025	72.882
2026	80.980
2027	89.078
2028	97.146
2029	105.275
2030	113.372
2031	121.470
2032	129.568
2033	137.666
2034	145.764
2035	153.862
2036	161.960
2037	170.058
2038	178.156
2039	186.254
2040	194.352
2041	202.450
2042	210.548
2043	218.646
2044	226.744
2045	234.842

(Sumber : Hasil Perhitungan Penulis)

b. Data Penerbangan

Tabel IV. 6 Data Penerbangan Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung Tahun 2023

No.	Tipe Pesawat	MTOW	Annual Departure
1	Boeing 737 800	79.243 kg	6.961

(Sumber : KP 93 Tahun 2015)

Pada tabel IV. 6 didapat data penerbangan pada tahun 2023. Berdasarkan KP 93 Tahun 2015 Pesawat Boeing 737 800 dengan *Maximum Takeoff Weight* (MTOW) sebesar 79.243 kilogram dan juga pesawat ini memiliki data *annual departure* tahunan yang tinggi, yang mencapai 6.961 kali.

c. Perhitungan *Wheel Load* (W2)

Berdasarkan data pesawat udara yang beroperasi, dapat ditentukan pesawat udara kritis di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Dengan perhitungan pesawat kritis adalah sebagai berikut :

$$\text{Wheelload} = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan utama}}$$

$$\text{Wheelload} = 0,95 \times 79.243 \times \frac{1}{4}$$

$$\text{Wheelload} = 18.820,021 \text{ kg}$$

d. Menghitung *Gear Departure* (R2)

Setiap pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung memiliki desain roda pendaratan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, nilai R2 harus dihitung untuk setiap pesawat dengan mengalikan jumlah pergerakan pesawat dengan faktor konversi yang sesuai dengan jenis roda pendaratan.

Selanjutnya dapat nilai total untuk beban yang dialami perkerasan. Dengan cara ini, dapat dihitung nilai *gear departure* dari setiap jenis pesawat yang direncanakan. Tipe roda pendaratan dari pesawat B737 800 adalah *Dual Tandem*.

$$R_2 = 0,6 \times \text{annual departure}$$

$$\text{Boeing 737 800} = 0,6 \times 6961 = 4176,6$$

Berdasarkan hasil perhitungan R2 untuk pesawat Boeing 737 800 adalah 4176,6.

e. Menghitung Beban Roda Pesawat Kritis (W1)

Untuk melakukan perhitungan dari pesawat kritis maka digunakan pesawat berjenis Boeing 737 800 yang memiliki total pendaratan 4 roda. Pesawat kritis yang dimaksud adalah pesawat tersebut merupakan pesawat terberat dan juga memiliki *annual departure* yang lebih banyak daripada pesawat kritis lainnya.

$$W1 = \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan utama}} \times 0,95 \times MTOW$$

$$W1 = \frac{1}{4} \times 0,95 \times 79.243, \text{ sehingga } W1 = 18.820,21 \text{ kg}$$

Pada perhitungan diatas maka mendapatkan hasil W1 adalah 18.820,21 kg.

f. Equivalent Annual Departure (R1)

Setelah di dapat nilai dari R2 dan W2 pada tipe pesawat rencana Boeing 737 800, lalu dapat dihitung nilai *equivalent annual departure* (R1) dari pesawat rencana yang sudah ditentukan diawal yaitu pesawat Boeing 737 800.

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0,5}$$

$$R_1 = 10^{\text{Log } R_2} \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0,5}$$

Boeing 737 800 :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 4176,6 \times \left(\frac{18820,21}{18820,21}\right)^{0,5}$$

$$R_1 = 10^{\text{Log } 4176,6} \times \left(\frac{18820,21}{18820,21}\right)^{0,5}$$

$$R_1 = 4176,6$$

Dengan hasil perhitungan diatas maka dapat diketahui nilai untuk melakukan peningkatan dari setiap *layering* perkerasan, yang nantinya akan dihitung menggunakan metode grafik empiris.

2. Perhitungan Tebal Perkerasan Metode Grafik *FAAAC 150/5320-6D*

a) Nilai k subgrade

Pada perencanaan perkerasan *rigid* maka diperlukan nilai modulus tanah dasar. Nilai modulus tanah dasar ini dapat dinyatakan sebagai modulus reaksi tanah dasar (k), nilai CBR lapangan : 6% (didapat dari hasil pengujian), maka nilai CBR tersebut akan dikonversikan menjadi nilai modulus reaksi tanah dasar sebagai berikut :

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788}$$

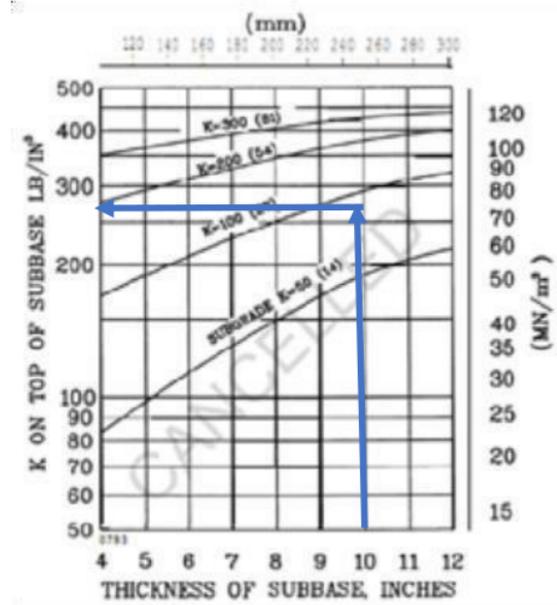
$$k = \left[\frac{1500 \times 6}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 95 \text{ pci}$$

b) Nilai k subbase

Menurut standar FAA (AC 150/5320-6D) untuk *rigid pavement* adalah 4 inches (100 mm) dari item P-154. Tujuan penempatan lapisan pondasi bawah dibawah slab beton adalah untuk meningkatkan nilai modulus k . Dengan modulus k subgrade = 95 pci maka didapatkan nilai k lapisan subbase menggunakan pembacaan grafik di bawah ini :

- 1) Beban rencana = 174.700 lbs
- 2) k subgrade = 95 pci
- 3) *Flextural strength* = 700 psi
- 4) Tebal subbase rencana = 10 inches



Gambar IV. 3 Grafik Perhitungan Tebal Subbase

Untuk mendapatkan nilai k lapisan *subbase* didapat dengan menempatkan tebal rencana (10 inch), kemudian ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu kurva modulus k *subgrade* (95 psi), lalu ditarik garis horizontal ke kiri untuk mengetahui nilai k lapisan *subbase*. Dari hasil *plotting* gambar di atas maka didapatkan nilai k lapisan *subbase* yaitu 270 pci.

c) Penentuan *stabilized base*

Lapisan ini diperlukan untuk semua perkerasan *rigid* baru yang dirancang untuk mengakomodasi pesawat berat 100.000 pound (45.400 kg) atau lebih (*AC 150/5320-6D*). dipilih *cement treated base course* dengan tebal rencana 5 inch.

d) Plot menuju grafik perhitungan tebal *subbase*

Data yang diperlukan dalam perencanaan tebal *subbase* pada *parking stand* menggunakan metode FAA cara manual dan mendapatkan nilai k *subgrade* sebesar 95 pci dan Nilai k *subbase* 270 pci.

2
e) Plot menuju grafik perhitungan tebal slab beton

Data yang diperlukan dalam perencanaan tebal slab beton *parking stand* menggunakan metode FAA cara manual adalah sebagai berikut :

- 1) *Flextural strength* (*fs*) : 700 pci
- 2) Nilai *k subbase* : 270 pci
- 3) MTOW Boeing 737-800 : 79.243 kg atau 174.700 lbs
- 4) *Equivalent Annual Departure* : 9368,41

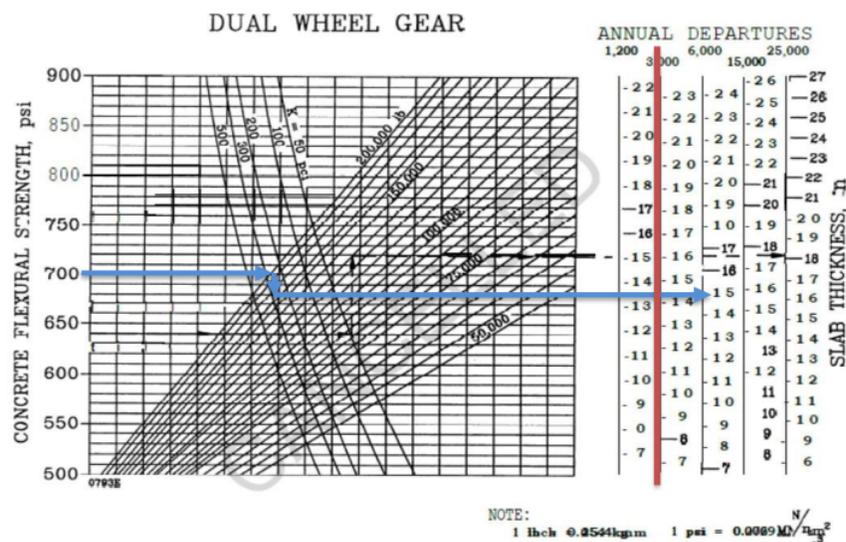


FIGURE 3-18. RIGID PAVEMENT DESIGN CURVES, DUAL WHEEL GEAR

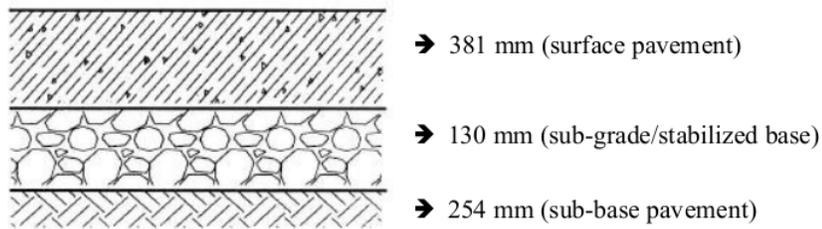
Gambar IV. 4 Grafik Perhitungan Slab Beton

Pergerakan pesawat tahun 2025-2045. Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui slab beton dengan menggunakan gambar kurva rencana perkerasan *rigid*, untuk pesawat rencana Boeing 737-800. Dengan menempatkan nilai kuat tarik rencana (*flexural strength*) 700 pci dan ditarik garis horizontal ke kanan sampai bertemu dengan nilai *k subbase* = 270 pci, beban pesawat udara = 174.700 lbs, dan *annual departure* 8368,41, maka tebal slab beton yang didapatkan adalah 15 inch = 381 mm. Hasil perhitungan diatas penulis sajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel IV. 7 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metode Grafik

Lapisan	Tebal perkerasan (in)	Tebal perkerasan (mm)
Permukaan (<i>surface course</i>) slab beton	15	381
Pondasi atas distabilisasi (<i>stabilized base</i>)	5	130
Pondasi bawah (<i>subbase course</i>)	10	254
Total	30	765

Hasil dari tabel diatas diilustrasikan kedalam gambar dibawah ini untuk memberi gambaran kondisi perkerasan yang diharapkan.



Gambar IV. 5 Layering Perkerasan kaku



Gambar IV. 6 Grafik Forecasting Pesawat Tahun 2025-2045

Pada gambar grafik diatas adalah perhitungan rata-rata pertumbuhan pergerakan pesawat tahun 2025-2045. Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui slab beton dengan menggunakan gambar kurva rencana perkerasan *rigid*, untuk pesawat rencana Boeing 737-800. Dengan menempatkan nilai kuat tarik rencana (*flexural strength*) 700 pci dan ditarik garis horizontal ke kanan sampai bertemu dengan nilai k subbase = 270 pci, beban pesawat udara = 174.700 lbs, dan *annual departure* 8368,41, maka tebal slab beton yang didapatkan adalah 15 inch = 381 mm. Hasil perhitungan diatas penulis sajikan pada tabel IV. 7.

f) Menghitung nilai *Pavement Classification Number (PCN)*

$$x = x_1 + (x_2 - x_1) \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

Jika =

X = Nilai PCN yang akan dihitung

X1 = ACN minimum

X2 = ACN maksimum

Y = Beban ijin perkerasan (p)

Y1 = Beban minimum pesawat (pmin)

Y2 = Beban maksimum

$$PCN = ACN_{min} + (ACN_{maks} - ACN_{min}) \frac{p - p_{min}}{p_{maks} - p_{min}}$$

$$PCN = 26 + (55 - 26) \frac{718.414 - 91300}{174.700 - 91300}$$

$$PCN = 55 \frac{627114}{83400}$$

$$PCN = 55 \frac{627114}{83400}$$

$$PCN = 55 + 7,519 \text{ dibulatkan } 7,6$$

$$PCN = 62,6 \text{ dibulatkan } 63$$

$$PCN = 63 \text{ R/B/W/T}$$

Maka untuk penulisanya yaitu PCN 63 R/B/W/T. Dengan nilai PCN 63 (hasil pembulatan) dengan perkerasan *rigid* yaitu R, dengan nilai *k subgrade* 95 pci dengan kode B, dengan tekanan izin dari pesawat kritis dengan tekanan ijin kode W dan dengan perhitungan Analisa ditunjukan dengan kode T.

Dengan kondisi eksisting ACN B737-800 = 55, dan perhitungan menggunakan rumus $PCN = 63$, maka disimpulkan bahwa $ACN < PCN$ sebagaimana amanat PR 21 Tahun 2023. Sehingga hasil perhitungan pada Tugas Akhir ini dianggap valid dan dapat digunakan sebagai acuan dalam pekerjaan tebal perkerasan apron 7 & 8 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa analisis perhitungan tebal perkerasan dan perhitungan PCN *Rigid* pada *parking stand* nomor 7 dan 8 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dapat dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan metode empiris, yaitu menunjukkan bahwa kekuatan tanah dasar menentukan ketebalan lapisan perkerasan, mulai dari lapisan paling bawah (*subgrade*) hingga lapisan permukaan (*surface base*). Untuk lapisan permukaan, kekuatannya diukur dengan *uji marshall* yang membantu mengetahui kapan lapisan tersebut akan rusak. Pada intinya, metode empiris menghubungkan antara kekuatan tanah (CBR), jenis pesawat, dan ketebalan lapisan perkerasan yang disajikan dalam bentuk grafik atau tabel yang memudahkan perhitungan. Analisis tebal perkerasan ini menggunakan desain rencana selama 20 tahun yang didapat dari perhitungan. Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan oleh penulis, maka didapatkan nilai *layering subbase* sebesar 254 mm, *stabilized base* 130 mm, dan *surface slab* beton sebesar 381 mm dan total 765 mm. Nilai PCN didapatkan sebesar 63 atau 63 R/B/W/T dan hal ini telah sesuai dengan rekomendasi KP 39 Tahun 2015 tentang Standar Teknis dan Praktis Perkerasan Sipil Peraturan Keselamatan yaitu $ACN < PCN$.

B. Saran

Menambah jenis perkerasan permukaan pada *apron* untuk perkerasan *rigid* seiring dengan peningkatan nilai pondasi untuk perkerasan fleksibel dapat meningkatkan nilai PCN di Bandar Udara Husein Sastranegara sehingga sejalan dengan persyaratan peraturan KP 39 Tahun 2015 tentang Standar Teknis dan Praktis Perkerasan Sipil Peraturan Keselamatan. Pesawat berdesain lebih besar harus digunakan untuk menganalisis ketebalan perkerasan *rigid* dan fleksibel guna meminimalkan jenis kerusakan yang terjadi pada *apron*. Hal ini akan memungkinkan *apron* digunakan untuk jenis pesawat yang lebih besar di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyani, S. R. N., & Suryan, V. (2022). Analisa Metode FAA dan ICAO-LCN pada Perencanaan Perkerasan Runway di Bandar Udara Silampari Lubuklinggau. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1). <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.109>
- Ali, M. M. (2022). Metodologi Penelitian Kuantitatif Dan Penerapan Nya Dalam Penelitian. *JPIB: Jurnal Penelitian Ibnu Rusyd*, 1(2), 1–5.
- Anis, M. (2016a). Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik Dalam Perancangan Landasan Bandar Udara : Studi Kasus Bandar Udara Kertajati – Majalengka. *Warta Penelitian Perhubungan*, 28(6), 413–428. <https://doi.org/10.25104/WARLIT.V28I6.306>
- Anis, M. (2016b). *Analisis perbandingan metode empiris dan metode mekanistik dalam perancangan landasan bandar udara (studi kasus bandar udara kertajati – majalengka)*. 350. <https://doi.org/https://doi.org/10.25104/warlit.v28i6.306>
- Ardiansah, I., Adiarsa, I. F., Putri, S. H., & Pujiyanto, T. (2021). *Penerapan Analisis Runtun Waktu pada Peramalan Penjualan Produk Organik menggunakan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing Application of Time Series Analysis in Organic Product Sales Forecasting using Moving Average and Exponential Smoothing Met.*
- Basuki, H. (1986). *Merancang, Merencana Lapangan Terbang. Bandung: Penerbit Alumni.*
- Huzeirien, H., & Dahlan, M. E. (2018a). Analisa Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Apron Bandar Udara Sultan Thaha Syaifuddin Jambi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 2(2). <https://doi.org/10.33087/civronlit.v2i2.19>
- Huzeirien, H., & Dahlan, M. E. (2018b). Analisa Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Apron Bandar Udara Sultan Thaha Syaifuddin Jambi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 2(2), 24–33.
- Ir. Erzed Nixon MT. (2019). *Materi Pertemuan Ol-56 Statistik 2 Universitas Esa Unggul.*

- Khamid, A., Feriska, Y., & Taufiq, M. (2023). Pengaruh Volume Kendaraan terhadap Tingkat Kerusakan Jalan pada Perkerasan Rigid di Jatibarang-Brebes. *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan Dan Informatika*, 1(3), 91–107.
- Martua Sihombing, S., Pahrul Rodji, A., & Muzamil, A. (2022). Analisis Tebal Perkerasan Runway Pada Bandara Internasional Oe-Cusse, Timor Leste. *JURNAL SIPILKRISNA*.
- Peraturan, O., & Penerbangan, K. (2023). *Tahun 2021 tentang Peraturagambarn Keselamatan lanjut mengenai Aerodrome Daratan tertuang di dalam Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a , perlu menetapkan Keputusan Direktur*.
- Pradana, M. F., Intari, D. E., & Akbar, F. A. (2020). Analisa Perkerasan Bandar Udara Menggunakan Metode ACN-PCN dan CBR (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara Bandung). *Jurnal Fondasi*, 9(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v9i1.7296>
- Rahman, A. A., Suraji, A., Cakrawala, M., Pengawas, K., Nasional, J., Sipil, J. T., Teknik, F., Malang, U. W., Lentur, P., & Standar, B. S. (2021). *Berdasarkan Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode*. 1(1), 1–14.
- Ramdhani, F. (2016). Analisa Perbandingan Biaya Konstruksi Jalan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Pada Jalan Maredan Provinsi Riau. *Jurnal Saintis*, 16(1), 63–75.
- Seno, R. H. T., & Ahyudanari, E. (2015). Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (Runway, Taxiway, Apron) Bandara Juanda Dengan Metode Perbandingan ACN-PCN. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), E10–E15.
- Simanjuntak, M. R. A., Lubis, K., & Rangkuti, N. M. (2017). Stabilization of Clay Lands with Coastal Sand Mixes on CBR Value. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 1(September), 96–104.
- Suryan, V., Fazal, R., Risky, S., Afriyani, N., Septiani, V., Sari, A. N., Fatimah, S., Winiasri, L., Palembang, P. P., Sriwijaya, P. N., & Surabaya, P. P. (2023). Aplikasi Perencanaan Perkerasan Runway Menggunakan Software Faarfield.

Jurnal Talenta Sipil, 6(1), 61–68.

<https://doi.org/10.33087/talentsipil.v6i1.163>

Susanto, P. C., Arini, D. U., Yuntina, L., Soehaditama, J. P., & Nuraeni, N. (2024).

Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisplin*, 3(1), 1–12.

Diaz Plagiasi

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	pdfcoffee.com Internet Source	4%
2	ejournal.poltekbangsby.ac.id Internet Source	3%
3	repository.its.ac.id Internet Source	3%
4	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
5	repository.umy.ac.id Internet Source	1%
6	archive.org Internet Source	1%
7	journal.ipm2kpe.or.id Internet Source	1%
8	Submitted to UIN Raden Intan Lampung Student Paper	1%
9	ojs.balitbanghub.dephub.go.id Internet Source	1%

10 eprints.itn.ac.id 1 %
Internet Source

11 repositori.usu.ac.id 1 %
Internet Source

12 docplayer.info 1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On