

## **ANALISIS PERBANDINGAN *LEAN CONCRETE* DAN *CEMENT TREATED BASE* (CTB) SEBAGAI LAPISAN *STABILIZED BASE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE FAARFIELD* UNTUK PERLUASAN APRON B DI BANDAR UDARA DJALALUDDIN GORONTALO**

**Muhammad Luqman Afandi<sup>1</sup>, Fahrur Rozi<sup>2</sup>, Willy Artha Wirawan<sup>3</sup>**

Politeknik Penerbangan Surabaya  
Jl. Jemur Andayani I No. 73 Surabaya, 60236  
Email: [mlafandi1@gmail.com](mailto:mlafandi1@gmail.com)

### **Abstrak**

Apron B Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo merupakan area strategis untuk pergerakan pesawat yang direncanakan diperluas sebesar 38.016 m<sup>2</sup> untuk mendukung status Embarkasi Haji Penuh (EHP) sehingga harus mampu melayani Pesawat Boeing 777 300ER. Salah satu komponen penting perkerasan kaku adalah lapisan *stabilized base*, di mana dua material yang umum digunakan yaitu *lean concrete* dan *cement treated base* (CTB) harus dievaluasi untuk menentukan opsi yang paling optimal dan efisien dari segi struktur dan ekonomi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif komparatif, yang dilakukan dengan mengolah data numerik serta membandingkan dua jenis material *stabilized base* melalui simulasi menggunakan *software FAARFIELD*. Analisis dilakukan untuk memperoleh hasil perbandingan ketebalan struktur perkerasan, nilai PCN, serta estimasi biaya konstruksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur dengan *lean concrete* memiliki total ketebalan 793 mm dan menghasilkan nilai PCN sebesar 117 R/B/W/T, sedangkan struktur dengan CTB memiliki total ketebalan 795 mm dengan nilai PCN 118 R/B/W/T. Dari sisi biaya, rencana anggaran biaya untuk struktur perkerasan kaku apron B dengan menggunakan *lean concrete* pada lapisan *stabilized base* mencapai Rp 96,406,624,950, sedangkan penggunaan CTB lebih ekonomis sebesar Rp 95,350,273,103. Kedua alternatif memenuhi syarat kekuatan struktural (PCN > ACN), namun CTB menawarkan kombinasi terbaik antara performa dan efisiensi biaya untuk lapisan *stabilized base* Apron B.

**Kata Kunci:** apron, perkerasan kaku, *stabilized base*, *lean concrete*, *cement treated base*.

### **Abstract**

*Apron B at Djalaluddin Airport in Gorontalo is a strategic aircraft movement area slated for expansion of 38,016 m<sup>2</sup> to support its transition to a full hajj embarkation point. Accordingly, it must accommodate Boeing 777-300ER aircraft operations. A critical component of the rigid pavement structure is the stabilized base layer, and this study evaluates two commonly employed materials lean concrete and cement treated base (CTB) to determine the most structurally sound and cost-effective option. This study employs a quantitative comparative method by processing numerical data and simulating two types of stabilized base materials using FAARFIELD software. The analysis aims to compare the pavement structure thickness, pavement classification number (PCN), and the estimated construction cost for each alternative. Results indicate that the lean concrete option yields a total pavement thickness of 793 mm with a PCN of 117 R/B/W/T, whereas the CTB option reaches a total thickness of 795 mm and a PCN of 118 R/B/W/T. From a budget perspective, the project employing lean concrete for the stabilized base layer amounts to Rp 96,406,624,950, while the CTB option is more economical at Rp 95,350,273,103. Both alternatives satisfy structural strength requirements (PCN > ACN); however, CTB provides the optimal balance between performance and cost-efficiency for the stabilized base layer of Apron B.*

**Keywords:** apron, rigid pavement, *stabilized base*, *lean concrete*, *cement treated base*.

## PENDAHULUAN

Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo yang berlokasi di Kecamatan Isimu, Kabupaten Gorontalo, memiliki peran penting sebagai simpul transportasi udara di wilayah timur Indonesia. Dalam rencana pengembangan, bandara ini diproyeksikan melayani penerbangan internasional, termasuk sebagai Embarkasi Haji Penuh (EHP). Untuk mendukung hal tersebut, salah satu infrastruktur yang direncanakan adalah perluasan apron B dari 37.700 m<sup>2</sup> menjadi 75.619 m<sup>2</sup>, agar dapat melayani pesawat berbadan lebar seperti Boeing 777-300ER.

Perluasan apron dirancang menggunakan perkerasan kaku dengan struktur lapisan terdiri atas *subgrade*, *subbase*, *stabilized base*, dan permukaan beton. Lapisan *stabilized base* digunakan untuk menambah kekuatan struktur dan hanya diterapkan pada perkerasan dengan beban pesawat di atas 100.000 lbs. Dua jenis material umum yang digunakan sebagai *stabilized base* adalah *lean concrete* dan *cement treated base* (CTB).

*Lean concrete* adalah campuran agregat, semen, dan air dengan tambahan bahan seperti *fly ash* atau *slag*. Material ini memiliki modulus elastisitas tinggi (4000–7000 MPa) dan kuat tekan minimum 5–7 MPa, namun relatif rentan terhadap retak susut. Di sisi lain, CTB menggunakan proporsi semen lebih rendah (3–5%) dengan kadar air lebih tinggi, menghasilkan modulus elastisitas antara 1500–3500 MPa dan kuat tekan minimum 2,1–5,5 MPa.

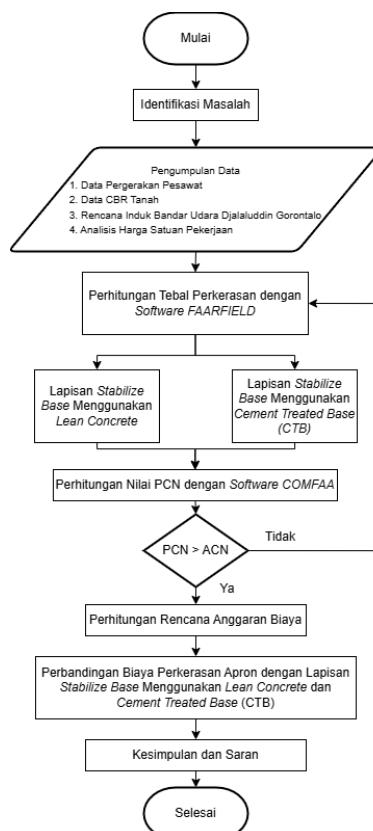
Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja teknis dan efisiensi biaya antara *lean concrete* dan CTB sebagai lapisan *stabilized base*. Metode yang digunakan adalah kuantitatif komparatif, dengan menganalisis ketebalan perkerasan dan nilai *Pavement*

*Classification Number* (PCN) menggunakan *software FAARFIELD* dan *COMFAA*. *FAARFIELD* dipilih karena mampu memperhitungkan beban aktual setiap jenis pesawat secara lebih akurat dibanding metode manual FAA yang menggunakan pendekatan *equivalent annual departure*.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan alternatif material *stabilized base* yang paling sesuai dari segi teknis dan ekonomi untuk mendukung pengembangan Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo.

## METODE

Analisis perbandingan perkerasan kaku dengan material *lean concrete* dan *cement treated base* pada perluasan apron B Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo menggunakan *software FAARFIELD* dilakukan berdasarkan diagram alir berikut:



Gambar 1 Diagram alir penelitian  
Sumber: Olahan Penulis

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif dengan pendekatan deskriptif untuk membandingkan kinerja *lean concrete* dan *cement treated base* (CTB) sebagai lapisan *stabilized base*. Analisis dilakukan terhadap ketebalan perkerasan kaku dan estimasi biaya konstruksi menggunakan *software FAARFIELD*. Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang dianalisis berupa data teknis numerik, sedangkan metode komparatif digunakan untuk membandingkan dua alternatif material berdasarkan performa struktur dan biaya.

Pada penelitian ini terdapat data dukung yang digunakan penulis. Adapun data tersebut sebagai berikut:

#### 1. Data Primer

Penelitian ini menggunakan metode observasi untuk mengetahui kondisi eksisting perkerasan kaku, jenis pesawat yang beroperasi, dan dimensi area apron yang akan diperluas. Observasi dilakukan langsung oleh peneliti saat on the job training II di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo, bekerja sama dengan unit landasan pada periode 2 Oktober 2024 hingga 31 Maret 2025.

#### 2. Data Sekunder

##### a. Pergerakan Pesawat

Data terkait pergerakan pesawat dan pesawat rencana dalam penelitian ini tercantum pada Keputusan Menteri No. KM 52 Tahun 2023 pada tabel 1 terkait prakiraan permintaan jasa angkutan udara Bandar Udara Djalaluddin.

Tabel 1 Prakiraan Permintaan Jasa Angkutan Udara Bandar Udara Djalaluddin.

No	Uraian	Eksisting	Tahap I	Tahap II	Keterangan
1.	Pergerakan Pesawat				
	Tahunan	4.935	12.889	19.136	Pergerakan
	Harian	13	22	30	Pergerakan
	Jam Sibuk	3	6	8	Pergerakan
2.	Pesawat Terbesar	B737-900ER	B737-900ER	B777-300ER	Pesawat

Sumber: KM 52 Tahun 2023

##### b. Data CBR Tanah

Data CBR tanah di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo yaitu sebesar 6% didapatkan dari hasil pengujian oleh pihak bandara untuk pekerjaan pengembangan Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo sisi udara tahap II tahun 2024.

##### c. Rencana Induk Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo

Desain perluasan apron B berdasarkan Keputusan Menteri No. KM 52 Tahun 2023 tentang Rencana Induk Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo.

##### d. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisis yang digunakan oleh penulis yaitu dengan PM 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan dan Peraturan Gubernur Gorontalo No. 19 Tahun 2023 tentang Standar Harga Satuan Regional Pemerintah Provinsi Gorontalo Tahun Anggaran 2024.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif, yaitu metode untuk menggambarkan data sesuai kondisi sebenarnya tanpa membuat kesimpulan umum. Teknik ini digunakan untuk mengolah dan membandingkan data hasil simulasi ketebalan perkerasan, nilai PCN, dan estimasi biaya konstruksi dari dua jenis material *stabilized base*: *lean concrete* dan *cement treated base* (CTB).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan antara material *lean concrete* dan *cement treated base* (CTB) sebagai lapisan *stabilized base* pada struktur perkerasan kaku apron, dengan menggunakan *software FAARFIELD* untuk simulasi desain dan COMFAA untuk perhitungan nilai PCN. Lokasi studi adalah pada proyek perluasan Apron B di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo, dengan dimensi rencana apron

sebesar  $192 \text{ m} \times 198 \text{ m}$ . Berikut langkah-langkah dalam analisis:

### a. Menentukan Pesawat Terkritis

Konfigurasi roda pesawat memengaruhi beban pada perkerasan. Semakin besar beban pesawat, distribusi beban tiap roda menjadi krusial: lebih banyak roda membuat beban terdistribusi lebih merata dan mengurangi tekanan, sedangkan jumlah roda sedikit meningkatkan tekanan per roda. Roda pendaratan utama (main landing gear) menanggung sekitar 95% beban, sedangkan nose gear sekitar 5%. Karena tiap pesawat memiliki konfigurasi roda berbeda, diperlukan perhitungan kapasitas perkerasan berdasarkan beban masing-masing, dimulai dari MTOW (Maximum Take-Off Weight) untuk pesawat yang akan beroperasi di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Jenis Pesawat dan MTOW

Pesawat Udara	Tipe Roda	Annual Departure	MTOW (kg)
B 777-300 ER	<i>Dual Wheel</i>	1460	351800
B 737-900	<i>Dual Wheel</i>	2190	85000
A320 Neo	<i>Dual Wheel</i>	1460	79000
ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>	730	22800

Sumber: Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo

### b. Konversi Nilai CBR Tanah Dasar

Dalam sistem FAARFIELD dibutuhkan nilai modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ) dengan satuan pci (pound per cubic inch) atau MN/m<sup>3</sup>. Untuk itu, diperlukan konversi nilai CBR menjadi nilai  $k$ . Berdasarkan referensi dari FAA AC 150/5320-6G, hubungan antara nilai CBR dan modulus reaksi  $k$  dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$k = 28.6929 \times \text{CBR}^{0.7788} \quad (1)$$

Dalam studi ini, nilai CBR dari hasil uji laboratorium tanah dasar di lokasi proyek (Apron B Bandara Djalaluddin Gorontalo) diperoleh sebesar 6%. Maka, nilai modulus reaksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$k = 28.6929 \times 6^{0.7788} = 115.8 \text{ pci} \quad (2)$$

### c. Menghitung Tebal Perkerasan Kaku Apron Metode FAARFIELD

Dalam perencanaan tebal perkerasan menggunakan aplikasi FAARFIELD, berikut langkah pengerjaan yang harus dilakukan untuk mendapatkan tebal dari lapis perkerasan:

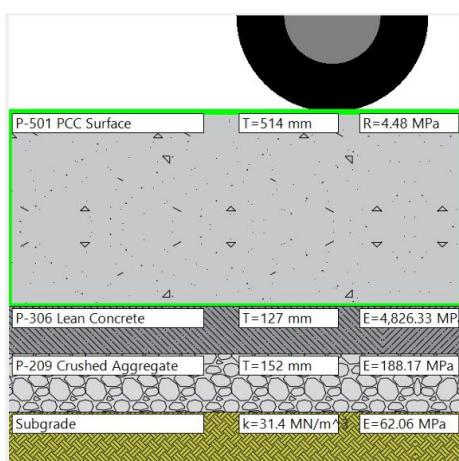
- Buka aplikasi dan tampil jendela *start up*. Kemudian klik "New Job" untuk membuat pekerjaan baru. *Input* nama pekerjaan baru yang akan dilakukan, kemudian klik OK.
- Pada kolom "Job Files" pilih *Samples* untuk menentukan jenis perkerasan yang akan didesain. Kemudian klik jenis perkerasan dan drag ke arah nama pekerjaan. Pada kotak daftar sisi kiri pilih file baru pekerjaan dan klik "Structure".
- Muncul tampilan struktur *rigid pavement* baru dari pekerjaan sampel. *Input* data lalu lintas pesawat yang terjadi pada bandara rencana pada jendela "Airplane".
- Pilih jenis pesawat sesuai data lalu lintas pesawat dengan klik "Add". Lalu input data *annual departure* dan nilai MTOW tiap pesawat.
- Modifikasi struktur di jendela "Structure". Mengubah nilai  $k$  *subgrade* dari nilai *default* ke nilai aktual di lapangan.
- Klik "Modify Structure", klik pada kotak  $k$  pada lapis *subgrade* dan ganti dengan nilai  $k$  yang telah dihitung, lalu klik OK. Klik "End Modify" jika telah memodifikasi struktur.
- Setelah memasukkan semua data, klik "Design Structure" dan program otomatis menghitung tebal setiap lapisan. Lalu klik

“Back”, dan pada jendela “Save Structure”, kemudian klik OK.

- Kemudian ke jendela start up dan klik “Notes” maka ketebalan setiap lapisan perkerasan akan ditampilkan. Lihat hasil perhitungan dengan beberapa pilihan antara lain export dalam bentuk PDF dan XML.

#### 1). Lapisan *Stabilized Base* Menggunakan Material *Lean Concrete*

Dalam hasil simulasi FAARFIELD, *lean concrete* dimasukkan sebagai lapisan *stabilized base* di bawah pelat beton (PCC) dengan hasil ketebalan lapisan perkerasan kaku pada gambar 2 sebagai berikut:

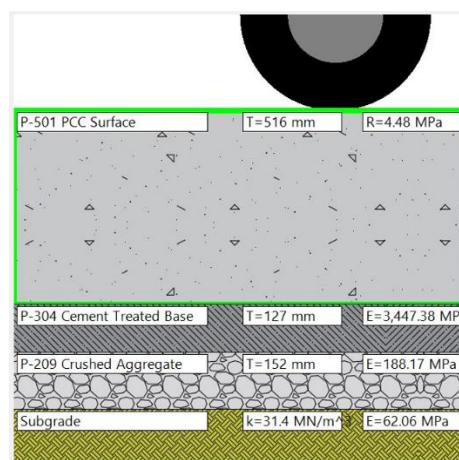


Gambar 2 Hasil Tebal Penelitian  
Sumber: FAARFIELD

Berdasarkan hasil simulasi FAARFIELD pada gambar 2, didapatkan total ketebalan lapisan perkerasan sebesar 793 mm. Lapisan slab beton memiliki ketebalan 514 mm, lapisan *stabilized base* dengan material *lean concrete* memiliki ketebalan 127 mm, dan lapisan subbase memiliki ketebalan 152 mm.

#### 2). Lapisan *Stabilized Base* Menggunakan Material *Cement Treated Base* (CTB)

Dari hasil simulasi FAARFIELD, hasil ketebalan lapisan perkerasan kaku dengan lapisan *stabilized base* menggunakan material *cement treated base* (CTB) pada gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3 Hasil Tebal Penelitian  
Sumber: FAARFIELD

Berdasarkan hasil simulasi FAARFIELD pada tabel diatas, didapatkan total ketebalan lapisan perkerasan sebesar 795 mm. Lapisan slab beton memiliki ketebalan 516 mm, lapisan *stabilized base* dengan material *cement treated base* memiliki ketebalan 127 mm, dan lapisan subbase memiliki ketebalan 152 mm.

#### d). Penentuan Dimensi Slab Beton

Dalam perencanaan apron Bandara Djalaluddin Gorontalo, penentuan dimensi slab mengacu pada metode yang dianjurkan dalam FAA AC 150/5320-6G perkerasan kaku menggunakan lapisan *stabilized base* pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3 Hasil Tebal Penelitian

Tebal Slab	Jarak Sambungan
8–10 inches (203-254 mm)	12.5 feet (3.8 m)
10.5-13 inches (267-330 mm)	15 feet (4.6 m)
13.5-16 inches (343-406 mm)	17.5 feet (5.3 m)
>16 inches (>406 mm)	20 feet (6.1 m)

Sumber: *Advisory Circular AC No: 150/5320-6G*

Berdasarkan hasil perhitungan ketebalan slab beton dengan *software* FAARFIELD didapatkan ketebalan perkerasan kaku dengan lapisan *stabilized base lean concrete* sebesar 514 mm dan CTB sebesar 516 mm sehingga

dimensi slab beton berdasarkan tabel 4.8 yaitu 6,1 meter x 6,1 meter.

### e). Perhitungan Nilai PCN Menggunakan Software COMFAA

Setelah didapatkan hasil ketebalan lapisan perkerasan melalui *software* FAARFIELD, dilakukan komputasi untuk mendapatkan nilai PCN dari perkerasan tersebut dengan menggunakan *software* COMFAA. Hasil perhitungan nilai PCN melalui *software* COMFAA adalah sebagai berikut:

#### 1). Lapisan *Stabilized Base* Material *Lean Concrete*

Berdasarkan hasil perhitungan pada COMFAA, didapatkan bahwa nilai CDF (Cummulative Damage Factor) sebesar 0,0611. Nilai tersebut termasuk kategori baik karena memiliki nilai CDF dibawah 1. Pada gambar dibawah, dapat dilihat bahwa kolom PCN memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan nilai ACN sehingga didapatkan nilai PCN apron *rigid* dengan lapisan *stabilized base* menggunakan material *lean concrete* yaitu 117 R/B/W/T.

Results Table 1. Input Traffic Data									
No. Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick	ACN Thick at	Max. Allowable Gross Weight	PCN on B(80)
1 A320-200 Neo	79,000	93.80	1,380	1,460	84,730	449.3	103,669	366.44	68.7
2 ATR 72-600	22,000	96.00	1,380	2,312	27,431	106.4	32,631	174.0	14.2
3 B737-900 ER	88,000	94.58	1,517	86,629	112,245	394.55	0.0399	80.6	
4 B777-300 ER	351,800	92.44	1,524	1,460	52,160	406.7	469.38	0.0101	117.0

Results Table 2. PCN Values									
No. Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Gross Weight	ACN Thick at	Max. Allowable Gross Weight	CDF	ACN on B(80)	Total CDF =	PCN on B(80)
1 A320-200 Neo	810,800	449.3	103,669	366.44	0.0063				
2 ATR 72-600	>86,000	449.0	23,430	174.0	0.0039				
3 B737-900 ER	132,097	444.7	112,245	394.55	0.0399				
4 B777-300 ER	280,820	447.6	427,077	469.38	0.0101				
							Total CDF = 0.0563		

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength									
No. Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(80)				
1 A320-200 Neo	79,000	93.80	1,380	315.9	49.9				
2 ATR 72-600	22,000	96.00	1,380	127.0	12.1				
3 B737-900 ER	88,000	94.58	1,517	330.6	57.9				
4 B777-300 ER	351,800	92.44	1,524	405.2	85.4				

Gambar 4 Hasil Running COMFAA  
Sumber: COMFAA

#### 2). Lapisan *Stabilized Base* Material *Cement Treated Base* (CTB)

Berdasarkan hasil perhitungan pada COMFAA, didapatkan bahwa nilai CDF (Cummulative Damage Factor) sebesar 0,0563. Nilai tersebut termasuk kategori baik karena memiliki nilai CDF dibawah 1. Pada gambar dibawah, dapat dilihat bahwa kolom PCN memiliki nilai lebih besar dibandingkan

dengan nilai ACN sehingga didapatkan nilai PCN apron *rigid* dengan lapisan *stabilized base* menggunakan material CTB yaitu 118 R/B/W/T.

Results Table 1. Input Traffic Data									
No. Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick	ACN Thick at	Max. Allowable Gross Weight	PCN on B(80)
1 A320-200 Neo	79,000	93.80	1,380	1,460	84,730	449.3	103,669	366.44	68.7
2 ATR 72-600	22,000	96.00	1,380	2,312	27,431	106.4	32,631	174.0	14.2
3 B737-900 ER	88,000	94.58	1,517	86,629	112,245	394.55	0.0399	80.6	
4 B777-300 ER	351,800	92.44	1,524	1,460	52,160	406.7	469.38	0.0101	117.0

Results Table 2. PCN Values									
No. Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Gross Weight	ACN Thick at	Max. Allowable Gross Weight	CDF	ACN on B(80)	Total CDF =	PCN on B(80)
1 A320-200 Neo	810,800	449.3	103,669	366.44	0.0063				
2 ATR 72-600	>86,000	449.0	23,430	174.0	0.0039				
3 B737-900 ER	132,097	444.7	112,245	394.55	0.0399				
4 B777-300 ER	280,820	447.6	427,077	469.38	0.0101				
							Total CDF = 0.0563		

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength									
No. Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(80)				
1 A320-200 Neo	79,000	93.80	1,380	315.9	49.9				
2 ATR 72-600	22,000	96.00	1,380	127.0	12.1				
3 B737-900 ER	88,000	94.58	1,517	330.6	57.9				
4 B777-300 ER	351,800	92.44	1,524	405.2	85.4				

Gambar 5 Hasil Running COMFAA

Sumber: COMFAA

#### f). Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam perencanaan anggaran biaya dilakukan perhitungan volume dan analisis harga satuan pekerjaan. Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan pedoman dari PM 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan dan Peraturan Gubernur Gorontalo No. 19 Tahun 2023 tentang Standar Harga Satuan Regional Pemerintah Provinsi Gorontalo Tahun Anggaran 2024.

#### 1). Lapisan *Stabilized Base* Material *Lean Concrete*

Berikut merupakan rekapitulasi rencana anggaran biaya yang dibutuhkan sesuai dengan hasil perhitungan tebal perkerasan pada pekerjaan perluasan apron *bravo* pada Bandar Udara Djalauddin Gorontalo dengan lapisan *stabilized base* menggunakan material *lean concrete*:

Tabel 4 Rekapitulasi RAB Pekerjaan Perluasan Apron dengan Lapisan *Stabilized Base Lean Concrete*

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembuatan Direksi Keet	m <sup>2</sup>	30	Rp1,637,460 .00	Rp49,123,800.00
2	Pengukuran	m <sup>3</sup>	38016	Rp5,323.15	Rp202,365,007.26
3	Mobilisasi dan Demobilisasi	ls	1	Rp20,493,98 3.54	Rp20,493,983.54
4	Pembersihan	m <sup>2</sup>	38016	Rp6,025.00	Rp229,046,400.00
				Jumlah	Rp501,029,190.80
<b>II PEKERJAAN PERLUASAN APRON</b>					
1	Pekerjaan Geotextile	m <sup>2</sup>	38016	Rp50,962.00	Rp1,937,371,392.00
2	Pekerjaan Sirtu padat cbr > 25% (subbase)	m <sup>3</sup>	5702.4	Rp423,620.3 9	Rp2,415,652,913.04
3	Pekerjaan Bekisting	m <sup>3</sup>	16,896	Rp1,892,850 .00	Rp31,981,593,600.00
4	Pekerjaan Lapisan <i>Lean Concrete</i>	m <sup>3</sup>	4942.08	Rp1,330,998 .76	Rp6,577,902,333.04
5	Pekerjaan Slab Beton Mutu K 400	m <sup>3</sup>	19540.2 24	Rp2,328,944 .68	Rp45,508,100,633.11
				Jumlah	Rp88,420,620,871.18
				Jumlah I + II	Rp88,921,650,061.98
				PPN 10%	Rp8,892,165,006.20
				Jumlah Total	Rp97,813,815,068.18
				Dibulatkan	Rp97,813,815,068

Sumber: Olahan Penulis

## 2). Lapisan *Stabilized Base Material Cement Treated Base* (CTB)

Berikut merupakan rekapitulasi rencana anggaran biaya yang dibutuhkan sesuai dengan hasil perhitungan tebal perkerasan pada pekerjaan perluasan apron *bravo* pada Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo dengan lapisan *stabilized base* menggunakan material *cement treated base* (CTB):

Tabel 5 Rekapitulasi RAB Pekerjaan Perluasan Apron dengan Lapisan *Stabilized Base CTB*

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembuatan Direksi Keet	m <sup>2</sup>	30	Rp1,637,460 .00	Rp49,123,800.00
2	Pengukuran	m <sup>3</sup>	38016	Rp5,323.15	Rp202,365,007.26
3	Mobilisasi dan Demobilisasi	ls	1	Rp20,493,98 3.54	Rp20,493,983.54
4	Pembersihan	m <sup>2</sup>	38016	Rp6,025.00	Rp229,046,400.00
				Jumlah	Rp501,029,190.80

Tabel 5 Rekapitulasi RAB Pekerjaan Perluasan Apron dengan Lapisan *Stabilized Base CTB* (lanjutan)

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>II PEKERJAAN PERLUASAN APRON</b>					
1	Pekerjaan Geotextile	m <sup>2</sup>	38016	Rp50,962.00	Rp1,937,371,392.00
2	Pekerjaan Sirtu padat cbr > 25% (subbase)	m <sup>3</sup>	5702.4	Rp423,620.3 9	Rp2,415,652,913.04
3	Pekerjaan Bekisting	m <sup>3</sup>	16,896	Rp1,892,850 .00	Rp31,981,593,600.00
4	Pekerjaan Lapisan CTB	m <sup>3</sup>	4942.08	Rp1,330,998 .76	Rp6,577,902,333.04
5	Pekerjaan Slab Beton Mutu K 400	m <sup>3</sup>	19540.2 24	Rp2,328,944 .68	Rp45,508,100,633.11
				Jumlah	Rp88,420,620,871.18
				Jumlah I + II	Rp88,921,650,061.98
				PPN 10%	Rp8,892,165,006.20
				Jumlah Total	Rp97,813,815,068.18
				Dibulatkan	Rp97,813,815,068

Sumber: Olahan Penulis

## 2. Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan dalam penelitian sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil *input* data ke dalam *software FAARFIELD*, diperoleh tebal perkerasan untuk masing-masing alternatif lapisan *stabilized base* yang dipengaruhi oleh modulus elastisitas dan kekuatan tekan masing-masing material, di mana *lean concrete* memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan CTB.
- Perbedaan ketebalan slab beton antara penggunaan *lean concrete* dan CTB relatif kecil karena dalam struktur perkerasan kaku peran lapisan base course menjadi minor dalam menentukan kebutuhan ketebalan slab dikarenakan slab beton menahan beban langsung dari roda pesawat melalui kekuatan beton, bukan sepenuhnya ditopang oleh lapisan dibawahnya.
- Hasil nilai PCN dari *software COMFAA* menunjukkan bahwa kedua struktur perkerasan telah memenuhi persyaratan kapasitas struktural, karena lebih besar

dari nilai *aircraft classification number* (ACN) pesawat terkritis yaitu Boeing 777-300ER yang memiliki ACN sebesar 86. Dengan demikian, baik perkerasan dengan *lean concrete* maupun CTB dapat melayani operasional pesawat tersebut tanpa risiko kerusakan struktural.

- d. Berdasarkan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB), diperoleh bahwa penggunaan CTB memberikan penghematan biaya dibandingkan *lean concrete*. Hal ini dikarenakan harga bahan baku dan biaya produksi CTB lebih rendah, meskipun ketebalan struktur perkerasan sedikit lebih besar.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menggunakan *software FAARFIELD*, perkerasan kaku apron dengan lapisan *stabilized base lean concrete* memiliki tebal slab beton 514 mm dan total ketebalan struktur 793 mm. Sementara itu, dengan lapisan CTB, tebal slab beton adalah 516 mm dan total ketebalan struktur mencapai 795 mm.
2. Hasil analisis dengan *software COMFAA*, perkerasan kaku apron dengan *stabilized base lean concrete* memiliki nilai PCN sebesar 117 R/B/W/T, sedangkan dengan CTB sebesar 118 R/B/W/T. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua struktur perkerasan mampu melayani pesawat terkritis Boeing 777-300ER yang memiliki nilai ACN sebesar 86, karena memenuhi kriteria  $PCN > ACN$ .
3. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya pada proyek perluasan Apron Bravo Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo menunjukkan bahwa terdapat selisih biaya sebesar Rp1.056.351.847, dengan

penggunaan *cement treated base* (CTB) memberikan penghematan biaya dibandingkan penggunaan *lean concrete*.

### Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dikemukakan, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk pihak kampus
  - a. Kampus diharapkan mendorong taruna untuk melakukan penelitian eksperimental yang mendukung validasi hasil simulasi melalui pengujian langsung di lapangan.
  - b. Kampus disarankan untuk menyediakan akses yang lebih luas serta pelatihan teknis terkait *software* perkerasan bandara seperti FAARFIELD dan COMFAA sehingga para taruna dapat lebih siap menggunakan tools yang digunakan dalam dunia profesional.
2. Untuk pihak bandara (UPBU Kelas 1 Djalaluddin Gorontalo)
  - a. Pihak bandara disarankan menjadikan hasil penelitian ini sebagai acuan awal dalam memilih material lapisan *stabilized base* yang efisien dan sesuai untuk pengembangan apron B, khususnya terkait ketebalan perkerasan dan efisiensi biaya.
  - b. Hasil analisis merekomendasikan untuk menggunakan material *cement treated base* (CTB) sebagai lapisan *stabilized base* konstruksi apron B Bandar Udara Djalaluddin karena memiliki nilai PCN lebih tinggi dan biaya konstruksi lebih rendah.
  - c. Dalam kalkulasi rencana anggaran biaya (RAB) harus diperhatikan terkait perubahan harga satuan dikarenakan terjadi fluktuasi nilai mata uang pada setiap tahunnya.
3. Untuk penelitian selanjutnya
  - a. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji lebih dalam kontribusi lapisan

- base course terhadap ketebalan slab beton pada perkerasan kaku, karena perbedaan ketebalan yang dihasilkan dalam penelitian ini tergolong sangat kecil.
- b. Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan penelitian ini ke arah analisis struktur campuran atau kombinasi material.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amar, K., & Ismaili, A. F. (2018). *Analisis Tebal Perkerasan Runway 3 Pada Bandara Soekarno-Hatta Menggunakan Metode FAA*.
- [2] Ardyisyahputra, F., Rozi, F., & Supriadi. (2020). *Perencanaan Konstruksi Rigid Pavement Pada Apron Di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa*. Jurnal Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya.
- [3] Basuki, E. M., & Widianto, B. W. (2024). *Perbandingan Umur Layan Terhadap Perubahan Nilai Parameter Desain Pada Perkerasan Kaku Di Apron Bandar Udara*.
- [4] Budirahardjo, S., Wibowo, S., & Husodo, I. T. (2023). *Metode Kuat Tekan Beton Dalam Analisis Modulus Elastisitas Pengujian Campuran CTB (Cement Treated Base) Berbasis Android*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNHP), 4, 14–32.
- [5] Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen No. Pd T-14-2003*.
- [6] Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Spesifikasi Khusus Interim Pemenuhan Sebagian Kebutuhan Pembangunan Bandara VVIP*.
- [7] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2015). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 93 Tahun 2015 tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 (Advisory Circular CASR Part 139-24), Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number)*. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara.
- [8] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2023). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. PR 21 Tahun 2023 tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual Of Standard CASR part J39) Volume I Aerodrome Daratan*.
- [9] Hardani dkk. (2020). *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. In *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (Vol. 5, Issue 1). CV. Pustaka Ilmu.
- [10] Kementerian Perhubungan. (2005). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*.
- [11] Kementerian Perhubungan. (2015). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 94 Tahun 2015 tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-23 (Advisory Circular CASR part 139-23)*.
- [12] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2023). *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 52 Tahun 2023 Tentang Rencana Induk Bandar Udara Djalaluddin Di Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo*.
- [13] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2021). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor:*

*KP 14 Tahun 2021 tentang Spesifikasi  
Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara  
Bandar Udara.*

- [14] Menteri Perhubungan. (2002). *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: 48 Tahun 2002 tentang Penyelenggaraan Bandar Udara Umum.*
- [15] Oni, W. (2017). *Rencana Anggaran Biaya (Construction Cost Estimate).*