

# PERENCANAAN PERKERASAN PADA PERLUASAN *APRON* DI BANDARA INTERNASIONAL SAM RATULANGI MANADO

Supriadi, Aditya Eka Abdi Susanto, Nurani Hartatik

Politeknik Penerbangan Surabaya  
Jl. JemurAndayani I No. 73 Surabaya  
Email : [\\_adityaeka276@gmail.com](mailto:_adityaeka276@gmail.com)

---

## Abstrak

Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi merupakan bandar udara yang namanya dipilih dari nama Pahlawan Nasional Indonesia asal Minahasa, Sulawesi Utara, yaitu Dr. Gerungan Saul Samuel Jacob Ratulangi. Terletak 13 km dari pusat kota Manado, tepatnya di Jalan A.A. Maramis Kecamatan Mapanget, serta memiliki titik koordinat 01° 32' 44" N, 124° 55' 30" E. Apron sebagai unsur yang paling penting untuk tempat parkir pesawat. Bandar Udara Sam Ratulangi Manado saat ini telah memiliki apron dengan 22 aircraft stand yang dapat menampung pesawat udara tipe B.737 all series, A.320, CRJ-1000, ATR 72. Namun, kondisi tersebut masih belum sesuai dengan rencana induk Bandar Udara Sam Ratulangi Manado yang menyebutkan bahwa terdapat 6 aircraft stand untuk pesawat udara yang lebih besar, yaitu Airbus tipe A330-300. Oleh karena itu penelitian ini disusun guna menyampaikan bagaimana merencanakan perluasan dan tebal perkerasan apron yang standar dengan mengacu pada Federal Aviation Administration (FAA). Dan sesuai hasil perhitungan maka pengembangan dimensi apron yang direncanakan adalah 421 x 149,3 m untuk penambahan 6 parking stand dan juga diperoleh tebal perkerasan keseluruhan apron adalah 66 cm. Terdiri dari tebal slab beton 38 cm, tebal stabilized base 13 cm yang menggunakan cement treated base (CTB) dan tebal subbase 15 cm untuk subgrade dengan CBR 5,07 % yang dalam perencanaan akan ditingkatkan.

**Kata Kunci :** *Apron*, perkerasan, metode *FAA*, *COMFAA*, *FAARFIELD*.

---

## PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado merupakan bandar udara yang terletak 13 kilometer dari pusat Kota Manado provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KP 607 Tahun 2011, tentang rencana induk Bandar Udara Sam Ratulangi di Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara, bandar udara ini akan mengalami pengembangan mencapai luas sampai kurang lebih 227 Hektar yang terbagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap I, tahap II, dan tahap ultimate. Sebesar 210 Hektar sudah menjadi lahan milik bandar udara, tinggal 17 Hektar lagi yang belum dibebaskan oleh Pemerintah Kota Manado.

Apabila ditinjau dari kondisi eksisting saat ini, apron di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado menggunakan rigid pavement karena dinilai lebih kuat, sementara itu perkerasan yang ada memiliki kekuatan yang berbeda-beda serta jumlah parking stand pesawat udara rencana yang nantinya akan disesuaikan dengan rencana induk. Penyesuaian yang dimaksud adalah area apron yang akan diperluas, yang berarti akan dibuat konstruksi perkerasan rigid baru, tentunya hal ini sangat berkaitan dengan rencana tebal perkerasan yang akan digunakan nantinya. Sehingga, dari uraian yang telah dijelaskan, maka penulis tertarik untuk merencanakan tebal perkerasan yang akan digunakan nantinya saat pengembangan apron telah dilaksanakan, yang dituangkan dalam penulisan penelitian dengan judul “PERENCANAAN PERKERASAN PADA PERLUASAN APRON DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SAM RATULANGI MANADO”.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dirumuskan; Bagaimana kondisi eksisting yang ada saat ini di *apron* Bandar Udara Sam Ratulangi Manado dan bagaimana kondisi *apron* yang diinginkan sesuai rencana induk bandar udara. Serta bagaimana merencanakan struktur tebal perkerasan *apron* sesuai rencana induk Bandar Udara Sam Ratulangi Manado secara manual dengan mengacu pada aturan FAA dan menggunakan aplikasi FAARFIELD, lalu bagaimana caranya menentukan nilai PCN menggunakan aplikasi COMFAA.

#### Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas dan untuk menghindari penafsiran yang luas dalam pembahasan masalah, maka dibatasi masalah hanya pada perhitungan struktur perkerasan yang akan digunakan untuk perluasan *apron* tanpa melakukan perhitungan jam puncak (*peak hour*).

#### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan tebal perkerasan yang akan digunakan saat pengembangan akan dilakukan.

#### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu agar dapat dijadikan referensi dan acuan dalam perencanaan pengembangan konstruksi apron berupa konstruksi *rigid* yang nantinya dapat diimplementasikan di lapangan.

## METODE

Data yang dikumpulkan dan digunakan untuk perencanaan ini adalah sebagai berikut:

### a. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan di wilayah studi dan

wawancara secara langsung dengan pihak-pihak terkait. Data yang diperoleh antara lain berupa kondisi *apron* eksisting dengan melakukan survey lapangan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari catatan yang sudah ada, dapat diperoleh dari instansi terkait, meliputi data kekuatan tanah dasar, data lalu lintas pesawat, data umum bandar udara, dan data pesawat rencana.

PERHITUNGAN STRUKTUR *APRON* MENGGUNAKAN METODE MANUAL *FAA AC 150/5320-6D*

Metode ini digunakan untuk mendapatkan tebal perkerasan *apron*. Langkah-langkah dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Tentukan nilai *California Bearing Ratio (CBR)* pada lapis pondasi bawah (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*) yang kemudian di konversi ke nilai *k* (modulus reaksi), nilai kuat tarik (*flexural strength*) rencana, tebal lapis pondasi atas distabilisasi (*stabilized base*) yang akan digunakan, tipe roda pendaratan, berat lepas landas *Maximum Take-Off Weight (MTOW)*, dan *Equivalent Annual Departure*.
2. Tentukan tebal perkerasan *apron* dengan cara memasukkan nilai *CBR subbase* dan *subgrade* ke dalam grafik perhitungan tebal *subbase*, sehingga didapatkan tebal lapis pondasi bawah (*subbase*).
3. Selanjutnya tentukan tebal slab beton dengan cara memasukkan nilai kuat tarik (*flexural strength*) rencana, nilai *California Bearing Ratio (CBR)* pada lapis pondasi bawah (*subbase*), berat lepas landas *Maximum Take-Off Weight (MTOW)*, dan hasil perhitungan *Equivalent Annual Departure* ke dalam grafik desain tebal slab beton bagi pesawat A330-300. Output yang didapatkan adalah tebal lapis permukaan perkerasan (*surface*) berupa slab beton.

PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN *APRON* MENGGUNAKAN PROGRAM *FAARFIELD FAA AC 150/5320-6F*

Metode ini digunakan untuk mendapatkan tebal perkerasan *apron* dan sebagai pembanding bagi perhitungan manual *FAA AC 150/5320-6D*. Langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Input Data *FAARFIELD*
  - a. Input nilai *k subgrade* (modulus reaksi tanah dasar).
  - b. Material properties setiap lapisan meliputi: Modulus, Ketebalan lapisan, dan *Poisson's Ratio* yang telah ditetapkan *FAARFIELD*.

- c. Lalu lintas : Karakteristik pesawat yang meliputi beban roda, tipe roda, dan tekanan ban.
- d. Umur rencana dengan menggunakan standar *FAA* yaitu 20 tahun.
2. Input jenis pesawat yang beroperasi berdasarkan data *annual departure*, jumlah penerbangan serta pertumbuhan jumlah penerbangan.
3. Hasil yang diperoleh dari program *FAARFIELD* adalah tebal perkerasan tiap lapisan *apron* bagi pesawat A330-300.

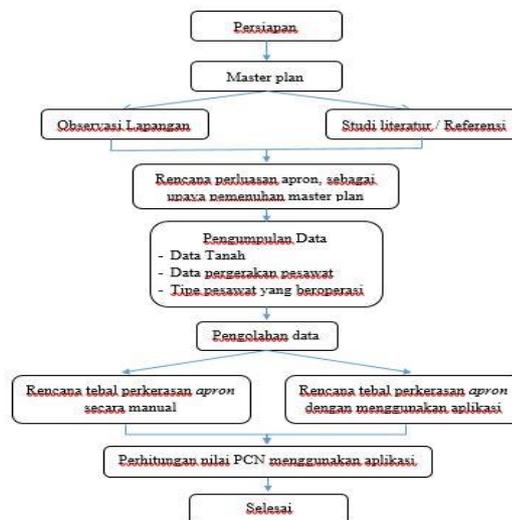
#### PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR MENGGUNAKAN PROGRAM *COMFAA FAA AC 150/5335-5C*

Perhitungan kekuatan perkerasan perlu dilakukan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya, tebal perkerasan yang diperoleh dari program *FAARFIELD* dikalkulasi menggunakan program *COMFAA* untuk mendapatkan nilai *PCN*:

1. Input data pesawat yang beroperasi sesuai dengan *annual departure*.
2. Input hasil tebal perkerasan *apron* menuju Spreadsheet *COMFAA* untuk mengevaluasi tebal lapisan perkerasannya, serta input nilai *k* rencana.
3. Klik *PCN Batch*, dan klik *PCN Rigid Batch* untuk mengevaluasi perkerasan kaku.
4. Input hasil evaluasi tebal perkerasan dari Spreadsheet menuju program *COMFAA*.
5. Jalankan perintah perhitungan pada program *COMFAA*.
6. Hasil perhitungan adalah nilai *PCN* dan nilai *CDF* perkerasan *apron*.
7. Lakukan langkah 1 sampai 6 pada hasil perhitungan dengan menggunakan metode manual dan menggunakan program *FAARFIELD*.

#### Bagan Alur

Langkah-langkah perencanaan konstruksi *apron* adalah sebagai berikut:



Gambar 1 *Flow chart* metodologi penelitian

## PEMBAHASAN DAN HASIL

### PERHITUNGAN STRUKTUR APRON MENGGUNAKAN METODE MANUAL FAA AC 150/5320-6D

Tebal perkerasan didapatkan dari grafik dengan data sebagai berikut:

a. Menghitung *Equivalent Annual Departure* dengan cara berikut:

$$\text{Log}R1 = (\text{Log}R2) * \left(\frac{W2}{W1}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ dan}$$

$$R1 = 10^{\text{Log} \text{Log} R2 * \left(\frac{W2}{W1}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Keterangan:

R<sub>1</sub> : Keberangkatan tahunan ekivalen pesawat udara rencana

R<sub>2</sub> : Keberangkatan tahunan pesawat udara

W<sub>1</sub> : Beban roda pesawat udara rencana

W<sub>2</sub> : Beban roda masing-masing pesawat Udara

Data karakteristik pesawat serta nilai masing-masing pesawat adalah sebagai berikut:

- A320 - 200  $R1 = 10^{\text{Log} 763,8 * \left(\frac{17456,25}{28737,5}\right)^{0,5}} = 176,58$
- B.737 - 900ER  $R1 = 10^{\text{Log} 2045,5 * \left(\frac{20220,51}{28737,5}\right)^{0,5}} = 598,64$
- B.737 - 800 NG  $R1 = 10^{\text{Log} 1629,6 * \left(\frac{18764,88}{28737,5}\right)^{0,5}} = 394,08$
- B.737 - 500  $R1 = 10^{\text{Log} 361,2 * \left(\frac{14383}{28737,5}\right)^{0,5}} = 64,49$
- CRJ - 1000  $R1 = 10^{\text{Log} 599,8 * \left(\frac{9695,70}{28737,5}\right)^{0,5}} = 41,04$
- ATR - 72  $R1 = 10^{\text{Log} 2183,4 * \left(\frac{5415}{28737,5}\right)^{0,5}} = 28,15$
- A330 - 300  $R1 = 10^{\text{Log} 2190 * \left(\frac{28737,5}{28737,5}\right)^{0,5}} = 2190$

Didapat total *equivalen annual departure* untuk pesawat kritis yaitu sebesar **3493,00**.

b. Konversi nilai *CBR* kedalam nilai *k*

Untuk menentukan tebal perkerasan kaku maka nilai *CBR* perlu dikonversi ke nilai *k* untuk setiap lapisannya., seperti berikut dibawah ini:

- Nilai *k subgrade*

Nilai *CBR* lapangan: 5,07% (didapat dari hasil pengujian dilapangan)

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

$$k = \left[ \frac{1500 \times 5,07}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 83,29 \text{ pci} \approx 83 \text{ pci}$$

- Nilai  $k$  subbase

Nilai CBR Subbase: 25% (sumber menurut SE 7 Tahun 2014)

$$k = \left[ \frac{1500 \times 25}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 288,58 \text{ pci} \approx 289 \text{ pci}$$

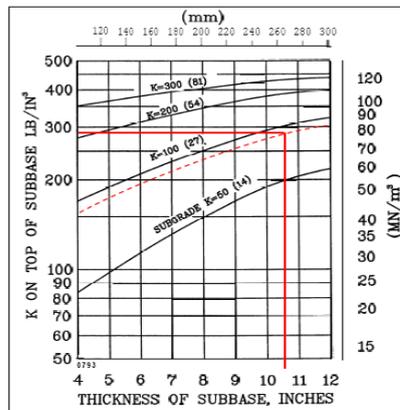
- c. Penentuan *stabilized base*

Lapisan ini diperlukan untuk semua perkerasan kaku baru yang dirancang untuk mengakomodasi pesawat dengan berat 100.000 pound 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 apron* menggunakan metode FAA cara manual adalah sebagai berikut:

- Nilai  $k$  Subgrade : 83 pci
- Nilai  $k$  Subbase : 289 pci

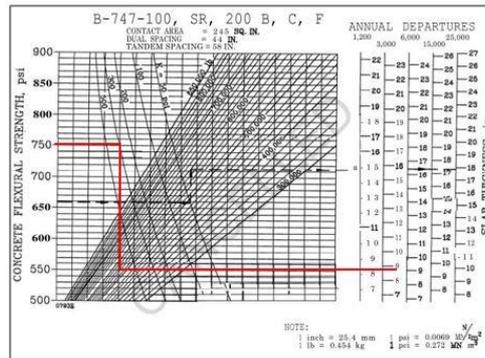


Gambar 2 Grafik perhitungan tebal *subbase* (FAA AC 150/5320-6D)

- e. Plot menuju grafik perhitungan tebal slab beton

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

- *Flexural strength (fs)* : 750 psi
- Nilai  $k$  Subbase : 289 pci
- *Equivalent Annual Departure* : 3493
- *MTOW A330-300* : 242000 kg



Gambar 3 Grafik perhitungan tebal slab beton (*FAA AC 150/5320-6D*)

Hasil dari tebal perkerasan seperti pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Grafik

Lapisan	Tebal perkerasan (in)	Tebal Perkerasan (cm)
Permukaan ( <i>surface course</i> ) slab beton	8.9	23
Pondasi atas distabilisasi ( <i>stabilized base</i> )	5	13
Pondasi bawah ( <i>subbase course</i> )	10.5	27
Total	24.4	63

Perhitungan Tebal Perkerasan *Apron* menggunakan Program *FAARFIELD FAA AC 150/5320-6F*

Software *FAARFIELD* digunakan untuk menentukan tebal perkerasan *apron* berdasarkan *annual departure*.

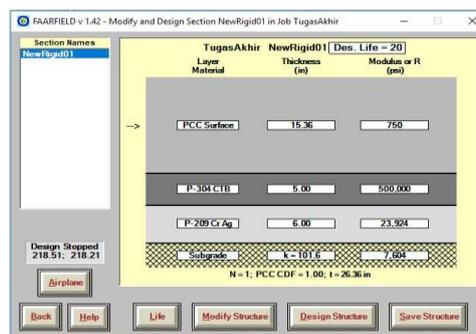
Untuk menentukan tebal perkerasan kaku maka nilai *CBR* tanah dasar perlu dikonversi ke nilai *k* (mengacu pada *AC 150/5320-6F*), seperti berikut:

$$k = 28,6926 \times CBR^{0,7788}$$

$$k = 28,6926 \times 5,07^{0,7788}$$

$$k = 101,58 \text{ pci} \approx 101,6 \text{ pci}$$

Hasil dari perhitungan menggunakan program *FAARFIELD* didapatkan tebal perkerasan *apron* seperti terlihat pada Gambar 4 dibawah:



Gambar 4 Hasil Tebal Perkerasan Menggunakan *FAARFIELD*

Hasil tebal perkerasan tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Grafik

Lapisan	Tebal perkerasan (in)	Tebal Perkerasan (cm)
Permukaan (surface course) slab beton	15.36	39
Pondasi atas distabilisasi (stabilized base)	5	13
Pondasi bawah (subbase course)	6.00	16
Total	26.36	68

PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR MENGGUNAKAN PROGRAM COMFAA FAA AC 150/5335-5C BERDASARKAN HASIL PERHITUNGAN MANUAL

Perhitungan kekuatan struktur menggunakan program COMFAA dengan memasukkan tebal perkerasan yang didapatkan dari Spreadsheet COMFAA serta memasukkan data operasional pesawat dan nilai  $k$  subgrade maka dihasilkan nilai PCN sebagai berikut.

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(295)
1	D-50	>5,000,000	13.88	21,131	3.97	0.0030	4.3
2	A330-300 opt	140,574	15.02	164,318	7.46	34823.2875	16.6
3	D-100	>5,000,000	16.11	32,018	5.22	5.8338	7.7
4	B737-500	3,114,763	15.56	46,852	6.16	210.6903	11.0
5	B737-800	101,218	14.96	64,578	7.37	31719.9633	16.2
6	B737-900 ER	29,061	14.69	72,114	7.92	13959.1095	15.9
7	A320-200 Twin std	366,576	15.20	57,838	6.56	9526.4966	13.8
Total CDF =						210265.3083	

Gambar 5 Hasil Perhitungan Program COMFAA

Tabel 3 Hasil Perhitungan Nilai PCN dan CDF

Nilai PCN	16.6
Nilai CDF	210265.31

Nilai CDF pesawat adalah 0 – 1. Nilai CDF yang melebihi 1 menunjukkan bahwa desain perkerasan yang diperoleh tidak dapat digunakan karena akan mengalami kegagalan struktur.

PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR MENGGUNAKAN PROGRAM COMFAA FAA AC 150/5335-5C BERDASARKAN HASIL PERHITUNGAN PROGRAM FAARFIELD

Perhitungan kekuatan struktur menggunakan program COMFAA dapat dilakukan dengan memasukkan tebal perkerasan yang diperoleh dari Spreadsheet COMFAA, memasukkan data operasional pesawat, dan nilai  $k$  subgrade.

Dengan melakukan simulasi didalam aplikasi COMFAA, maka untuk memperoleh nilai yang ekonomis dengan struktur yang kuat, ketebalan surface yang awalnya 15.36 inch diubah menjadi 15 inch. Maka dihasilkan nilai PCN sebagai berikut:

Results Table 2. PCN Values							
No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(295)
1	D-50	>5,000,000	14.95	50,344	6.45	0.0000	12.2
2	A330-300 opt	107,351	14.89	523,043	14.03	0.1904	64.7
3	D-100	>5,000,000	14.92	101,050	9.83	0.0002	30.0
4	B737-500	1,164,540	14.90	135,702	11.11	0.0024	39.1
5	B737-300	66,405	14.89	177,251	12.75	0.1551	52.6
6	B737-900 ER	33,636	14.88	151,088	13.47	0.5029	59.3
7	A320-200 Twin std	223,651	14.90	165,054	12.07	0.0269	46.7
Total CDF =						0.8778	

Gambar 6 Hasil Perhitungan Program COMFAA

Tabel 4 Hasil Perhitungan Nilai PCN dan CDF

<u>Nilai PCN</u>	64.7
<u>Nilai CDF</u>	0.8778

Nilai *CDF* yang mendekati 1 (antara 0.5 – 0.8 direkomendasikan) menunjukkan bahwa desain perkerasan yang diperoleh tidak mengalami *over designed* (terlalu boros). Sehingga ketebalan 15 inch dipilih supaya rencana struktur perkerasan kaku pada *apron* dapat dibuat dengan harga seekonomis mungkin.

## PENUTUP

Setelah melakukan perhitungan perencanaan perluasan *apron* di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado, seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi *apron* di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado saat ini telah memiliki 22 *parking stand*. Diantaranya yaitu pesawat udara tipe B.737 *all series*, A.320, CRJ-1000, dan ATR 72-600.
2. Perencanaan tebal perkerasan *rigid* menggunakan metode manual FAA sudah tidak relevan lagi. Sehingga perencanaan tebal perkerasan *rigid* yang digunakan adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi FAARFIELD. Diperoleh nilai *k subgrade* rencana adalah 263 pci, dengan tebal *subbase* rencana 6 inch (15,2 cm), tebal *stabilized base* adalah 5 inch (12,7 cm), serta tebal *surface* (slab beton) yang menggunakan *wiremesh* sebagai tulangnya adalah 15 inch (38,1 cm), dengan *flexural strength* (kuat tarik) direncanakan senilai 750 psi. Dowel yang digunakan berdiameter 30 mm, dengan panjang dowel 51 cm, dan jarak antar dowel 38 cm.
3. Nilai PCN yang diperoleh dari hasil perhitungan aplikasi COMFAA adalah 65 R/B/W/T. Dengan cara memasukkan data *annual departure* pesawat yang beroperasi serta pesawat rencana, serta memasukkan nilai tebal perkerasan yang didapat dari perhitungan FAARFIELD, lalu kemudian dimasukkan pula nilai kuat tarik (*flexural strength*) rencana,

yang dipadukan dengan data tanah dasar lapangan. Sehingga didapat nilai PCN tersebut, yang direncanakan mampu menampung beban pesawat A330-300 dengan ACN 63.5 untuk tipe *subgrade* B.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, Heru. 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*. Bandung: Alumni.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. *SKEP 77-VI-2005 Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. *SKEP/003/I/2005 Pedoman Teknis Perancang Konstruksi Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway) dan Landas Parkir (Apron) pada Bandar Udara di Indonesia*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2017. *KP 262 Tahun 2017 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 {Manual Of Standard CASR - Part 139} Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Federal Aviation Administration. 1995. *Advisory Circular AC 150/5320-6D Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA.
- Federal Aviation Administration. 2009. *Advisory Circular AC 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA.
- Federal Aviation Administration. 2016. *Advisory Circular AC 150/5320-6F Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA.
- Federal Aviation Administration. 2014. *Advisory Circular : 150/5335-5C Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength PCN*. FAA.
- International Civil Aviation Organization. 1987. *Doc 9184 –AN/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning Second Edition*. ICAO.
- International Civil Aviation Organization. 2005. *Doc 9157-AN/901 Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays Fourth Edition*. ICAO.
- International Civil Aviation Organization. 2013. *Annex 14 Aerodromes Sixth Edition*. Montreal: ICAO.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2011. *KP 607 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Bandar Udara Sam Ratulangi di Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.